

SOLUCIONES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO



Velázquez, 92
28006 Madrid
Tel.: 91 575 54 26
andimat@andimat.es
www.andimat.es

Junio 2009

Presentación y Exposición de Motivos

ANDIMAT, Asociación Nacional de Fabricantes de Materiales Aislantes, presenta este documento de consulta, en el que se han recopilado los trabajos de técnicos expertos de empresas asociadas.

Tanto en nuevas edificaciones como en la rehabilitación de edificios, el capítulo de acústica merece una particular atención por ser elemento indispensable en la calidad de vida de los ocupantes de los edificios.

Este documento pretende dar respuesta a la problemática de las prestaciones acústicas en los edificios. El Documento Básico de Protección Frente al Ruido del Código Técnico de la Edificación, CTE DB-HR, supone importantes novedades en la normativa acústica y su obligado cumplimiento pasa por conocer el mayor número de opciones, por lo que se incluyen soluciones concretas que aportan al mercado los fabricantes asociados. Los objetivos son establecer unas premisas básicas de la acústica en la edificación, recoger el comportamiento acústico de los productos de ANDIMAT y servir como documento de consulta para los profesionales de la construcción que, sin ser expertos en materia de acústica, son responsables en sus respectivas parcelas de la calidad final de los edificios. Arquitectos, ingenieros, aparejadores, constructores y demás prescriptores podrán conocer en mayor detalle las peculiaridades de la nueva normativa y podrán prever los resultados finales de un trabajo de aislamiento acústico utilizando los datos contenidos en este documento.

Este manual puede servir también como ejemplo de colaboración que los expertos de ANDIMAT pueden presentar en el desarrollo de la nueva normativa y pretendemos que sea un documento vivo, susceptible de mejoras e ir incorporando nuevas soluciones.

Los datos aportados en los anexos se han calculado partiendo de ensayos en laboratorio y ensayos in situ aportados por las empresas asociadas, lo que avala los cálculos finales que puedan obtenerse. Las asociaciones y empresas, responsables últimos de esta información, pueden encontrarse en www.andimat.es.

Para concluir, la Secretaría Técnica de ANDIMAT sigue coordinando los trabajos de estos expertos y está abierta a consultas sobre cualquier asunto relacionado con este documento.

ÍNDICE

1 NOCIONES BÁSICAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EDIFICACIÓN:

- 1.1 ¿Qué es el sonido?
- 1.2 ¿Cómo se transmite?
- 1.3 ¿Qué es el ruido?
- 1.4 ¿Cómo se transmite el ruido?
- 1.5 ¿Cómo combatir el ruido?
- 1.6 ¿Qué es el aislamiento acústico?

2 NORMATIVA ACÚSTICA EN LA EDIFICACIÓN. CTE DB-HR

- 2.1 ¿Cuál es su campo de aplicación?
- 2.2 ¿Qué novedades aporta?
- 2.3 ¿Qué niveles de exigencia tiene?
- 2.4 ¿Cuáles son las características exigibles a los productos?
- 2.5 ¿Cuáles son las características exigibles a los elementos constructivos?
- 2.6 ¿Cómo podemos calcular y justificar las prestaciones del edificio conforme al DB-HR?

3 QUÉ ES IMPORTANTE CONOCER SOBRE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

ANEXOS:

ANEXO 1. Propiedades acústicas de las familias de materiales aislantes y elementos constructivos. Ensayos genéricos

- Parte 1: Propiedades acústicas
- Parte 2: Propiedades de las familias de materiales aislantes
- Parte 3: Propiedades de los elementos constructivos
 - Parte 3.1: Elementos de separación verticales de interiores
 - Parte 3.2: Elementos de separación horizontal
 - Parte 3.3: La parte ciega de las fachadas y cubiertas
 - Parte 3.4: Los huecos de las fachadas y lucernarios

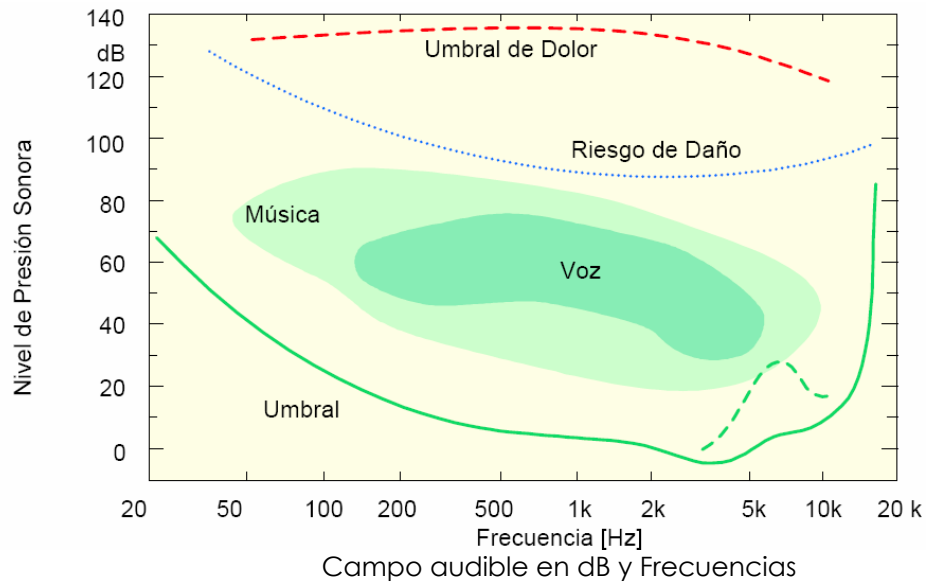
ANEXO 2. Propiedades acústicas de los materiales aislantes y elementos constructivos. Ensayos y soluciones de marcas comerciales

- Parte 1: Propiedades de las familias de materiales aislantes
- Parte 2: Propiedades de los elementos constructivos
 - Parte 2.1: Elementos de separación verticales de interiores
 - Parte 2.2: Elementos de separación horizontal
 - Parte 2.3: La parte ciega de las fachadas y cubiertas
 - Parte 2.4: Los huecos de las fachadas y lucernarios

1. Nociones básicas de acústica en edificación

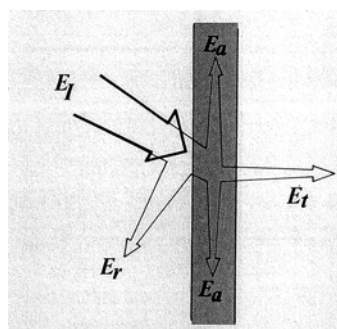
1.1 ¿Qué es el sonido?

Es una alteración física de un medio (gaseoso, líquido, o sólido) que produce variaciones de presión recogidas por el oído humano en forma de vibraciones en el tímpano. La unidad de medida del sonido es el decibelio (dB).



1.2 ¿Cómo se transmite el sonido?

Cuando el sonido incide sobre una superficie, éste es reflejado, absorbido y transmitido por esa superficie.



$$E_i = E_r + E_a + E_t$$

Donde:

E_i : Energía sonora incidente

E_r : Energía sonora reflejada

E_a : Energía sonora absorbida

E_t : Energía sonora transmitida

El sonido se detiene debido a la interposición de una barrera separadora. La absorción acústica se refiere a la amortiguación de las reflexiones en el interior de una habitación. Los materiales "duros" (vidrio, metal, azulejos, mármol...) reenvían el ruido. Los materiales "blandos" (alfombras, cortinas...) absorben el ruido. Al amortiguar las reflexiones, se obtiene una impresión sonora menos resonante y más agradable (es decir, una buena acústica). En un mismo tipo de construcción no siempre van a coincidir un buen aislamiento y una buena absorción.

1.3 *¿Qué es el ruido?*

El ruido es un sonido molesto, que nos produce una sensación de incomodidad y que sufrimos habitualmente en nuestro lugar de residencia o en nuestro trabajo.

1.4 *¿Cómo se transmite el ruido?*

Según su forma de transmisión el ruido se puede dividir en dos grandes grupos: ruido aéreo y ruido de impacto.

- **Ruido aéreo:** es aquel sonido que se transmite por el aire y se propaga en los edificios a través de los cerramientos (tabiques, forjados, fachadas, cubiertas, etc.). Los ruidos aéreos pueden propagarse desde el exterior hacia el interior (por ejemplo el tráfico, aeronaves,...), o bien entre vecinos o de un edificio a otro (por ejemplo la radio de los vecinos).
- **Ruido de impacto:** es causado por los pasos de personas, desplazamientos de muebles y objetos, portazos, instalaciones del edificio, caídas de objetos, etc..., este sonido genera una vibración en la estructura del edificio que hace que se convierta en un foco sonoro. Debido a la alta rigidez de los elementos constructivos, la vibración se transmite por la estructura del edificio y se emite como ruido en el aire en los diferentes lugares de dicho edificio. Para minimizar el ruido de impacto se colocan materiales elásticos que amortiguan la vibración inicial, evitando así la transmisión del ruido a través de la estructura.

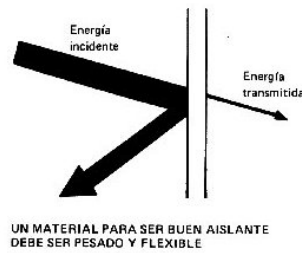
La solución para aislar de los ruidos aéreos y de los ruidos de impacto no es la misma y, sin embargo, el problema planteado es de igual naturaleza: ¿qué cantidad de ruido dejan pasar los elementos constructivos?

1.5 *¿Cómo combatir el ruido?*

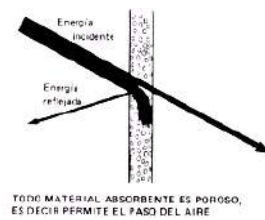
La forma más inmediata es interponer una masa suficiente entre la fuente emisora y el recinto receptor. Además existen materiales que aportan flexibilidad y estanqueidad al aire. Si no es factible alcanzar una masa suficiente, entonces es conveniente complementar el aislamiento acústico con materiales que aporten absorción acústica.

Por ello es importante diferenciar qué es aislamiento y qué es absorción.

Aislamiento: impedir la propagación de la energía acústica incidente.



Absorción: transformación de parte de la energía incidente en calor.



1.6 ¿Qué es el Aislamiento acústico?

Aislar acústicamente es proporcionar una protección al recinto contra la transmisión del ruido generado.

Atendiendo al medio de transmisión del ruido existen dos grupos:

- **Aislamiento acústico a ruido aéreo:** el objetivo es que las ondas sonoras pierdan la mayor cantidad de energía posible al atravesar el cerramiento. Cuanto mayor sea la energía que se pierde, mayor será el aislamiento del cerramiento. El aislamiento acústico a ruido aéreo de un elemento constructivo se puede expresar de tres maneras:
 - en forma gráfica; representando el aislamiento (R en dB) en función de la frecuencia (F en Hz)
 - en forma tabulada; dando valores de frecuencias y aislamiento
 - mediante un único valor (R_w en dB)

Los parámetros que definen el aislamiento a ruido aéreo expresados en dBA son:

- R_A índice global de reducción acústica de un elemento (valor medido en laboratorio). A mayor valor de R_A , mejor aislamiento.
 - D_{nTA} diferencia de presión acústica entre recintos interiores (valor medido in situ). A mayor valor de D_{nTA} , mejor aislamiento.
 - $D_{2m,n,T,Atr}$ diferencia de presión acústica en fachadas y cubiertas a ruido exterior de tráfico y aeronaves (valor medido in situ). A mayor valor de $D_{2m,n,T,Atr}$, mejor aislamiento.
- **Aislamiento acústico a ruido de impacto:** el objetivo es cortar el camino de transmisión de vibraciones mediante la interposición de materiales elásticos. Para alcanzar un nivel de aislamiento a ruido de impacto hay que tener en cuenta:
 - las características de la fuente de ruido por ejemplo, tipo de objeto que golpea el suelo,

- la estructura del suelo,
- el tipo de revestimiento o acabado del suelo, por ejemplo moquetas o revestimientos blandos favorecen el aislamiento.

Los parámetros que definen el aislamiento a ruido de impacto son:

- o L_{nw} nivel global de presión de ruido de impacto normalizado medido en laboratorio, en dB. A menor valor de L_{nw} , mejor aislamiento.
- o $L'_{nT,w}$ nivel global de presión de ruido de impacto normalizado medido in situ, en dB. A menor valor de $L'_{nT,w}$, mejor aislamiento.

2. NORMATIVA ACÚSTICA EN LA EDIFICACIÓN. CTE DB-HR

2.1 ¿Cuál es su campo de aplicación?

El Documento Básico HR protección frente al ruido, es de obligado cumplimiento desde el día 24 de Abril de 2009.

El objeto y contenido del DB-HR es "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 consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento." (art. 14 de la parte 1 del CTE).

El contenido del DB-HR especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación que aseguren las exigencias básicas y superación de los niveles mínimos de calidad.

El ámbito de aplicación del DB-HR son los edificios de nueva construcción, rehabilitaciones integrales o cambios de uso sin obras.

No se aplica a recintos ruidosos de más de 80 dBA, auditorios, teatros y salas con volúmenes de más de 350 m³.

El DB-HR no solo supondrá una disminución de los niveles sonoros máximos permitidos, sino que planteará un completo cambio en el modo de evaluar el comportamiento del ruido en el edificio. Se pasará de la evaluación del aislamiento de los elementos constructivos en laboratorio, a la evaluación del comportamiento acústico del edificio terminado (medido in situ).

2.2 ¿Qué novedades aporta?

Las novedades más importantes que incorpora el DB-HR sobre la normativa anterior son:

- Cambia la terminología y los distintos índices de aislamiento acústico.
- Cambia el tipo de medición a realizar ya que las nuevas magnitudes tienen en cuenta las transmisiones indirectas.
- Aumentan las exigencias de aislamiento acústico tanto a ruido aéreo como a ruido de impacto entre recintos colindantes horizontal y verticalmente.

- Los elementos divisorios entre viviendas deberán ser paredes desolidarizadas (bandas elásticas perimetrales) tanto para tabiquería seca como húmeda.
- Aislamiento de fachadas en función de la fuente de ruido dominante (ruido de automóviles, ferroviario o de aeronaves)
- Mayores exigencias de control de la reverberación (aulas y salas de conferencia, restaurantes y comedores)
- Incluye soluciones aceptadas para su cumplimiento (tablas de la opción simplificada)
- Incluye requisitos para reducir la transmisión de ruidos de las instalaciones propias del edificio (tuberías, bajantes, equipos, etc).
- No exige medidas in situ sistemáticamente, aunque sí las admite como comprobación cuando sea exigido por la normativa local vigente, esté previsto en el proyecto o sea solicitado por alguno de los agentes (la tolerancia del aislamiento a ruido aéreo entre medición in situ y valores límite es de 3 dBA)

2.3 ¿Qué niveles de exigencia tiene?

Los valores de aislamiento acústico a ruido aéreo e impacto del CTE se muestran en la siguiente tabla:

	RECINTO RECEPTOR	RECINTO EMISOR	REQUISITOS CTE DB-HR
Ruido aéreo	Recinto protegido	Recinto en la misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado	$R_A \geq 33$ dBA
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y sin puerta o ventana	$D_{nT,A} \geq 50$ dBA
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y con puerta o ventana	$R_{A \text{ Muro}} \geq 50$ dBA $R_{A \text{ Puerta}} \geq 30$ dBA
		Recinto de instalaciones o recinto de actividad	$D_{nT,A} \geq 55$ dBA
		Exterior	$D_{2m,nT,Atr} \geq 30$ a $51^{[1]}$ dBA en función del ruido predominante, el L_d , tipo edificio y % huecos en fachada.
	Recinto habitable	Recinto en la misma unidad de uso en edificios de uso residencial privado	$R_A \geq 33$ dBA
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y sin puerta o ventana	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA
		Recinto no perteneciente a la misma unidad de uso y con puerta o ventana	$R_{A \text{ Muro}} \geq 50$ dBA $R_{A \text{ Puerta}} \geq 20$ dBA
		Recinto de instalaciones o recinto de actividad	$D_{nT,A} \geq 45$ dBA
	Paredes medianeras entre edificios		$D_{2m,n,T,Atr} \geq 40$ dBA cada cerramiento o $D_{2m,n,T,Atr} \geq 50$ dBA ambos cerramientos juntos
Ruido impactos	Recinto protegido	Otra unidad de uso, zona común o recinto habitable	$L'_{nT,w} \leq 65$ dB
		Recinto de instalaciones o recinto de actividad	$L'_{nT,w} \leq 60$ dB

[1] Valores recogidos en la tabla 2.1 del DB-HR del CTE.

2.4 ¿Cuáles son las características exigibles a los productos?

La información de los productos utilizados en edificación y que contribuyen a la protección frente al ruido debe ser proporcionada por los fabricantes.

Los productos que componen los elementos constructivos homogéneos se caracterizan por la masa por unidad de superficie (kg/m^2), y los utilizados para aplicaciones acústicas se caracterizan por las siguientes propiedades:

Para productos de relleno de cámaras en elementos de separación:			
Propiedad	Símbolo	Unidades	Norma de medición
Resistividad al flujo del aire	r	kPa s/m^2	UNE EN 29053
Rigidez dinámica	s'	MN/m^3	UNE-EN 29052-1

Para productos aislantes a ruido de impacto en suelos flotantes y bandas elásticas			
Propiedad	Símbolo	Unidades	Norma de medición
Clase de Compresibilidad	CP		Clases definidas en sus propias normas UNE (Norma UNE 1606 y UNE 12431)
Rigidez dinámica	s'	MN/m^3	UNE-EN 29052-1

Para productos usados como absorbentes acústicos			
Propiedad	Símbolo	Unidades	Norma de medición
Coefficiente de absorción acústica	α_m	adimensional	α_m UNE-EN ISO 354 o α_w ponderado UNE-EN ISO 11654

2.5 ¿Cuáles son las características exigibles a los elementos constructivos?

Las características que se deben conocer de los elementos constructivos para luego poder usar las distintas opciones de cálculo y simulación son las siguientes:

Elemento		Características
Separación vertical		Índice global de reducción acústica ponderado A R_A
	Para Trasdosados	La mejora del índice global de reducción acústica ponderado A ΔR_A en dBA
Separación horizontal		- Índice global de reducción acústica ponderado A R_A en dBA - Nivel global de presión a ruido de impactos $L_{n,W}$ en dB
	Suelos flotantes	- Índice global de reducción acústica ponderado A R_A en dBA - Reducción del nivel global de presión a ruido de impactos ΔL_W en dB
	Techos suspendidos	-La mejora del índice global de reducción acústica ponderado A ΔR_A en dBA - El coeficiente de absorción acústica medio α_m , si su función es de control de reverberación
Las fachadas y las cubiertas	Parte ciega	- Índice global de reducción acústica R_w en dB - Índice global de reducción acústica ponderado A, R_A en dBA - Índice global de reducción acústica ponderado A, para ruido de automóviles $R_{A,tr}$ en dBA - el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente C en dB - el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para el ruido de automóviles y aeronaves C_{TR} en dB
		Huecos en fachadas y cubiertas
Aireadores		Diferencia de niveles normalizada ponderada A, $D_{n,eAt}$, en dBA

C, es el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente.

C_{tr} , es el término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para el ruido de automóviles y aeronaves.

2.6 *¿Cómo podemos calcular y justificar las prestaciones del edificio conforme al DB-HR?*

En el pliego de condiciones del proyecto deben expresarse las características acústicas de los productos y elementos constructivos obtenidas mediante ensayo en laboratorio. Si éstas se han obtenido mediante métodos de cálculo, los valores obtenidos y la justificación de los cálculos deben incluirse en la memoria del proyecto y consignarse en el pliego de condiciones.

Una vez que tenemos los datos anteriores podemos:

- a) Utilizar tablas de la opción simplificada del DB HR.
- b) Utilizar el modelo de cálculo de la opción general del DB HR (basado en UNE-EN 12354).
- c) Utilizar el software proporcionado por el Ministerio.
- d) Utilizar otros futuros Documentos Reconocidos, como el Catálogo de Elementos Constructivos (CEC), Acoubat-DBMAT, otros.

Ventajas e inconvenientes de la Opción Simplificada y Opción General

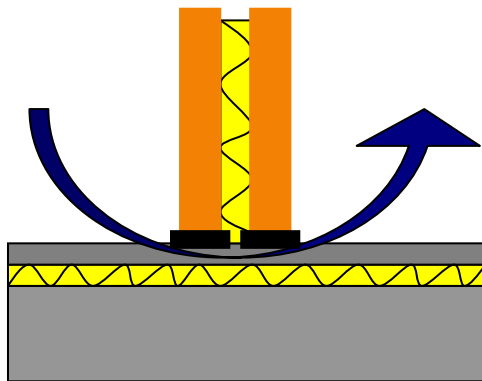
- Ambas soluciones son válidas y están aprobadas en el DB-HR y conducen al objetivo final, que es cumplir con las exigencias prestacionales del DB-HR.
- La Opción Simplificada limita las opciones de diseño, puesto que sólo contempla un número muy limitado de soluciones constructivas.
- El cálculo a través de las tablas de la Opción Simplificada da soluciones efectivas pero sobredimensionadas.
- Incluso en soluciones contempladas en la Opción Simplificada quedan limitadas masas superficiales o características que reducen las posibilidades de diseño.
- La Opción General aparentemente es más complicada a la hora del cálculo, pero existen multitud de herramientas informáticas sencillas de usar que ayudan a su justificación.
- Mediante la Opción General las soluciones son más ajustadas a las necesidades reales (sin sobredimensionamiento) y dan gran libertad de escoger materiales y soluciones.

3. QUÉ ES IMPORTANTE CONOCER SOBRE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

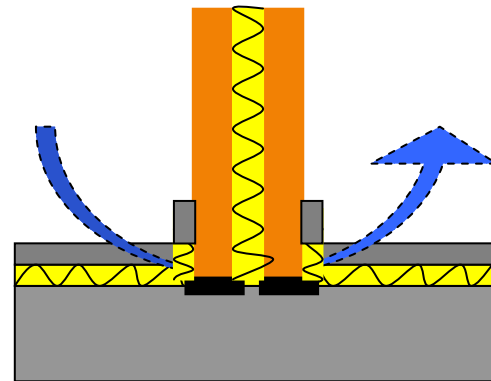
Aspectos a tener en consideración en el aislamiento acústico:

- ✓ No existen "soluciones sencillas para problemas complicados". Las "recetas" para soluciones acústicas que se han empleado habitualmente (anteriores al DB-HR) deben ser en su mayoría reconsideradas. Por ejemplo no es cierto que los aislamientos de un sistema constructivo in situ proporcionen 5 dBA menos de los que ofrece el ensayo de laboratorio. La transmisión del sonido depende de muchos factores: 13 caminos de transmisión, mano de obra, ruido exterior y esto nunca obedece a reglas "aproximadas".
- ✓ En un elemento separador de doble hoja, el tipo de material absorbente que se instala en la cámara pierde relevancia frente a la desolidarización de los cerramientos mediante bandas perimetrales, preferiblemente la hoja más ligera

(habitualmente la interior). En este tipo de cerramientos o medianeras el camino dominante de la transmisión del sonido es el que conecta la hoja interior con los elementos de separación horizontales, si este camino no se anula el resto de materiales que se coloquen en la solución no aportarán ninguna mejora.



Ejecución incorrecta del solado

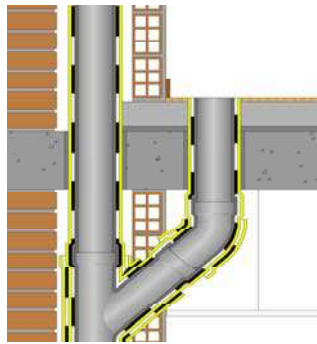


Ejecución correcta del solado

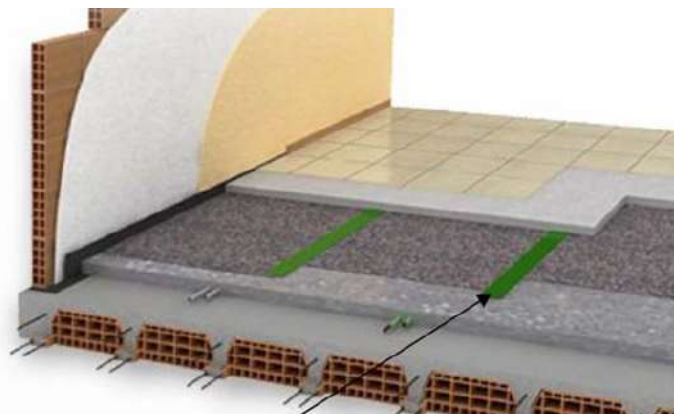
- ✓ El punto crítico de aislamiento de las fachadas siempre es el hueco. En los cerramientos exteriores un sobredimensionamiento de aislamiento acústico en la parte ciega pierde sentido en cuanto haya un hueco, pues la prestación del hueco es siempre inferior a la de la parte ciega y absolutamente determinante para la prestación del elemento mixto (pared-hueco).
- ✓ En los cerramientos de los huecos es necesario tener en cuenta el acristalamiento de los mismos y los sistemas de cierre de los marcos, así como su anclaje al muro. La permeabilidad al aire y la mala hermeticidad del cierre suponen pérdidas de aislamiento que difícilmente podrán ser compensadas con acristalamientos de mejor comportamiento acústico. Los acristalamientos mejorarán su comportamiento en función de su masa (espesor de vidrio) y con la incorporación de materiales que amortigüen la transmisión como las láminas de PVB (Butiral de Polivinilo) entre dos vidrios.
- ✓ Hay que tener precaución al evaluar los resultados de los ensayos de mejoras de aislamiento de ruido aéreo y ruido de impacto (ΔRA y ΔLn) ya que varían en función de la masa del elemento de base. Cuanto menor es la masa del elemento de base, mayor será la mejora.
- ✓ ¿Qué ocurre cuando no tenemos datos del aislamiento a ruido aéreo de un elemento? Es habitual que se intente calcular este aislamiento con la Ley de Masa, pero debemos recordar que esta ley se debe usar para elementos homogéneos, o aquellos que las normas de cálculo permitan asimilarse como tales. No debe usarse nunca para aquellos que combinan materiales de distinta naturaleza ya que los resultados pueden ser muy distintos a los obtenidos en los ensayos reales, por ejemplo el caso de los forjados ligeros.
- ✓ Existen muchos productos en el mercado que tienen propiedades acústicas. No es correcto pensar que cualquier producto es adecuado para cualquier tipo de aislamiento, se debe estudiar las propiedades necesarias para cada tipo de aplicación. Por ejemplo, la compresibilidad y rigidez dinámica para suelos flotantes.
- ✓ No todas las "capas separadoras o desolidarizantes" entre el forjado y el suelo flotante son igual de eficientes. Hay que buscar aislamientos capaces de

soportar las cargas y mantener sus propiedades durante el vertido del mortero y durante toda la vida útil del edificio.

- ✓ Para instalaciones o recintos con instalaciones: es importante hablar del ruido de vibraciones. La mayoría de las instalaciones en un edificio producen vibración de carácter continuo. El aislamiento se consigue con sistemas antivibratorios de tipo muelle, caucho u otros materiales para motores y máquinas. También es necesario aislar todas las instalaciones anejas, como las tuberías y otros elementos de transmisión de fluidos.



- ✓ La incorporación de un trasdosado es muy eficiente acústicamente, pero un segundo trasdosado no proporciona una mejora del doble de aislamiento.
- ✓ En general, en las actuaciones de rehabilitación de la envolvente de los edificios donde se incorpora aislamiento por el interior, exterior o inyección de cámaras, se mejora el comportamiento acústico del edificio. Aislar las tuberías, bajantes y conductos de instalaciones evitará la transmisión de ruido de vibraciones entre la estructura del edificio.
- ✓ Los suelos flotantes son necesarios para cumplir la nueva normativa. La utilización de suelos flotantes ayuda a minimizar la transmisión del ruido de impacto, ya que amortiguan los golpes que impactan en el suelo y el ruido aéreo al convertir la separación del elemento en dos hojas.



Sección de un forjado donde se indica el material elástico anti-impacto

ANEXO 1 Propiedades acústicas de las familias de materiales aislantes y elementos constructivos. Ensayos genéricos

Parte 1: Propiedades acústicas

Los productos utilizados en edificación y que contribuyen a la protección frente al ruido se caracterizan por las siguientes propiedades:

a) Para productos de relleno de cámaras en elementos de separación:

- **Resistividad al flujo del aire:** Es una característica cuantificable en productos porosos y de celda abierta. Valores bajos significan que el aire necesita una menor presión para traspasar el producto, por tanto las ondas acústicas se verán amortiguadas por rozamiento cuando atraviesa el medio poroso absorbiendo parte de la energía y aumentando el aislamiento. Las unidades de la resistividad (r) son kPa s/m^2 obtenida según la Norma UNE EN 29053.
- **Rigidez dinámica:** Esta característica mide la capacidad de amortiguación de un producto. Cuanto más bajo es el valor de rigidez dinámica, más elástico es el comportamiento de dicho producto. Por tanto, un producto con un valor bajo de rigidez dinámica tendrá más efectividad el sistema masa-muelle-masa en elementos de separación verticales con PYL. Esta característica es importante para algunas aplicaciones de aislamiento a ruido aéreo. Las unidades de la rigidez dinámica (s') son MN/m^3 obtenida según la Norma UNE-EN 29052-1.

b) Para productos aislantes a ruido de impacto en suelos flotantes y bandas elásticas:

- **Rigidez dinámica:** Esta característica mide la capacidad de amortiguación de un producto. Cuanto más bajo es el valor de rigidez dinámica, más elástico es el comportamiento del producto. Por tanto, un producto con un valor bajo de rigidez dinámica tendrá más efectividad como sistema masa-muelle-masa en un suelo flotante. Esta característica es importante para aislamiento a ruido de impacto. Las unidades de la rigidez dinámica (s') son MN/m^3 obtenida según la Norma UNE-EN 29052-1.
- Para aquellos productos que tengan definida la **Clase de compresibilidad** en su norma de producto (Norma UNE), es una característica exigible. La compresibilidad mide deformación de un material a lo largo del tiempo bajo una carga constante, como por ejemplo el peso del mortero, baldosas o muebles. En algunas normas de producto se especifican los niveles que deberá declarar el fabricante. Es importante tener en cuenta que los niveles fijados en las normas de producto son diferentes según la familia de productos. Por el contrario existen otros materiales que no teniendo norma de producto, o estando en elaboración, no indican dichos valores, aunque algunos fabricantes han realizado ensayos de reducción de espesor bajo carga constante, de acuerdo a la Norma UNE 1606 y UNE 12431, para demostrar que las propiedades acústicas de sus productos no se ven afectadas al cabo del tiempo.

c) Productos usados como absorbentes.

- **Absorción acústica:** Esta característica es importante en materiales que actúan como absorbentes acústicos, ya sean materiales ocultos o vistos. En general, se obtiene mayor efectividad del sistema masa-muelle-masa cuanto más elevado es el coeficiente de absorción acústica. La característica de absorción acústica representa la cantidad de energía que absorbe el material, por tanto impide la transmisión del ruido de una hoja a otra haciendo que aumente el aislamiento. Su cálculo se hace de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 354 para frecuencias 500, 1000 y 2000 Hz ó α_m y la norma UNE-EN ISO 11654 para el cálculo del α_w ponderado.

Parte 2: Propiedades de las familias de materiales aislantes

A continuación se definen las familias de los materiales aislantes asociadas a ANDIMAT con sus propiedades acústicas más relevantes.

Arcilla expandida:

Es un agregado ligero de partículas esféricas con una estructura interna formada por una espuma cerámica con microporos y una superficie rígida y resistente.

Existen bloques de hormigón ligero fabricado con arcilla expandida, arena, hormigón y agua. El bloque al estar hecho de hormigón con arcilla expandida es ligero y manejable. Debido a la estructura especial del bloque, ofrece un aislamiento acústico que permite proteger el ambiente interno de los ruidos exteriores. Existen bloques diseñados acústicamente para medianerías y zonas comunes.



Bloque de arcilla expandida

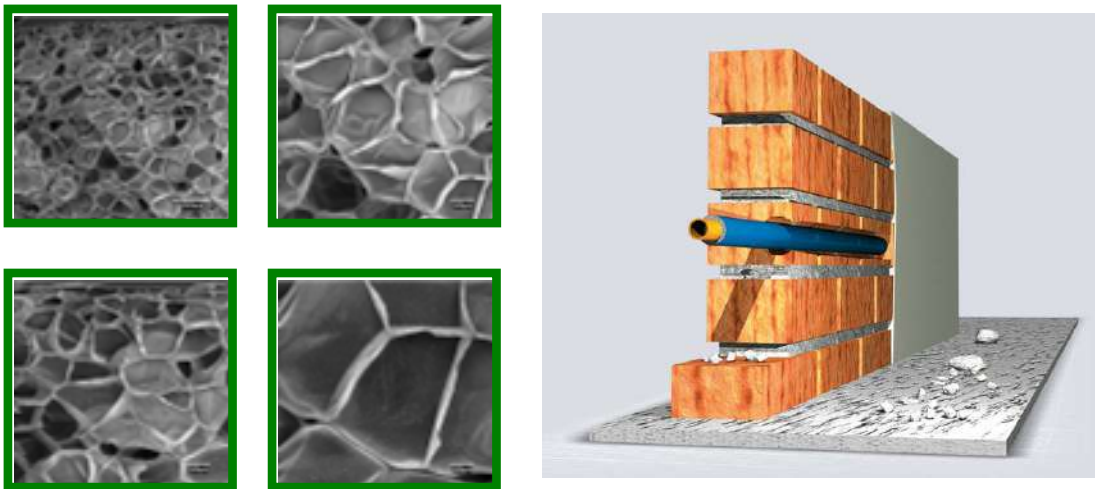
Espuma elastomérica:

Las espumas elastoméricas se emplean básicamente como aislantes acústicos para todo tipo de instalaciones. Se trata de materiales elaborados a partir de caucho sintético, obteniéndose un material totalmente flexible y adaptable, fácil de trabajar e instalar.

Normalmente se presenta en forma de célula cerrada (producto totalmente liso que no presenta poros en su superficie), de ahí que trabaje como aislante acústico. El poder acústico de estos materiales se incrementa al producirlos con célula abierta, actuando así como absorbentes acústicos, idóneos para el acondicionamiento de locales.

Combinaciones de ambos materiales son una buena solución para aislar y/o acondicionar tuberías, equipos y locales.

Si se aíslan las tuberías, bajantes y conductos con espumas elastoméricas conseguimos una atenuación del ruido producido por las instalaciones del edificio, ya que se reducen las vibraciones que producen las tuberías y conductos al transportar fluidos o aire en su interior.



Detalle microscópico y dibujo de una tubería aislada con espuma elastomérica

Lana de poliéster:

Es un tejido termoligado voluminoso a base de fibras de poliéster de densidad variable para absorción acústica como techo decorativo, o en cámaras de aire de techos y tabiquería.



Detalle de un techo acústico con lana de poliéster

Se utilizan como materiales aislantes para relleno de cámaras (interior de una pared doble, con PYL, trasdosados y techos). Son productos de estructura porosa, abierta y con una resistencia específica al paso del aire aproximada entre 5-30 kPa.s/m².



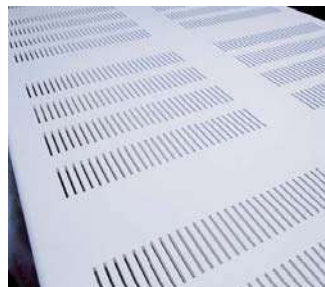
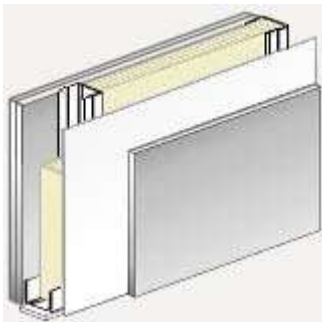
Detalle de la instalación de lana de poliéster en un entramado autoportante de placa de yeso laminado

Placa de Yeso Laminado (PYL):

Se utiliza en paredes (tabiques y trasdosados), techos y suelos a base de placas de yeso laminado, que consiguen un menor espesor y un aislamiento acústico y térmico elevados. Existen sistemas específicos para cuartos húmedos, absorción acústica, aislamiento térmico, soleras y suelos calefactados, protección frente al fuego.

Los sistemas de falsos techos se construyen con placas perforadas y ranuradas de distintos tipos que permiten, además de una buena solución de acondicionamiento acústico para cada caso, soluciones para decorar todo tipo de ambiente.

El montaje de la PYL es rápido y bastante limpio, pues apenas se producen escombros y polvo ya que no hay que utilizar mortero sino únicamente raíles o tornillos, haciendo que sea una buena solución tanto en obra nueva como en rehabilitación por el interior.



Detalle de un entramado autoportante de placa de yeso laminado y un techo acústico

Poliestireno Expandido Elastificado (EEPS ó EPS-t):

Dentro de la familia EPS existen dos tipos de productos diferenciados, el poliestireno expandido (EPS) y el poliestireno expandido elastificado (EEPS o EPS-t). El proceso de elastificación dota al poliestireno expandido de propiedades adecuadas para el aislamiento acústico.

Las principales aplicaciones para las que se utiliza este producto son: en suelos flotantes, bandas desolidarizantes bajo fábricas de ladrillo y trasdosados para elementos verticales, aunque también se empiezan a obtener buenos resultados en relleno de cámaras.

La normativa de producto que mide sus propiedades y es obligatoria para el mercado CE es la Norma UNE-EN 13163. En ella se dan las directrices para la medida de las propiedades acústicas.

En general, las propiedades acústicas son:

Rigidez Dinámica s' (MN/m ³) según UNE 29052-1	Clase de Compresibilidad (CP) según UNE 12431
Entre 5 - 20 MN/m ³	Generalmente CP5 (para carga < 2 kPa) CP2 (para carga < 5 kPa)

Para suelos flotantes:

En el mercado podemos encontrar el EEPS en planchas de material simple, o combinado con otros materiales.

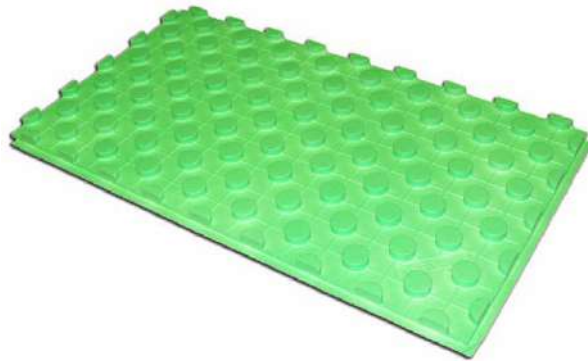


Suelo flotante

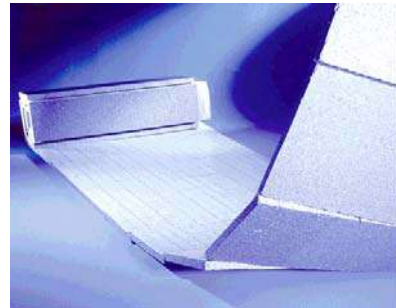
EEPS simple



EEPS combinado con placa de suelo radiante



EEPS combinado con distintos tipos de capa protectora



Para bandas resilientes:

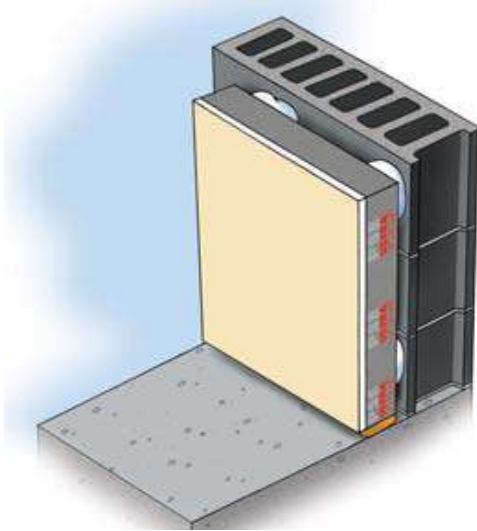
Las bandas resilientes colocadas en el perímetro de la fábrica evitan las transmisiones laterales por flancos.



Colocación de banda de EEPS en perímetro de fábrica

Para trasdosados directos y cámaras:

Para paramentos verticales el producto se puede usar tanto para realizar trasdosados directos, combinando el material con placa de yeso laminado (PYL), o como relleno de cámaras.



Detalle de la instalación de EEPS en trasdosados directos y cámaras de aire

Espuma de polietileno reticulado:

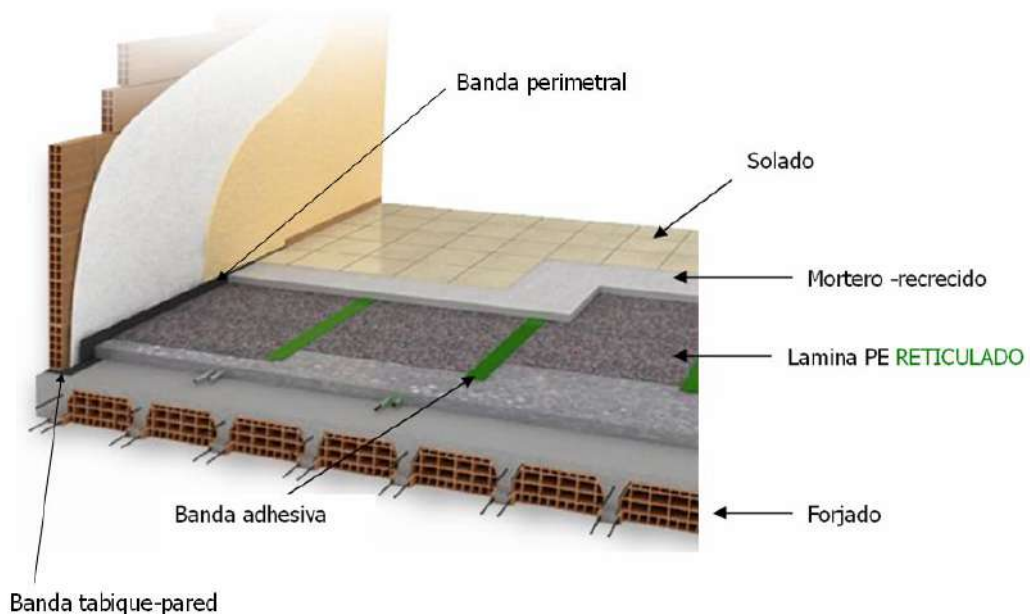
El polietileno reticulado se debe diferenciar de la espuma de polietileno no reticulado, ya que la espuma de polietileno reticulado debido a su propia naturaleza posee altas prestaciones mecánicas y de resistencia al envejecimiento. La diferencia en la estructura física de ambos materiales (reticulado y no reticulado) implica un comportamiento también diferente, que puede apreciarse sobre todo en aplicaciones de alta exigencia técnica.

La espuma de polietileno reticulado, gracias a un complejo proceso de fabricación, está formada por cadenas lineales de polietileno que están unidas entre sí por fuertes enlaces químicos creando una estructura en forma de red tridimensional (reticulación). El resultado es un producto reforzado, muy resistente, con un incremento notable de las propiedades mecánicas y de la resistencia a agentes químicos, manteniéndose dichas propiedades prácticamente invariables con el tiempo y reduciéndose muy poco el espesor del producto bajo las cargas habituales de la aplicación. Esto hace que las propiedades acústicas originales del material reticulado y del sistema constructivo se mantengan invariables durante la vida del edificio. Además su estructura celular cerrada la hace impermeable, facilitando su instalación, no necesitándose de capas o laminas adicionales impermeables.



Detalle de instalación de lámina de PE reticulado en suelo flotante

- **Uso en suelos flotantes:** El suelo flotante está formado por el solado y su capa de apoyo, reposando todo el sistema sobre el forjado, intercalándose una lámina elástica anti-impacto de PE reticulado, que disminuirá el ruido transmitido por estructura.



Esquema de solución constructiva de suelo flotante con lámina de PE reticulado

- **Uso en elementos de separación verticales:** Las bandas elásticas colocadas en el perímetro de la fábrica (tabique-pared) evitan las transmisiones laterales por flancos. En los encuentros con forjados las bandas elásticas deben colocarse en los encuentros de las particiones de fábrica, ya sean elementos de separación verticales del tipo 2 o tabiques con bandas elásticas, con los forjados. Banda elástica: banda elástica perimetral de al menos 10mm de espesor utilizada para interrumpir la transmisión de vibraciones en los encuentros de la pared con suelos, techos y otras paredes. Se consideran materiales adecuados para las bandas aquellos que tengan una rigidez dinámica, s' , menor que 100 MN/m³ tales como el

poliestireno elastificado, la espuma de polietileno y otros materiales con niveles de prestación análogos.



Detalle de banda elástica perimetral en divisiones verticales

Poliestireno Extruido (XPS):

Las planchas de poliestireno extruido (XPS) son un aislamiento ligero, rígido y con una estructura celular cerrada. Estas propiedades hacen que este tipo de aislamiento posea una elevada resistencia a compresión y una prácticamente nula absorción de humedad. La resistencia a compresión evita que el poliestireno extruido pierda sus propiedades como aislante cuando está sometido a cargas permanentes en periodos largos de tiempo, 50 años de vida útil del edificio. El que este tipo de aislamiento no absorba prácticamente humedad garantiza además que sus propiedades térmicas no se van a ver mermadas con el paso del tiempo en condiciones de presencia de humedad.

Con estas propiedades tan particulares dentro del mundo de los aislantes el poliestireno extruido es especialmente utilizado en las aplicaciones de aislamiento de cubiertas y aislamiento de cerramientos en contacto con el terreno, ya sean cerramientos perimetrales o incluso las cimentaciones del edificio. La ejecución de este tipo de cerramientos conforme a los estándares utilizados hace que el conjunto del mismo cumpla con la normativa vigente en cuanto a ruido según la aplicación de la ley de masas.

En conclusión, las planchas de XPS son un buen aislante y son idóneas para cualquier solución de cerramiento exterior (cubiertas, fachadas, suelos) de los edificios. Y, en cuanto a acústica, como se puede comprobar en la información proporcionada sobre elementos constructivos, los sistemas en que se integran los productos de XPS (cubiertas, fachadas, suelos,...) permiten que el edificio satisfaga sin ninguna dificultad los requisitos reglamentarios del CTE DB-HR.

Espuma de Poliuretano (PUR):

Dentro de la familia de la espuma de poliuretano existen dos productos diferenciados: Espumas de celda cerrada y espumas de celda abierta. Así mismo existen dos tipos de aplicaciones: Proyección e inyección.

Las Principales características acústicas de la espuma de poliuretano son:

- Para la espuma de Poliuretano de celda cerrada con densidad 30 -35 kg/m³



Frecuencia (Hz)	Coeficiente de absorción
125	0,12
250	0,18
350	0,20
500	0,27
1.000	0,19
2.000	0,62
4.000	0,22

- Para la espuma de poliuretano de celda abierta consultar anexo 2.

Paneles Sándwich de Poliuretano Inyectado:

El panel sándwich de poliuretano inyectado es un producto formado por dos chapas metálicas y una parte central de espuma rígida de poliuretano. A efectos de sus usos y propiedades se considera como un único producto.

Vidrio:

La primera consideración que resulta necesario realizar es la diferenciación de los diferentes productos vítreos utilizados en el acristalamiento de los huecos. Si bien el material es uno, el vidrio, las diferentes presentaciones de acristalamiento necesarias para cumplir otros requisitos exigibles hacen que sus prestaciones acústicas difieran del propio material.

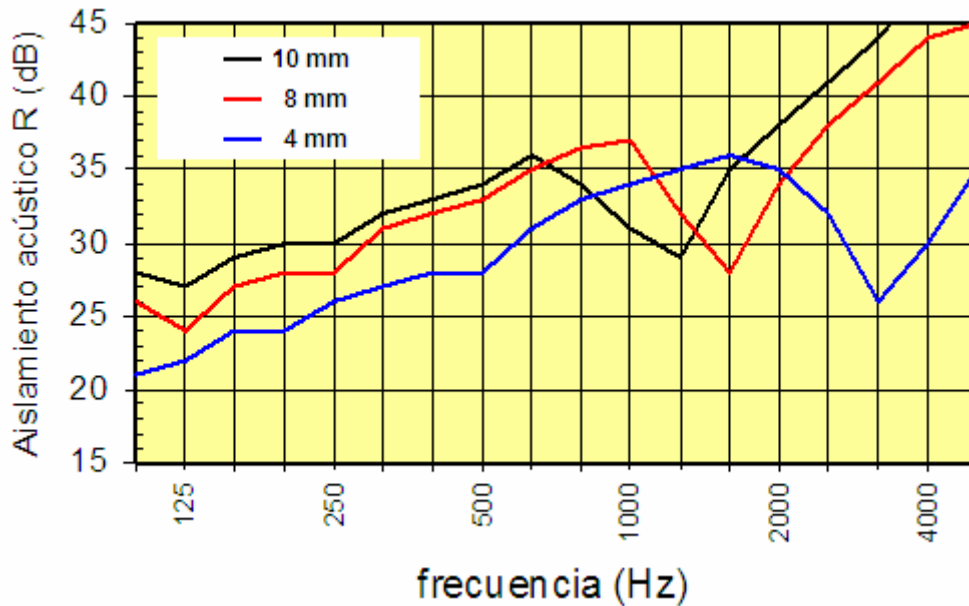
Entre los diferentes productos de acristalamiento podemos distinguir tres familias principales que, a su vez, pueden verse complementadas en sus prestaciones por otras características como el control solar, el aislamiento térmico, la seguridad o la estética sin que ello afecte a su comportamiento como aislante acústico mientras su configuración física (espesores y masa de sus componentes) no se vean modificados:

- Vidrio monolítico
- Vidrio laminar
- Doble acristalamiento

En general y haciendo abstracción del entorno de frecuencias próximas a la frecuencia crítica, el comportamiento del vidrio como aislante acústico es mejor frente a altas frecuencias que frente a las bajas frecuencias.

Vidrio monolítico

El vidrio monolítico se rige por la ley de masas. La curva de aislamiento típica se caracteriza por tres zonas:



En la primera zona, el aislamiento acústico frente a los ruidos aéreos aumenta. Un vidrio monolítico de 8 mm presenta, por ejemplo, un aumento de 4-5 dB cuando la frecuencia se duplica; esto se produce hasta aproximadamente 1000 hertzios.

En la segunda zona, el aislamiento acústico disminuye. Se trata de la zona próxima a la frecuencia crítica. Esta frecuencia crítica es la frecuencia a la que un vidrio empieza espontáneamente a vibrar al recibir un impacto. A esta frecuencia, el ruido se transmite más fácilmente y, por tanto, el acristalamiento registra una pérdida del nivel de aislamiento acústico. La frecuencia crítica depende del espesor del vidrio. En el caso de una temperatura de habitación, puede aplicarse la siguiente regla:

$$\text{frecuencia crítica (Hz)} = 12.800/\text{espesor (mm)}.$$

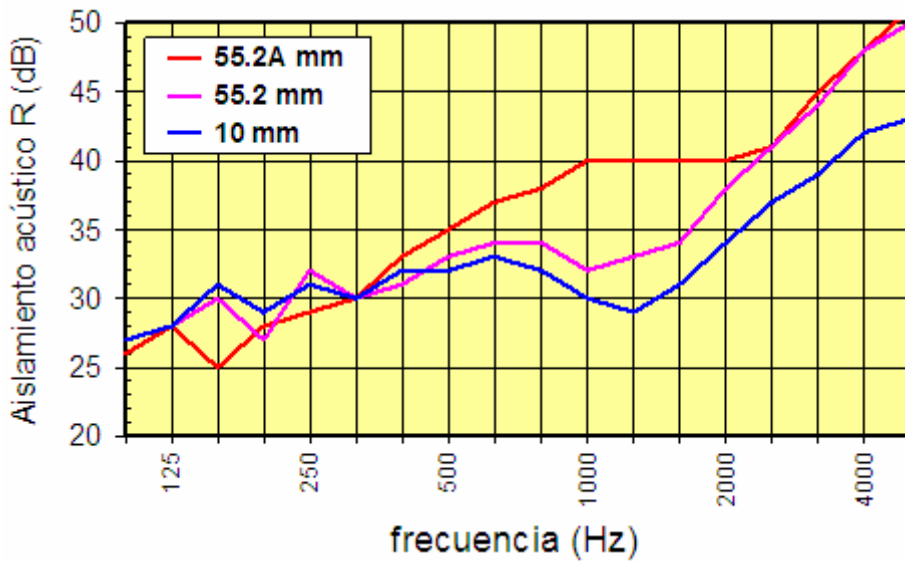
Cuando se aumenta el espesor del vidrio, la frecuencia crítica disminuye hacia frecuencias inferiores

espesor (mm)	frecuencia crítica (Hz)
4	3200
6	2133
8	1600
10	1280

En la tercera zona, el aislamiento acústico registra una rápida subida (hasta 9 dB de ganancia cuando se duplica la frecuencia).

Vidrio laminar

Un vidrio laminar, formado por dos o más láminas de vidrio unidas entre si por un plástico intercalario, normalmente PVB (Butiral de Polivinilo), ofrece un mejor aislamiento acústico que un vidrio monolítico que presente el mismo espesor total. Si se utiliza una película simple de PVB, la influencia de la frecuencia crítica permanece aunque la pérdida de aislamiento es menos acusada.



La utilización de un PVB especial acústico, PVB (A), con mejores prestaciones acústicas, elimina prácticamente la disminución del aislamiento acústico en torno a la frecuencia crítica, gracias al efecto óptimo de amortiguamiento de la capa intermedia elástica de PVB (A). De esta forma, se mejoran las prestaciones de un vidrio monolítico y se suman las ventajas de un vidrio de seguridad. Los valores de aislamiento acústico de un PVB (A) que tenga una mejor acústica mejoran por término medio entre 1 y 3 dB (R_w) y esta mejora puede llegar a ser de hasta 10 dB en la zona próxima a la frecuencia crítica. El espesor acústico óptimo se eleva a 0,76 mm (2 capas). En la práctica, se comprueba que las capas más gruesas no aportan ninguna mejora acústica.

Doble acristalamiento

El doble acristalamiento puede asimilarse a un sistema de masa-amortiguador-masa. La frecuencia de resonancia del doble acristalamiento disminuye con el espesor de los vidrios y el tamaño de la cámara de aire. Para calcular la frecuencia de resonancia se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Frecuencia de resonancia} = 60 \sqrt{\frac{1}{d} + \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

Donde:

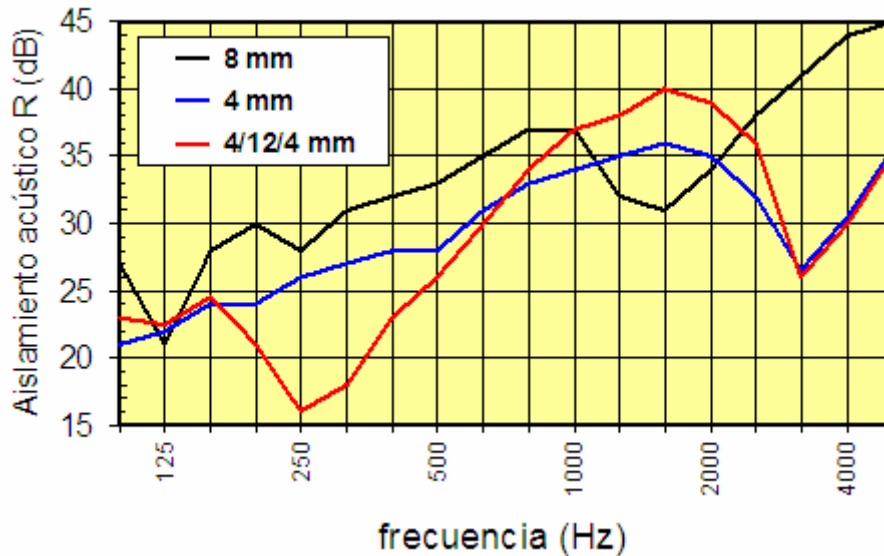
d = espesor de la cámara (m)

m_1, m_2 = Masa de los vidrios (kg/m^2)

Con lo que se obtiene las siguientes frecuencias de resonancia para las siguientes composiciones de dobles acristalamientos:

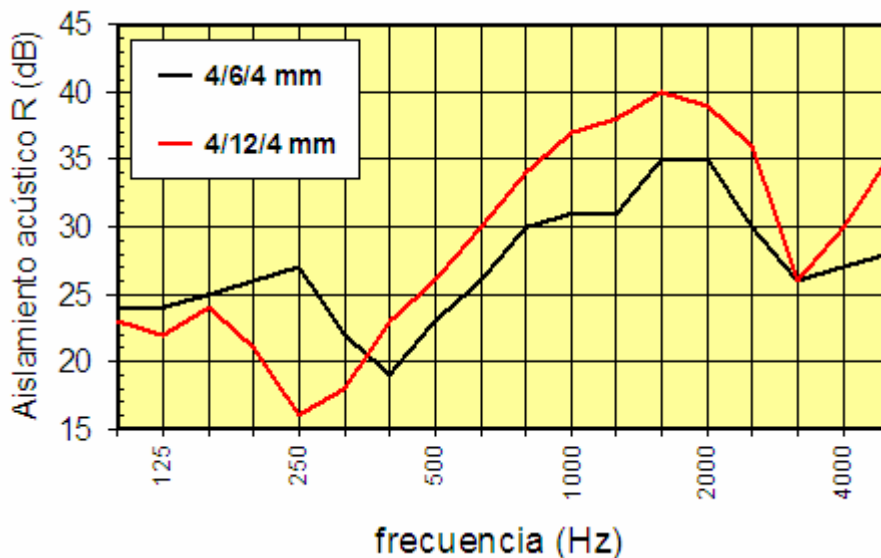
Tipo de vidrio	Resonancia masa-amortiguador-masa (Hz)
4/12/4	245
6/12/6	200
6/16/6	173

Como la frecuencia de resonancia es superior a 100 hertzios, el doble acristalamiento presenta bajos resultados en la gama de las bajas frecuencias. Por este motivo, los resultados del doble acristalamiento suelen ser inferiores a los de un vidrio monolítico de igual espesor total. Por este motivo, la sustitución de un vidrio monolítico por un doble acristalamiento corriente (por ejemplo, cuando se hace una obra de mejora) puede por tanto disminuir el aislamiento acústico agravando el problema si no se toman las precauciones convenientes. En la realidad normalmente se sustituyen vidrios monolíticos de bajo espesor (4mm) por dobles acristalamientos que como mínimo incorporan dos hojas de vidrio de 4 mm. Para mejorar los valores del aislamiento acústico, la frecuencia de resonancia masa-amortiguador-masa debe ser lo más baja posible (lo que se logra con vidrios de mayor espesor y cámaras mayores).

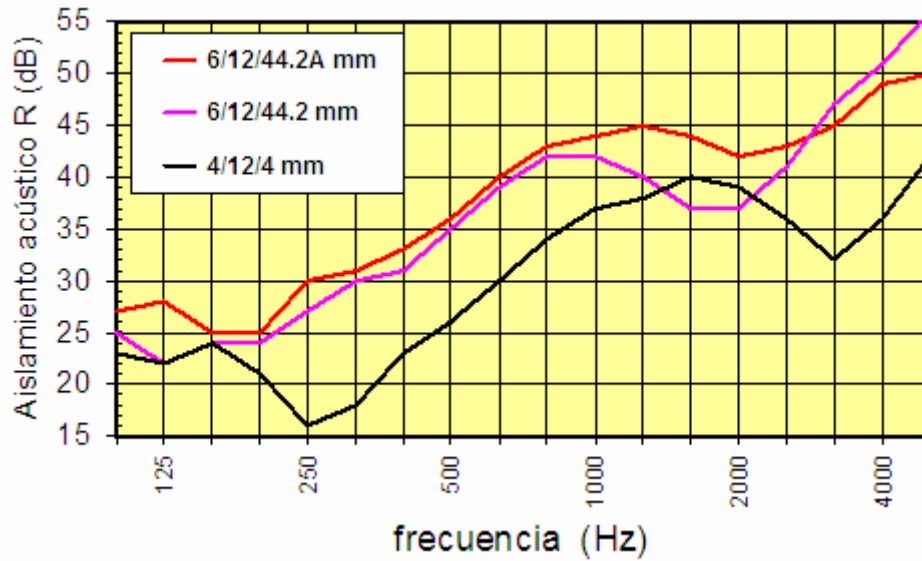


Un doble acristalamiento posee dos frecuencias críticas: una por cada luna de vidrio. Si el doble acristalamiento es simétrico, la degradación del aislamiento acústico es superior a la de cada vidrio por separado. En el caso de un doble acristalamiento, la degradación es inferior a la de cada vidrio por separado. El aislamiento acústico de un acristalamiento asimétrico es por tanto mejor que el de un acristalamiento simétrico que tenga el mismo espesor total de vidrio.

El efecto de ampliar la cámara se traduce en un desplazamiento de la frecuencia crítica hacia las bajas frecuencias.



Las prestaciones mejorarán todavía más si se sustituye uno de los vidrios por un vidrio laminado con una película de PVB acústico.



Dobles acristalamientos acústicos

El doble acristalamiento permite un gran aislamiento acústico sobre la base de las siguientes características: Vidrios de gran espesor, espacio separador amplio, ensamblaje asimétrico, y vidrio laminar con una película acústica de PVB.

Partiendo de estas bases, pueden obtenerse prestaciones para ruido urbano de $R_w + C_{tr} = 42$ dB y algo superiores a 47 dB para $R_w + C$

Esto significa una mejora de 12 dB para el ruido del tráfico urbano y de hasta 16 dB para $R_w + C$ respecto a un vidrio monolítico. En el doble acristalamiento 4/12/4 mm, la mejora es de 16 dB para $R_w + C_{tr}$ y de hasta 18 dB para $R_w + C$. Esto es importante ya que puede decirse que aproximadamente una reducción de 10 dB del nivel sonoro es percibida como una reducción de la mitad del ruido. Hay que tener en cuenta que el aislamiento acústico global viene determinado por el elemento más débil.

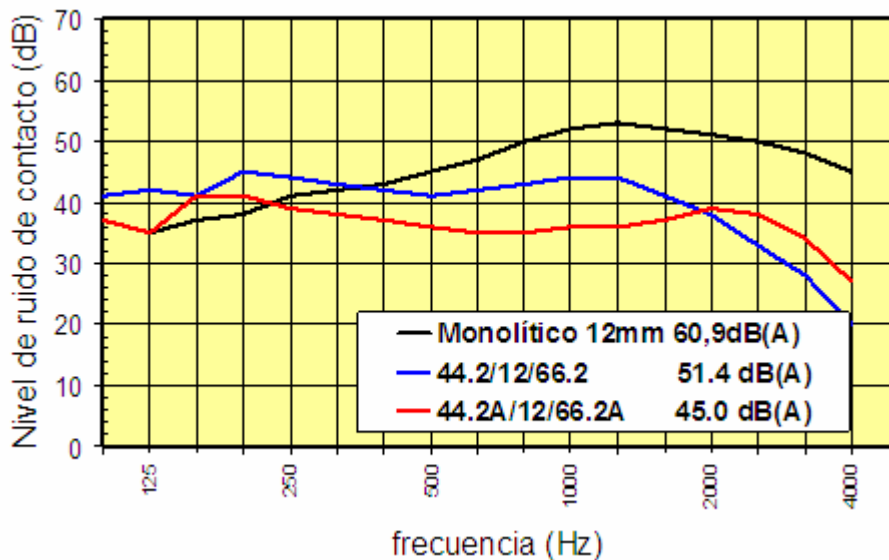
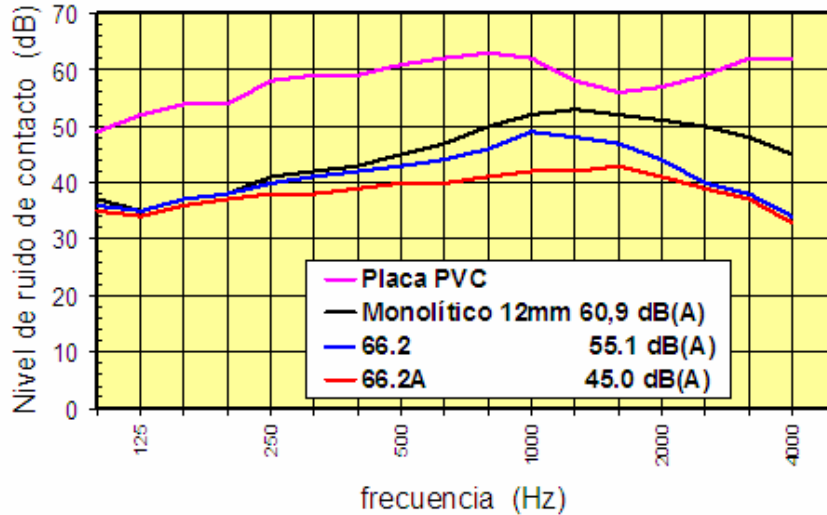
Vidrios para lucernarios

La luz natural es un factor arquitectónico importante en cualquier construcción. Numerosos edificios, antiguos o modernos, provistos de vidrieras o lucernarios pierden calidad arquitectónica a causa del ruido de impacto de la lluvia o del granizo sobre los cristales, que perturba el ambiente interior. Los ensayos realizados en laboratorio ponen de manifiesto los aspectos recogidos a continuación.

Respecto al comportamiento del vidrio en este tipo de acristalamientos puede decirse que el vidrio laminar se comporta mucho mejor que el vidrio monolítico sencillo. El vidrio laminado con PVB normal ofrece prestaciones superiores en 5 dB(A) con respecto al monolítico corriente de igual espesor total; esta diferencia puede llegar a alcanzar los 10 dB(A) con vidrio laminar con PVB acústico. Esta diferencia corresponde a una disminución en la percepción sonora de la mitad del ruido con respecto al percibido con un vidrio monolítico.

Para el doble acristalamiento de aislamiento térmico constituido por vidrio laminar, las composiciones con PVB mejorado son hasta 6 dB(A) más eficaces que aquellas que están formadas con laminar con PVB corriente.

De esta forma, el ruido de impacto de la lluvia se mantiene a un nivel más o menos aceptable.



En el acristalamiento monolítico la energía generada por el impacto de las gotas de agua provoca una difusión del ruido. En vidrios laminares, el impacto se amortigua y se transmite peor hacia el vidrio inferior, de manera que la difusión hacia los espacios interiores se atenúa. Comparado con el PVB tradicional, el PVB mejorado forma una capa intermedia menos rígida y de mayor amortiguamiento, disipando así mejor la energía de los impactos de lluvia.

Por motivos de seguridad, el vidrio inferior de los acristalamientos de techo en viviendas o lugares de trabajo debe ser laminar. En este caso, la atenuación no es la misma para todas las frecuencias. La ganancia es menor para las bajas frecuencias y es mejor para las altas frecuencias, y especialmente entorno a la frecuencia límite, de manera que la lluvia que cae sobre un acristalamiento de este tipo produce un ruido menos desagradable ya que es menos intenso y más sordo.

En laboratorio, se ha medido también el efecto producido por la lluvia sobre un acristalamiento colocado en sentido inverso, es decir con el vidrio laminado por fuera. Se ha comprobado que el nivel de ruido disminuía para el conjunto de frecuencias. Sin embargo, aunque el nivel de presión acústica global resulta menos elevado que en la situación opuesta, el ruido es más agudo. Por tanto, desde el punto de vista de la percepción subjetiva, esta solución no presenta ventajas.

Para obtener un resultado óptimo, pueden combinarse estas mejoras colocando un vidrio laminar con PVB acústico tanto en el interior como en el exterior. De esta manera, el nivel de presión acústica y la percepción subjetiva se reducen considerablemente.

Vidrio expandido:

El vidrio expandido normalmente se presenta en forma de panel el cual se obtiene a partir gránulos de vidrio reciclado expandido y reforzado en ambas caras con recubrimientos de diferentes características (según su uso), ligados con resina epoxi y endurecedor con aditivos retardante de llama y un agente hidrófobo. Los materiales se conforman a alta presión y temperatura.

El sistema de aislamiento acústico para fachada se compone en su totalidad por:

- Sub-estructura de aluminio.
- Aislamiento de lana mineral.
- Paneles de vidrio reciclado.
- Mortero armadura y malla.
- Revoque de acabado.

Parte 3: Propiedades de los elementos constructivos

3.1: Elementos de separación verticales de interiores

Se pueden encontrar, entre otros, los siguientes materiales y productos para conformar soluciones constructivas con propiedades acústicas utilizados para tabiquería, separación de recintos habitables y protegidos (viviendas con cajas de escalera, separación entre viviendas, etc) y de separación entre recintos de equipos (cajas de ascensor, cuartos técnicos, etc).

Espuma de Poliestireno Expandido elastificado (EEPS):

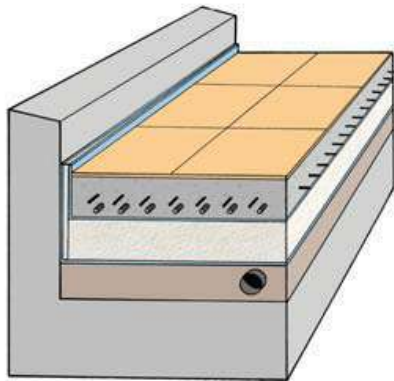
Material	Características de los elementos constructivos de separación vertical	
	Descripción del elemento constructivo	Para trasdosados ΔRA en dBA
EEPS	Soluciones mixtas (PYL + Ladrillo)	
	Bloque de hormigón 16 cm	PYL + 80 mm EEPS $Rw+C + 8$ (dB)
	Bloque de hormigón de 20 + revestimiento	PYL + 80 mm EEPS $Rw+C \geq + 14$ (dB)
	Panel de yeso de 7 cm	PYL + 80 mm EEPS $Rw+C \geq + 16$ (dB)
	Ladrillo de 20 cm +recubrimiento	PYL + 80 mm EEPS $Rw+C \geq + 21$ (dB)
	Bloque de hormigón de 20 cm + revest.	PYL + 100 mm EEPS $Rw+C \geq + 17$ (dB)
	Ladrillo hueco de 20 + revestimiento	PYL + 100 mm EEPS $Rw+C \geq + 22$ (dB)
	Bloque de hormigón de 20 + revest.	PYL + 80 mm EEPS $Rw+C \geq + 14$ (dB)
	Panel de yeso de 7 cm	PYL + 80 mm EEPS $Rw+C \geq + 16$ (dB)
	Ladrillo de 20 cm +recubrimiento	PYL + 80 mm EEPS $Rw+C \geq + 21$ (dB)
	Bloque de hormigón de 20 cm + revest.	PYL + 100 mm EEPS $Rw+C \geq + 17$ (dB)
	Ladrillo hueco de 20 + revestimiento	PYL + 100 mm EEPS $Rw+C \geq + 22$ (dB)

3.2: Elementos de separación horizontal

Se pueden encontrar, entre otros, los siguientes materiales y productos para conformar soluciones constructivas con propiedades acústicas utilizados para forjados con suelos flotantes entre recintos habitables y protegidos (colindante vertical, horizontalmente o que que tengan una arista horizontal común con cualquier otro con una zona común o que pertenezca a una zona de uso diferente).

Espuma de Poliestireno Expandido (EPS):

Características de los elementos constructivos de forjados y suelos flotantes					
Producto	Descripción del elemento constructivo	Índice global de reducción acústica ponderado A R_A en dBA UNE-EN ISO 140-3	Nivel de Presión a ruido de impacto $L_{n,w}$ en dB UNE-EN 140-8	Mejora ΔR_A en dBA	Mejora $\Delta L_{n,w}$ en dB
EEPS	Forjado Normalizado (150 mm) EEPS de 20 mm y solera flotante de 40 mm armada		51	6	23
EPS	Forjado Unidireccional (22+5) con Bovedilla EPS mecanizada 228 kg/m ²	R_A 44.7 $R_w(C,C_{tr})$ 45(-1,-3)	$L_{n,w}(C)$ 94(-12) dB $L_n(A)$ 98.2 dB(A)		
EPS	Enlucido F.T. 13mm+12cm E+Solera F. 4+2 E+Solera F. 4+4 F.T. 13mm+12cm+SF			4.2 12.2 14.4 21.3 27.1	11.7 23.8 28.5 38.9 47.1
EPS	Forjado Unidireccional (22+5) Bovedilla EPS moldeada 220 kg/m ²	R_A 47.6 $R_w(C,C_{tr})$ 47(0,-2)	$L_{n,w}(C)$ 94(-11) dB $L_n(A)$ 98.3 dB(A)		
	Enlucido F.T. 13mm+12cm E+Solera F. 4+3 E+Solera F. 6+4			1 9.4 12.8	5.8 22 38 36
EPS	Forjado Unidireccional (25+5+5 nivelación) con Bovedilla EPS mecanizada 300 kg/m ²	R_A 49.2 $R_w(C,C_{tr})$ 49(0,-3)	$L_{n,w}(C)$ 84(-11) dB $L_n(A)$ 82.5 dB(A)		
EPS			Enlucido FT 12+150mm	6.8 8.9	15 16
EPS	Forjado Reticular (25+5) con casetón EPS macizo 280 kg/m ²	R_A 43.9 $R_w(C,C_{tr})$ 44(0,-3)	$L_{n,w}(C)$ 92(-10) dB $L_n(A)$ 97 dB(A)		
EPS	Enlucido F.T. 13mm+12cm Solera F. 4+2 F.T.+Solera F. 4+3			4.9 15.2 19.1 19	16 25 46 53
EPS	Forjado Reticular (25+5) con casetón EPS alveolar 262 kg/m ²	R_A 47.8 $R_w(C,C_{tr})$ 48(-1,-3)	$L_{n,w}(C)$ 91(-13) dB $L_n(A)$ 94.6 dB(A)		
EPS	Enlucido F.T. 13mm+12cm E+Solera F. 4+2 E+Solera F. 4+4 F.T.+Solera 4+4			1.8 16.8 14.5 25.7 29	12 22 34 41 46



Detalle de un suelo flotante con espuma de Poliestireno Expandido Elastificado (EEPS)

Características elementos constructivos de techos suspendidos de EPS					
Producto	Descripción del elemento constructivo (incluyendo valor U y masa superficial Kg/m ²)	Índice global de reducción acústica ponderado A _{RA} en dBA UNE-EN ISO 140-3	Nivel de Presión a ruido de impacto L _{n,w} en dB UNE-EN 140-8	Mejora ΔR _A en dBA	Mejora ΔL _W en dB
EPS	Colección de forjados anteriores + Falso Techo 13 mm +120 de cámara			9-17 R _w 12-18	20-24
EPS	+ Techo directo sin cámara			7	13
EPS	+ Techo continuo con cámara de 15 mm			9	14
EPS	+ Techo continuo con cámara de 15 mm y doble placa			10	18

3.3: La parte ciega de las fachadas y cubiertas

Se pueden encontrar, entre otros, los siguientes materiales y productos para conformar soluciones constructivas con propiedades acústicas, utilizadas para la parte ciega de las fachadas, la cubierta o el suelo en contacto con el aire exterior, de separación entre un recinto protegido y el exterior.

Espuma de Poliuretano (PUR):

Para productos de espuma de poliuretano de celda cerrada:

Características de la parte ciega de las fachadas y cubiertas						
Producto	Descripción del elemento constructivo	Rw en dB UNE-EN ISO 717-1	RA en dBA, UNE-EN ISO 140-3	RA ,tr en dBA	C en dBA UNE-EN ISO 717-1	CTR en dBA UNE-EN ISO 717-1
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 213 kg/m ²	40(-1;-4)	39	36	-1	-4
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 2 cm PUR 213 kg/m ²	47(-2;-6)	45	41	-2	-6
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 3 cm PUR 213 kg/m ²	47(-2;-5)	45	42	-2	-5
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 4 cm PUR 213 kg/m ²	49(-2;-5)	47	44	-2	-5
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 5 cm PUR 213 kg/m ²	48(-2;-5)	46	43	-2	-5
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 5 cm PUR PYL 15 mm	52(-1;-5)	51	47	-1	-5
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 5 cm PUR Tabique 4 cm Enlucido yeso húmedo	47(0;-3)	47	44	0	-3
PUR 35 kg/m ³	½ Pié L. Perforado 5 cm PUR Tabique 4 cm Enlucido yeso seco	47(-1;-3)	46	44	-1	-3



Detalle de aplicación de Proyección de espuma de Poliuretano de celda cerrada

3.4: Los huecos de las fachadas y lucernarios

El acristalamiento y la ventana

El aislamiento acústico de las ventanas suele ser determinante para el aislamiento acústico de la fachada. Merece especial atención los siguientes factores relacionados con las ventanas:

- o Tipo de acristalamiento
- o Dimensiones
- o Tipo de Carpintería (bastidor)
- o Juntas
- o Uniones

La influencia del bastidor en el aislamiento acústico global depende:

- De las prestaciones de la parte acristalada: cuanto más importantes sean estas últimas, mayor será la influencia negativa que puede ejercer el bastidor sobre el aislamiento contra los ruidos aéreos.
- De la parte que representa la superficie del bastidor con respecto a la superficie total

En todos los casos, el bastidor debe obligatoriamente presentar una buena estanqueidad al aire (tanto las partes móviles como las fijas). Las juntas entre el vidrio y el perfil así como las juntas entre los distintos perfiles pueden ser fuente de problemas. Las juntas defectuosas tienen una influencia negativa sobre el aislamiento acústico en el espectro de las frecuencias altas e incluso medías.

Es conveniente y aconsejable utilizar tapajuntas de forma suficiente. Si el aislamiento acústico debe ser superior a 35dB, es necesario aplicar una doble barrera de estanqueidad en aquellas partes que se abren. La junta de las aberturas estará presente en todo el perímetro sin interrupción en ángulos y herrajes o cerrajería.

Para evitar eventuales deformaciones, se recomiendan sistemas con varios puntos de cierre.

De manera general, puede decirse que es preciso elegir un tipo de bastidor adaptado a los acristalamientos especiales que se utilicen en cada caso. Las siguientes reglas prácticas pueden servir de guía para evaluar el tipo de ventana:

Ventanas con aislamiento acústico a los ruidos aéreos $R_w < 30$ dB

Pueden utilizarse todo tipo de perfiles. Una simple junta es suficiente. En cuanto al acristalamiento, el resultado de un vidrio monolítico (6-8 mm) es similar al de un doble acristalamiento normal (4/12/4 mm) y normalmente suficiente.

Ventanas con aislamiento acústico a los ruidos aéreos $R_w < 35$ dB

El marco no tiene una influencia notable cuando la superficie es inferior al 30% de la superficie total. Los perfiles de bastidor pueden ser de varios tipos:

- Perfiles de madera con una sección mínima de 55 a 60 mm.
- Perfiles sencillos de aluminio sin rotura térmica.
- Perfiles de PVC

Ventanas con aislamiento acústico a los ruidos aéreos $R_w = 35$ dB a 40 dB

Es casi necesario contar con perfiles provistos de ruptura de puente térmico (RPT) que a mayores de su prestación térmica proporcionan una separación

acústica. La doble junta se hace necesaria y los herrajes deben ajustarse para un resultado óptimo.

La carpintería debe limitarse al 30% o menos del total del cerramiento. Para % mayores, el valor máximo alcanzable será muy próximo a $R_w = 35$ dB.

Ventanas de alto aislamiento acústico. Doble ventana $R_w = 45$ a 50 dB

La doble ventana está formada por dos ventanas colocadas una delante de la otra, cada una con su propio marco y bastidor. El aislamiento acústico depende de los siguientes factores:

- Tipo de acristalamientos de las dos ventanas.
- Calidad de los marcos: masa, rotura puente térmico, estanqueidad al aire, porcentaje de la superficie ocupada...
- Cámara de aire entre las dos ventanas: deberá ser como mínimo de 50 mm. El aislamiento aumenta de forma proporcional a la anchura de la cámara.
- Presencia de materiales absorbentes del ruido en la cámara de aire (colocados entre los bastidores). Por ejemplo: lana mineral revestida de una placa metálica perforada (por lo menos 15% de perforaciones).
- Unión entre los dos bastidores: esta unión será preferentemente flexible y estanca.

Si se trata de una obra de rehabilitación puede colocarse indistintamente la ventana nueva en el interior o en el exterior con respecto a la ventana existente.

Doble ventana de alta calidad acústica $R_w > 50$ dB

En este caso, el cerramiento suele estar constituido por dos ventanas totalmente independientes, recibidas sobre elementos constructivos que también lo son. La separación se prolonga en toda la construcción del muro. Entre otras aplicaciones, esta solución es frecuente en ventanas realizadas dentro de estudios de grabación. Si se aplica este principio de manera óptima, pueden alcanzarse valores de $R_w \geq 60$ dB.

Juntas

La estanqueidad al aire tiene que ser buena en todos los puntos. Tanto en los propios puntos de cierre de los elementos practicables y en aquellos en los que la ventana va recibida a la obra. Pequeñas rendijas o juntas abiertas pueden provocar pérdidas de entre 5 y 10 dB.

Las pequeñas rendijas pueden taparse mediante masillas de larga duración que conservan toda su elasticidad, preferentemente a base de silicona. Si la anchura de la junta es superior a 5 mm; debe aplicarse previamente material de relleno. Este puede ser espuma sintética, celular y comprimible o un perfil de junta.

ANEXO 2 Propiedades acústicas de materiales aislantes y elementos constructivos. Ensayos y soluciones de marcas comerciales

Parte 1: Propiedades de las familias de materiales aislantes

Espuma de Poliuretano (PUR):

Las principales características acústicas de la espuma de poliuretano son:

- Para la espuma de poliuretano de celda abierta con densidades entre 12 y 70 kg/m³, se pueden encontrar en el mercado los siguientes productos:
 - Poliuretano Proyectado de Baja Densidad Phono Spray S904, densidades entre 12 y 30 kg/m³.
 - Poliuretano Proyectado de Alta Densidad Phono Spray S907 densidades entre 50 y 70 kg/m³.
 - Poliuretano Inyectado Phono Spray I905 densidades entre 12 y 30 kg/m³.

Características de r (resistividad al flujo de aire), s' (rigidez dinámica) y α (coeficiente de absorción acústica) exigibles según el DB-HR para aplicaciones acústicas:

Producto	Características de producto		
	Resistividad al flujo del aire r (kPa.s/m ²) UNE 29053 Material aislante acústico de celda abierta o poroso	Rigidez Dinámica s' (MN/m ³) UNE 29052-1 Material absorbente muelle-masa-muelle aislamiento ruido de impacto y aéreo	Coefficiente de absorción acústica α medio o α a 500, 1000, 2000 Hz. UNE-EN ISO 354 o α_W ponderado UNE-EN ISO 11654. Material absorbente Acústico
Phono Spray S904	5-6	4,83	0,5
Phono Spray S907		17,76	0,32
Phono Spray I905	5-6	4,83	0,5



Detalles espumas Poliuretano Celda Cerrada y Celda Abierta Baja y Alta Densidad

Espuma de polietileno reticulado:

Las propiedades de los distintos productos de espuma de polietileno reticulado:

Producto	Características de producto			
	Resistividad al flujo del aire r (kPa.s/m ²) UNE 29053 Material aislante acústico de celda abierta o poroso	Rigidez Dinámica s' (MN/m ³) UNE 29052-1 Material absorbente muelle-masa-muelle aislamiento ruido de impacto	Reducción de espesor bajo carga constante UNE 12431 asilamiento ruido de impacto y bandas desolidarizantes	Coefficiente de absorción acústica α_m o α a 500, 1000, 2000 Hz. UNE-EN ISO 354 o α_w ponderado UNE-EN ISO 11654. Material absorbente acústico
TROCELLEN IS 5MM: ESPUMA PE RETICULADO. 25KG/M3 - 5MM	$r > 100$ kPa.s/m ²	87,2	Ei = 4,7mm (0 Pa) dL = 4,5mm (250 Pa) dF = 4,4mm (2 kPa) dB = 4,1mm (50kPa)	
TROCELLEN IS 10MM: ESPUMA PE RETICULADO. 25KG/M3 - 10MM	$r > 100$ kPa.s/m ²	57,7	Ei = 9,7mm (0 Pa) dL = 9,6mm (250 Pa) dF = 9,4mm (2 kPa) dB = 9,2mm (50kPa)	
TROCELLEN HIS 6MM (gama alto impacto): ESPUMA PE RETICULADO. 25KG/M ³ - 6MM	$r > 100$ kPa.s/m ²	75,5	Ei = 6,1mm (0 Pa) dL = 6,0mm (250 Pa) dF = 5,7mm (2 kPa) dB = 5,3mm (50kPa)	
TROCELLEN HIS 10MM (gama alto impacto): ESPUMA PE RETICULADO. 25KG/M ³ - 10MM	$r > 100$ kPa.s/m ²	62,0	Ei = 10,3mm (0 Pa) dL = 10,2mm (250Pa) dF = 10,0mm (2kPa) dB = 9,7mm (50kPa)	
TROCELLEN BANDA ELASTICA NORMAL	$r > 100$ kPa.s/m ²	57,7		
TROCELLEN BANDA ELASTICA PLUS	$r > 100$ kPa.s/m ²	15,8		
TROCELLEN RECYMAT 20MM (material reciclado): ESPUMA PE RETICULADO. 70KG/M ³ - 20MM	$r > 100$ kPa.s/m ² $r = 328$	18,0		$\alpha_m = 0,75$ α a 500Hz = 0,78 α a 1000Hz = 0,84 α a 2000Hz = 0,90 $\alpha_w = 0,77$

Vidrio:

Las propiedades de los vidrios y unidades de vidrio aislante se encuentran en la siguiente tabla:

Tipo de Vidrio	mm	Peso kg/m ²	Prestaciones				
			R _w	C	C _{tr}	R _A	R _{A,tr}
MONOLITICO							
SGG PLANILUX	3	7,5	29	-2	-5	27	24
SGG PLANILUX	4	10	30	-1	-3	29	27
SGG PLANILUX	5	12,5	30	-1	-2	29	28
LAMINAR ACÚSTICO							
SGG STADIP SILENCE 33.1	6	15,5	36	-1	-3	35	33
SGG STADIP SILENCE 44.1	8	20,5	37	-1	-2	36	35
SGG STADIP SILENCE 55.1	10	25,5	38	-1	-2	37	36
SGG STADIP SILENCE 33.2	7	16	36	-1	-3	35	33
SGG STADIP SILENCE 44.2	9	21	37	-1	-2	36	35
SGG STADIP SILENCE 55.2	11	26	38	-1	-2	37	36
SGG STADIP SILENCE 64.2	11	26	38	-1	-2	37	36
SGG STADIP SILENCE 66.2	13	31	39	-1	-2	38	37
SGG STADIP SILENCE 44.4	10	21,5	37	0	-2	37	35
Doble acristalamiento SGG CLIMALIT / SGG CLIMALIT PLUS							
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 4/6/4	14	20	30	-1	-3	29	27
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 4/8/4	16	20	30	-1	-3	29	27
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 4/10/4	18	20	30	-1	-3	29	27
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 4/12/4	20	20	30	0	-3	30	27
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 4/15/5	24	22,5	33	-1	-4	32	29
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 5/12/5	22	25	32	-1	-4	31	28
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 6/12/6	24	30	33	-1	-3	32	30
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 6(15/16)6	27/28	30	33	-1	-5	32	28
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 8/12/8	28	40	34	-2	-3	32	31
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS 8/(15/16)8	31/32	40	34	-1	-4	33	30
Doble acristalamiento SGG CLIMALIT SILENCE / SGG CLIMALIT PLUS SILENCE							
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 4/12/33.1	22	25,5	34	-1	-4	33	30
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 6/12/33.1	24	30,5	37	-1	-5	36	32
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 8/6/33.1	20	35,5	38	-1	-4	37	34
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 10/9/33.1	25	40,5	39	-1	-4	38	35
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 4/6/44.1	18	30,5	36	-1	-4	35	32
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 6/12/44.1	26	35,5	38	-1	-5	37	33
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 8/6/44.1	22	40,5	39	-1	-4	38	35
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 8/12/44.1	28	40,5	40	-2	-5	38	35
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44.1	30	45,5	41	0	-4	41	37
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 8/6/44.2	23	41	39	-1	-5	38	34
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 8/10/44.2	27	41	39	-1	-5	38	34
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 8/12/44.2	29	41	40	-1	-5	39	35
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 10/12/44.2	31	46	42	-2	-5	40	35
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 10/16/88.2	26	41	41	-2	-5	39	36
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 33.1/9/55.1	43	66	45	-1	-5	44	40
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 44.1/12/64.1	31	46,5	43	-2	-6	41	37
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 44.2/20/64.2	40	47	47	-2	-7	45	40
SGG CLIMALIT / CLIMALIT PLUS SILENCE 6/16/44.1	30,5	35,5	41	-2	-7	39	34

(1) SGG STADIP SILENCE posee las mismas características de seguridad que los vidrios laminados SGG STADIP y SGG STADIP PROTECT de igual composición. Los valores de los índices de atenuación acústica son valores calculados simulando las condiciones de

medición de la norma EN ISO 140. Los resultados de medición pueden desviarse ligeramente de estos valores calculados en función de las condiciones de medición. En SGG CLIMALIT / SGG CLIMALIT PLUS la 1ª cifra corresponde al vidrio exterior.

Entre los diferentes resultados de medición, en laboratorio acústico también se ha obtenido un valor R_w de 38 dB para SGG STADIP SILENCE 44.1 y 44.2 y un valor R_w de 40 dB para SGG CLIMALIT SILENCE 6/6/44.1.

Lana de poliéster:

Las propiedades del coeficiente de absorción acústica de productos de lana de poliéster son:

	Características de producto
Producto THERMACUST	Coefficiente de absorción acústica α_w ponderado UNE-EN ISO 11654. Material absorbente acústico
AT2/20/500	0,50 (H)
AT2/20/1000	0,70(H)
AT2/50/1250	0,50(H)
AT2/50/2500	0,80 (H)

Vidrio expandido:

Propiedades de los paneles de vidrio expandido absorbentes acústicos:

Sistema	Descripción del elemento constructivo		Características de absorción acústica según la ISO 20354 a las frecuencias de:		
	General	Variante	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
StoSilent Modular 100	Módulos independiente de falso techo Acabado rugoso fino	Cámara posterior de 73 mm	2,6	2,4	2,3
		Cámara posterior de 218 mm	2,4	2,5	2,6
		Cámara posterior de 473 mm	2,4	2,5	2,8
		Cámara posterior de 60 mm Panel de melamina de 40 mm	3,7	3,1	2,8
		Cámara posterior de 205 mm Panel de melamina de 40 mm	3,4	3,5	3,2
		Cámara posterior de 460mm Panel de melamina de 40 mm	3,5	3,8	3,8
StoSilent Modular 100 Top	Módulos independiente de falso techo Acabado liso	Cámara posterior de 205 mm	2,4	2,4	2,1
		Cámara posterior de 460 mm	2,7	2,8	2,7

Sistema	Descripción del elemento constructivo		Características de los sistemas constructivos		
	General	Variante	Coeficiente de absorción acústica medio $a_{m,i}$ ISO 20354	Coeficiente de absorción acústico ponderado a_w ISO 11654	Escala de absorción clase:
StoSilent Panel Alu	Falso techo continuo. Acabado rugoso fino	Cámara de aire de 30 mm	0,35-0,50-0,85	0,45	D
		Cámara de aire de 245 mm	0,30-0,55-0,90	0,40	D
		Cámara de aire de 100 mm Manto adicional de 20 mm de aglomerado de melamina	0,75-0,70-0,60	0,70	C
StoSilent Top Alu	Falso techo continuo. Acabado liso	Cámara de aire de 30mm	0,35-0,55-0,60	0,45	D
StoSilent A-Tec	Falso techo continuo. Acabado rugoso fino	Cámara de aire de 30 mm	0,85-0,90-0,75	0,80	B
		Cámara de aire de 100 mm	0,80-0,90-0,75	0,75	C
		Cámara de aire de 245 mm	0,80-0,90-0,75	0,75	C
StoSilent Top A-Tec	Falso techo continuo. Acabado liso	Cámara de aire de 30 mm	0,80-0,95-0,75	0,80	B
		Cámara de aire de 245 mm	0,75-0,95-0,75	0,70	C
StoSilent Cool	Falso techo continuo. Acabado rugoso fino. Refrigeración incorporada	Cámara de aire de 245mm	0,70-0,60-0,50	0,55	D
StoSilent Cool Top	Falso techo continuo. Acabado liso. Refrigeración incorporada	Cámara de aire de 245 mm	0,50-0,45-0,45	0,50	D
		Cámara de aire de 100 mm	0,55-0,50-0,40	0,50	D
StoSilent Panel Robust	Falso techo continuo. Acabado rugoso fino con formas curvas	Cámara de aire de 245 mm	0,75-0,65-0,65	0,70	C
		Cámara de aire de 27 mm Lana de roca de 20 mm	0,90-0,90-0,70	0,75	C
		Cámara de aire de 27 mm	0,55-0,90-0,80	0,55	D

Las propiedades de los paneles de vidrio expandido utilizado en revoques proyectados de silicato con contenido de aire incorporado son los siguientes:

Sistema	Descripción del elemento constructivo		Características de los sistema constructivos		
	General	Variante	Coefficiente de absorción acústica medio $a_{m,i}$ ISO 20354	Coefficiente de absorción acústico ponderado a_w UNE-EN ISO 11654	Escala de absorción clase:
StoRevoque Acústico	Aplicado sobre un PYL de 12,5mm. Espesor total del revoque 22mm.	Cámara tras el PYL de 19 mm	0,40-0,80-0,95	0,45	D
		Cámara tras el PYL de 225,5 mm	0,40-0,80-0,95	0,40	D
StoRevoque Acústico Proyectado	Espesor total del sistema 30mm.	Aplicado sobre una superficie de hormigón (superficie reverberante)	0,32-0,42-0,53	-	-
		Aplicado sobre una superficie de PYL de 12,5 mm	0,47-0,68-0,67	-	-

Las propiedades de los tapetes acústicos con vidrio expandido y base de espuma de poliuretano son:

Sistema	Descripción del elemento constructivo		Características de los sistema constructivos		
	General	Variante	Coefficiente de absorción acústica medio $a_{m,i}$ ISO 20354	Coefficiente de absorción acústico ponderado a_w ISO 11654	Escala de absorción clase:
StoSilyl			0,40-0,70-0,80	0,40	D

Parte 2: Propiedades de los elementos constructivos

2.1 Propiedades de los elementos constructivos de separación verticales de interiores

En el mercado pueden encontrarse, entre otros, los siguientes materiales y productos para conformar soluciones constructivas con propiedades acústicas:

Arcilla Expandida

Las propiedades de los elementos constructivos con bloques de arcilla expandida son los siguientes:

		Características de los elementos constructivos de separación vertical		
Material	Producto marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Masa superficial Kg/m ²	Índice global de reducción acústica ponderado A R _A en dBA ,
Bloques de Arcilla Expandida	Bloque Arliblock -6	Bloque de arcilla expandida de 50x6x20	90	39
	Multicamara Arliblock -8	Bloque de arcilla expandida de 30x8x20	140	39
	Multicamara Arliblock -10	Bloque de arcilla expandida de 30x10x20	130	39
	Multicamara Arliblock -12	Bloque de arcilla expandida de 50x12x20	140	45
	Multicamara Arliblock -15	Bloque de arcilla expandida de 50x15x20	160	49
	Multicamara Arliblock -20	Bloque de arcilla expandida de 50x20x20	230	51
	Multicamara Arliblock -25	Bloque de arcilla expandida de 50x25x20	230	49
	Acustico Arliblock -17	Bloque de arcilla expandida de 30x17x20	290	55
	Acustico Arliblock -22	Bloque de arcilla expandida de 30x22x20	280	56
	Acustico Arliblock -25	Bloque de arcilla expandida de 30x25x20	320	55

Espuma de Poliestireno Expandido (EPS):

Las propiedades acústicas de productos de espuma de poliestireno expandido son:

		Características de los elementos constructivos de separación vertical			
Material	marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Masa superficial Kg/m ²	Índice global de reducción acústica pond. A R _A en dBA	Para trasdosados ΔR _A en dBA
Espuma de poliestireno expandido elastificado EEPS	Soluciones con sistemas Húmedos				
	Neoacustic Medianera 40 mm EEPS + 2 mm EPDM	Enl 15 + LH con bandas 110 + Neoacustic Medianera + LH con bandas 90 + Enl 15	Total: 252 Hoja LH 110: 103,9 Hoja LH 90: 81,2	57,5	
	Neoacustic Medianera 40 mm EEPS + 2 mm EPDM	Enl 15 + LH con bandas 90 + Neoacustic Medianera + LH con bandas 90 + Enl 15		54,2	
	Soluciones mixtas (PYL+Ladrillo)				
	Doublage KNAUF TERMOSOUND	Ladrillo hueco de 20 cm + 15 mm de recubrimiento exterior+ Trasdosado directo PYL 12.5mm+100 mm EEPS		62	23
	Doublage KNAUF TERMOSOUND	Ladrillo hueco de 20 cm + 15 mm de recubrimiento exterior+ Trasdosado directo PYL 12.5mm+ 80 mm EEPS		61	22

Lana de poliéster:

Los valores del índice de reducción acústica de productos de lana de poliéster son:

		Características elementos constructivos de elementos de separación vertical	
marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Índice global de reducción acústica ponderado A R _A en dBA , UNE-EN ISO 140-3	
AT2/20/800	Soluciones con sistemas secos Sistema PYL de 76mm 15+46+15	40,2 dB(A)	
AT2/20/800	Soluciones con sistemas secos Sistema PYL de 106mm 15+15+46+15+15	48,1 dB(A)	
AT2/20/800	Soluciones con sistemas secos Sistema PYL de 167mm 15+15+46+15+46+15+15	58,3 dB(A)	

Espuma de Poliuretano (PUR):

Los valores del índice de reducción acústica de elementos constructivos con espuma de poliuretano de celda abierta son:

		Características de los elementos constructivos de separación vertical			
Material	Marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Valor de U (W/ m ² K)	Índice global de reducción acústica ponderado A R _A en dBA , UNE-EN ISO 140-3	
Espuma de poliuretano de celda abierta	Phono Spray S904	Soluciones con Sistemas Tabiquería Seca			
		PYL13 + 40 mm S904 + PYL13	0,853	38 dBA	
		PYL15+PYL13 + 40 mm S904 + PYL13	0,812	43 dBA	
		PYL15+PYL13 + 40 mm S904 + PYL13 + PYL15	0,775	44 dBA	
		PYL13 + 60 mm S904 + PYL13	0,598	39 dBA	
		PYL15+PYL13 + 60 mm S904 + PYL13	0,577	42 dBA	
		PYL15+PYL13 + 60 mm S904 + PYL13 + PYL15	0,558	45 dBA	
	Phono Spray I905	PYL15 + 46 mm I905 + PYL15	0,756	34 dBA	
	Phono Spray I905	Phono Spray S904	Soluciones con Sistemas Tabiquería Húmeda		R _A D _{nTA}
			LP ½ Pie + 30-40 mm S904 + LHDGF7	0,746	59 dBA > 51 dBA
LHDGF9 + 30-40 mm S904 + LHDGF7			0,757	53 dBA > 48 dBA	
LHDGF7 + 40 mm S904 + LHDGF7			0,757	47 dBA	
Phono Spray I905		LP ½ Pie + 100 mm I905 + LHS5	0,356	51 dBA	

2.2. Propiedades de los elementos de separación horizontal

Espuma de polietileno reticulado:

Los valores del índice de reducción acústica, nivel de presión a ruido de impacto y mejoras de aislamiento a ruido aéreo e impactos para productos de espuma de polietileno reticulado son:

Características de los elementos constructivos de suelos flotantes					
marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Índice global de reducción acústica ponderado A RA en dBA UNE-EN ISO 140-3	Nivel de Presión a ruido de impacto $L_{n,w}$ en dB UNE-EN 140-8	Mejora ΔR_A en dBA	Mejora ΔL_w (dB)
Trocellen IS 5MM: 25KG/M ³ - 5MM	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN IS 5MM + Solera Mortero 7cm Masa = 351 + 0.125 + 140 = 491,125kg/m ² Espesor = 215mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 60 (-1;-5)$ dB $R_A = 59,5$ dBA	$L_{n,w,r} = 57$ dB; $C_{l,r} = 0$ dB $L_{n,w,0} = 78$ dB; $C_{l,r} = -10$ dB	$\Delta R_A = 6,0$	$\Delta L_w = 21$ dB; $C_{l,r} = -11$ dB
Trocellen IS 5MM: 25KG/M ³ - 5MM	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN IS 5MM + Solera Mortero 7cm + TROCELLEN HIS PLUS 3MM + Tarima Laminada 8mm Masa = 351 + 0.125 + 140 + 0,150 + 8 = 499,275kg/m ² Espesor = 226mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 61 (-2;-6)$ dB $R_A = 60,2$ dBA	$L_{n,w,r} = 56$ dB; $C_{l,r} = 1$ dB $L_{n,w,0} = 78$ dB; $C_{l,r} = -10$ dB	$\Delta R_A = 6,6$	$\Delta L_w = 22$ dB; $C_{l,r} = -12$ dB
Trocellen IS 5MM: 25KG/M ³ - 5MM	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN IS 5MM + Solera Mortero 7cm + Gres 10mm Masa = 351 + 0.125 + 140 + 21 = 512,125kg/m ² Espesor = 225mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 61 (-1;-5)$ dB $R_A = 60,5$ dBA	$L_{n,w,r} = 57$ dB; $C_{l,r} = 1$ dB $L_{n,w,0} = 78$ dB; $C_{l,r} = -10$ dB	$\Delta R_A = 6,7$	$\Delta L_w = 21$ dB; $C_{l,r} = -12$ dB
Trocellen IS 10MM: 25KG/M ³ - 10MM	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN IS 10MM + Solera Mortero 7cm Masa = 351 + 0.250 + 140 = 491,250kg/m ² Espesor = 220mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 60 (-1;-4)$ dB $R_A = 59,7$ dBA	$L_{n,w,r} = 55$ dB; $C_{l,r} = 2$ dB $L_{n,w,0} = 78$ dB; $C_{l,r} = -10$ dB	$\Delta R_A = 6,8$	$\Delta L_w = 23$ dB; $C_{l,r} = -13$ dB
Trocellen IS 10MM: 25KG/M ³ - 10MM	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN IS 10MM + Solera Mortero 7cm + TROCELLEN HIS PLUS 3MM + Tarima Laminada 8mm Masa = 351 + 0.250 + 140 + 0,150 + 8 = 499,400kg/m ² Espesor = 231mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 60 (-1;-5)$ dB $R_A = 60,4$ dBA	$L_{n,w,r} = 54$ dB; $C_{l,r} = 2$ dB $L_{n,w,0} = 78$ dB; $C_{l,r} = -10$ dB	$\Delta R_A = 7,5$	$\Delta L_w = 24$ dB; $C_{l,r} = -13$ dB
Trocellen IS 10MM: 25KG/M ³ - 10MM	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN IS 10MM + Solera Mortero 7cm + Gres 10mm Masa = 351 + 0.250 + 140 + 21 = 512,25 kg/m ² Espesor = 230mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 60 (-1;-4)$ dB $R_A = 60,5$ dBA	$L_{n,w,r} = 55$ dB; $C_{l,r} = 1$ dB $L_{n,w,0} = 78$ dB; $C_{l,r} = -10$ dB	$\Delta R_A = 7,5$	$\Delta L_w = 23$ dB; $C_{l,r} = -12$ dB

Características de los elementos constructivos de suelos flotantes					
marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Índice global de reducción acústica ponderado A RA en dBA UNE-EN ISO 140-3	Nivel de Presión a ruido de impacto $L_{n,W}$ en dB UNE-EN 140-8	Mejora ΔR_A en dBA	Mejora ΔL_{W} (dB)
Trocellen HIS 6MM 25KG/M ³	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN HIS 6MM + Solera Mortero 5cm Masa = 351 + 0.150 + 100 = 451,150kg/m ² Espesor = 196mm		$L_{n,W,r} = 52\text{dB};$ $C_{l,r} = 0\text{dB}$ $L_{n,W,0} = 77\text{dB};$ $C_{l,r} = -10\text{dB}$		$\Delta L_{W} = 24\text{dB};$ $C_{l,r} = -11\text{dB}$
Trocellen HIS 6MM 25KG/M ³	Forjado de Referencia de 14cm + TROCELLEN HIS 6MM + Solera Mortero 7cm Masa = 351 + 0.150 + 140 = 491,150kg/m ² Espesor = 216mm		$L_{n,W,r} = 49\text{dB};$ $C_{l,r} = 1\text{dB}$ $L_{n,W,0} = 78\text{dB};$ $C_{l,r} = -10\text{dB}$		$\Delta L_{W} = 25\text{dB};$ $C_{l,r} = -11\text{dB}$
	Forjado Unidireccional Bovedilla Cerámica 25+5 – Enlucido yeso 1cm Masa = 427kg/m ² Espesor = 310mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 52 (-1;-2)\text{dB}$ $R_A = 52,3\text{ dBA}$			
Trocellen HIS 6MM 25KG/M ³	Forjado Unidireccional Bovedilla Cerámica 25+5 – Enlucido yeso 1cm + TROCELLEN HIS 6MM + Solera Mortero 5cm Masa = 528kg/m ² Espesor = 366mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 61 (-3;-7)\text{dB}$ $R_A = 59,0\text{ dBA}$		$\Delta R_A = 6,7$	
Trocellen HIS 6MM 25KG/M ³	Forjado Unidireccional Bovedilla Cerámica 25+5 – Enlucido yeso 1cm + TROCELLEN HIS 6MM + Solera Mortero 5cm + TROCELLEN HIS PLUS 3MM + Tarima 14mm Masa = 536kg/m ² Espesor = 383mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 61 (-3;-8)\text{dB}$ $R_A = 59,0\text{ dBA}$		$\Delta R_A = 6,7$	
Trocellen HIS 6MM 25KG/M ³	Forjado Unidireccional Bovedilla Cerámica 25+5 – Enlucido yeso 1cm + TROCELLEN HIS 6MM + Solera Mortero 7cm Masa = 568kg/m ² Espesor = 386mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 63 (-2;-7)\text{dB}$ $R_A = 61,6\text{ dBA}$		$\Delta R_A = 9,3$	
Trocellen HIS 6MM 25KG/M ³	Forjado Unidireccional Bovedilla Cerámica 25+5 – Enlucido yeso 1cm + TROCELLEN HIS 6MM + Solera Mortero 7cm + TROCELLEN HIS PLUS 3MM + Tarima 14mm Masa = 577kg/m ² Espesor = 403mm	$R_w (C;C_{t,r}) = 63 (-2;-7)\text{dB}$ $R_A = 61,7\text{ dBA}$		$\Delta R_A = 9,3$	

Espuma de Poliestireno Expandido (EPS):

Las propiedades acústicas de algunos productos de EPS son:

Características de los elementos constructivos de forjados y suelos flotantes					
Producto marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Índice global de reducción acústica ponderado A R_A en dBA UNE-EN ISO 140-3	Nivel de Presión a ruido de impacto $L_{n,w}$ en dB UNE-EN 140-8	Mejora ΔR_A en dBA	Mejora $\Delta L_{n,w}$ en dB
Neoacustic Impacto 10 mm (EEPS)	Forjado Normalizado 130 mm + Neoacustic Impacto 10 mm + Losa armada 50 mm $U=1,82$ w/(m ² K)		55		23
Neoacustic Impacto 20 mm (EEPS)	Forjado Normalizado 130 mm + Neoacustic Impacto 20 mm + Losa armada 50 mm $U=1,18$ w/(m ² K)		50		28
Neoacustic Plus Impacto (15 mm EEPS + 2 mm EPDM)	Forjado Normalizado 150 mm + Neoacustic Plus Impacto + Losa mortero 50 mm $U=1,41$ w/(m ² K) Masa Superficial 104 Kg/m ²	62,5	49	8	27
Poliradiante Impacto (EEPS + placa suelo radiante)	Forjado normalizado + losa de mortero sobre planchas de EPS+EEPS	64	52	8	23
ISOLCHOC (TERMOIMPACT) KNAUF	Losa hormigón (140 mm) 325 Kg/m ² EEPS de 20 mm y solera flotante de 40 mm armada	68	53	11	24

Espuma de Poliuretano (PUR):

Las propiedades acústicas de algunos productos de PUR de celda abierta son:

Características de los elementos constructivos de suelos flotantes				
Producto marca comercial	Descripción del elemento constructivo (incluyendo valor U y masa superficial Kg/m ²)	Índice global de reducción acústica ponderado A R_A en dBA UNE-EN ISO 140-3	Nivel de Presión a ruido de impacto $L_{n,w}$ en dB UNE-EN 140-8	Mejora $L_{n,w}$ en dB
Phono Spray S907	Losa Normalizada + 20 mm S907 + 50 mm Mortero Losa Normalizada + 30 mm S907 + 50 mm Mortero	56 dBA	60 dB 54 dB (in situ)	14 dB



Detalle proyección de espuma de poliuretano de celda abierta en soluciones horizontales

2.3. Propiedades de los elementos de la parte ciega de las fachadas y cubiertas

Espuma de Poliestireno Expandido (EPS):

Las propiedades acústicas de algunos productos de EPS son:

Características de la parte ciega de las fachadas y cubiertas						
Producto marca comercial	Descripción del elemento constructivo (incluyendo valor U y masa superficial Kg/m ²)	Rw en dB UNE-EN ISO 717-1	R _A en dBA, UNE-EN ISO 140- 3	R _{A,tr} en dBA	C en dBA UNE-EN ISO 717-1	C _{TR} en dBA UNE-EN ISO 717-1
Neotermic (EPS baja λ)	Enl 20 mm + LP 115 mm + Enfosc 20 mm + Neotermic 40 mm + LH 80 mm + Enl 20 mm U=0,52 w/(m ² K) Masa Superficial Total 314 Kg/m ² Masa Sup. Hoja LP 117,5 Kg/m ² Masa Sup. Hoja LH 67,1 Kg/m ²	53	53	49	-1	-4
Soluciones mixtas (PYL+Ladrillo)						
Doublage KNAUF Termosound	Ladrillo hueco de 20 cm + 15 mm de recubrimiento exterior+ Trasdosoado directo PYL 12.5mm+100 mm EEPS	62 39 sin trasdosado			-2	-6
Doublage KNAUF Termosound	Ladrillo hueco de 20 cm + 15 mm de recubrimiento exterior+ Trasdosoado directo PYL 12.5mm+80 mm EEPS	61 39 sin trasdosado			-2	-6
Doublíssimo	Bloque de yeso 7 cm + Trasdosoado directo PYL 13mm+80 mm EEPS	53			-1	-7

Espuma de Poliestireno Extruido (XPS):

Las propiedades acústicas de algunos productos de XPS para fachadas de doble hoja y cubiertas inclinadas son:

Producto marca comercial	Características de la parte ciega de las fachadas y cubiertas				
	Descripción del elemento constructivo (incluyendo valor U y masa superficial Kg/m ²)	R _w en dB UNE-EN ISO 717-1	R _A en dBA, UNE-EN ISO 140-3	C en dBA UNE-EN ISO 717-1	C _{TR} en dBA UNE-EN ISO 717-1
WALLMATE CW-A	Soluciones con sist. Húmedos: muro con cámara de 60 mm confirmar de espesor , instaladas en ella, planchas de XPS de 30 mm de espesor; las dos hojas del muro formadas por fábrica de LHD; masa: 213 kg/m ²	52.1		-1	-4
WALLMATE CW-A	Soluciones con sist. Húmedos muro con cámara de 60 mm confirmar de espesor, instaladas en ella, planchas de XPS de 30 mm de espesor; hoja exterior formada con fábrica de LP de media asta y hoja interior formada con fábrica de LHD; masa: 257 kg/m ²	53		-1	-3
STYROFOAM IBF-A, núcleo de panel THERMOCHIP	Cubierta inclinada ligera a base de panel sándwich de madera, con lámina sintética acústica, núcleo de XPS en 50 mm de espesor	40	39.7	0	-4
STYROFOAM IBF-A, núcleo de panel THERMOCHIP	Cubierta inclinada ligera a base de panel sándwich de madera, con cámara de 40 mm de espesor (formada con rastreles) entre tejas y XPS	36	35.7	0	-4
STYROFOAM IBF-A, núcleo de panel THERMOCHIP	Cubierta inclinada ligera a base de panel sándwich de madera, con lámina sintética acústica, y cámara de 40 mm (formada con rastreles) entre tejas y XPS	42	39.8	0	-4

Las propiedades acústicas de algunos productos de XPS para cubiertas planas invertidas se encuentran en la siguiente tabla:

Características de los elementos constructivos de cubiertas planas invertidas				
Producto marca comercial	Descripción del elemento constructivo (incluyendo valor U y masa superficial Kg/m ²)	Índice global de reducción acústica ponderado A RA en dBA UNE-EN ISO 140-3	Nivel de Presión a ruido de impacto L _{n,w} en dB UNE-EN 140-8	Mejora L _{n,w} en dB
STYRODUR 3035 CS	Cubierta plana invertida con 140 mm de hormigón, 2,5 mm de impermeabilización, 120 mm de Styrodur 3035 CS, distanciadores y losetas de hormigón de 42 mm. 427 Kg/m ³ .	≥ 53	49	29
STYRODUR 3035 CS	Cubierta plana invertida con 140 mm de hormigón, 2,5 mm de impermeabilización, 120 mm de Styrodur 3035 CS, distanciadores sobre separadores de 5 mm de goma triturada y losetas de hormigón de 42 mm. 430 Kg/m ³ .	≥ 53	45	33
STYRODUR 3035 CS	Cubierta plana invertida con 140 mm de hormigón, 2,5 mm de impermeabilización, 120 mm de Styrodur 3035 CS, lámina de aprox 140 gr/m ² , 33 mm aprox. de grava de 4/8 y losetas de hormigón de 42 mm. 475 Kg/m ³ .	≥ 59	51	26
STYRODUR 3035 CS	Cubierta plana invertida con 140 mm de hormigón, 2,5 mm de impermeabilización, 120 mm de Styrodur 3035 CS, lámina de aprox 140 gr/m ² , 52 mm aprox. de grava de 4/8 y losetas de hormigón de 42 mm. 505 Kg/m ³ .	≥ 59	51	27

Espuma de Poliuretano (PUR):

Las propiedades acústicas de algunos productos de PUR de celda abierta para fachadas de doble hoja y soluciones mixtas son:



Detalle de aplicación de Proyección e Inyección de espuma de poliuretano Termoacústica

Características de los elementos constructivos de separación verticales			
Material	Producto marca comercial	Descripción del elemento constructivo	Índice global de reducción acústica ponderado A R _A en dBA , UNE-EN ISO 140-3
Espuma de poliuretano de celda abierta Phono Spray S904 Espuma de poliuretano de celda cerrada Poliuretano S Spray S303EW	DIVISORIAS EXTERIORES Poliuretano S Spray S303EW + Phono Spray S904	Soluciones Mixtas (PYL+Ladrillo)	R _A D _{nTA}
		LP ½ Pie + 10 mm S303EW + 30 mm S904 + PYL13	52 dBA > 45 dBA
		LP ½ Pie + 20 mm S303EW + 30 mm S904 + PYL13	> 52 dBA > 45 dBA
		LP ½ Pie + 20 mm S303EW + 40 mm S904 + PYL13	> 55 dBA > 50 dBA
		LP ½ Pie + 30 mm S303EW + 40 mm S904 + PYL13	62 dBA > 50 dBA
		Soluciones con Sistemas Tabiquería Húmeda	
		LHD7 + 10 mm S303EW + 40 mm S904 + LHD7	46 dBA > 40 dBA
Espuma de poliuretano de celda abierta Phono Spray S905	Phono Spray I905	Soluciones con Sistemas Tabiquería Húmeda	R _A
		LP ½ Pie + 100 mm I905 + LHS5	51 dBA

Vidrio expandido para sistemas de aislamiento acústico para fachada

Las propiedades acústicas de algunos productos de vidrio expandido son:

Material	Producto	Característica de sistema de fachada
		Reducción del impacto sonoro adicional R _w en dB (según Norma DIN 52210)
Gránulos expandidos de vidrio reciclado	Sistema StoVentec	10 dB