

6. AISLAMIENTO ACÚSTICO

6.1 A RUIDO AÉREO

El aislamiento a los ruidos transmitidos por vía aérea consiste en la reducción mediante reflexión sobre un obstáculo de la transmisión del sonido o de los ruidos que se propagan por vía aérea, de un ambiente emisor a un ambiente receptor. El obstáculo que desarrolle la función aislamiento puede ser una pared divisoria, el muro de una fachada, un techo, un cerramiento insonorizante, etc. En definitiva se trata de interponer en el camino del sonido un medio cuya impedancia sea lo más distinta posible a la del medio por el que se propaga el sonido. Un índice ampliamente utilizado para caracterizar el aislamiento de un material es el **TL** (*Transmission Loss*), inversamente proporcional al factor de transmisión sonora (apartado 3.3):

$$TL = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right)$$

6.1.1 Aislamiento Acústico Bruto y Estandarizado

Según la norma UNE-EN ISO 140-4 (Medición *in situ* del aislamiento al ruido aéreo entre locales), la diferencia de niveles **D** se define como la diferencia, en decibelios, del promedio espacio-temporal de los niveles de presión sonora producidos en los dos recintos por una o varias fuentes de ruido situadas en uno de ellos:

$$D = L_1 - L_2$$

L_1 nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

L_2 nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.

El aislamiento acústico bruto obtenido *in situ* entre dos locales depende, en primer lugar, de la **TL** de la partición de separación entre locales y de las vías de propagación secundarias, pero además está influenciado por las características del local receptor. El aislamiento acústico normalizado **D_{nT}** (diferencia de niveles estandarizada) añade un término corrector a la magnitud **D** teniendo en cuenta el tiempo de reverberación del recinto receptor normalizándolo respecto a 0,5 s (valor de referencia estándar para una habitación amueblada). Se define según:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{TR_{60}}{0,5} \right)$$

6.1.2 Aislamiento Acústico Normalizado

El índice de reducción sonora R (según nomenclatura ISO 140) o el aislamiento acústico normalizado a ruido aéreo (según norma NBE CA-88), se define como el aislamiento de un elemento constructivo medido en laboratorio según la norma ISO 140-3. No está influenciado ni por las características de la sala receptora ni por las vías de transmisión secundarias. Su expresión es:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right)$$

L_1 nivel de presión acústica medio en el recinto emisor.

L_2 nivel de presión acústica medio en el recinto receptor.

S superficie del elemento separador en m^2

A área de absorción sonora equivalente en el recinto receptor en m^2 (puede obtenerse midiendo el TR_{60} y aplicando la fórmula del apartado 4.4).

Esta misma magnitud medida *in situ* recibe el nombre de índice de reducción sonora aparente R' y está afectada por las vías de transmisión secundarias.

6.1.3 Expresión del Aislamiento en un Único Valor

La ISO 717-1 normaliza un método por el cual la dependencia frecuencial del aislamiento a ruido aéreo puede convertirse en un solo número que caracteriza las propiedades acústicas. Este número es el resultado de añadir a R_W (índice ponderado de reducción sonora) o a R'_W o a D_{nTW} , el término de adaptación al espectro (C o C_{tr}) para tener en cuenta las características de un espectro de ruido en particular. Según cuál sea la fuente de ruido el término a utilizar será:

- C : actividades humanas (conversación, música, radio, TV), trenes a velocidades medias y altas, autopistas a velocidades >80 km/h, aviones a reacción a distancias cortas, factorías que emiten a medias y altas frecuencias...
- C_{tr} : tráfico urbano, trenes a velocidades bajas, aviones de propulsión, música de discotecas, factorías que emiten a bajas y medias frecuencias...

El rango frecuencial considerado por defecto es [100 Hz - 3150 Hz], pero también se consideran otros márgenes frecuenciales ampliados. La totalidad de parámetros existentes son:

$$R_W(C; C_{tr}) \quad C_{50-3150} \quad C_{50-5000} \quad C_{100-5000} \quad C_{tr,50-3150} \quad C_{tr,50-5000} \quad C_{tr,100-5000}$$

6.1.4 Aislamiento de un Elemento Constructivo Simple

El aislamiento específico de un elemento constructivo es función de sus propiedades mecánicas, y puede calcularse aproximadamente por la ley de masa, que establece que la reducción de intensidad acústica a través de un determinado elemento es función del cuadrado del producto de la masa superficial m por la frecuencia considerada f .

$$a = 10 \log(fm)^2$$

De donde se deduce que para una frecuencia fija, el aislamiento aumenta en 6 dB cuando se duplica la masa. Análogamente, para una masa fija, el aislamiento crece 6 dB al duplicar la frecuencia.

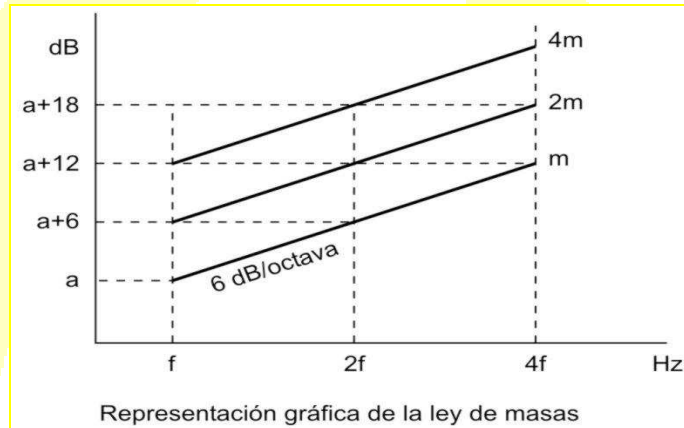


Figura 13

El comportamiento real de una pared simple dista en algunos aspectos de la ley de masa como muestra la siguiente figura:

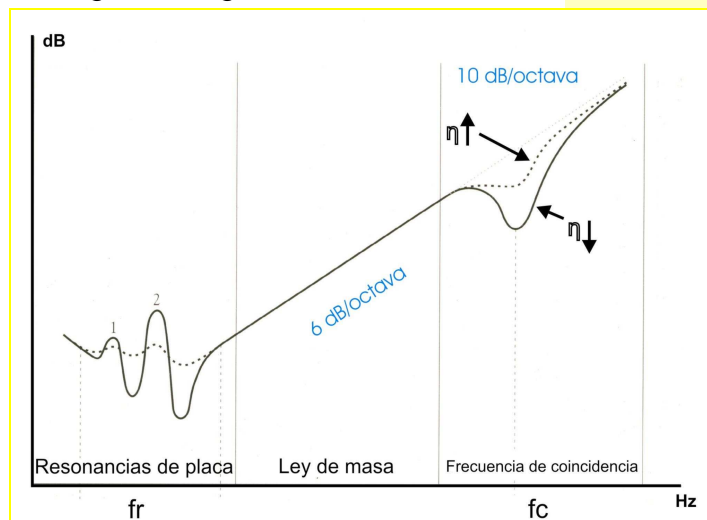


Figura 14

A frecuencias bajas se producen pérdidas de aislamiento debido a las resonancias de la propia placa (f_r), dependientes en buena parte de sus dimensiones geométricas. Para $f=f_c$ frecuencia de coincidencia o crítica, la energía acústica incidente en la pared se transmite a través del paramento en forma de ondas de flexión, que se acoplan con las ondas de campo acústico produciéndose una merma de aislamiento entorno a esa frecuencia. Esta merma será más acusada cuanto menor sea el coeficiente de amortiguamiento o factor de pérdidas (η) del paramento.

La f_c en paredes se sitúa en la octava de 500 Hz en tabiquería ligera, en la octava de 250 Hz en paredes de ladrillo hueco o perforado de 15 cm, en la de 125 Hz para

elementos pesados de hormigón y en la de 2500 Hz para elementos blandos a la flexión como las placas cartón-yeso.

En la NBE CA-88 se dan expresiones orientativas para calcular el aislamiento global a ruido rosa (dBA) de un elemento constructivo con $f_c < 2000$ Hz, según sea su masa superficial:

$$\text{Si } m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R[dBA] = 16,6 \log(m) + 2$$

$$\text{Si } m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R[dBA] = 36,5 \log(m) - 41,5$$

El aislamiento a ruido rosa en dBA se relaciona con los valores de aislamiento de la norma ISO 717-1 (apartado 6.1.3) según:

$$R[dBA] - 1 \approx R_w + C$$

6.1.5 Aislamiento de un Elemento Constructivo Doble

La dependencia entre el aislamiento y la masa hacen preciso aumentar la masa cuando el aislamiento buscado es elevado. En paredes ligeras puede ser viable doblar la masa para aumentar 6 dB el aislamiento, pero para paredes pesadas ya no es rentable a partir de 300 kg/m². Por ello se opta por particiones dobles con cámara intermedia.

En una doble pared se produce un acoplamiento en la frecuencia de resonancia f_o de la cavidad o cámara de aire que las separa, con la consiguiente pérdida de aislamiento a esa frecuencia.

$$f_o = 85 \sqrt{\frac{1}{d} \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

d distancia entre las dos paredes en metros

m_1 masa superficial de una pared en kg/m²

m_2 masa superficial de la otra pared en kg/m²

Esta frecuencia será tanto más baja cuanto mayores sean las masas y la distancia entre paredes. A la $f=f_o$ el aislamiento del conjunto es muy bajo, por lo que interesa que esta frecuencia esté situada en la parte más baja del espectro. Para mitigar la pérdida de aislamiento conviene colocar material poroso absorbente en la cámara.

En aislamiento acústico de viviendas es conveniente situar la frecuencia de resonancia por debajo de los 90 Hz para evitar un bajo aislamiento a bajas frecuencias en que, además, la frecuencia crítica de cada pared simple también debilita el aislamiento. Para locales musicales la frecuencia de resonancia debe colocarse por debajo de los 30 Hz para evitar la coincidencia con las octavas de 63 Hz y 125 Hz, en que el nivel sonoro

generado en estos locales es elevado.

Para frecuencias inferiores a la de resonancia la pared doble se comporta como una pared simple con $m=m_1+m_2$; para frecuencias superiores el aislamiento es superior al de sólo la masa y para $f=f_0$ el aislamiento es inferior al que se obtendría con una pared simple de masa m_1+m_2 .

6.1.6 Transmisiones Indirectas

La emisión de ruido aéreo que impacta contra las paredes o forjados de una estructura se propaga por múltiples caminos o vías de transmisión directa o indirecta de la vibración generada. El conocimiento de esas vías o caminos de transmisión es básico para dictaminar soluciones de aislamiento completas. Como referencia de la pérdida de aislamiento que puede tener una partición debido a las transmisiones indirectas, se puede decir que:

- En construcciones homogéneas, cuando el elemento separador y los adyacentes son de la misma masa, las transmisiones por vía indirecta reducen el aislamiento del elemento separador en alrededor 5 dB.
- En construcciones no homogéneas, cuando el elemento separador tiene una masa sensiblemente superior a la de los adyacentes, la reducción es superior a 5 dB.
- En construcciones no homogéneas, cuando el elemento separador es ligero en comparación con los adyacentes, las transmisiones por vía indirecta pueden despreciarse frente a la transmisión directa.

6.2 A RUIDO DE IMPACTO

El ruido transmitido por una estructura está producido por fuerzas dinámicas que actúan sobre ella. Estas fuerzas pueden provenir de fuentes estables (unidades impulsoras de aire acondicionado, lavadoras, bombas hidráulicas...) o bien de fuentes de impacto (pisadas, portazos, caídas de objetos...). Cualquier fuerza de vibración introducida en una estructura, puede recorrerla llevando lejos parte de esa energía que será radiada por las superficies en contacto con la estructura.

6.2.1 Nivel de Presión de Ruido de Impactos Normalizado

El nivel de presión de ruido de impactos normalizado (L_n) es el nivel de presión de ruido de impactos L_i (nivel de presión sonora medio en banda de un tercio de octava en la cámara receptora cuando el suelo bajo ensayo es excitado por la máquina de impactos normalizada, expresado en dB) aumentado mediante un término de corrección, dado en dB, que es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre el área de absorción equivalente medido A de la cámara receptora y el área de absorción equivalente de referencia A_0 , expresado en dBA.

$$L_n = L_i + 10 \log \left(\frac{A}{A_o} \right)$$

donde A puede obtenerse a partir del volumen de la sala y de su tiempo de reverberación.

6.2.2 Mejora del Aislamiento a Ruido de Impacto

Para una banda de tercio de octava dada, la reducción del nivel de presión de ruido de impactos normalizado resultante de la instalación del revestimiento bajo ensayo, se expresa en decibelios:

$$\Delta L = L_{n0} - L_n$$

con L_{n0} el nivel de presión de ruido de impactos normalizado de un forjado pesado normalizado sin revestimiento alguno y L_n es el nivel de presión de ruido de impactos normalizado de un forjado pesado normalizado con el revestimiento.

6.2.3 Expresión del Aislamiento en un Único Valor

La norma ISO 717-2 normaliza un método por el cual la dependencia frecuencial del aislamiento a ruido de impactos se convierte en un solo número que caracteriza las propiedades acústicas (el comportamiento acústico). Las magnitudes globales definidas en esta norma pretenden clasificar el aislamiento acústico y simplificar la formulación de los requisitos acústicos en los códigos de la edificación.

- Magnitud global para la valoración del aislamiento a ruido de impactos ($L_{n,w}$) - derivada de mediciones en bandas de tercio de octava-: es el valor en decibelios, a 500 Hz, de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales según el método especificado en la norma ISO 717-2.
- Reducción ponderada del nivel de presión sonora de impactos: es la diferencia entre los niveles ponderados de la presión de impactos normalizada de un suelo de referencia sin y con un revestimiento del suelo obtenidos con el método especificado en la norma ISO 717-2. Esta magnitud se designa con ΔL_w y se expresa en decibelios.
- Término de adaptación espectral, C_i : es el valor en decibelios que ha de añadirse a la magnitud global para tener en cuenta la carencia de ponderación del nivel sonoro de impactos, por lo cual representa las características de espectro del ruido de pasos.

6.2.4 Nivel de Presión Acústica de Impactos en Forjados Homogéneos

Así como en las paredes simples (aislamiento acústico a ruido aéreo) el factor

predominante de aislamiento es la masa (kg/m^2), en los forjados homogéneos se cumple que la suma del índice de reducción a ruido aéreo R y el nivel de presión de ruido de impactos normalizado L_n sólo depende de la frecuencia. Por tanto se puede estimar L_n para cada banda de octava según:

$$L_n = 43 + 30 \log f - R$$

6.2.5 Suelos Flotantes

Los suelos flotantes atenúan la energía del impacto transmitida a la estructura del edificio colocando, entre el forjado estructural y el elemento que recibe los impactos, un material elástico que absorbe parte de la energía transmitida por el elemento que sufre el impacto. El nivel de atenuación de ruidos de impacto de una losa flotante depende de la naturaleza y espesor de la capa elástica (definida por la rigidez dinámica del material) y de la masa superficial propia más sobrecarga del elemento flotante. Estos dos factores determinan la frecuencia de resonancia f_0 del sistema según:

$$f_0 = 160 \sqrt{s'/m'}$$

s' : rigidez dinámica por unidad de área de la capa elástica en MN/m^3

m' : densidad superficial de masa del suelo flotante en kg/m^2

Cuanto menor sea la frecuencia de resonancia de un sistema, mayor será la atenuación conseguida, siempre teniendo en cuenta que no debe sobrecargarse la capa elástica con demasiado peso que la comprima en exceso. La reducción ΔL en dB por tercios de octava para la frecuencia central f y suelos flotantes húmedos es:

$$\Delta L = 30 \log \frac{f}{f_0}$$