



## **ANEXO 1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES, DEFINICIONES, NOTACIONES Y UNIDADES**

A los efectos de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones de los conceptos fundamentales que en ella aparecen, ordenados de modo que se facilite su comprensión.

### **1.1. ONDA ACÚSTICA AÉREA**

Es una vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones.

### **1.2. PRESIÓN ACÚSTICA**

Símbolo:  $P$

Unidad: Pascal Pa ( $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ).

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto determinado, en presencia de una onda acústica, y la presión estática en el mismo punto.

### **1.3. FRECUENCIA**

Símbolo:  $f$

Unidad: Herzio Hz.

Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un tiempo de un segundo. Es equivalente al inverso del período.

### **1.4. FRECUENCIAS PREFERENTES**

Son las indicadas en la Norma UNE 74.002-78, entre 100 Hz y 5.000 Hz. Para bandas de octava son: 125, 250, 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz. Para tercios de octava son: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4000 y 5.000 Hz.

### **1.5. FRECUENCIA FUNDAMENTAL**

Es la frecuencia de la onda senoidal, componente de una onda acústica compleja, cuya presión acústica, frente a las restantes ondas componentes, es máxima.

### **1.6. SONIDO**

Es la sensación auditiva producida por una onda acústica. Cualquier sonido complejo puede considerarse como resultado de la adición de varios sonidos producidos por ondas senoidales simultáneas.

### **1.7. ARMÓNICO**

Recibe el nombre de sonido armónico, de otro dado, el que tiene una frecuencia múltiplo de la frecuencia de éste. Todo sonido complejo puede considerarse como adición de un sonido fundamental, caracterizado por la frecuencia fundamental, y diversos sonidos armónicos.

### **1.8. OCTAVA**

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior.

### **1.9. RUIDO**

Es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias fundamentales diferentes. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana.

### 1.10. ESPECTRO DE FRECUENCIAS

Es una representación de la distribución de energía de un ruido en función de sus frecuencias componentes.

### 1.11. RUIDOS BLANCO Y ROSA

Son ruidos utilizados para efectuar las medidas normalizadas. Se denomina ruido blanco al que contiene todas las frecuencias con la misma intensidad. Su espectro en tercios de octava es una recta de pendiente 3 dB/octava. Si el espectro, en tercios de octava, es un valor constante, se denomina ruido rosa

### 1.12. POTENCIA ACÚSTICA

Símbolo: W

Unidad: Vatio W.

Es la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente determinada.

### 1.13. INTENSIDAD ACÚSTICA

Símbolo: L

Unidad: W/m<sup>2</sup>.

Es la energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas.

### 1.14. NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA

Símbolo: L<sub>p</sub>

Unidad: Decibelio dB.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad [1]$$

donde:

P es la presión acústica considerada, en Pa.

P<sub>0</sub> es la presión acústica de referencia que se establece en 2 · 10<sup>-5</sup> Pa.

### 1.15. NIVEL DE INTENSIDAD ACÚSTICA

Símbolo: L<sub>i</sub>

Unidad: Decibelio dB.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad [2]$$

I es la intensidad acústica considerada, en W/m<sup>2</sup>.

I<sub>0</sub> es la intensidad acústica de referencia, que se establece en 10<sup>-12</sup> W/m<sup>2</sup>.

### 1.16. NIVEL DE POTENCIA ACÚSTICA

Símbolo: L<sub>w</sub>

Unidad: Decibelio dB.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad [3]$$

donde:

W es la potencia acústica considerada, en W.

W<sub>0</sub> es la potencia acústica de referencia, que se establece en 10<sup>-12</sup> W.

## 1.17. COMPOSICIÓN DE NIVELES

Cuando los distintos niveles  $L_i$  a componer proceden de fuentes no coherentes, caso habitual en los ruidos complejos, el nivel resultante viene dado por la siguiente expresión:

$$L = 10 \log (\sum 10^{(L_i/10)}) \quad [4]$$

donde:

$L$  es el nivel de intensidad o presión acústica del componente  $i$  en dB.

## 1.18. TONO

Es una caracterización subjetiva del sonido o ruido que determina su posición en la escala musical. Esta caracterización depende de la frecuencia del sonido, así como de su intensidad y forma de onda.

## 1.19. TIMBRE

Es una caracterización subjetiva del sonido que permite distinguir varios sonidos del mismo tono producidos por fuentes distintas. Depende de la intensidad de los distintos armónicos que componen el sonido.

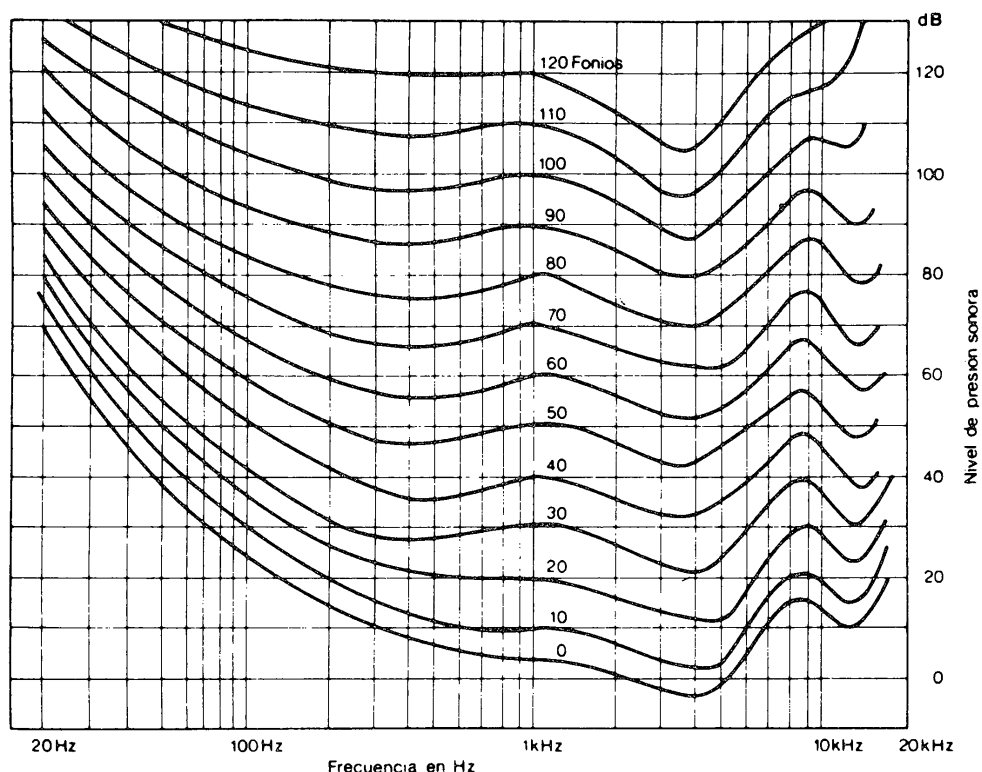
## 1.20. SONORIDAD

Es una caracterización subjetiva del sonido que representa la sensación sonora producida por el mismo a un oyente. Depende fundamentalmente de la intensidad y frecuencia del sonido.

## 1.21. NIVEL DE SONORIDAD

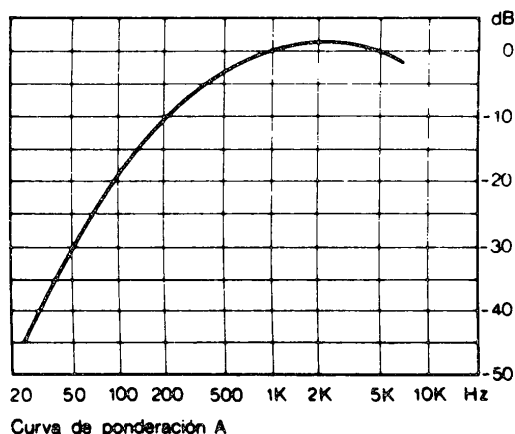
Se dice que el nivel de sonoridad de un sonido o de un ruido es de  $n$  fonios cuando, a juicio de un oyente normal, la sonoridad, en escucha binaural, producida por el sonido o ruido es equivalente a la de un sonido puro de 1.000 Hz continuo, que incide frente al oyente en forma de onda plana libre, progresiva y cuyo nivel de presión acústica es  $n$  dB superior a la presión de referencia  $P_0$ .

A continuación se representan las curvas de igual sonoridad para tonos puros que constituyen la base para la elaboración de las curvas de ponderación.



Curvas isofónicas de igual sonoridad para tonos puros

### 1.22. Escala ponderada A de niveles. Decibelio A



Escala de medida de niveles que se establece mediante el empleo de la curva de ponderación A representada, tomada de la Norma UNE 21.314/75, para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

Se utiliza como unidad el decibelio A, dBA.

En el margen de frecuencias de aplicación de esta Norma, la curva de ponderación A viene definida por los siguientes valores:

Frecuencia en Hz	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Ponderación en dBA	-19,1	-16,1	-13,4	-10,9	-8,6	-6,6	-4,8	-3,2	-1,0	-0,8
--------------------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	------	------	------

Frecuencia en Hz	1.000	1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000
------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Ponderación en dBA	0	0,6	1,0	1,2	1,3	1,2	1,0	0,5
--------------------	---	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

### 1.23. COEFICIENTE DE ABSORCIÓN

Símbolo:  $\alpha$

Es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material, por unidad de superficie.

### 1.24. ABSORCIÓN

Símbolo: A

Unidad: m<sup>2</sup>

Es la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora atraviesa un medio determinado o en el choque de la misma con las superficies límites del recinto.

Puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

$$A_f = \alpha_f \cdot S \quad [5]$$

$$A = \alpha_m \cdot S \quad [6]$$

donde:

$A_f$  es la absorción para la frecuencia f en m<sup>2</sup>.

A es la absorción media en m<sup>2</sup>.

$\alpha_f$  es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia f.

$\alpha_m$  es el coeficiente medio de absorción del material.

S es la superficie del material, en m<sup>2</sup>.

## 1.25. REVERBERACIÓN

Es el fenómeno de persistencia del sonido en un punto determinado del interior de un recinto, debido a reflexiones sucesivas en los cerramientos del mismo.

## 1.26. TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Símbolo: T

Unidad: segundo s.

Es el tiempo en el que la presión acústica se reduce a la milésima parte de su valor inicial (tiempo que tarda en reducirse el nivel de presión en 60 dB) una vez cesada la emisión de la fuente sonora.

En general es función de la frecuencia.

Puede calcularse con cierta aproximación, mediante la siguiente expresión:

$$T = 0,163 \frac{V}{A} \quad [7]$$

donde:

V es el volumen del local, en m<sup>3</sup>.

A es la absorción del local, en m<sup>2</sup>.

## 1.27. RESONADORES

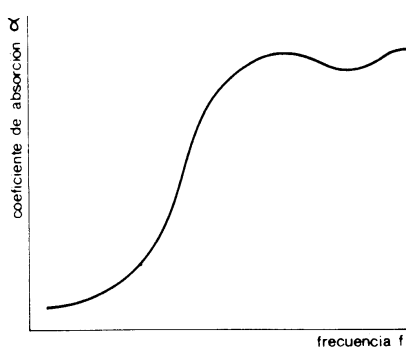
Son dispositivos absorbentes de acción preferente en bandas estrechas de frecuencias alrededor de una frecuencia de resonancia  $f_r$ , para la cual la absorción es máxima.

## 1.28. MATERIALES POROSOS

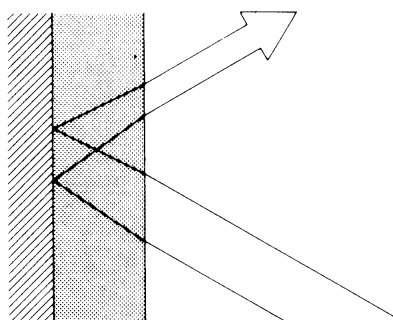
Materiales absorbentes de estructura alveolar, granular, fibrosa, etc., que actúan por degradación de la energía mecánica en calor, debida al rozamiento del aire con las superficies del material.

Su coeficiente de absorción crece con la frecuencia.

A continuación se representa una curva típica de absorción de los materiales porosos y un esquema simplificado de su efecto.



Absorción típica de materiales porosos



Esquema simplificado del efecto acústico de un material poroso

## 1.29. AISLAMIENTO ACÚSTICO ESPECÍFICO DE UN ELEMENTO CONSTRUCTIVO

Símbolo: a

Unidad: dB

En general es función de la frecuencia.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$a = 10 \log \frac{I_i}{I_t} = L_i - L_{tr}, \text{ en dB} \quad [8]$$

donde:

$I_i$  es la intensidad acústica incidente.

$I_t$  es la intensidad acústica transmitida.

$L_{ii}$  es el nivel de intensidad acústica incidente.

$L_{it}$  es el nivel de intensidad acústica transmitida.

### 1.30. AISLAMIENTO ACÚSTICO BRUTO EN UN LOCAL RESPECTO A OTRO

Símbolo: D

Unidad: dB

Es equivalente al aislamiento acústico específico del elemento separador de los dos locales.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$D = L_{i1} - L_{i2}, \text{ en dB}$$

[9]

donde:

$L_{i1}$  es el nivel de intensidad acústica en el local emisor.

$L_{i2}$  es el nivel de intensidad acústica en el local receptor.

### 1.31. AISLAMIENTO ACÚSTICO NORMALIZADO

Símbolo: R

Unidad: dB

Aislamiento de un elemento constructivo medido en laboratorio en condiciones señaladas en la Norma UNE 74.040/III. Se define mediante la siguiente expresión:

$$R = D + 10 \log (S/A) = L_{i1} - L_{i2} + 10 \log (S/A), \text{ en dB}$$

[10]

donde:

S es la superficie del elemento separador, en  $m^2$ .

A es la absorción del recinto receptor, en  $m^2$ .

### 1.32. AISLAMIENTO ACÚSTICO EN DBA

Es la expresión global, en dBA, del aislamiento acústico normalizado R.

### 1.33. 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 unitaria m por la frecuencia considerada f.

$$a \approx (f \cdot m)^2$$

[11]

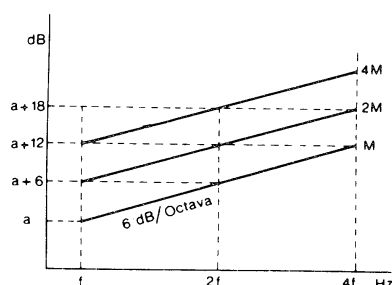
ecuación que expresada en decibelios se transforma en:

$$a \approx 10 \log (f \cdot m)^2$$

[12]

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

A continuación se representa gráficamente la ley de masa.



Representación gráfica de la ley de masa

### 1.34. FRECUENCIA DE COINCIDENCIA

Lo expuesto en el epígrafe anterior se obtiene a partir de un modelo físico simplificado, formado por masas independientes, mientras que en la realidad la naturaleza elástica de los elementos entraña la correspondiente ligazón entre las masas. En una zona de frecuencias determinada en torno a la que se denomina frecuencia de coincidencia  $f_c$ , la energía acústica incidente se transmite a través de los paramentos en forma de ondas de flexión, que se acoplan con las ondas del campo acústico produciéndose una notable disminución del aislamiento.

La frecuencia de coincidencia  $f_c$  se define mediante la siguiente expresión:

$$f_c = \frac{6,4 \cdot 10^4}{d} \sqrt{\frac{\rho (1 - \sigma^2)}{E}} \quad [13]$$

donde:

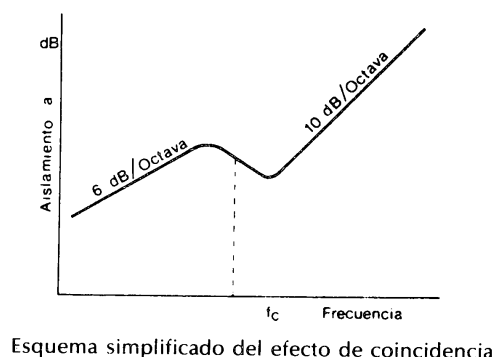
$d$  es el espesor del paramento, en m

$\rho$  es la densidad del material del paramento en  $\text{kg/m}^3$

$\sigma$  es el coeficiente elástico del Poisson del material

$E$  es el módulo de elasticidad de Young del material, en  $\text{N/m}^2$

A continuación se representa esquemáticamente el efecto de coincidencia.



### 1.35. AISLAMIENTO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS MÚLTIPLES

La dependencia entre el aislamiento y la masa y la necesidad de obtener valores de aislamiento cada vez más exigentes hacen preciso utilizar sistemas y medios apropiados, que garanticen el aislamiento exigido sin que la masa crezca desproporcionadamente al aislamiento. La solución más usual es la de fraccionar el elemento en dos o más hojas separadas entre sí, aunque prácticamente no se puede conseguir totalmente la separación, por lo que la vibración de una de las hojas se transmite a las otras en mayor o en menor grado.

El comportamiento de los elementos múltiples depende de diversos factores que se estudian a continuación.

#### 1.35.1. Influencia de la ligazón elástica entre las hojas componentes

Suponiendo un elemento formado por dos hojas rígidas e indeformables, unidas entre sí únicamente por el aire de la cámara que forman, o por un dispositivo elástico, el elemento se comporta como un conjunto de dos masas  $m_1$  y  $m_2$ , ligadas por un resorte de rigidez  $K$  de forma que el conjunto presenta una frecuencia de resonancia  $f_r$  definida por la siguiente expresión:

$$f_r^2 = \frac{K}{4\pi^2} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} \quad [14]$$

Expresión que para una lámina de aire de espesor  $d$  se convierte en:

$$f_r = 60 \sqrt{\frac{1}{d} \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad [15]$$

donde:

$d$  se expresa en m.

$m_1$  y  $m_2$  se expresan en  $\text{kg/m}^2$ .

Para esta frecuencia de resonancia, la transmisión del sonido a través del paramento puede ser incluso mayor que si las dos hojas estuvieran rígidamente unidas.

Debido a esto se deben escoger hojas y separaciones que garanticen que la frecuencia de resonancia del conjunto esté por debajo del dominio de las frecuencias que se desean aislar.

En un paramento constituido por dos hojas separadas entre sí únicamente por aire se producen resonancias cada vez que la distancia entre hojas es igual a un múltiplo de la semilongitud de onda, casos en los que la transmisión es prácticamente total, y cuyos efectos pueden disminuirse con la colocación de un material absorbente en la cámara formada por ambas hojas.

### 1.35.2. Influencia de la ligazón rígida entre las hojas componentes

En el caso de elementos formados por dos hojas rígidamente unidas a un bastidor común, cabría considerar que el conjunto se comporta como una sola hoja, mientras que la realidad es que el proceso se complica, transmitiéndose el sonido por el aire y por las ligazones.

El caso de un elemento formado por una hoja relativamente pesada doblada con otra relativamente ligera, rígidamente unidas, proporciona una mejora de aislamiento, tanto mayor cuanto menor sea el número de ligazones, siendo en todo caso mejor la ligazón por puntos que la ligazón por líneas.

### 1.35.3. Influencia de los elementos constructivos adyacentes. Transmisiones indirectas

En el campo de la edificación, los elementos adyacentes al de separación no juegan sólo un papel pasivo como elementos absorbentes, sino que vibran ante el campo acústico aéreo del mismo modo que el elemento separador, al cual transmiten sus propias vibraciones teniendo lugar lo que se denomina transmisión indirecta. Es complejo determinar la cuantía de las citadas transmisiones indirectas, aunque a título indicativo pueden establecerse los valores que se exponen a continuación:

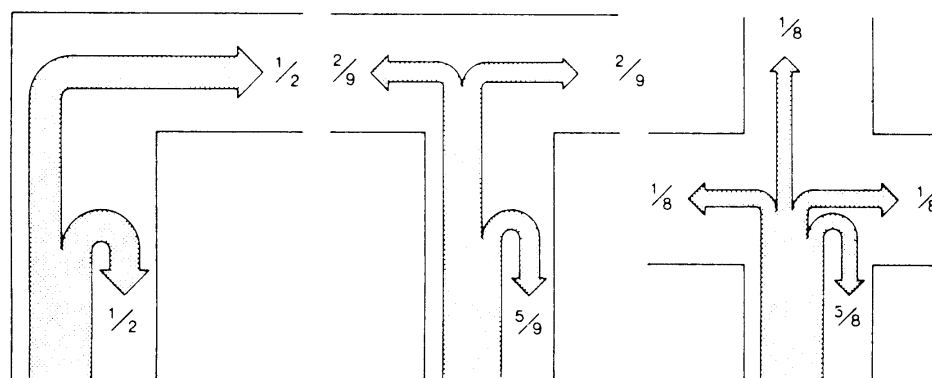
- En construcciones homogéneas, es decir, cuando el elemento separador y los adyacentes son de la misma masa, las transmisiones por vía indirecta reducen el aislamiento del elemento separador en unos 5 dB.
- En construcciones no homogéneas, cuando el elemento separador tiene una masa sensiblemente superior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

### 1.35.4. Influencia de la estructura

Las vibraciones que ocasiona una onda acústica o una perturbación de origen mecánico en un elemento estructural no quedan confinadas en dicho elemento, sino que, una parte se disipa en calor, otra se transmite al otro lado del elemento y una tercera se transmite por las uniones a elementos estructurales adyacentes, en los que a su vez se repite el proceso indicado.

La evaluación de estas transmisiones es compleja, estando, sin embargo, resuelta en forma aceptable en el caso en el que todos los elementos horizontales y verticales sean análogos.

En la figura se representa, de forma simplificada, la distribución de la energía en uniones constructivas más corrientes.



Esquema simplificado del reparto de energía acústica en uniones constructivas típicas



## NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN. CONDICIONES ACÚSTICAS EN LOS EDIFICIOS

### 1.36. AISLAMIENTO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS MIXTOS

En el campo de la edificación es normal la presencia de elementos formados por elementos constructivos distintos, caracterizados por aislamientos específicos muy diferentes entre sí. El aislamiento acústico del elemento debe ser estudiado, en este caso, desde el punto de vista global, contemplando las áreas de los distintos elementos y sus aislamientos específicos.

El aislamiento acústico global  $a_g$  de un elemento mixto puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$a_g = 10 \log \frac{\sum S_i}{\sum \frac{S_i}{10^{a_i/10}}} \quad [16]$$

donde:

$S_i$  es el área del elemento constructivo  $i$ , en  $m^2$ .

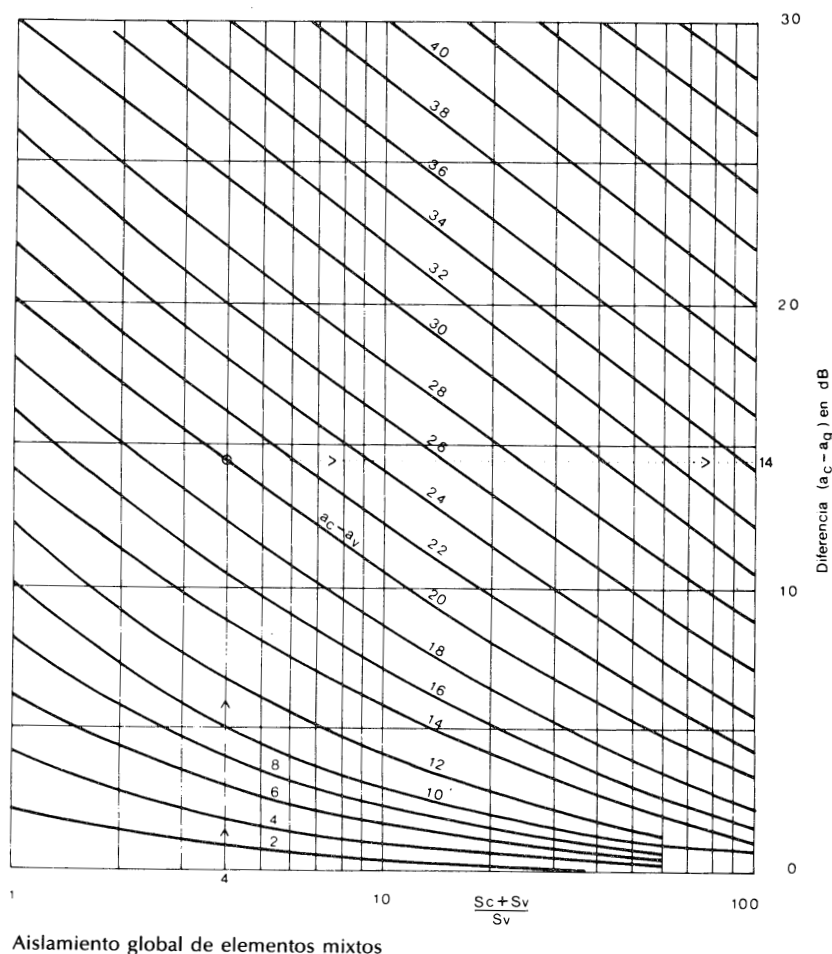
$a_i$  es el aislamiento específico del elemento constructivo de área  $S_i$ , en dB.

En el caso más sencillo de un cerramiento con ventana, de áreas  $S_c$  y  $S_v$  y de aislamiento  $a_c$  y  $a_v$  correspondientes respectivamente a las partes ciegas y de ventana, aplicando la expresión [16] se obtiene:

$$a_g = 10 \log \frac{S_c + S_v}{\frac{S_c}{10^{a_c/10}} + \frac{S_v}{10^{a_v/10}}} \quad [17]$$

Esta expresión se representa gráficamente en el ábaco siguiente, en el que se comprueba que el aislamiento global de un elemento constructivo mixto es como máximo 10 dB mayor que el del elemento constructivo más débil desde el punto de vista acústico, por lo que en el caso de fachadas será preciso, para mejorar el aislamiento acústico, mejorar el aislamiento de las ventanas frente al de las partes ciegas.

A título de ejemplo y para mostrar el uso del ábaco, para un cerramiento con ventana, con aislamiento de 20 dBA y un área de 25% del total, cuya parte ciega tiene un aislamiento de 40 dBA, se obtiene una diferencia  $a_c - a_g$  de 14 dBA, lo que representa un aislamiento global  $a_g$  de  $40 - 14 = 26$  dBA.



En cualquier caso, es de resaltar como problema específico de los paramentos el problema que generan las holguras y las rendijas de las carpinterías, ya que pueden causar disminuciones de aislamiento del orden de 3 a 5 dB y cuyo único tratamiento son las bandas de estanquidad y los resaltes. Igualmente importante es la disminución de aislamiento que se produce por causa de las rendijas que aparecen en cerramientos con persianas enrollables exteriores, que se cifra en 5 dB, y cuyo refuerzo debe hacerse minimizando estas rendijas, colocando bandas de estanquidad, reforzando la estructura de la caja y añadiendo un tratamiento absorbente en el interior.

### 1.37. NIVEL DE RUIDO DE IMPACTO NORMALIZADO $L_N$

Es el nivel de ruido producido por la máquina de impactos que se describe en la Norma UNE 74-040-84, en el recinto subyacente.

Se define mediante la siguiente expresión:

$$L_N = L + 10 \log (10/A) \quad [18]$$

donde:

L es el nivel directamente medido en dB.

A es la absorción del recinto en m<sup>2</sup>.

### 1.38. INTENSIDAD DE PERCEPCIÓN DE VIBRACIONES K

Es un parámetro subjetivo obtenido como media experimental de gran número de ensayos. Corresponde a la percepción subjetiva de las vibraciones en el margen de 0,5 a 80 Hz.

Se define mediante la siguiente expresión empírica:

$$K = a_a \frac{\alpha}{\sqrt{1 + (f/f_0)^2}} \quad [19]$$

donde:

$a_a$  es la amplitud de la aceleración en m/s<sup>2</sup>.

$\alpha$  es un coeficiente experimental de valor 12,5 s<sup>2</sup>/mm.

$f_0$  es 10 Hz.

### 1.39. CUADRO DE NOTACIONES Y UNIDADES

Notación	Concepto	Unidad
P	Presión acústica	Pa
f	Frecuencia	Hz
W	Potencia acústica	W
I	Intensidad acústica	W/m <sup>2</sup>
$L_p$	Nivel de presión acústica	dB
$L_i$	Nivel de intensidad acústica	dB
$L_w$	Nivel de potencia acústica	dB
$\alpha$	Coefficiente de absorción	—
A	Absorción	m <sup>2</sup>
$T_r$	Tiempo de reverberación	s
a	Aislamiento acústico específico de un elemento constructivo	dB
D	Aislamiento acústico bruto de un local respecto a otro	dB
R	Aislamiento acústico normalizado	dB
$f_c$	Frecuencia de coincidencia	Hz
$f_r$	Frecuencia de resonancia	Hz
$a_g$	Aislamiento global de elementos mixtos	dB
$L_N$	Nivel de ruido de impactos normalizado	$L_N$
K	Intensidad de percepción de vibraciones	—