
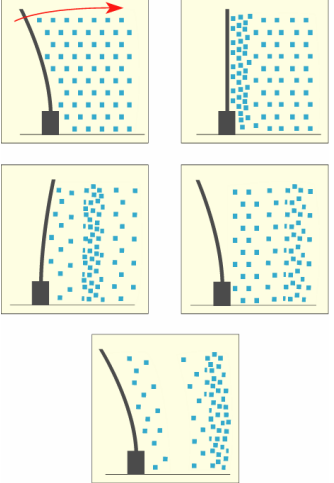
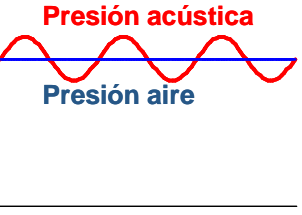
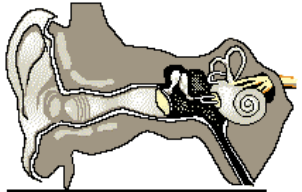


FUNDAMENTOS DE ACUSTICA

Como se genera el sonido?

<p>Cualquier vibración mecánica que se produzca en el aire provocará una excitación (desplazamiento) de las partículas del mismo entorno de su posición de equilibrio</p>	
<p>El desplazamiento de las partículas de aire conlleva una serie de compresiones y depresiones en las mismas que generan las ondas acústicas</p>	
<p>Las ondas acústicas generan una pequeña variación de la presión atmosférica alrededor de la presión "normal". A esta variación de presión se le denomina presión acústica</p>	
<p>Estas variaciones de presión acustica son "captadas" por el oído humano e interpretadas por el cerebro como sensación auditiva</p>	 <p style="font-size: small;">© Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.</p>

Como se propaga el sonido?

El sonido generado mediante una excitación mecánica puede transmitirse a través del aire (u otro fluido) mediante el fenómeno de variación de presión mientras que en los sólidos la transmisión se efectúa por transmisión de la excitación mecánica de una molécula a sus colindantes de una forma análoga igualmente cualquier elemento sólido finito cuando es “atacado” por una onda acústica (o cualquier vibración mecánica = impacto) responde generando vibraciones por lo que a su vez pasa a ser un elemento generador de vibraciones (=sonido)

La velocidad de propagación del sonido es una constante de cada material. A título ilustrativo se proporciona el orden de magnitud de la velocidad de propagación del sonido en diferentes materiales

Material	Velocidad de propagación
Aire	340 m/s
Agua	1.400 m/s
Plomo	1.250 m/s
Madera	2.500 m/s
Placa de yeso laminado	2.400 m/s
Ladrillo cerámico	2.700 m/s
Hormigón	3.400 m/s
Vidrio	4.900 m/s
Acero	5.000 m/s
Granito / Basalto	6.400 m/s

Como se caracteriza un sonido puro?

Un sonido tal como se ha definido en el apartado generación de un sonido que provoca una excitación periódica que se repite en el tiempo a intervalos regulares e iguales se le denomina sonido puro.

En el sonido hay pues dos características fundamentales a considerar:

- a) naturaleza vibratoria: las compresiones y depresiones de las moléculas se repiten a intervalos de tiempo iguales.
- b) naturaleza energética: el hecho de que las moléculas del medio transmisor (que tienen una cierta masa) se desplacen (un cierto espacio) requiere un cierto trabajo (en el sentido físico del término) que se puede asimilar a una energía.

Estas dos consideraciones permiten caracterizar al sonido mediante:

- La frecuencia para evaluar su carácter vibratorio
- El nivel de presión acústica para evaluar su carácter energético

La frecuencia de un sonido puro

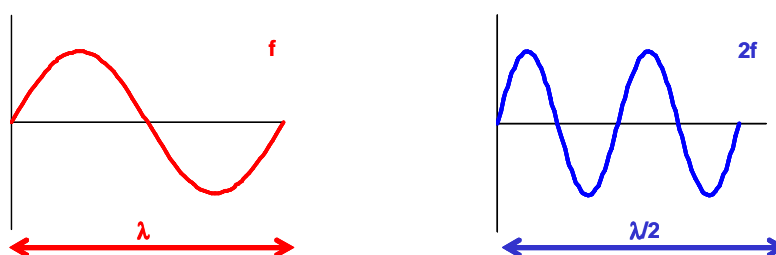
Supuesto que el sonido es puro las variaciones de presión se producen a intervalos iguales.

Al número de veces que una partícula pasa por su posición de equilibrio en una unidad de tiempo después de pasar por sus máximas elongaciones de presión y de depresión se le denomina frecuencia.

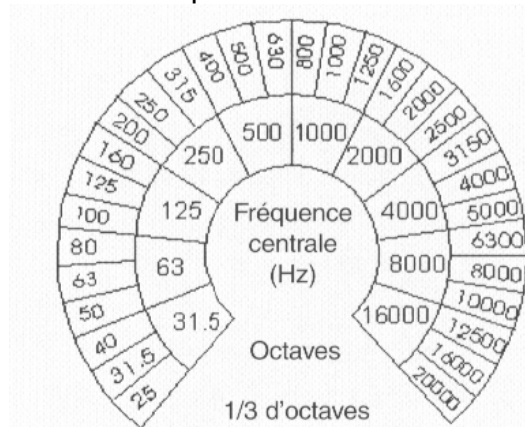
Concepto	Descripción	Símbolo	Unidades
Frecuencia	Numero de oscilaciones por unidad de tiempo	f	Hz
Longitud de onda	Espacio recorrido por una molécula en una oscilación	λ	m
Velocidad de propagación	Espacio recorrido por una onda acustica en una unidad de tiempo	c	m/s

Existe una relación matemática que relaciona las tres magnitudes anteriores:

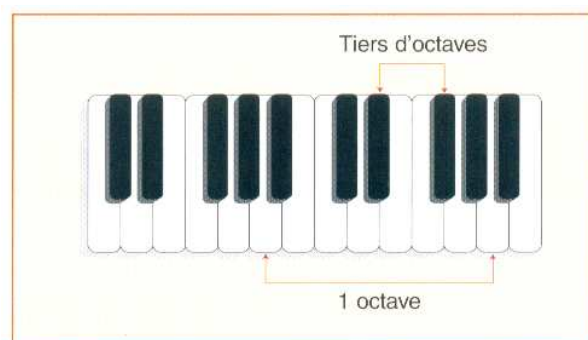
$$c = f * \lambda$$



Se denomina octava cada vez que la frecuencia multiplica por dos su valor y para tener una información mas representativa se divide una banda de octava en tres terceras partes denominadas tercios de octava.



Source : Médiacoustic, France



El oído humano no es capaz de percibir todas las frecuencias posibles, convencionalmente se acepta que un ser humano tiene un rango de audición entre los 20 Hz y los 20000 Hz, en acustica de edificación se considera "solo" una parte de este espectro en concreto desde los 100 hasta los 5000Hz.

En la tabla siguiente se resumen las frecuencias “centrales” de las octavas y los tercios de octava considerados en acustica de los edificios.

Octavas	Tercios de octava
125 Hz	100 HZ
	125 HZ
	160 HZ
250 Hz	200 HZ
	250 HZ
	315 HZ
500 Hz	400 HZ
	500 HZ
	630 HZ
1000 Hz	800 HZ
	1000 HZ
	1250 HZ
2000 Hz	1600 HZ
	2000 HZ
	2500 HZ
4000 Hz	3150 HZ
	4000 HZ
	5000 HZ

A nivel subjetivo la frecuencia determina el “tono” de un sonido y se caracterizan en “bajos” (octavas 125 y 250 hZ) “Medios” (octavas 500 y 1000 Hz) y “agudos” (octavas 2000 y 4000Hz)

La presión sonora de un sonido puro

Para evaluar un sonido desde un punto de vista energético se utiliza la presión sonora medida en decibelios.

La media en decibelios representa la relación entre la presión acústica existente en relación al umbral de audición (mínima presión acústica capaz de ser percibida por un ser humano) que se establece en 2×10^{-5} Pa y a esta relación aplicarle una escala logarítmica ya que representa mejor el comportamiento de las sensaciones humanas.

$$Lp = 10 * \text{Log} \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Se trata pues de una magnitud relativa (en relación al umbral de audición) y a la que se le aplica una escala logarítmica.

Se trataría de “pesar” la energía acústica en relación a la del umbral de audición y aplicar al resultado de la pesada una escala logarítmica (para tener mejor precisión en los niveles bajos de energía)



Se puede expresar la intensidad acústica expresada en W/m^2 en función de la presión acústica

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c}$$

$$\rho \cdot c = 410 N \cdot s / m^3$$

Se puede escribir el nivel de presión sonora en función de la intensidad acústica como:

$$Lp = 10 * \text{Log} \left(\frac{I}{I_0} \right)$$

En la tabla siguiente se pueden encontrar los niveles de presión sonora y algún ejemplo representativo de la vida cotidiana

Presión sonora Pa	Intensidad Acústica W/m ²	Nivel de presión dB	Ejemplo	Sensación
200	100	140	Lanzamiento misil	Dolor
70	10	130	Avión a 100 m	
20	1	120	Taller muy ruidoso	Insoportable
7	10 ⁻¹	110	Martillo picador	
2	10 ⁻²	100	Discoteca	
0,7	10 ⁻³	90	Cabina de camión	Extremadamente ruidoso
2x10 ⁻¹	10 ⁻⁴	80	Trafico intenso	Muy ruidoso
7x10 ⁻²	10 ⁻⁵	70	Aspirador domestico	
2x10 ⁻²	10 ⁻⁶	60	Conversación normal	Ruidoso
7x10 ⁻³	10 ⁻⁷	50	Conversación baja	
2x10 ⁻³	10 ⁻⁸	40	Oficina silenciosa	Ruido débil
7x10 ⁻⁴	10 ⁻⁹	30	Susurro	
2x10 ⁻⁴	10 ⁻¹⁰	20	Brisa a través de las hojas en un bosque	
7x10 ⁻⁵	10 ⁻¹¹	10	Estudio de grabación	Silencio
2x10 ⁻⁵	10 ⁻¹²	0	Umbral de audición	

Nótese la enorme variación de presiones acústicas que el oído humano es capaz de percibir desde valores muy bajos 0,00002 Pa hasta 200 Pa

Adición de decibelios.

La consecuencia de aplicar una escala logarítmica a los decibelios conduce a que la operación de suma no puede efectuarse linealmente sino que debe también aplicarse una escala logarítmica.

Se utiliza la fórmula siguiente:

$$L = 10 * \log\left(\sum_i 10^{L_i/10}\right)$$

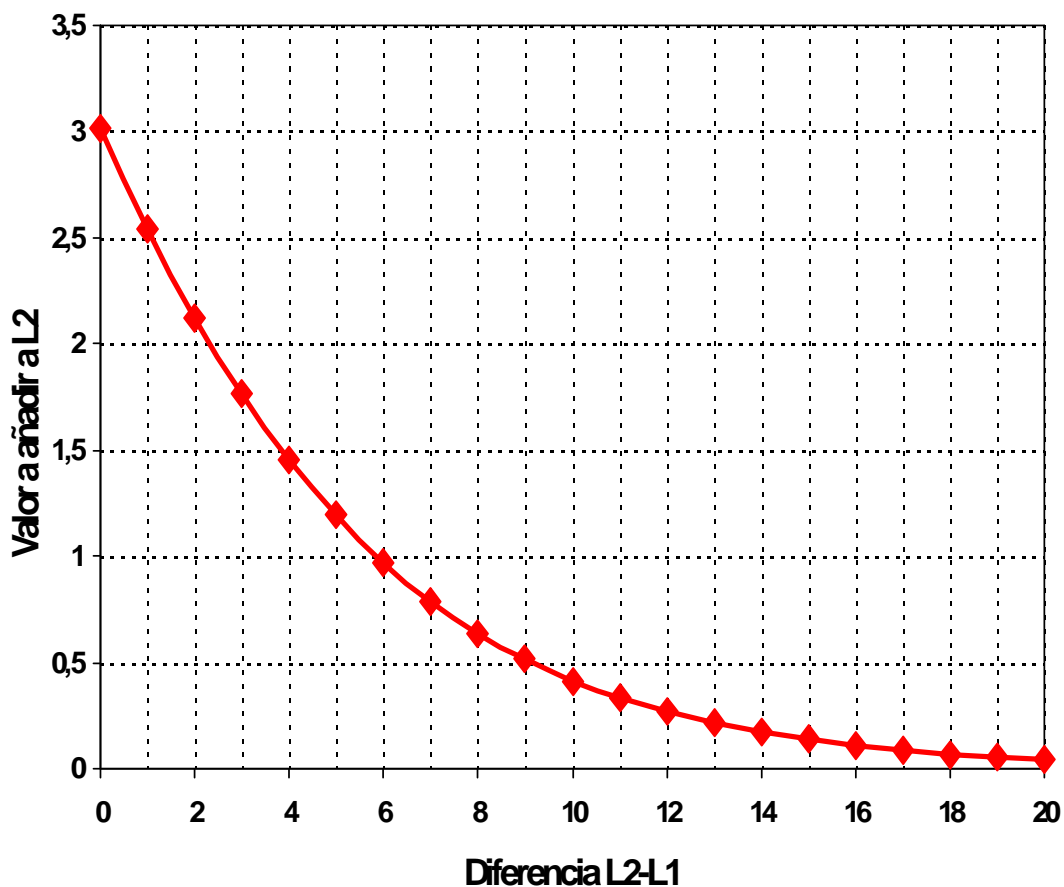
Alternativamente se puede usar el método siguiente:

Se calcula la diferencia lineal entre los dos niveles de presión acústica

“Diferencia” $L_2 - L_1$

Con $L_2 > L_1$

En el gráfico adjunto se entra en el eje horizontal con el valor “diferencia $L_2 - L_1$ ” calculado en el paso anterior y se obtiene el “valor a añadir a L_2 ”



Se determina el valor resultante:

$L_2 + \text{“Valor a añadir a } L_2\text{”}$

Ejemplo:

Se trata de adicionar 40 dB con 45 dB.

a) Método numérico:

$$L = 10 * \log(10^4 + 10^{4,5}) = 46,2dB$$

2) Método con ayuda del grafico:

Diferencia L2-L1 = 5 dB

Para una diferencia de 5 dB se lee en el grafico

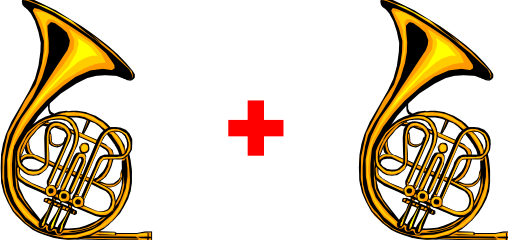
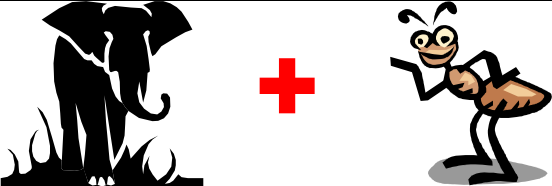
Valor a añadir a L2 = 1,2

Resultado: L= 45 + 1,2 = 46,2dB

En caso de tener varios sumandos en este método se suman los dos primeros al resultado se le suma el tercero y así sucesivamente

Conclusiones:

- Cuando los dos niveles es 0 (ambos son iguales) se duplica la energía y el valor resultante se incrementa en 3 dB.
- Cuando los dos niveles son muy diferentes (mas de 10 dB) el valor resultante es prácticamente el valor inicial mayor (no hay apenas incremento)




<u>Doble energía</u> (símil dos fuentes sonoras idénticas)		+3 dB
<u>Energía acustica muy diferente</u> (símil peso de un elefante y una hormiga)		+0 dB

Que es el ruido?

Se define como ruido cualquier sonido que resulte ser indeseado en un momento dado.

El ruido tiene pues una componente subjetiva importante ya que en ciertos momentos un sonido puede ser indeseado (por ej un concierto cuando se pretende dormir) o deseado (por ej el mismo concierto en una sala de audiciones).

Objetivamente pues el ruido no tiene nada que ver con las características físicas del sonido.

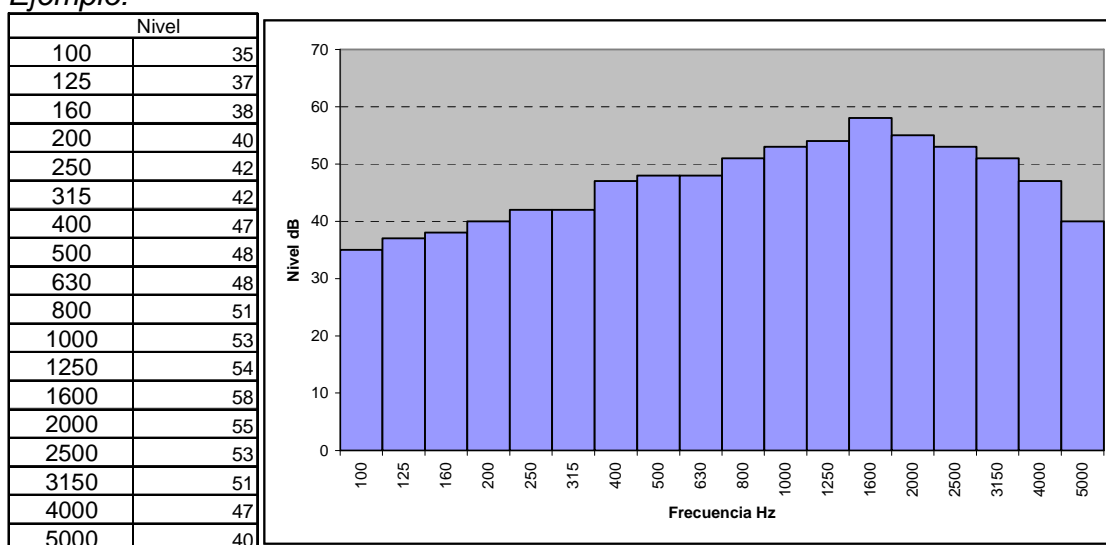
 <p>Concierto coral</p>	<p>Molesta cuando se pretende dormir</p>
 <p>Grifo goteando</p>	<p>Es agradable cuando se quiere escuchar</p>
 <p>Trafico a gran velocidad</p>	<p>Molesta cuando hay silencio</p> <p>Inapreciable en circunstancias normales</p> <p>Molesta en circunstancias "normales"</p> <p>Es soportable en un circuito de carreras</p>

Que es el espectro sonoro de un ruido?

Cuando se produce un sonido solo en contadas ocasiones se produce un sonido puro (una sola frecuencia con un solo nivel acústico) sino que normalmente existen todas las frecuencias audibles con mayor o menor nivel de presión acústica.

En estas circunstancias se puede “descomponer” el ruido considerando cada una de las frecuencias audibles y evaluando para cada frecuencia un nivel de presión acústica, se obtiene de esta forma el “espectro sonoro”.

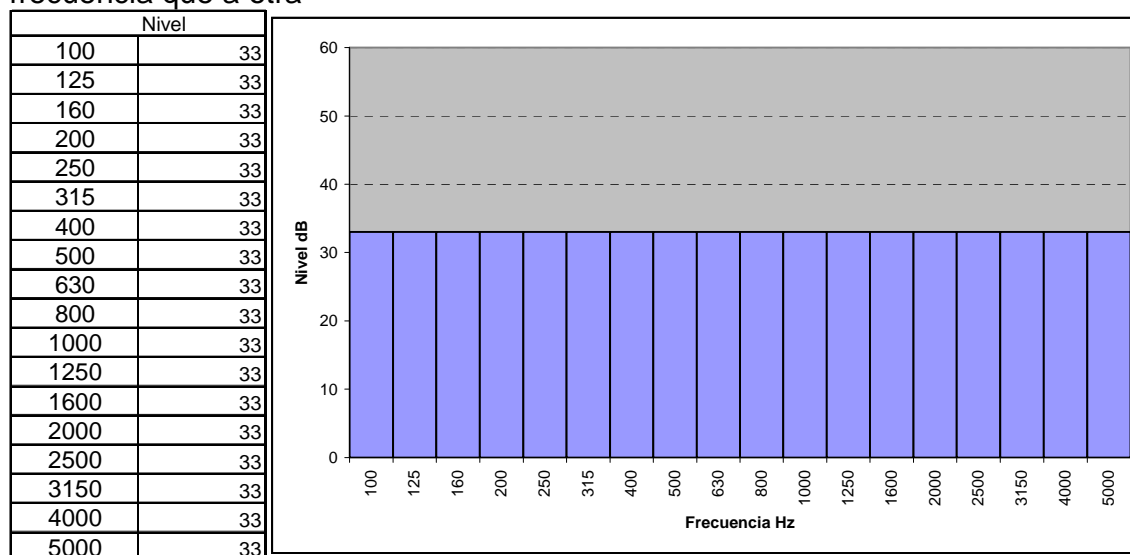
Ejemplo:



Que es el ruido rosa?

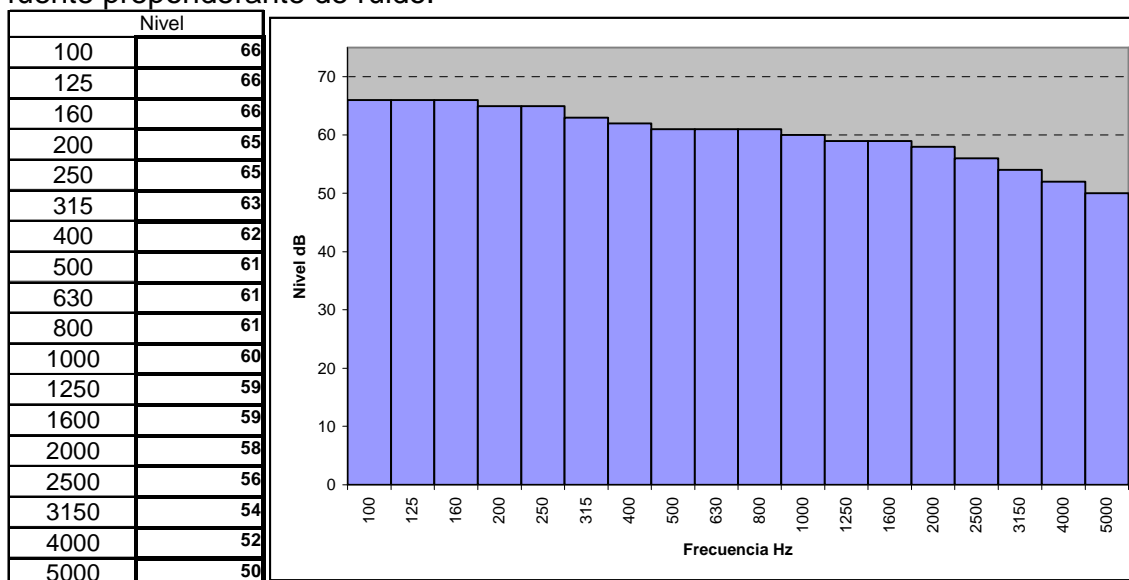
Un ruido rosa se caracteriza por tener un espectro acústico “horizontal” es decir el mismo nivel de energía acustica en todas las frecuencias.

Se utiliza normalmente la referencia a un ruido rosa cuando no se conoce con exactitud la fuente sonora (o es muy variable) tal como es el caso del ruido aero interior de los edificios ya que de esta forma no se da mas importancia a una frecuencia que a otra



Que es el Ruido de trafico?

El ruido normalizado de tráfico es un ruido cuyo espectro responde a un ruido con mayor contenido de frecuencias graves en relación a las agudas. Esta circunstancia se da normalmente en el ruido de trafico de las vias urbanas y por este motivo se usa esta referencia normalizada para evaluar el comportamiento de los edificios frente al ruido exterior donde el trafico es la fuente preponderante de ruido.



Nota: El hecho que se haya normalizado el espectro del ruido no significa que se haya fijado su nivel que es variable en cada emplazamiento pero se considera que siempre es “paralelo” a este espectro dado.

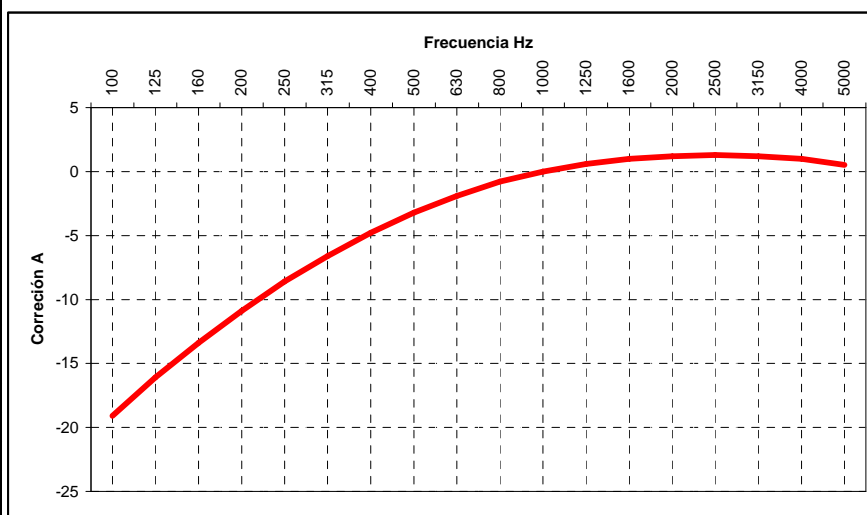
Que es la ponderación A?

El oído humano no tiene la misma facilidad para percibir sonidos de una frecuencia u otra.

En general se precisa mas energía acustica para la percepción de las bajas frecuencias que no de las altas por ello cuando se consideren (ver apartados siguientes) los valores globales de un espectro no puede darse la misma importancia a todas las frecuencias existentes (ya que el oído no las considera a todas por igual) sino que deben “corregirse” en función de la sensación auditiva humana.

Se ha establecido como referencia la ponderación denominada A que no es nada mas que la cantidad en decibelios que hay que corregir al valor de presión acustica en cada frecuencia para obtener el valor “subjetivo” a esta frecuencia. Ponderación A cuando el espectro se expresa en tercios de octava.

	Correccion A
100	-19,1
125	-16,1
160	-13,4
200	-10,9
250	-8,6
315	-6,6
400	-4,8
500	-3,2
630	-1,9
800	-0,8
1000	0
1250	0,6
1600	1
2000	1,2
2500	1,3
3150	1,2
4000	1
5000	0,5



Valor Global de un espectro sonoro?

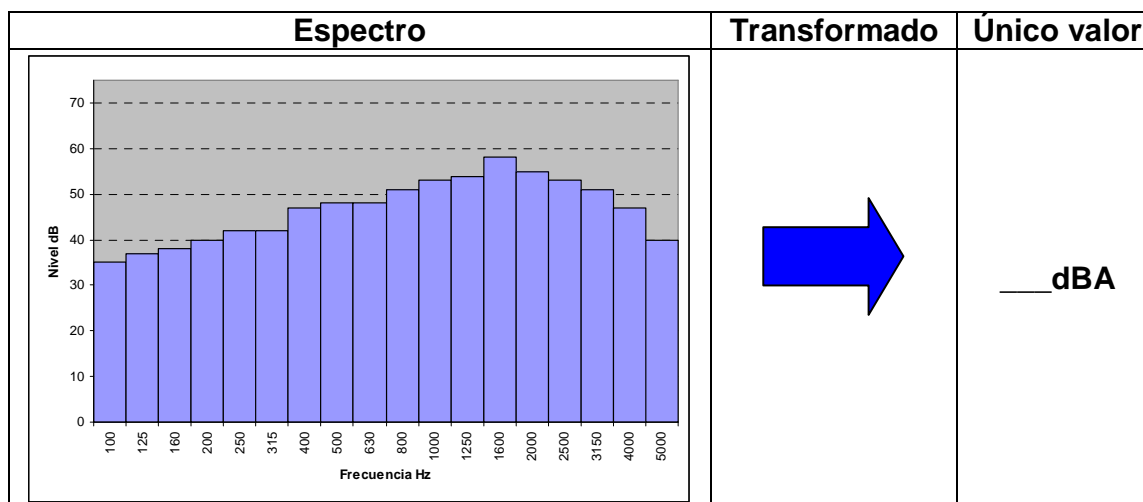
Habida cuenta que trabajar con espectros sonoros resulta tedioso por la abundante cantidad de datos (18 valores en tercios de octava) se trata de buscar un único valor que sea representativo del espectro y que contemple la sensibilidad del oído humano a las diferentes frecuencias (ponderación A)

Para obtener este valor se siguen los pasos siguientes:

1. Se parte del espectro acústico.
2. A cada valor en tercios de octava se le aplica la ponderación A y se obtiene el valor “ponderado”
3. Se suman todos los valores “ponderados” en los 18 tercios de octava

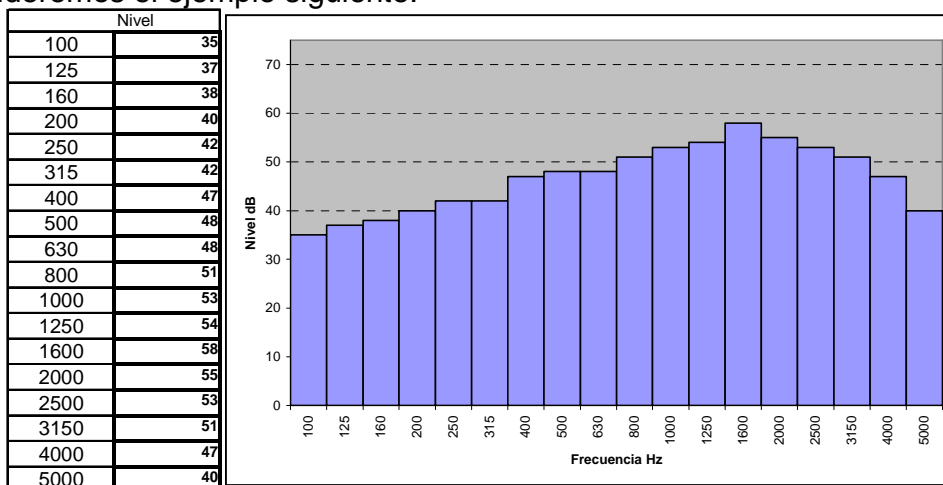
Al valor resultante se le denomina valor global del espectro ponderado A y se representa por su valor numérico con la mención dB(A) o dBA.

Este valor es el comúnmente empleado en los cálculos de acústica de edificación en donde no es preciso alargar los cálculos en tercios de octava.

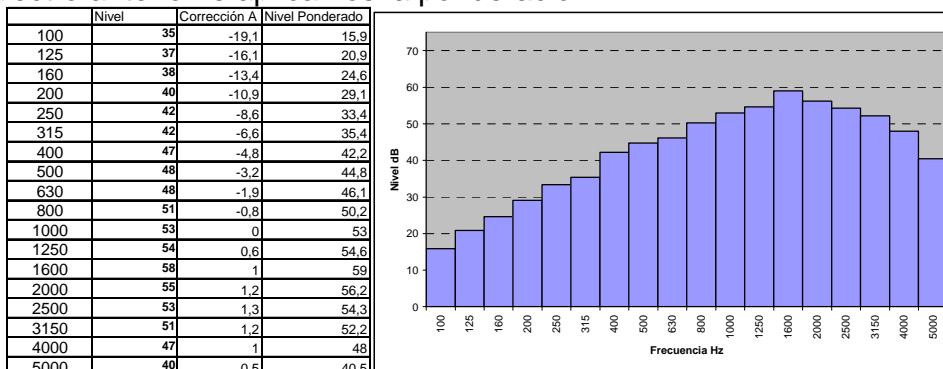


Cálculo del valor global de un espectro sonoro:

Consideremos el ejemplo siguiente:



Al espectro anterior le aplicamos la ponderación A



Se efectúa el cálculo de los valores “ponderados”

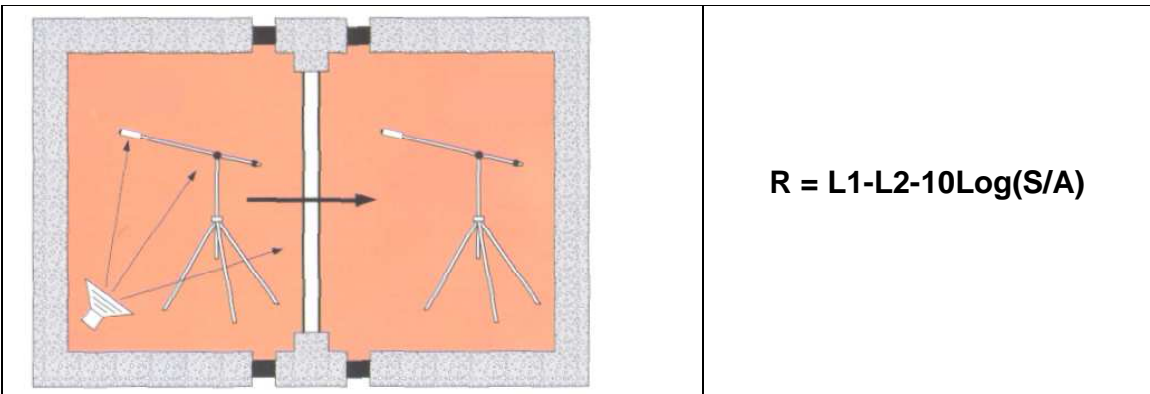
Frecuencia Hz	Nivel	Corrección A	Nivel Ponderado	$10^{Li/10}$
100	35	-19,1	15,9	39
125	37	-16,1	20,9	123
160	38	-13,4	24,6	288
200	40	-10,9	29,1	813
250	42	-8,6	33,4	2188
315	42	-6,6	35,4	3467
400	47	-4,8	42,2	16596
500	48	-3,2	44,8	30200
630	48	-1,9	46,1	40738
800	51	-0,8	50,2	104713
1000	53	0	53	199526
1250	54	0,6	54,6	288403
1600	58	1	59	794328
2000	55	1,2	56,2	416869
2500	53	1,3	54,3	269153
3150	51	1,2	52,2	165959
4000	47	1	48	63096
5000	40	0,5	40,5	11220
Suma=				2407720
Lp= 10*Log(suma)				64

Se ha obtenido un valor global de 64 db(A) como representativo del espectro de partida.

FUNDAMENTOS DE AISLAMIENTO ACUSTICO A RUIDO AEREO

Que es el índice de aislamiento de un elemento constructivo?

El índice de aislamiento a ruido aéreo de un elemento constructivo es la diferencia de nivel acústico que existe entre la sala emisora y la sala receptora de un laboratorio.

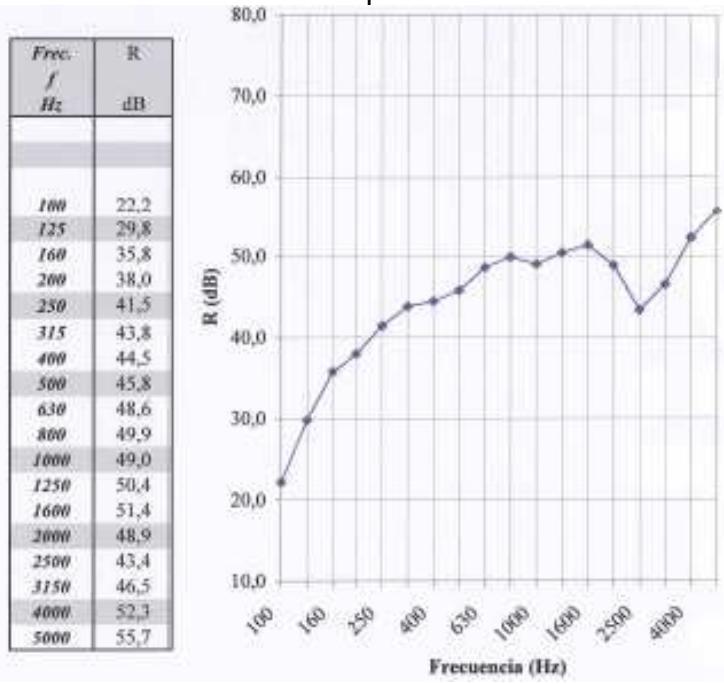


$$R = L1 - L2 - 10\text{Log}(S/A)$$

- R= Índice de aislamiento en dB
- L1= nivel acústico recinto emisor en dB
- L2 Nivel acústico recinto receptor en dB
- S= Superficie muestra (pared a ensayar) en m2
- A= Área de absorción equivalente del recinto receptor en m2

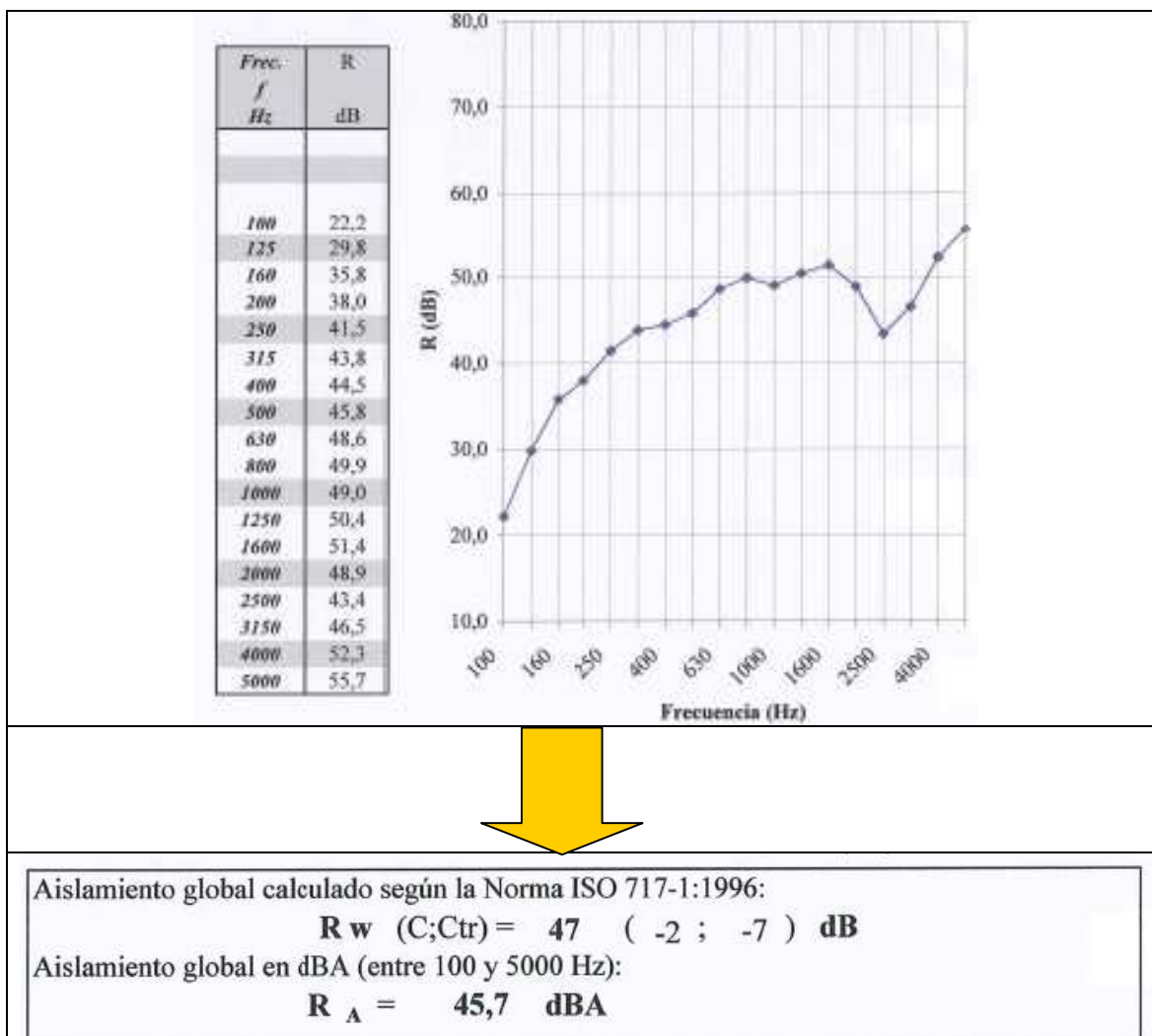
Se debe destacar que la mencionada diferencia se obtiene para cada una de las frecuencias consideradas (en tercios de octava) que las dimensiones de las salas de ensayo están normalizadas y que los laboratorios están construidos de forma que no existen transmisiones laterales.

La expresión del resultado de ensayo se suele presentar bajo forma de grafico con su tabla de valores numéricos correspondientes.



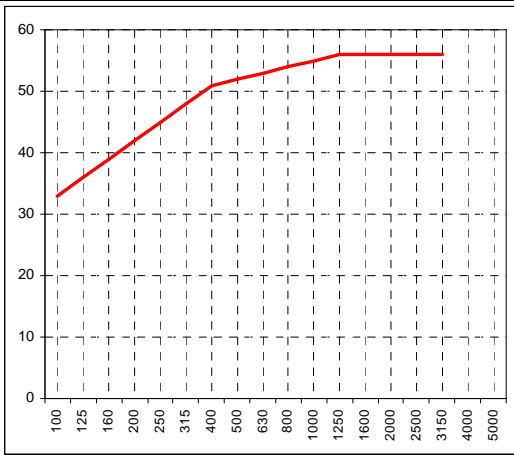
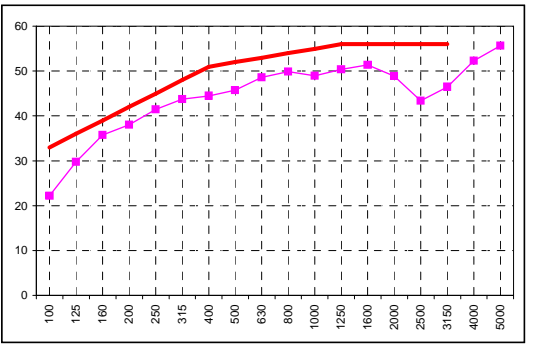
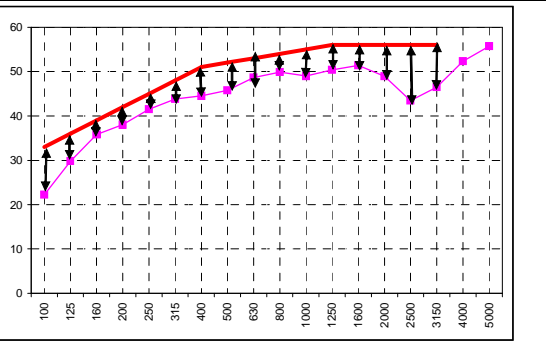
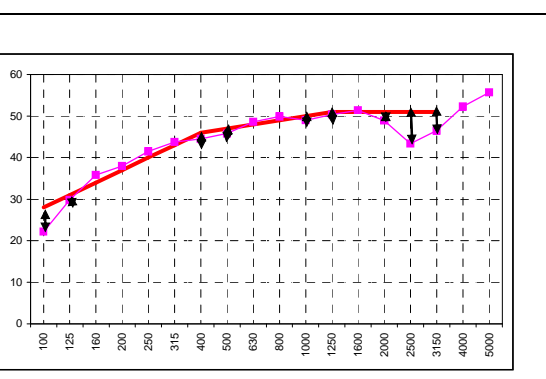
Valor Global del índice de aislamiento y valor global $R_w(C;Ctr)$.

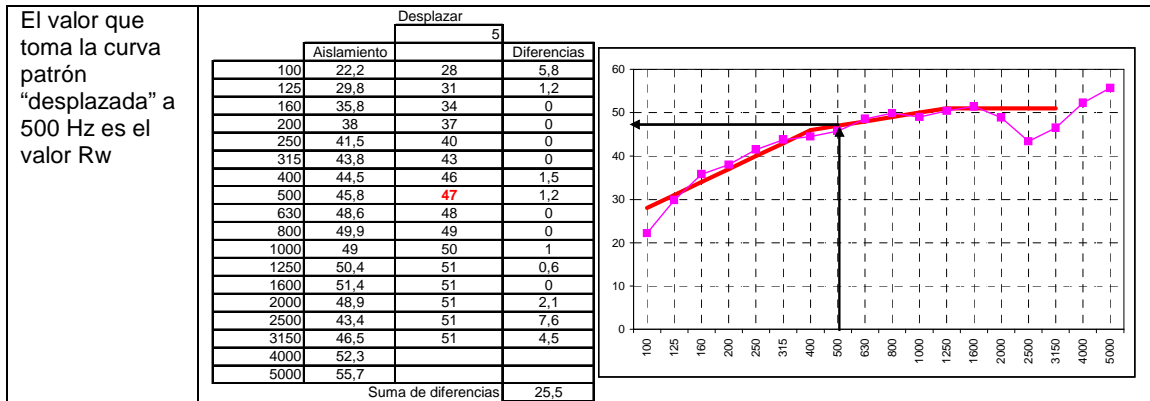
Del mismo modo que por razones prácticas se transforma el análisis espectral de un ruido en un único valor global se efectúa también un procedimiento similar para representar el espectro de aislamiento mediante un valor Global.



Calculo del valor Global Rw

El valor global Rw se obtiene por comparación con una curva patrón de referencia siguiendo el procedimiento siguiente:

<p>Curva patrón de referencia.</p>																																																																																		
<p>Comparación de la curva de aislamiento con la curva patrón</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Aislamiento</th> <th>Curva "patrón" desplazada</th> <th>Diferencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>22,2</td><td>33</td><td>10,8</td></tr> <tr><td>125</td><td>29,8</td><td>36</td><td>6,2</td></tr> <tr><td>160</td><td>35,8</td><td>39</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>200</td><td>38</td><td>42</td><td>4</td></tr> <tr><td>250</td><td>41,5</td><td>45</td><td>3,5</td></tr> <tr><td>315</td><td>43,8</td><td>48</td><td>4,2</td></tr> <tr><td>400</td><td>44,5</td><td>51</td><td>6,5</td></tr> <tr><td>500</td><td>45,8</td><td>52</td><td>6,2</td></tr> <tr><td>630</td><td>48,6</td><td>53</td><td>4,4</td></tr> <tr><td>800</td><td>49,9</td><td>54</td><td>4,1</td></tr> <tr><td>1000</td><td>49</td><td>55</td><td>6</td></tr> <tr><td>1250</td><td>50,4</td><td>56</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>1600</td><td>51,4</td><td>56</td><td>4,6</td></tr> <tr><td>2000</td><td>48,9</td><td>56</td><td>7,1</td></tr> <tr><td>2500</td><td>43,4</td><td>56</td><td>12,6</td></tr> <tr><td>3150</td><td>46,5</td><td>56</td><td>9,5</td></tr> <tr><td>4000</td><td>52,3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td>55,7</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Aislamiento	Curva "patrón" desplazada	Diferencias	100	22,2	33	10,8	125	29,8	36	6,2	160	35,8	39	3,2	200	38	42	4	250	41,5	45	3,5	315	43,8	48	4,2	400	44,5	51	6,5	500	45,8	52	6,2	630	48,6	53	4,4	800	49,9	54	4,1	1000	49	55	6	1250	50,4	56	5,6	1600	51,4	56	4,6	2000	48,9	56	7,1	2500	43,4	56	12,6	3150	46,5	56	9,5	4000	52,3			5000	55,7							
	Aislamiento	Curva "patrón" desplazada	Diferencias																																																																															
100	22,2	33	10,8																																																																															
125	29,8	36	6,2																																																																															
160	35,8	39	3,2																																																																															
200	38	42	4																																																																															
250	41,5	45	3,5																																																																															
315	43,8	48	4,2																																																																															
400	44,5	51	6,5																																																																															
500	45,8	52	6,2																																																																															
630	48,6	53	4,4																																																																															
800	49,9	54	4,1																																																																															
1000	49	55	6																																																																															
1250	50,4	56	5,6																																																																															
1600	51,4	56	4,6																																																																															
2000	48,9	56	7,1																																																																															
2500	43,4	56	12,6																																																																															
3150	46,5	56	9,5																																																																															
4000	52,3																																																																																	
5000	55,7																																																																																	
<p>Consideración de las diferencias desfavorables (valor de la curva de aislamiento inferior al de la curva patrón) y sumar todas ellas</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Aislamiento</th> <th>Curva "patrón" desplazada</th> <th>Diferencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>22,2</td><td>33</td><td>10,8</td></tr> <tr><td>125</td><td>29,8</td><td>36</td><td>6,2</td></tr> <tr><td>160</td><td>35,8</td><td>39</td><td>3,2</td></tr> <tr><td>200</td><td>38</td><td>42</td><td>4</td></tr> <tr><td>250</td><td>41,5</td><td>45</td><td>3,5</td></tr> <tr><td>315</td><td>43,8</td><td>48</td><td>4,2</td></tr> <tr><td>400</td><td>44,5</td><td>51</td><td>6,5</td></tr> <tr><td>500</td><td>45,8</td><td>52</td><td>6,2</td></tr> <tr><td>630</td><td>48,6</td><td>53</td><td>4,4</td></tr> <tr><td>800</td><td>49,9</td><td>54</td><td>4,1</td></tr> <tr><td>1000</td><td>49</td><td>55</td><td>6</td></tr> <tr><td>1250</td><td>50,4</td><td>56</td><td>5,6</td></tr> <tr><td>1600</td><td>51,4</td><td>56</td><td>4,6</td></tr> <tr><td>2000</td><td>48,9</td><td>56</td><td>7,1</td></tr> <tr><td>2500</td><td>43,4</td><td>56</td><td>12,6</td></tr> <tr><td>3150</td><td>46,5</td><td>56</td><td>9,5</td></tr> <tr><td>4000</td><td>52,3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td>55,7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Suma de diferencias</td><td>98,5</td></tr> </tbody> </table>		Aislamiento	Curva "patrón" desplazada	Diferencias	100	22,2	33	10,8	125	29,8	36	6,2	160	35,8	39	3,2	200	38	42	4	250	41,5	45	3,5	315	43,8	48	4,2	400	44,5	51	6,5	500	45,8	52	6,2	630	48,6	53	4,4	800	49,9	54	4,1	1000	49	55	6	1250	50,4	56	5,6	1600	51,4	56	4,6	2000	48,9	56	7,1	2500	43,4	56	12,6	3150	46,5	56	9,5	4000	52,3			5000	55,7			Suma de diferencias			98,5	
	Aislamiento	Curva "patrón" desplazada	Diferencias																																																																															
100	22,2	33	10,8																																																																															
125	29,8	36	6,2																																																																															
160	35,8	39	3,2																																																																															
200	38	42	4																																																																															
250	41,5	45	3,5																																																																															
315	43,8	48	4,2																																																																															
400	44,5	51	6,5																																																																															
500	45,8	52	6,2																																																																															
630	48,6	53	4,4																																																																															
800	49,9	54	4,1																																																																															
1000	49	55	6																																																																															
1250	50,4	56	5,6																																																																															
1600	51,4	56	4,6																																																																															
2000	48,9	56	7,1																																																																															
2500	43,4	56	12,6																																																																															
3150	46,5	56	9,5																																																																															
4000	52,3																																																																																	
5000	55,7																																																																																	
Suma de diferencias			98,5																																																																															
<p>Desplazar la curva patrón por pasos de 1 dB hasta que la suma sea lo mayor posible pero inferior a 32 dB</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Aislamiento</th> <th>Desplazar 5</th> <th>Diferencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>22,2</td><td>28</td><td>5,8</td></tr> <tr><td>125</td><td>29,8</td><td>31</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>160</td><td>35,8</td><td>34</td><td>0</td></tr> <tr><td>200</td><td>38</td><td>37</td><td>0</td></tr> <tr><td>250</td><td>41,5</td><td>40</td><td>0</td></tr> <tr><td>315</td><td>43,8</td><td>43</td><td>0</td></tr> <tr><td>400</td><td>44,5</td><td>46</td><td>1,5</td></tr> <tr><td>500</td><td>45,8</td><td>47</td><td>1,2</td></tr> <tr><td>630</td><td>48,6</td><td>48</td><td>0</td></tr> <tr><td>800</td><td>49,9</td><td>49</td><td>0</td></tr> <tr><td>1000</td><td>49</td><td>50</td><td>1</td></tr> <tr><td>1250</td><td>50,4</td><td>51</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>1600</td><td>51,4</td><td>51</td><td>0</td></tr> <tr><td>2000</td><td>48,9</td><td>51</td><td>2,1</td></tr> <tr><td>2500</td><td>43,4</td><td>51</td><td>7,6</td></tr> <tr><td>3150</td><td>46,5</td><td>51</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>4000</td><td>52,3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td>55,7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Suma de diferencias</td><td>25,5</td></tr> </tbody> </table>		Aislamiento	Desplazar 5	Diferencias	100	22,2	28	5,8	125	29,8	31	1,2	160	35,8	34	0	200	38	37	0	250	41,5	40	0	315	43,8	43	0	400	44,5	46	1,5	500	45,8	47	1,2	630	48,6	48	0	800	49,9	49	0	1000	49	50	1	1250	50,4	51	0,6	1600	51,4	51	0	2000	48,9	51	2,1	2500	43,4	51	7,6	3150	46,5	51	4,5	4000	52,3			5000	55,7			Suma de diferencias			25,5	
	Aislamiento	Desplazar 5	Diferencias																																																																															
100	22,2	28	5,8																																																																															
125	29,8	31	1,2																																																																															
160	35,8	34	0																																																																															
200	38	37	0																																																																															
250	41,5	40	0																																																																															
315	43,8	43	0																																																																															
400	44,5	46	1,5																																																																															
500	45,8	47	1,2																																																																															
630	48,6	48	0																																																																															
800	49,9	49	0																																																																															
1000	49	50	1																																																																															
1250	50,4	51	0,6																																																																															
1600	51,4	51	0																																																																															
2000	48,9	51	2,1																																																																															
2500	43,4	51	7,6																																																																															
3150	46,5	51	4,5																																																																															
4000	52,3																																																																																	
5000	55,7																																																																																	
Suma de diferencias			25,5																																																																															



Aunque la norma menciona como rango de calculo el espectro comprendido entre 100 y 3150 Hz se puede adaptar el calculo para espectros ampliados hasta 5000 Hz

Calculo del término de adaptación C

Con el fin de disponer de un valor global que se adapte mejor a lo que sería el espectro de un ruido rosa se utiliza un término adaptador C que combinado con el R_w permite tener esta indicación.

Para el cálculo se utiliza:

$$C = R_{A_j} - R_w$$

$$R_{A_j} = -10 \log \sum 10^{(L_j - R_j)/10}$$

En donde los valores L_j se toman en la tabla siguiente:

	L_j
100	-29
125	-26
160	-23
200	-21
250	-19
315	-17
400	-15
500	-13
630	-12
800	-11
1000	-10
1250	-9
1600	-9
2000	-9
2500	-9
3150	-9
4000	
5000	

El cálculo se puede efectuar siguiendo el esquema siguiente:

	C		
	Aislamiento	L_j	$10^{L_j - R_j/10}$
100	22,2	-29	7,6E-06
125	29,8	-26	2,6E-06
160	35,8	-23	1,3E-06
200	38	-21	1,3E-06
250	41,5	-19	8,9E-07
315	43,8	-17	8,3E-07
400	44,5	-15	1,1E-06
500	45,8	-13	1,3E-06
630	48,6	-12	8,7E-07
800	49,9	-11	8,1E-07
1000	49	-10	1,3E-06
1250	50,4	-9	1,1E-06
1600	51,4	-9	9,1E-07
2000	48,9	-9	1,6E-06
2500	43,4	-9	5,8E-06
3150	46,5	-9	2,8E-06

4000	52,3		
5000	55,7		
R_{Ai}			45

Y en este caso $C = R_{Aj} - R_w = 45 - 47 = -2$

Aunque la norma menciona como rango de calculo el espectro comprendido entre 100 y 3150 Hz se puede adaptar el calculo para espectros ampliados hasta 5000 Hz

Calculo del término de adaptación Ctr

Con el fin de disponer de un valor global que se adapte mejor a lo que sería el espectro de un ruido de tráfico se utiliza un término adaptador Ctr que combinado con el Rw permite tener esta indicación.

Para el cálculo se utiliza:

$$C = R_{A_j} - R_w$$

$$R_{A_j} = -10 \log \sum 10^{(L_j - R_j)/10}$$

En donde los valores L_j se toman en la tabla siguiente:

	L_j
100	-20
125	-20
160	-18
200	-16
250	-15
315	-14
400	-13
500	-12
630	-11
800	-9
1000	-8
1250	-9
1600	-10
2000	-11
2500	-13
3150	-15
4000	
5000	

El cálculo se puede efectuar siguiendo el esquema siguiente:

	Aislamiento	Ctr	
			$10^{L_j - R_w/10}$
100	22,2	-20	6,0E-05
125	29,8	-20	1,0E-05
160	35,8	-18	4,2E-06
200	38	-16	4,0E-06
250	41,5	-15	2,2E-06
315	43,8	-14	1,7E-06
400	44,5	-13	1,8E-06
500	45,8	-12	1,7E-06
630	48,6	-11	1,1E-06
800	49,9	-9	1,3E-06
1000	49	-8	2,0E-06
1250	50,4	-9	1,1E-06
1600	51,4	-10	7,2E-07
2000	48,9	-11	1,0E-06
2500	43,4	-13	2,3E-06

3150	46,5	-15	7,1E-07
4000	52,3		
5000	55,7		
R_{Aj}			40

Y en este caso $C_{tr} = R_{Aj} - R_w = 40 - 47 = -7$

Aunque la norma menciona como rango de calculo el espectro comprendido entre 100 y 3150 Hz se puede adaptar el calculo para espectros ampliados hasta 5000 Hz

Expresión completa de los valores globales $R_w(C;Ctr)$

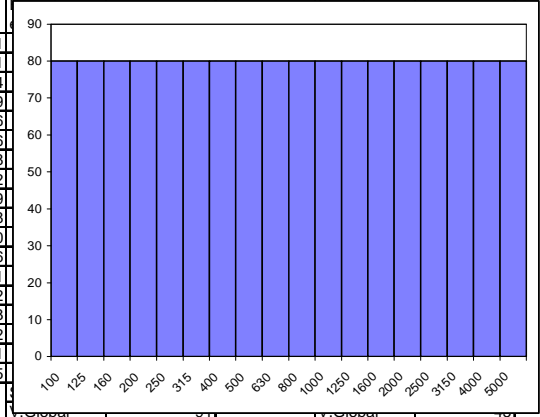
El valor global de un espectro de índice de aislamiento se expresa pues mediante la expresión $R_w (C ; Ctr)$

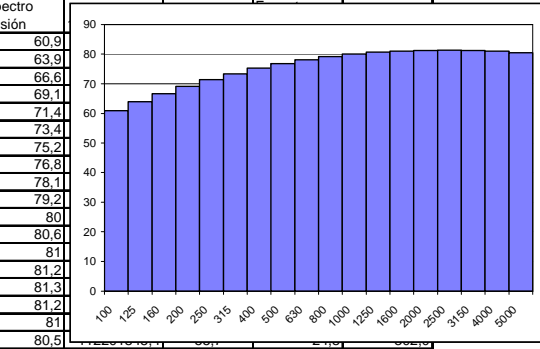
Aislamiento global calculado según la Norma ISO 717-1:1996:

$$R_w (C;Ctr) = 47 \quad (-2 ; -7) \text{ dB}$$

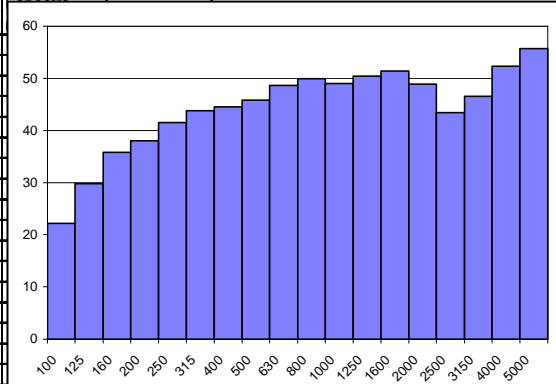
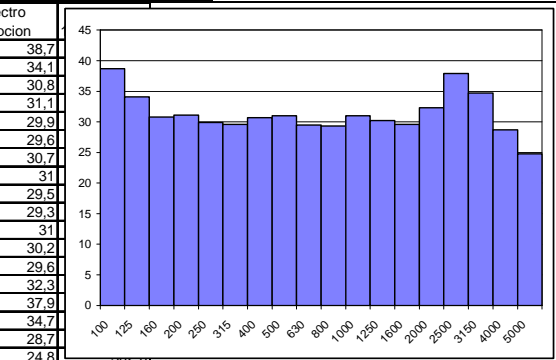
Calculo del aislamiento frente a un ruido rosa RA

Clásicamente se utilizaba también el valor global de un índice de aislamiento frente un ruido rosa que se calcula por un procedimiento diferente siguiendo el esquema siguiente:

Se toma como punto de partida un ruido rosa	Espectro "rosa"	Ponderacion A			
	100	80			-19,1
	125	80			-16,1
	160	80			-13,4
	200	80			-10,9
	250	80			-8,6
	315	80			-6,6
	400	80			-4,8
	500	80			-3,2
	630	80			-1,9
	800	80			-0,8
	1000	80			0
	1250	80			0,6
	1600	80			1
	2000	80			1,2
	2500	80			1,3
3150	80	1,2			
4000	80	1			
5000	80	0,5			

Se aplica la ponderación A al espectro rosa y se obtiene el espectro rosa ponderado (espectro en emisión)	Espectro "rosa"	Ponderacion A	Espectro emisión			
	100	80	-19,1			60,9
	125	80	-16,1			63,9
	160	80	-13,4			66,6
	200	80	-10,9			69,1
	250	80	-8,6			71,4
	315	80	-6,6			73,4
	400	80	-4,8			75,2
	500	80	-3,2			76,8
	630	80	-1,9			78,1
	800	80	-0,8			79,2
	1000	80	0			80
	1250	80	0,6			80,6
	1600	80	1			81
	2000	80	1,2			81,2
	2500	80	1,3			81,3
3150	80	1,2	81,2			
4000	80	1	81			
5000	80	0,5	80,5			

Se calcula el valor global del espectro rosa ponderado	Espectro "rosa"	Ponderacion A	Espectro emisión	$10^{Li/10}$	
	100	80	-19,1	60,9	1230268,8
	125	80	-16,1	63,9	2454708,9
	160	80	-13,4	66,6	4570881,9
	200	80	-10,9	69,1	8128305,2
	250	80	-8,6	71,4	13803842,6
	315	80	-6,6	73,4	21877616,2
	400	80	-4,8	75,2	33113112,1
	500	80	-3,2	76,8	47863009,2
	630	80	-1,9	78,1	64565422,9
	800	80	-0,8	79,2	83176377,1
	1000	80	0	80	100000000,0
	1250	80	0,6	80,6	114815362,1
	1600	80	1	81	125892541,2
	2000	80	1,2	81,2	131825673,9
	2500	80	1,3	81,3	134896288,3
3150	80	1,2	81,2	131825673,9	
4000	80	1	81	125892541,2	
5000	80	0,5	80,5	112201845,4	
Suma				1258133470,9	
V.Global					91

Se considera el espectro de aislamiento	Espectro emisión	Aislamiento																																																														
	100	60,9																																																														
	125	63,9																																																														
	160	66,6																																																														
	200	69,1																																																														
	250	71,4																																																														
	315	73,4																																																														
	400	75,2																																																														
	500	76,8																																																														
	630	78,1																																																														
	800	79,2																																																														
	1000	80																																																														
	1250	80,6																																																														
	1600	81																																																														
	2000	81,2																																																														
	2500	81,3																																																														
	3150	81,2																																																														
4000	81																																																															
5000	80,5																																																															
Se resta del espectro rosa ponderado el aislamiento (espectro en recepción)	Espectro emisión	Aislamiento	Espectro recepción																																																													
	100	60,9	22,2		38,7																																																											
	125	63,9	29,8		34,1																																																											
	160	66,6	35,8		30,8																																																											
	200	69,1	38		31,1																																																											
	250	71,4	41,5		29,9																																																											
	315	73,4	43,8		29,6																																																											
	400	75,2	44,5		30,7																																																											
	500	76,8	45,8		31																																																											
	630	78,1	48,6		29,5																																																											
	800	79,2	49,9		29,3																																																											
	1000	80	49		31																																																											
	1250	80,6	50,4		30,2																																																											
	1600	81	51,4		29,6																																																											
	2000	81,2	48,9		32,3																																																											
	2500	81,3	43,4		37,9																																																											
	3150	81,2	46,5		34,7																																																											
4000	81	52,3	28,7																																																													
5000	80,5	55,7	24,8																																																													
Se calcula el valor global del espectro en recepción	Espectro recepción	$10^{L_i/10}$	<table border="1"> <tr><td>100</td><td>38,7</td><td>7413,1</td></tr> <tr><td>125</td><td>34,1</td><td>2570,4</td></tr> <tr><td>160</td><td>30,8</td><td>1202,3</td></tr> <tr><td>200</td><td>31,1</td><td>1288,2</td></tr> <tr><td>250</td><td>29,9</td><td>977,2</td></tr> <tr><td>315</td><td>29,6</td><td>912,0</td></tr> <tr><td>400</td><td>30,7</td><td>1174,9</td></tr> <tr><td>500</td><td>31</td><td>1258,9</td></tr> <tr><td>630</td><td>29,5</td><td>891,3</td></tr> <tr><td>800</td><td>29,3</td><td>851,1</td></tr> <tr><td>1000</td><td>31</td><td>1258,9</td></tr> <tr><td>1250</td><td>30,2</td><td>1047,1</td></tr> <tr><td>1600</td><td>29,6</td><td>912,0</td></tr> <tr><td>2000</td><td>32,3</td><td>1698,2</td></tr> <tr><td>2500</td><td>37,9</td><td>6166,0</td></tr> <tr><td>3150</td><td>34,7</td><td>2951,2</td></tr> <tr><td>4000</td><td>28,7</td><td>741,3</td></tr> <tr><td>5000</td><td>24,8</td><td>302,0</td></tr> <tr><td>Suma</td><td></td><td>33616,2</td></tr> <tr><td>V.Global</td><td></td><td>45</td></tr> </table>		100	38,7	7413,1	125	34,1	2570,4	160	30,8	1202,3	200	31,1	1288,2	250	29,9	977,2	315	29,6	912,0	400	30,7	1174,9	500	31	1258,9	630	29,5	891,3	800	29,3	851,1	1000	31	1258,9	1250	30,2	1047,1	1600	29,6	912,0	2000	32,3	1698,2	2500	37,9	6166,0	3150	34,7	2951,2	4000	28,7	741,3	5000	24,8	302,0	Suma		33616,2	V.Global		45
	100	38,7			7413,1																																																											
	125	34,1			2570,4																																																											
	160	30,8			1202,3																																																											
	200	31,1			1288,2																																																											
	250	29,9			977,2																																																											
	315	29,6			912,0																																																											
	400	30,7			1174,9																																																											
	500	31			1258,9																																																											
	630	29,5			891,3																																																											
	800	29,3			851,1																																																											
	1000	31			1258,9																																																											
	1250	30,2			1047,1																																																											
	1600	29,6			912,0																																																											
	2000	32,3			1698,2																																																											
	2500	37,9			6166,0																																																											
	3150	34,7			2951,2																																																											
4000	28,7	741,3																																																														
5000	24,8	302,0																																																														
Suma		33616,2																																																														
V.Global		45																																																														
100	38,7	7413,1																																																														
125	34,1	2570,4																																																														
160	30,8	1202,3																																																														
200	31,1	1288,2																																																														
250	29,9	977,2																																																														
315	29,6	912,0																																																														
400	30,7	1174,9																																																														
500	31	1258,9																																																														
630	29,5	891,3																																																														
800	29,3	851,1																																																														
1000	31	1258,9																																																														
1250	30,2	1047,1																																																														
1600	29,6	912,0																																																														
2000	32,3	1698,2																																																														
2500	37,9	6166,0																																																														
3150	34,7	2951,2																																																														
4000	28,7	741,3																																																														
5000	24,8	302,0																																																														
Suma		33616,2																																																														
V.Global		45																																																														

Se calcula la diferencia entre el valor global ponderado A del espectro en emisión menos el valor global del espectro en recepción. A esta diferencia se le denomina índice de aislamiento frente a un ruido rosa RA

	Espectro "rosa"	Ponderacion A	Espectro emisión	$10^{L_{v10}}$	Aislamiento	Espectro recepcion	$10^{L_{v10}}$
100	80	-19,1	60,9	1230268,8	22,2	38,7	7413,1
125	80	-16,1	63,9	2454708,9	29,8	34,1	2570,4
160	80	-13,4	66,6	4570881,9	35,8	30,8	1202,3
200	80	-10,9	69,1	8128305,2	38	31,1	1288,2
250	80	-8,6	71,4	13803842,6	41,5	29,9	977,2
315	80	-6,6	73,4	21877616,2	43,8	29,6	912,0
400	80	-4,8	75,2	33113112,1	44,5	30,7	1174,9
500	80	-3,2	76,8	47863009,2	45,8	31	1258,9
630	80	-1,9	78,1	64565422,9	48,6	29,5	891,3
800	80	-0,8	79,2	83176377,1	49,9	29,3	851,1
1000	80	0	80	100000000,0	49	31	1258,9
1250	80	0,6	80,6	114815362,1	50,4	30,2	1047,1
1600	80	1	81	125892541,2	51,4	29,6	912,0
2000	80	1,2	81,2	131825673,9	48,9	32,3	1698,2
2500	80	1,3	81,3	134896288,3	43,4	37,9	6166,0
3150	80	1,2	81,2	131825673,9	46,5	34,7	2951,2
4000	80	1	81	125892541,2	52,3	28,7	741,3
5000	80	0,5	80,5	112201845,4	55,7	24,8	302,0
			Suma	1258133470,9		Suma	33616,2
			V.Global	91,0		V.Global	45,3

RA=	91	-	45,3	=45,7
-----	----	---	------	-------

Habitualmente el valor RA se calcula en el intervalo de frecuencias de 100 a 5000 Hz.

Se puede obtener aproximadamente una estimación de RA mediante:

$$RA \cong R_w + C$$

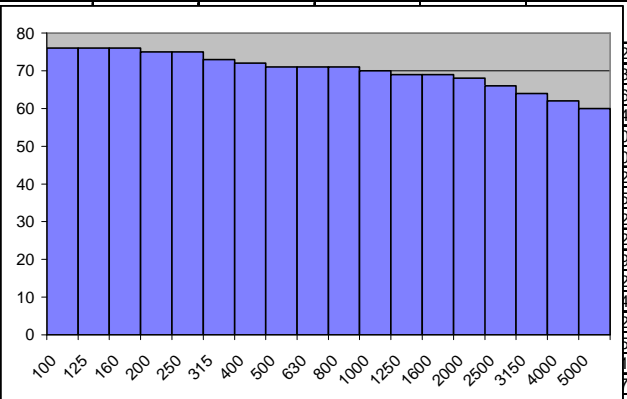
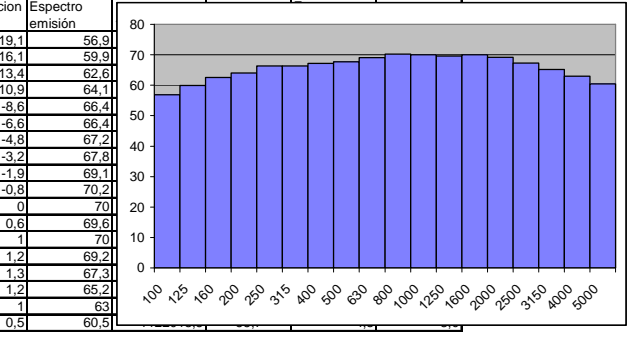
En este caso habríamos tenido:

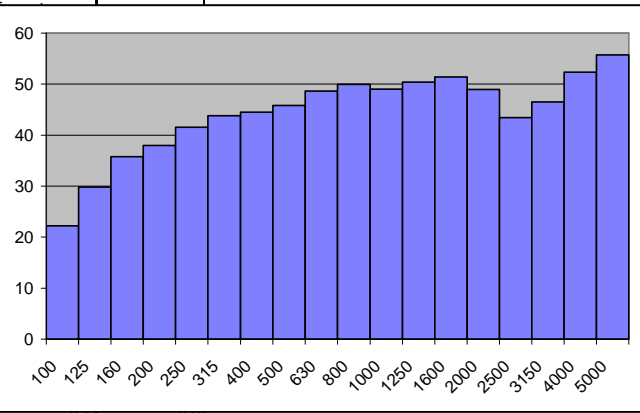
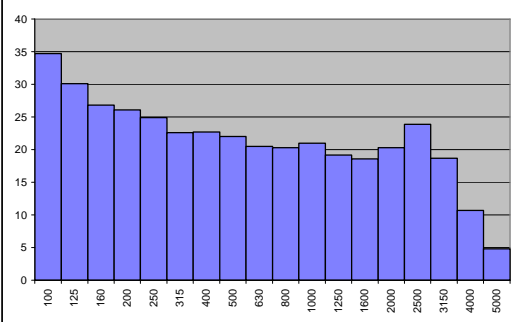
$$RA \cong R_w + C = 47 - 2 = 45 \cong 45,7$$

La pequeña diferencia se debe a la consideración con valores no decimales de R_w y C así como a la consideración del espectro "ampliado" en el cálculo de RA.

Calculo del aislamiento frente a un ruido de trafico Rtr

Frente al ruido que proviene del exterior de los edificios se solía utilizar como valor global representativo el índice de aislamiento frente a un ruido de trafico El proceso de calculo es idéntico” al que se efectúa frente a un ruido rosa variando el punto de partida que ahora es el ruido de trafico.

<p>Se toma como punto de partida un ruido de trafico</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espectro "trafico"</th> <th>A</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>76</td></tr> <tr><td>125</td><td>76</td></tr> <tr><td>160</td><td>76</td></tr> <tr><td>200</td><td>75</td></tr> <tr><td>250</td><td>75</td></tr> <tr><td>315</td><td>73</td></tr> <tr><td>400</td><td>72</td></tr> <tr><td>500</td><td>71</td></tr> <tr><td>630</td><td>71</td></tr> <tr><td>800</td><td>71</td></tr> <tr><td>1000</td><td>70</td></tr> <tr><td>1250</td><td>69</td></tr> <tr><td>1600</td><td>69</td></tr> <tr><td>2000</td><td>68</td></tr> <tr><td>2500</td><td>66</td></tr> <tr><td>3150</td><td>64</td></tr> <tr><td>4000</td><td>62</td></tr> <tr><td>5000</td><td>60</td></tr> </tbody> </table> 	Espectro "trafico"	A	100	76	125	76	160	76	200	75	250	75	315	73	400	72	500	71	630	71	800	71	1000	70	1250	69	1600	69	2000	68	2500	66	3150	64	4000	62	5000	60																																																																		
Espectro "trafico"	A																																																																																																								
100	76																																																																																																								
125	76																																																																																																								
160	76																																																																																																								
200	75																																																																																																								
250	75																																																																																																								
315	73																																																																																																								
400	72																																																																																																								
500	71																																																																																																								
630	71																																																																																																								
800	71																																																																																																								
1000	70																																																																																																								
1250	69																																																																																																								
1600	69																																																																																																								
2000	68																																																																																																								
2500	66																																																																																																								
3150	64																																																																																																								
4000	62																																																																																																								
5000	60																																																																																																								
<p>Se aplica la ponderación A al espectro de trafico y se obtiene el espectro de trafico ponderado (espectro en emisión)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espectro "trafico"</th> <th>Ponderacion A</th> <th>Espectro emisión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>76</td><td>-19,1</td><td>56,9</td></tr> <tr><td>125</td><td>76</td><td>-16,1</td><td>59,9</td></tr> <tr><td>160</td><td>76</td><td>-13,4</td><td>62,6</td></tr> <tr><td>200</td><td>75</td><td>-10,9</td><td>64,1</td></tr> <tr><td>250</td><td>75</td><td>-8,6</td><td>66,4</td></tr> <tr><td>315</td><td>73</td><td>-6,6</td><td>66,4</td></tr> <tr><td>400</td><td>72</td><td>-4,8</td><td>67,2</td></tr> <tr><td>500</td><td>71</td><td>-3,2</td><td>67,8</td></tr> <tr><td>630</td><td>71</td><td>-1,9</td><td>69,1</td></tr> <tr><td>800</td><td>71</td><td>-0,8</td><td>70,2</td></tr> <tr><td>1000</td><td>70</td><td>0</td><td>70</td></tr> <tr><td>1250</td><td>69</td><td>0,6</td><td>69,6</td></tr> <tr><td>1600</td><td>69</td><td>1</td><td>70</td></tr> <tr><td>2000</td><td>68</td><td>1,2</td><td>69,2</td></tr> <tr><td>2500</td><td>66</td><td>1,3</td><td>67,3</td></tr> <tr><td>3150</td><td>64</td><td>1,2</td><td>65,2</td></tr> <tr><td>4000</td><td>62</td><td>1</td><td>63</td></tr> <tr><td>5000</td><td>60</td><td>0,5</td><td>60,5</td></tr> </tbody> </table> 	Espectro "trafico"	Ponderacion A	Espectro emisión	100	76	-19,1	56,9	125	76	-16,1	59,9	160	76	-13,4	62,6	200	75	-10,9	64,1	250	75	-8,6	66,4	315	73	-6,6	66,4	400	72	-4,8	67,2	500	71	-3,2	67,8	630	71	-1,9	69,1	800	71	-0,8	70,2	1000	70	0	70	1250	69	0,6	69,6	1600	69	1	70	2000	68	1,2	69,2	2500	66	1,3	67,3	3150	64	1,2	65,2	4000	62	1	63	5000	60	0,5	60,5																													
Espectro "trafico"	Ponderacion A	Espectro emisión																																																																																																							
100	76	-19,1	56,9																																																																																																						
125	76	-16,1	59,9																																																																																																						
160	76	-13,4	62,6																																																																																																						
200	75	-10,9	64,1																																																																																																						
250	75	-8,6	66,4																																																																																																						
315	73	-6,6	66,4																																																																																																						
400	72	-4,8	67,2																																																																																																						
500	71	-3,2	67,8																																																																																																						
630	71	-1,9	69,1																																																																																																						
800	71	-0,8	70,2																																																																																																						
1000	70	0	70																																																																																																						
1250	69	0,6	69,6																																																																																																						
1600	69	1	70																																																																																																						
2000	68	1,2	69,2																																																																																																						
2500	66	1,3	67,3																																																																																																						
3150	64	1,2	65,2																																																																																																						
4000	62	1	63																																																																																																						
5000	60	0,5	60,5																																																																																																						
<p>Se calcula el valor global del espectro de trafico ponderado</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Espectro "trafico"</th> <th>Ponderacion A</th> <th>Espectro emisión</th> <th>10^{Lv/10}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>76</td><td>-19,1</td><td>56,9</td><td>489778,8</td></tr> <tr><td>125</td><td>76</td><td>-16,1</td><td>59,9</td><td>977237,2</td></tr> <tr><td>160</td><td>76</td><td>-13,4</td><td>62,6</td><td>1819700,9</td></tr> <tr><td>200</td><td>75</td><td>-10,9</td><td>64,1</td><td>2570395,8</td></tr> <tr><td>250</td><td>75</td><td>-8,6</td><td>66,4</td><td>4365158,3</td></tr> <tr><td>315</td><td>73</td><td>-6,6</td><td>66,4</td><td>4365158,3</td></tr> <tr><td>400</td><td>72</td><td>-4,8</td><td>67,2</td><td>5248074,6</td></tr> <tr><td>500</td><td>71</td><td>-3,2</td><td>67,8</td><td>6025595,9</td></tr> <tr><td>630</td><td>71</td><td>-1,9</td><td>69,1</td><td>8128305,2</td></tr> <tr><td>800</td><td>71</td><td>-0,8</td><td>70,2</td><td>10471285,5</td></tr> <tr><td>1000</td><td>70</td><td>0</td><td>70</td><td>10000000,0</td></tr> <tr><td>1250</td><td>69</td><td>0,6</td><td>69,6</td><td>9120108,4</td></tr> <tr><td>1600</td><td>69</td><td>1</td><td>70</td><td>10000000,0</td></tr> <tr><td>2000</td><td>68</td><td>1,2</td><td>69,2</td><td>8317637,7</td></tr> <tr><td>2500</td><td>66</td><td>1,3</td><td>67,3</td><td>5370318,0</td></tr> <tr><td>3150</td><td>64</td><td>1,2</td><td>65,2</td><td>3311311,2</td></tr> <tr><td>4000</td><td>62</td><td>1</td><td>63</td><td>1995262,3</td></tr> <tr><td>5000</td><td>60</td><td>0,5</td><td>60,5</td><td>1122018,5</td></tr> <tr><td>Suma</td><td></td><td></td><td></td><td>93697346,5</td></tr> <tr><td>V.Global</td><td></td><td></td><td></td><td>79,7</td></tr> </tbody> </table>	Espectro "trafico"	Ponderacion A	Espectro emisión	10 ^{Lv/10}	100	76	-19,1	56,9	489778,8	125	76	-16,1	59,9	977237,2	160	76	-13,4	62,6	1819700,9	200	75	-10,9	64,1	2570395,8	250	75	-8,6	66,4	4365158,3	315	73	-6,6	66,4	4365158,3	400	72	-4,8	67,2	5248074,6	500	71	-3,2	67,8	6025595,9	630	71	-1,9	69,1	8128305,2	800	71	-0,8	70,2	10471285,5	1000	70	0	70	10000000,0	1250	69	0,6	69,6	9120108,4	1600	69	1	70	10000000,0	2000	68	1,2	69,2	8317637,7	2500	66	1,3	67,3	5370318,0	3150	64	1,2	65,2	3311311,2	4000	62	1	63	1995262,3	5000	60	0,5	60,5	1122018,5	Suma				93697346,5	V.Global				79,7
Espectro "trafico"	Ponderacion A	Espectro emisión	10 ^{Lv/10}																																																																																																						
100	76	-19,1	56,9	489778,8																																																																																																					
125	76	-16,1	59,9	977237,2																																																																																																					
160	76	-13,4	62,6	1819700,9																																																																																																					
200	75	-10,9	64,1	2570395,8																																																																																																					
250	75	-8,6	66,4	4365158,3																																																																																																					
315	73	-6,6	66,4	4365158,3																																																																																																					
400	72	-4,8	67,2	5248074,6																																																																																																					
500	71	-3,2	67,8	6025595,9																																																																																																					
630	71	-1,9	69,1	8128305,2																																																																																																					
800	71	-0,8	70,2	10471285,5																																																																																																					
1000	70	0	70	10000000,0																																																																																																					
1250	69	0,6	69,6	9120108,4																																																																																																					
1600	69	1	70	10000000,0																																																																																																					
2000	68	1,2	69,2	8317637,7																																																																																																					
2500	66	1,3	67,3	5370318,0																																																																																																					
3150	64	1,2	65,2	3311311,2																																																																																																					
4000	62	1	63	1995262,3																																																																																																					
5000	60	0,5	60,5	1122018,5																																																																																																					
Suma				93697346,5																																																																																																					
V.Global				79,7																																																																																																					

Se considera el espectro de aislamiento	Aislamiento				
	100	22,2			
	125	29,8			
	160	35,8			
	200	38			
	250	41,5			
	315	43,8			
	400	44,5			
	500	45,8			
	630	48,6			
	800	49,9			
	1000	49			
	1250	50,4			
	1600	51,4			
2000	48,9				
2500	43,4				
3150	46,5				
4000	52,3				
5000	55,7				
Se resta del espectro de trafico ponderado el aislamiento (espectro en recepcion)	Espectro emision	Aislamiento	Espectro recepcion		
	100	56,9	22,2		34,7
	125	59,9	29,8		30,1
	160	62,6	35,8		26,8
	200	64,1	38		26,1
	250	66,4	41,5		24,9
	315	66,4	43,8		22,6
	400	67,2	44,5		22,7
	500	67,8	45,8		22
	630	69,1	48,6		20,5
	800	70,2	49,9		20,3
	1000	70	49		21
	1250	69,6	50,4		19,2
	1600	70	51,4		18,6
2000	69,2	48,9	20,3		
2500	67,3	43,4	23,9		
3150	65,2	46,5	18,7		
4000	63	52,3	10,7		
5000	60,5	55,7	4,8		
Se calcula el valor global del espectro en recepcion			Espectro recepcion	$10^{Li/10}$	
	100		34,7	2951,2	
	125		30,1	1023,3	
	160		26,8	478,6	
	200		26,1	407,4	
	250		24,9	309,0	
	315		22,6	182,0	
	400		22,7	186,2	
	500		22	158,5	
	630		20,5	112,2	
	800		20,3	107,2	
	1000		21	125,9	
	1250		19,2	83,2	
	1600		18,6	72,4	
2000		20,3	107,2		
2500		23,9	245,5		
3150		18,7	74,1		
4000		10,7	11,7		
5000		4,8	3,0		
Suma			6638,6		
V.Global			38,2		

	Espectro "trafico"	Ponderacion A	Espectro emision	$10^{L_{p10}}$	Aislamiento	Espectro recepcion	$10^{L_{p10}}$
100	76	-19,1	56,9	489778,8	22,2	34,7	2951,2
125	76	-16,1	59,9	977237,2	29,8	30,1	1023,3
160	76	-13,4	62,6	1819700,9	35,8	26,8	478,6
200	75	-10,9	64,1	2570395,8	38	26,1	407,4
250	75	-8,6	66,4	4365158,3	41,5	24,9	309,0
315	73	-6,6	66,4	4365158,3	43,8	22,6	182,0
400	72	-4,8	67,2	5248074,6	44,5	22,7	186,2
500	71	-3,2	67,8	6025595,9	45,8	22	158,5
630	71	-1,9	69,1	8128305,2	48,6	20,5	112,2
800	71	-0,8	70,2	10471285,5	49,9	20,3	107,2
1000	70	0	70	10000000,0	49	21	125,9
1250	69	0,6	69,6	9120108,4	50,4	19,2	83,2
1600	69	1	70	10000000,0	51,4	18,6	72,4
2000	68	1,2	69,2	8317637,7	48,9	20,3	107,2
2500	66	1,3	67,3	5370318,0	43,4	23,9	245,5
3150	64	1,2	65,2	3311311,2	46,5	18,7	74,1
4000	62	1	63	1995262,3	52,3	10,7	11,7
5000	60	0,5	60,5	1122018,5	55,7	4,8	3,0
			Suma	93697346,5		Suma	6638,6
			V.Global	79,7		V.Global	38,2
			RA=	79,7	-	38,2	41,5

Habitualmente el valor RA se calcula en el intervalo de frecuencias de 100 a 5000 Hz.

Se puede obtener aproximadamente una estimación de Rtr mediante:

$$R_{tr} \cong R_w + C_{tr}$$

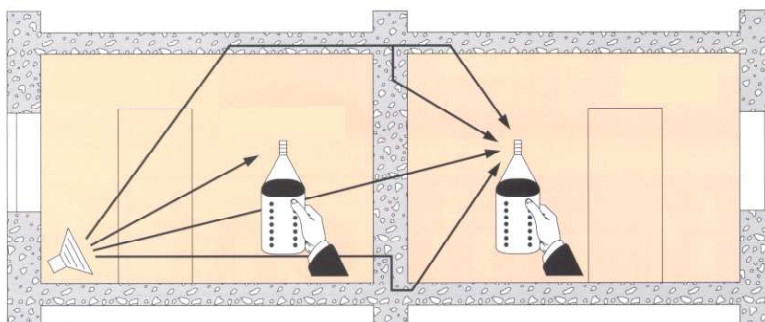
En este caso habríamos tenido:

$$R_{tr} \cong R_w + C_{tr} = 47 - 7 = 40 \cong 41,5$$

La pequeña diferencia se debe a la consideración con valores no decimales de R_w y C_{tr} así como a la consideración del espectro "ampliado" en el cálculo de Rtr.

Que es el aislamiento normalizado entre dos recintos adyacentes?

Cuando se disponen dos locales adyacentes no sucede igual que en el laboratorio donde la energía acústica solo transita a través de la pared de separación (transmisión directa) sino que la energía acústica se transmite también por los cerramientos perimetrales y por la vibración inducida de un cerramiento sobre otro. En definitiva pues en el laboratorio se considera solo una transmisión acústica mientras que en un edificio existen trece transmisiones acústicas a considerar.



Para diferenciar este caso de la situación en laboratorio se considera el aislamiento normalizado entre los locales evaluado como:

$$D_{nT} = L2 - L1 + 10 \text{Log} \left(\frac{0,16 \cdot V}{Tr \cdot S} \right)$$

En donde L2 es el nivel acústico en emisión, L1 es el nivel acústico en recepción, V es el volumen del local receptor, Tr es el tiempo de reberveración del local receptor y S es la superficie del cerramiento de separación entre los locales.

Cabe destacar la similitud matemática entre el índice de aislamiento de un cerramiento medido en laboratorio con el aislamiento normalizado entre locales (ambos son una diferencia de niveles corregida por un término geométrico) pero la absoluta diferencia conceptual en un caso se considera una única vía de transmisión acústica (en laboratorio) mientras que en el otro se consideran todas las vías de transmisión existentes (aislamiento entre locales).

Para la expresión del aislamiento entre locales se aplican los mismos criterios de expresión en tercios de octava o el uso de valores globales $D_{nT;w}(C;Ctr)$ o $D_{nT;A}$ o $D_{nT;tr}$ con procesos de cálculo análogos a los indicados en el índice de aislamiento de un cerramiento.

Como se comportan acústicamente los cerramientos?

Frente a la energía acústica los cerramientos se comportan de dos formas:

- Cerramientos acústicamente estáticos

En este caso los cerramientos oponen a la energía acústica su inercia mecánica de forma que presentan una cierta capacidad de oponerse a entrar en vibración, este es el principio de las paredes simples y de las paredes dobles rígidas.

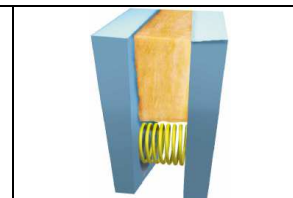
Estos cerramientos actúan bajo el principio de la ley de masa



- Cerramientos acústicamente dinámicos

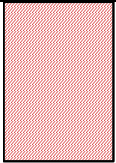
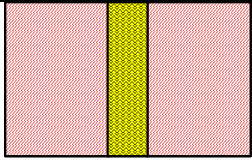
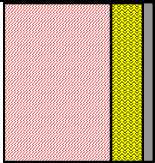
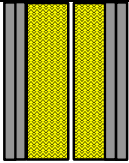
En este caso los cerramientos oponen a la energía acústica la capacidad de actuar bajo el principio de elasticidad de forma que amortiguan la energía acústica transformándola en energía mecánica de deformación, este es el principio que usan los cerramientos dobles ligeros o los cerramientos pesados con trasdosados ligeros.

Estos cerramientos actúan bajo el principio de la ley: masa – muelle – masa



Estimación índices globales de aislamiento diferentes tipos de cerramiento

De acuerdo con la clasificación anterior y para una primera aproximación de los índices globales de de aislamiento se pueden usar los criterios siguientes:

Ley de masa		Ley masa - muelle - masa	
Inercia mecánica		Amortiguación elástica	
Paredes simples	Paredes dobles rígidas	Paredes simples con trasdosado	Paredes dobles ligeras
			
$R_w = 37,5 \cdot \log(m) - 42$ ó $R_w = 37,5 \cdot \log(m_1 + m_2) - 42$ $C = 1 \text{ ó } 2$ $C_{tr} = 16 - 9 \cdot \log(m) \text{ y } -7 < C_{tr} < -1$		$R_w = 37,5 \cdot \log(m) - 42 + \Delta R$ $C = 1 \text{ ó } 2$ $C_{tr} = 16 - 9 \cdot \log(m) \text{ y } -7 < C_{tr} < -1$ $f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$ $F_0 < 80 \rightarrow \Delta R = 35 - R/2$ $F_0 < 100 \rightarrow \Delta R = 32 - R/2$ $F_0 < 125 \rightarrow \Delta R = 30 - R/2$ $F_0 < 160 \rightarrow \Delta R = 28 - R/2$ $F_0 < 200 \rightarrow \Delta R = -1$ $F_0 < 250 \rightarrow \Delta R = -3$ $F_0 < 315 \rightarrow \Delta R = -5$ $F_0 < 400 \rightarrow \Delta R = -7$ $F_0 < 500 \rightarrow \Delta R = -9$ $F_0 < 1600 \rightarrow \Delta R = -10$ $F_0 > 1600 \rightarrow \Delta R = -5$	Debe recurrirse a ensayo

Cerramientos simples (ley de masas)

Se considera como cerramiento simple cualquiera que este formado por una sola capa de material o por varias capas unidas rígidamente entre si de forma que frente a la vibración acústica se comporte como un solo cuerpo vibratorio.

Cualquier cuerpo en función de sus características físicas (naturaleza del material) y de sus dimensiones (espesor) tiende a vibrar naturalmente a una frecuencia cuando es excitado por una onda acústica, a esta frecuencia donde "naturalmente" el cuerpo tiende a vibrar se le denomina frecuencia de coincidencia y a esta frecuencia el cuerpo tiene escaso aislamiento.

Estimación posición frecuencia coincidencia.

Se puede estimar la posición de la frecuencia de coincidencia de un material en función de la velocidad de propagación del ruido en este material:

$$F_c = \frac{c^2}{1,8 \cdot c_L \cdot d}$$

El aumento del espesor de un material conlleva disminuir su frecuencia crítica y viceversa.

Material	Velocidad propagación c_L
Ladrillo perforado	2500 m/s
Ladrillo hueco	2000 m/s
Hormigón armado	3500 m/s
Placa de yeso laminado	2000 m/s
Acero	5200 m/s
Vidrio	5000 m/s
Poli metacrilato	1600 m/s
Plomo	1200 m/s

Para que las frecuencias críticas se aparten de las bajas y medias frecuencias, donde son más perjudiciales desde un punto de vista de aislamiento, es preciso para unos materiales aumentar su espesor (por ej fabrica ladrillo, hormigón,..) mientras que para otros es necesario disminuir su espesor para que se desplace hacia las muy altas frecuencias (por ej placas de yeso, vidrios,..)

En los sistemas laminares gracias a la unión elástica entre laminas (por ej de vidrio o placa de yeso) la frecuencia crítica se mantiene en la de cada uno de sus componentes en vez de seguir la que correspondería el espesor total.

Ejemplos:

Estimación frecuencia crítica para diferentes elementos comunes de construcción:

½ pie Ladrillo perforado 12 cm	215 Hz
Tabicon de ladrillo hueco 7 cm	458 Hz
Hormigón armado de 12 cm	152 Hz
Placa yeso laminado de 15 mm	2140 Hz

Vidrio de 6 mm	2140 Hz
Doble palca de yeso de 15 mm	2140 Hz

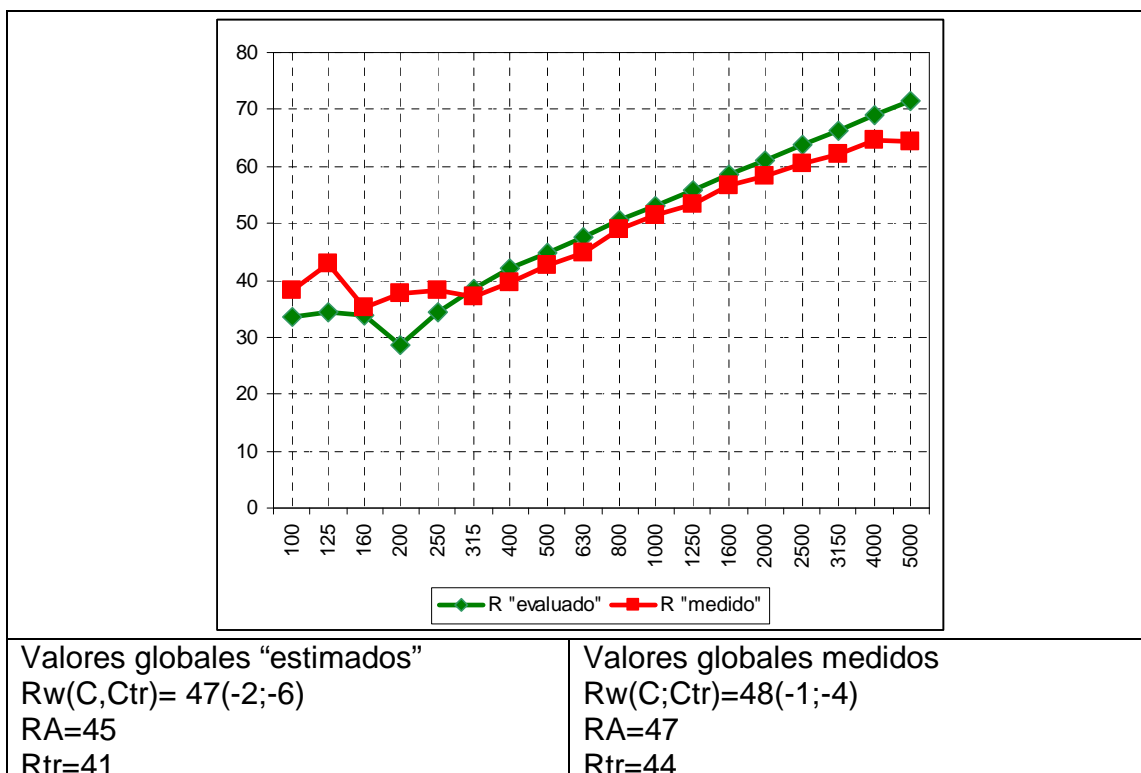
Se observa que para los materiales de fábrica en los espesores “corrientes” la posición de su frecuencia crítica es desfavorable desde un punto de vista de aislamiento acústico.

Estimación aislamiento acústico paredes simples.

Se establecen tres zonas para su evaluación:

frecuencia es inferior a la frecuencia crítica:	$f < f_c$	$R = 20 \text{ Log } (m \cdot f) - 48$
si la frecuencia próxima a la frecuencia crítica	$f \sim f_c$	El índice de aislamiento disminuye sensiblemente tanto mas como bajo sea el factor de perdidas internas del material (η)
frecuencia es superior a la crítica	$f > f_c$	$R = 20 \log(mf) - 48 + 10 \log(f/f_c) + 10 \log(\eta) + 5,5$

Aplicando el criterio anterior a una pared de ladrillo perforado de 12 cm con las características físicas normales y comparando con un resultado medido en laboratorio se tiene:



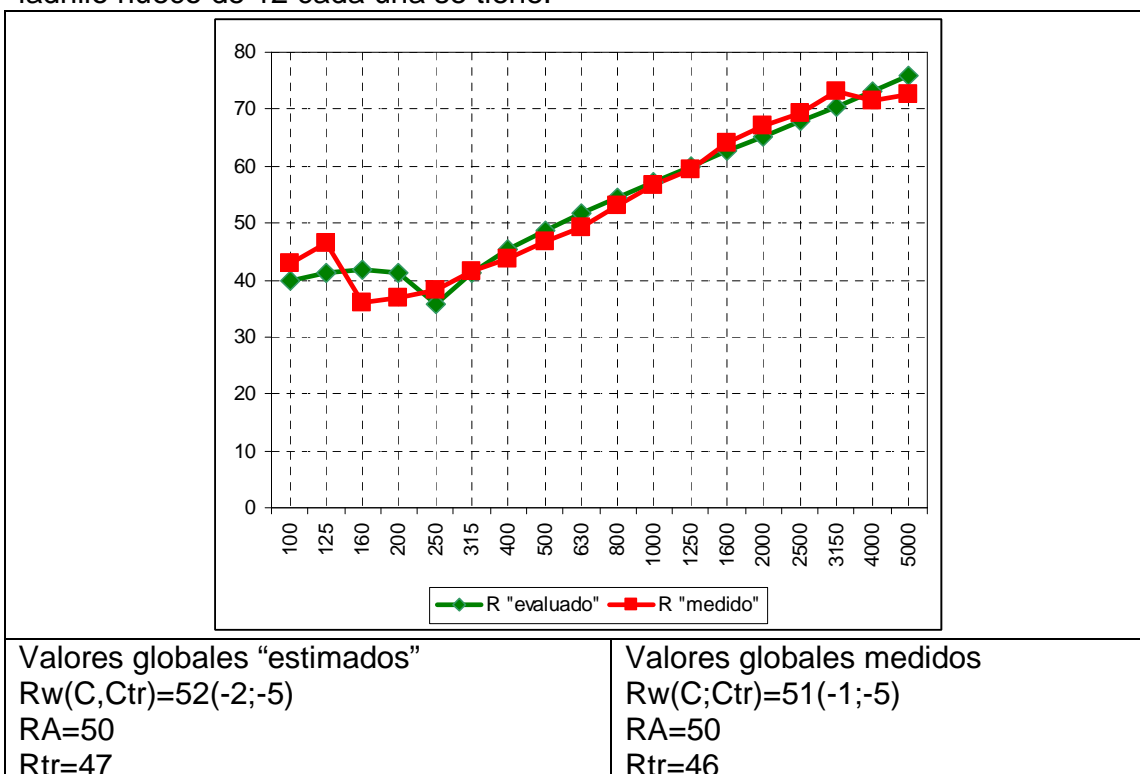
Se aprecia la buena concordancia entre evaluación y medición

Cerramientos dobles laminares

Los cerramientos laminares se comportan como un cerramiento simple con la única particularidad de que la posición de la frecuencia de coincidencia corresponde a la de cada una de las laminas.

Los cerramientos de doble hoja de fabrica en que la frecuencia de coincidencia de cada cerramiento componente se sitúa por debajo de los 1000 Hz se comportan como si fuesen cerramientos laminares.

Efectuando la evaluación de un cerramiento doble de dos hojas de fabrica de ladrillo hueco de 12 cada una se tiene:



Se aprecia la buena concordancia entre evaluación y medición

Cerramientos dobles dos hojas ligeras (leyes masa – muelle masa)

En este caso el cerramiento se comporta bajo el principio masa-muelle-masa de forma que la eficacia es máxima.

Se define previamente la situación de la frecuencia natural del sistema oscilante masa muelle en función de la rigidez dinámica del muelle y de las masas superficiales de los elementos.

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

Se aprecia que el primer parámetro determinante es la rigidez (o mejor dicho la no rigidez ó elasticidad) del material intercalario (aislante).

Productos con rigidez dinámica inferior a 5 MN/m³ permiten en condiciones normales asegurar que la posición de la frecuencia natural quede por debajo de los 100 Hz y por lo tanto que el sistema sea eficaz en todo el espectro audible. Para que un cerramiento actúe bajo el principio masa muelle masa es necesario que el muelle sea elástico y por lo tanto esta consideración invalida como aislantes acústicos los productos rígidos (ya sean espumas plásticas o lanas de muy alta rigidez).

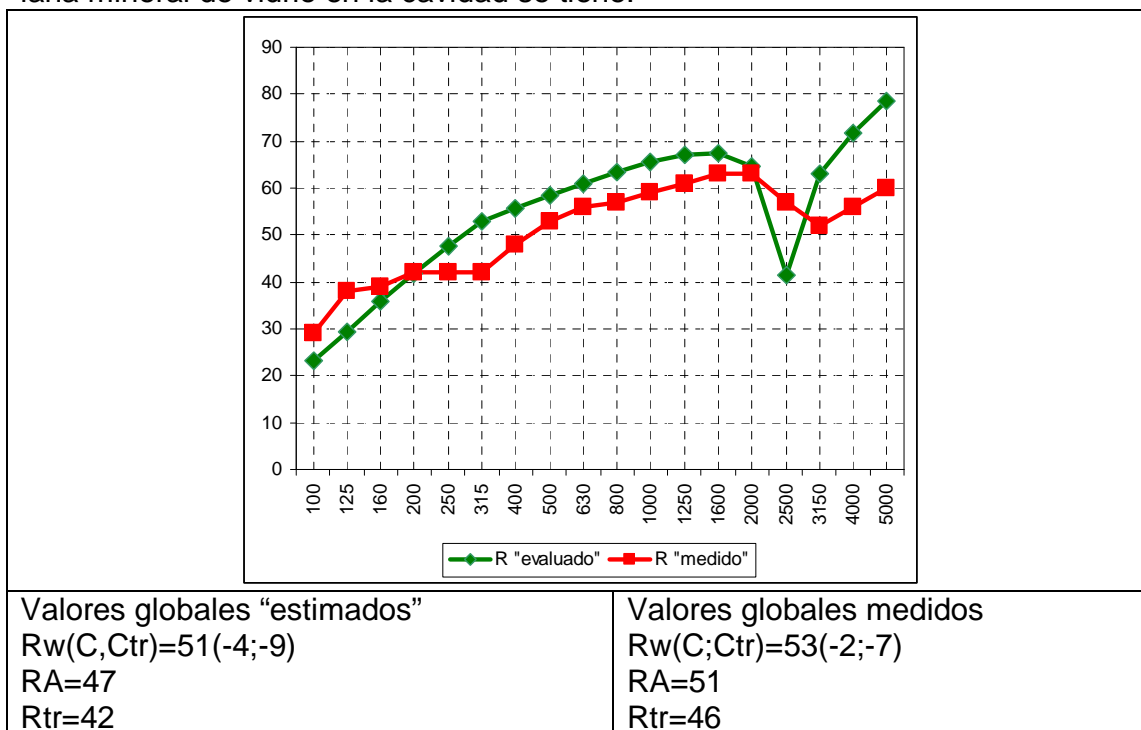
La presencia de una cavidad ente dos elementos presenta el riesgo de que esta actúe como un amplificador acústico a frecuencias superiores a la frecuencia de cavidad para evitar esta circunstancia se rellena la cavidad con materiales que siendo elásticos (para no desplazar negativamente la frecuencia natural) sean de porosidad abierta para que las ondas acústicas estén amortiguadas por rozamiento cuando atraviesan este medio poroso. La resistencia específica al paso del aire es el parámetro que evalúa este funcionamiento. Valores entre 5 kPa·s/m² y 30 kPa·s/m² proporcionan las mejores amortiguaciones.

Los productos aislantes acústicos deben ser pues elásticos y de porosidad abierta.

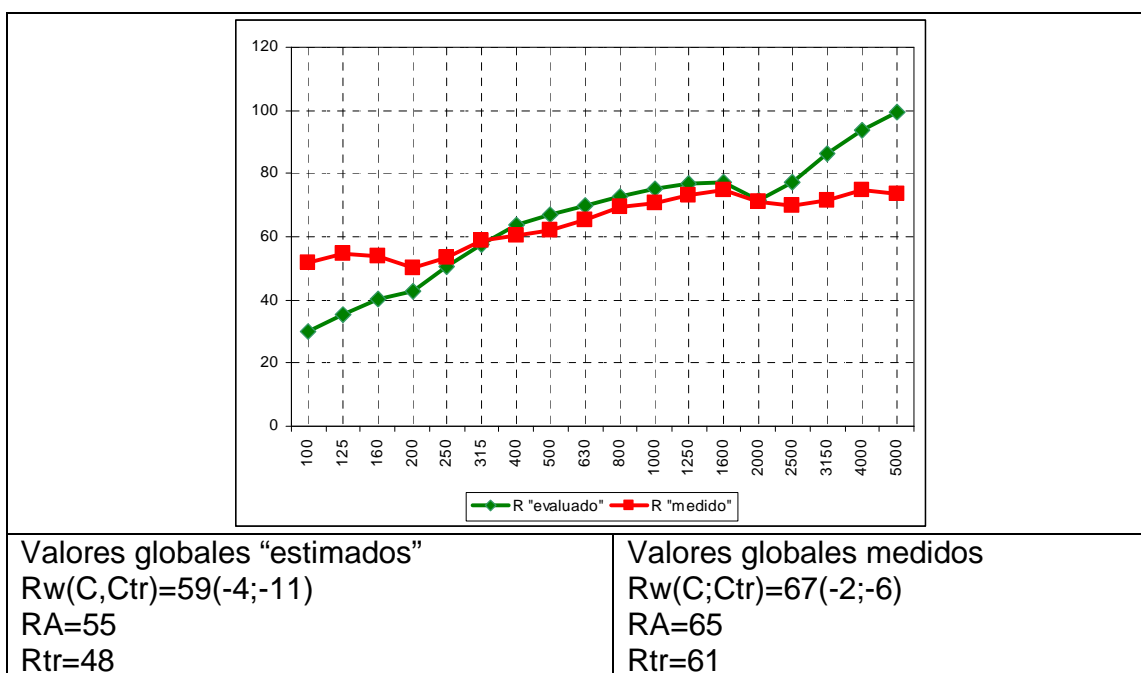
Se establecen en este caso las zonas siguientes para la evaluación.

La frecuencia es inferior a la natural	f < f ₀	El sistema masa muelle no actúa el comportamiento es como un sistema laminar.
La frecuencia es mayor que la natural pero inferior a la de cavidad	f > f ₀ y f < f _l	Los aislamientos se suman (las masas se multiplican) $R = R_1 + R_2 + 20 \log(f \cdot d) - 29$
La frecuencia es superior a la natural y superior a la de cavidad	f > f ₀ y f > f _l	Los aislamiento se suman y se atenúa la resonancia de la cavidad gracias a la resistencia al paso del aire del aislante $R = R_1 + R_2 + 0,86(0,0978(1,2f/rs))^{-0,7} + 2 \log(0,189(1,2f/rs))^{-0,595}$

Utilizando este procedimiento en un sistema de palcas de yeso laminado de doble placa de 13 mm en cada cara y montantes de 70 mm con rehellenlo de lana mineral de vidrio en la cavidad se tiene:



Los sistemas de trasdosados se comportan de esta misma forma. Considerado un cerramiento de ladrillo perforado de 12 cm y un trasdosado de placa de yeso de 15 mm con 50 mm de lana mineral de vidrio tendríamos.

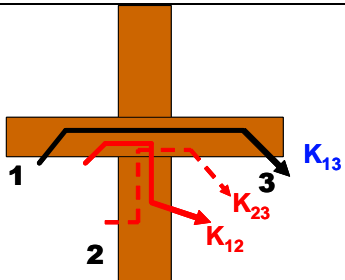
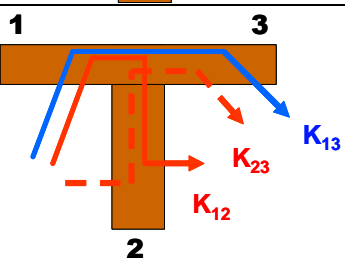
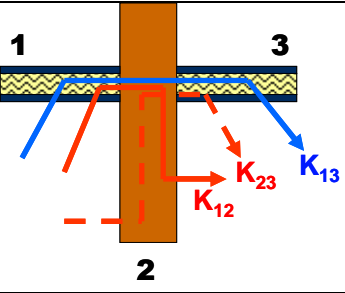
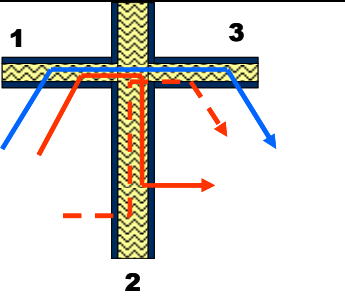


Este tipo de cerramientos se estiman peor (normalmente de forma pesimista) que en los casos precedentes por esto se suele preferir la información proveniente de ensayo cuando se trata de cerramientos dobles.

Transmisiones laterales entre locales adyacentes.

Cuando un cerramiento esta en contacto con otros los unos interactúan entre si traspasando su eneregia vibratoria de unos a otros.

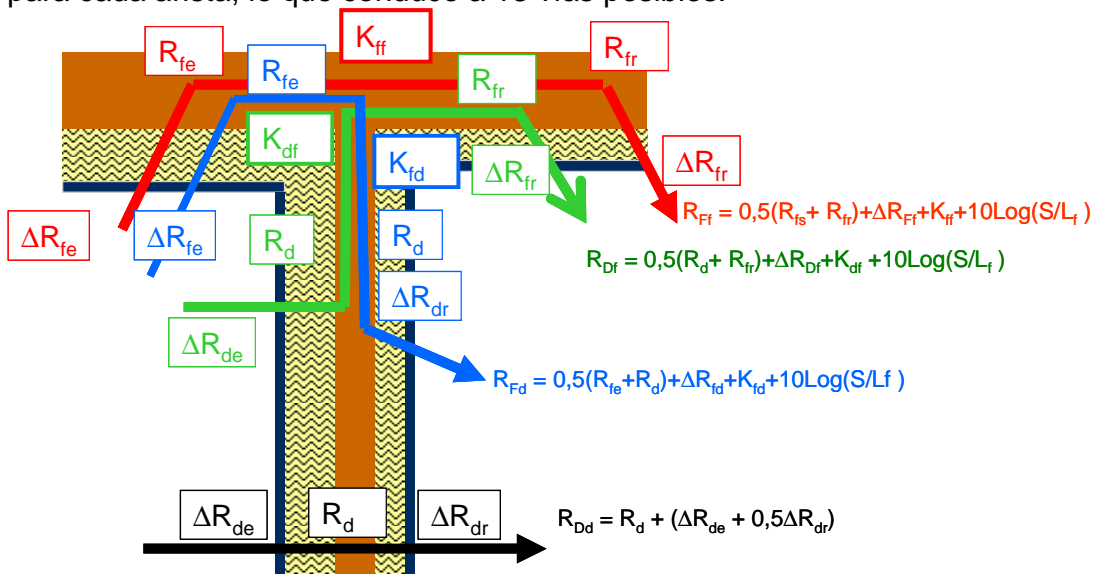
Con el fin de evaluar la aportación acustica de cada una de las vías de transmisión acustica se consideran los diferentes coeficientes de “intersección” entre diferentes cerramientos en función de la naturaleza de los mismos (paredes “inertes” o “dinámicas”) de la “forma de la unión (tipo “cruz” o tipo “te”).

	$M = \text{Log} (m_j/m_i)$ $K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7M^2$ $K_{12} = 8,7 + 5,7M^2$ $K_{23} = 8,7 + 5,7M^2$
	$M = \text{Log} (m_j/m_i)$ $K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2$ $K_{12} = 5,7 + 5,7M^2$ $K_{23} = 5,7 + 5,7M^2$
	$M = \text{Log} (m_j/m_i)$ $K_{13} = 5,7 + 14,1M + 5,7M^2$ $K_{12} = 5,7 + 5,7M^2 > 10$ $K_{23} = 5,7 + 5,7M^2 > 10$
	$M = \text{Log} (m_j/m_i)$ $K_{13} = 10 + 20M + 3,3\text{Log}(f/500) > 10$ $K_{12} = 10 + 10[M] - 3,3\text{Log}(f/500)$ $K_{23} = 10 + 10[M] - 3,3\text{Log}(f/500)$

Para otros casos se puede consultar con la norma EN 12354-1

Previsión del aislamiento ente dos locales.

Cuando se disponen dos locales adyacentes la previsión del aislamiento entre los mismos se reduce a una evaluación de las diferentes vías de transmisión acustica, normalmente una transmisión directa y tres transmisiones indirectas para cada arista, lo que conduce a 13 vías posibles.



Una vez evaluada cada una de las vías basta con adicionarlas todas (suma logaritmica) y estandarizar el resultado.

ADICION DE VIAS TRANSMISION

$$R' = -10 \text{Log}(10^{-0,1R_{Dd}} + \sum 10^{-0,1R_{Ff}} + \sum 10^{-0,1R_{Df}} + \sum 10^{-0,1R_{Fd}})$$

$$D_{nT} = R' + 10 \text{Log} [0,16 V/(Tr S)]$$

Mediante herramientas informaticas adecuadas el calculo puede efectuarse sin dificultad

FUNDAMENTOS ACUSTICOS A RUIDO DE IMPACTO

Índice de transmisión acústica de un cerramiento frente a impactos

Si un cerramiento normalmente horizontal es excitado por la máquina normalizada de impactos al nivel de ruido medido en el espacio adyacente (ya sea inferior, lateral o diagonal) es lo que se denomina índice de transmisión al ruido de impacto.

La máquina de impactos provoca la energía acústica mediante la caída de 5 pesos de masa 500 gr cayendo desde una altura de 40 mm con una frecuencia de 100 ms entre dos impactos.

Para obtener los valores normalizados se utiliza:

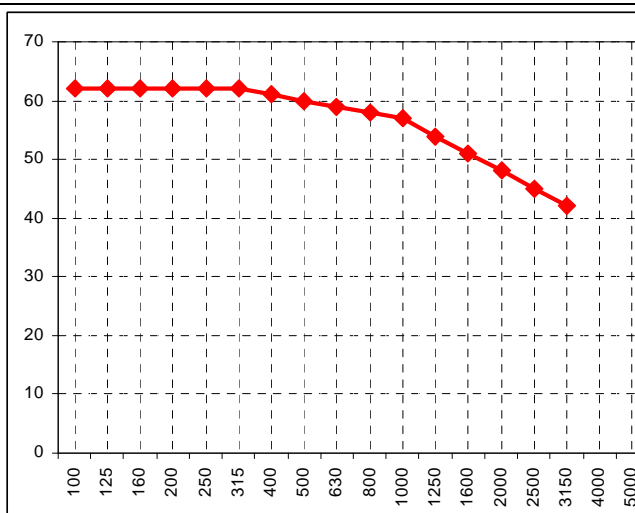
$$L'_n = Li + 10 \log \left(\frac{A}{A_o} \right)$$

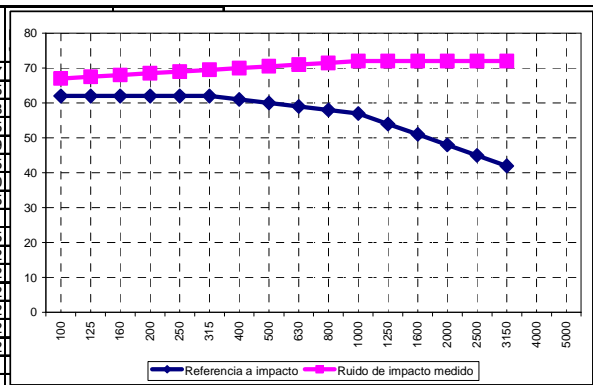
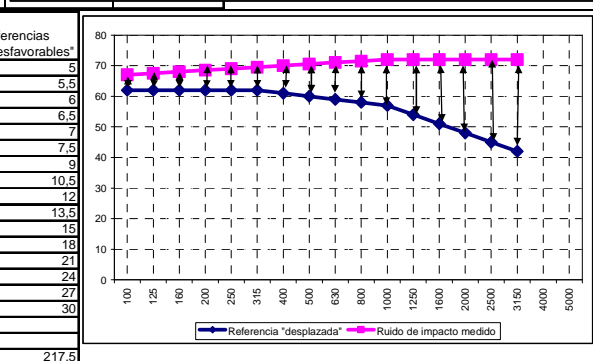
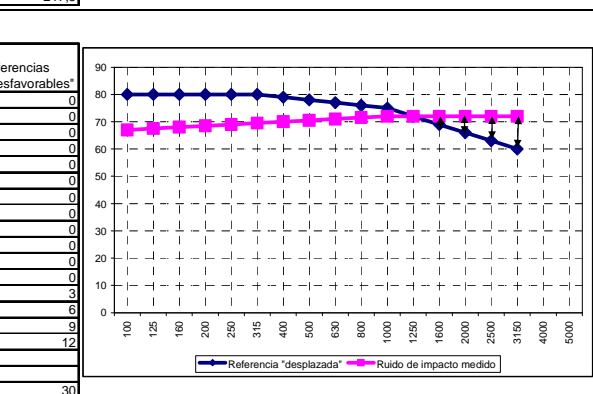
Mientras que para obtener el valor estandarizado se usa:

$$L'_{nT} = Li + 10 \log \left(\frac{T}{T_o} \right)$$

De modo análogo a como se hace para las mediciones de aislamiento acústico se suele usar un valor único global para representar todo el espectro del ruido generado mediante la máquina de impactos normalizada se utiliza igualmente el método de comparación.

Se considera la curva de referencia a impacto



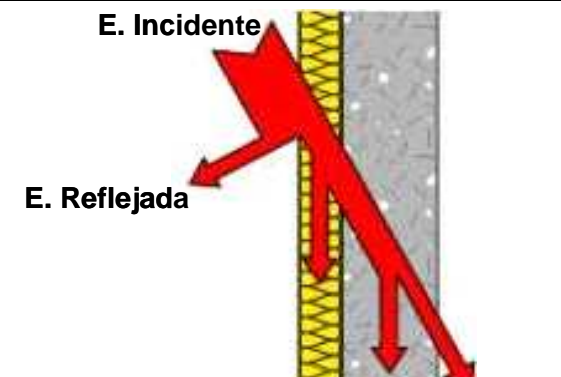
<p>Se compara la curva resultante de la medición con la de referencia</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Referencia a impacto</th> <th>Ruido de impacto medido</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>62</td><td>67</td></tr> <tr><td>125</td><td>62</td><td>67,5</td></tr> <tr><td>160</td><td>62</td><td>68</td></tr> <tr><td>200</td><td>62</td><td>68,5</td></tr> <tr><td>250</td><td>62</td><td>69</td></tr> <tr><td>315</td><td>62</td><td>69,5</td></tr> <tr><td>400</td><td>61</td><td>70</td></tr> <tr><td>500</td><td>60</td><td>70,5</td></tr> <tr><td>630</td><td>59</td><td>71</td></tr> <tr><td>800</td><td>58</td><td>71,5</td></tr> <tr><td>1000</td><td>57</td><td>72</td></tr> <tr><td>1250</td><td>54</td><td>72</td></tr> <tr><td>1600</td><td>51</td><td>72</td></tr> <tr><td>2000</td><td>48</td><td>72</td></tr> <tr><td>2500</td><td>45</td><td>72</td></tr> <tr><td>3150</td><td>42</td><td>72</td></tr> <tr><td>4000</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		Referencia a impacto	Ruido de impacto medido	100	62	67	125	62	67,5	160	62	68	200	62	68,5	250	62	69	315	62	69,5	400	61	70	500	60	70,5	630	59	71	800	58	71,5	1000	57	72	1250	54	72	1600	51	72	2000	48	72	2500	45	72	3150	42	72	4000			5000																														
	Referencia a impacto	Ruido de impacto medido																																																																																				
100	62	67																																																																																				
125	62	67,5																																																																																				
160	62	68																																																																																				
200	62	68,5																																																																																				
250	62	69																																																																																				
315	62	69,5																																																																																				
400	61	70																																																																																				
500	60	70,5																																																																																				
630	59	71																																																																																				
800	58	71,5																																																																																				
1000	57	72																																																																																				
1250	54	72																																																																																				
1600	51	72																																																																																				
2000	48	72																																																																																				
2500	45	72																																																																																				
3150	42	72																																																																																				
4000																																																																																						
5000																																																																																						
<p>Se evalúan las desviaciones "desfavorables" ; cuando la curva resultante del ensayo es superior a la de referencia y se suman todas ellas</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ruido de impacto medido</th> <th>Referencia "desplazada"</th> <th>Diferencias "desfavorables"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>67</td><td>62</td><td>5</td></tr> <tr><td>125</td><td>67,5</td><td>62</td><td>5,5</td></tr> <tr><td>160</td><td>68</td><td>62</td><td>6</td></tr> <tr><td>200</td><td>68,5</td><td>62</td><td>6,5</td></tr> <tr><td>250</td><td>69</td><td>62</td><td>7</td></tr> <tr><td>315</td><td>69,5</td><td>62</td><td>7,5</td></tr> <tr><td>400</td><td>70</td><td>61</td><td>9</td></tr> <tr><td>500</td><td>70,5</td><td>60</td><td>10,5</td></tr> <tr><td>630</td><td>71</td><td>59</td><td>12</td></tr> <tr><td>800</td><td>71,5</td><td>58</td><td>13,5</td></tr> <tr><td>1000</td><td>72</td><td>57</td><td>15</td></tr> <tr><td>1250</td><td>72</td><td>54</td><td>18</td></tr> <tr><td>1600</td><td>72</td><td>51</td><td>21</td></tr> <tr><td>2000</td><td>72</td><td>48</td><td>24</td></tr> <tr><td>2500</td><td>72</td><td>45</td><td>27</td></tr> <tr><td>3150</td><td>72</td><td>42</td><td>30</td></tr> <tr><td>4000</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Suma</td><td>217,5</td></tr> </tbody> </table>		Ruido de impacto medido	Referencia "desplazada"	Diferencias "desfavorables"	100	67	62	5	125	67,5	62	5,5	160	68	62	6	200	68,5	62	6,5	250	69	62	7	315	69,5	62	7,5	400	70	61	9	500	70,5	60	10,5	630	71	59	12	800	71,5	58	13,5	1000	72	57	15	1250	72	54	18	1600	72	51	21	2000	72	48	24	2500	72	45	27	3150	72	42	30	4000				5000				Suma			217,5					
	Ruido de impacto medido	Referencia "desplazada"	Diferencias "desfavorables"																																																																																			
100	67	62	5																																																																																			
125	67,5	62	5,5																																																																																			
160	68	62	6																																																																																			
200	68,5	62	6,5																																																																																			
250	69	62	7																																																																																			
315	69,5	62	7,5																																																																																			
400	70	61	9																																																																																			
500	70,5	60	10,5																																																																																			
630	71	59	12																																																																																			
800	71,5	58	13,5																																																																																			
1000	72	57	15																																																																																			
1250	72	54	18																																																																																			
1600	72	51	21																																																																																			
2000	72	48	24																																																																																			
2500	72	45	27																																																																																			
3150	72	42	30																																																																																			
4000																																																																																						
5000																																																																																						
Suma			217,5																																																																																			
<p>Se desplaza la curva de referencia por pasos de 1 dB hasta que las suma de diferencias desfavorables es lo mayor posible pero sin superar 32 dB</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ruido de impacto medido</th> <th>Referencia "desplazada"</th> <th>Diferencias "desfavorables"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>67</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>125</td><td>67,5</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>160</td><td>68</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>200</td><td>68,5</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>250</td><td>69</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>315</td><td>69,5</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>400</td><td>70</td><td>79</td><td>0</td></tr> <tr><td>500</td><td>70,5</td><td>78</td><td>0</td></tr> <tr><td>630</td><td>71</td><td>77</td><td>0</td></tr> <tr><td>800</td><td>71,5</td><td>76</td><td>0</td></tr> <tr><td>1000</td><td>72</td><td>75</td><td>0</td></tr> <tr><td>1250</td><td>72</td><td>72</td><td>0</td></tr> <tr><td>1600</td><td>72</td><td>69</td><td>3</td></tr> <tr><td>2000</td><td>72</td><td>66</td><td>6</td></tr> <tr><td>2500</td><td>72</td><td>63</td><td>9</td></tr> <tr><td>3150</td><td>72</td><td>60</td><td>12</td></tr> <tr><td>4000</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Suma</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>		Ruido de impacto medido	Referencia "desplazada"	Diferencias "desfavorables"	100	67	80	0	125	67,5	80	0	160	68	80	0	200	68,5	80	0	250	69	80	0	315	69,5	80	0	400	70	79	0	500	70,5	78	0	630	71	77	0	800	71,5	76	0	1000	72	75	0	1250	72	72	0	1600	72	69	3	2000	72	66	6	2500	72	63	9	3150	72	60	12	4000				5000				Suma			30					
	Ruido de impacto medido	Referencia "desplazada"	Diferencias "desfavorables"																																																																																			
100	67	80	0																																																																																			
125	67,5	80	0																																																																																			
160	68	80	0																																																																																			
200	68,5	80	0																																																																																			
250	69	80	0																																																																																			
315	69,5	80	0																																																																																			
400	70	79	0																																																																																			
500	70,5	78	0																																																																																			
630	71	77	0																																																																																			
800	71,5	76	0																																																																																			
1000	72	75	0																																																																																			
1250	72	72	0																																																																																			
1600	72	69	3																																																																																			
2000	72	66	6																																																																																			
2500	72	63	9																																																																																			
3150	72	60	12																																																																																			
4000																																																																																						
5000																																																																																						
Suma			30																																																																																			
<p>El valor que toma la curva desplazada a 500 Hz es el valor Ln</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Ruido de impacto medido</th> <th>Referencia "desplazada"</th> <th>Diferencias "desfavorables"</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>100</td><td>67</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>125</td><td>67,5</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>160</td><td>68</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>200</td><td>68,5</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>250</td><td>69</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>315</td><td>69,5</td><td>80</td><td>0</td></tr> <tr><td>400</td><td>70</td><td>79</td><td>0</td></tr> <tr><td>500</td><td>70,5</td><td>78</td><td>0</td></tr> <tr><td>630</td><td>71</td><td>77</td><td>0</td></tr> <tr><td>800</td><td>71,5</td><td>76</td><td>0</td></tr> <tr><td>1000</td><td>72</td><td>75</td><td>0</td></tr> <tr><td>1250</td><td>72</td><td>72</td><td>0</td></tr> <tr><td>1600</td><td>72</td><td>69</td><td>3</td></tr> <tr><td>2000</td><td>72</td><td>66</td><td>6</td></tr> <tr><td>2500</td><td>72</td><td>63</td><td>9</td></tr> <tr><td>3150</td><td>72</td><td>60</td><td>12</td></tr> <tr><td>4000</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5000</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="3">Suma</td><td>30</td></tr> </tbody> </table>		Ruido de impacto medido	Referencia "desplazada"	Diferencias "desfavorables"	100	67	80	0	125	67,5	80	0	160	68	80	0	200	68,5	80	0	250	69	80	0	315	69,5	80	0	400	70	79	0	500	70,5	78	0	630	71	77	0	800	71,5	76	0	1000	72	75	0	1250	72	72	0	1600	72	69	3	2000	72	66	6	2500	72	63	9	3150	72	60	12	4000				5000				Suma			30	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Desplazar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>18</td></tr> </tbody> </table>		Desplazar		18
	Ruido de impacto medido	Referencia "desplazada"	Diferencias "desfavorables"																																																																																			
100	67	80	0																																																																																			
125	67,5	80	0																																																																																			
160	68	80	0																																																																																			
200	68,5	80	0																																																																																			
250	69	80	0																																																																																			
315	69,5	80	0																																																																																			
400	70	79	0																																																																																			
500	70,5	78	0																																																																																			
630	71	77	0																																																																																			
800	71,5	76	0																																																																																			
1000	72	75	0																																																																																			
1250	72	72	0																																																																																			
1600	72	69	3																																																																																			
2000	72	66	6																																																																																			
2500	72	63	9																																																																																			
3150	72	60	12																																																																																			
4000																																																																																						
5000																																																																																						
Suma			30																																																																																			
	Desplazar																																																																																					
	18																																																																																					

FUNDAMENTOS ACUSTICOS REVERBERACION DE LOS LOCALES

Absorción acústica

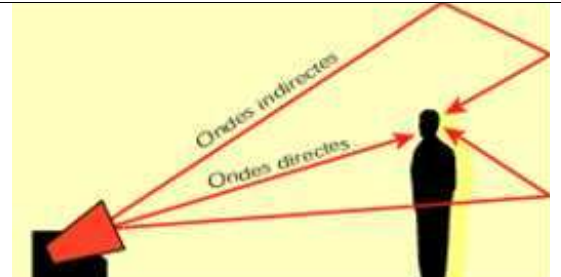
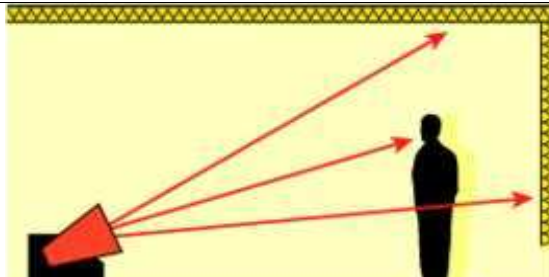
Cuando una onda sonora incide sobre una superficie una parte de la misma es reflejada en función de las características propias del material superficial a este fenómeno se le denomina absorción acústica.

La absorción acústica se define pues como la relación existente entre la energía no reflejada y la energía incidente.

	$\alpha = \frac{E.Incidente - E.Reflejada}{E.Incidente}$
---	--

El Coeficiente de absorción acústica α también denominado α Sabine es dependiente de la frecuencia por lo que se expresa en los diferentes valores en tercios de octava, de modo similar al índice de aislamiento también puede expresarse mediante un valor único global que pretende representar todo el espectro.

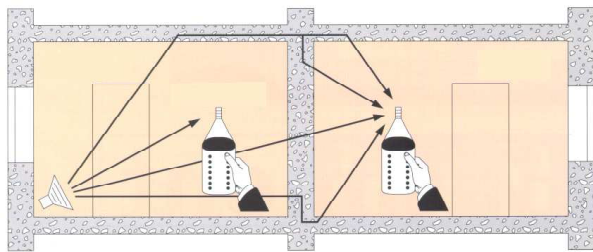
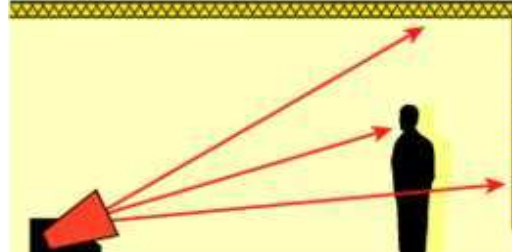
La absorción acústica se utiliza única y exclusivamente para evaluar la calidad acústica de un recinto.

	
<p>La ausencia de absorción acústica en los locales provoca mala calidad acústica por la audición superpuesta de ondas acústicas directas y reflejadas</p>	<p>La presencia de absorción acústica en los locales permite amortiguar las ondas reflejadas de forma que el local es más confortable y menos ruidoso (por disminución del campo reverberado)</p>

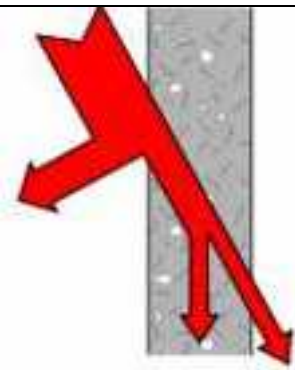
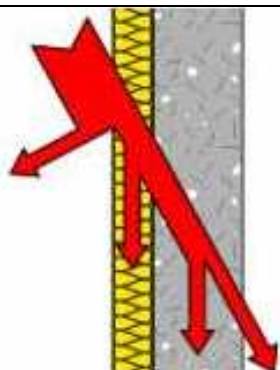
Confusión Absorción acústica con aislamiento acústico

No debe bajo ningún concepto confundirse la absorción acústica con el aislamiento acústico.

Mientras que el aislamiento acústico hace referencia a la diferencia de nivel acústico entre dos locales la absorción acústica hace referencia a las condiciones de reverberación de un solo local

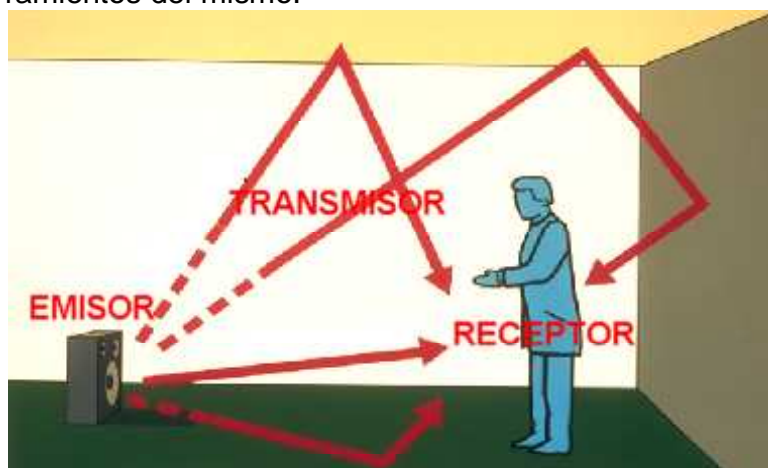
Aislamiento	Absorción
	
<p>Diferencia de nivel <u>entre dos locales</u></p>	<p>Condiciones de difusión del sonido <u>en un solo local</u></p>

Un tratamiento de absorción acústica sobre los cerramientos de un local no modifica su aislamiento en relación a los colindantes.

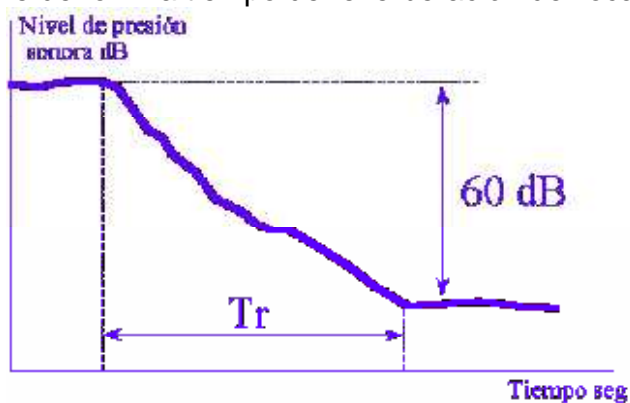
	
<p>La absorción acústica modifica la cantidad de energía reflejada pero deja invariable la cantidad de energía transmitida</p>	

Tiempo de reverberación

Cuando una fuente sonora se interrumpe en un local la energía acústica permanece un cierto tiempo en el mismo a causa de las reflexiones acústicas entre los cerramientos del mismo.



Al tiempo que la presión acústica disminuye 60 dB cuando una fuente sonora se interrumpe se le denomina tiempo de reverberación del local.



El tiempo de reverberación de un local depende de su geometría (dimensiones) y fundamentalmente de la absorción acústica interior (cerramientos, mobiliario, ocupación,..)

$$Tr = \frac{0,16 \cdot V}{\Sigma S \cdot \alpha}$$

CARACTERIZACION ACUSTICA DE LOS PRODUCTOS DE CONSTRUCCION

Masa Superficial

La masa superficial es el parámetro relevante para los productos que conforman las capas de cerramientos simples o laminares así como los elementos que conforman las “masas” en los sistemas masa – muelle masa.

Se entiende por masa superficial la suma de la de todas las capas que conforman la parte “masiva” del cerramiento

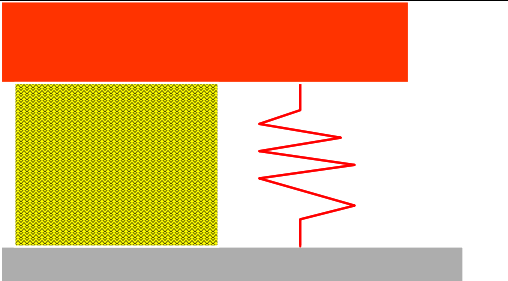
$$m = \sum \rho \cdot d$$

Los productos o capas que conforman la parte “muelle” o que rellenan las cavidades no deben considerarse en el cálculo de la masa superficial.

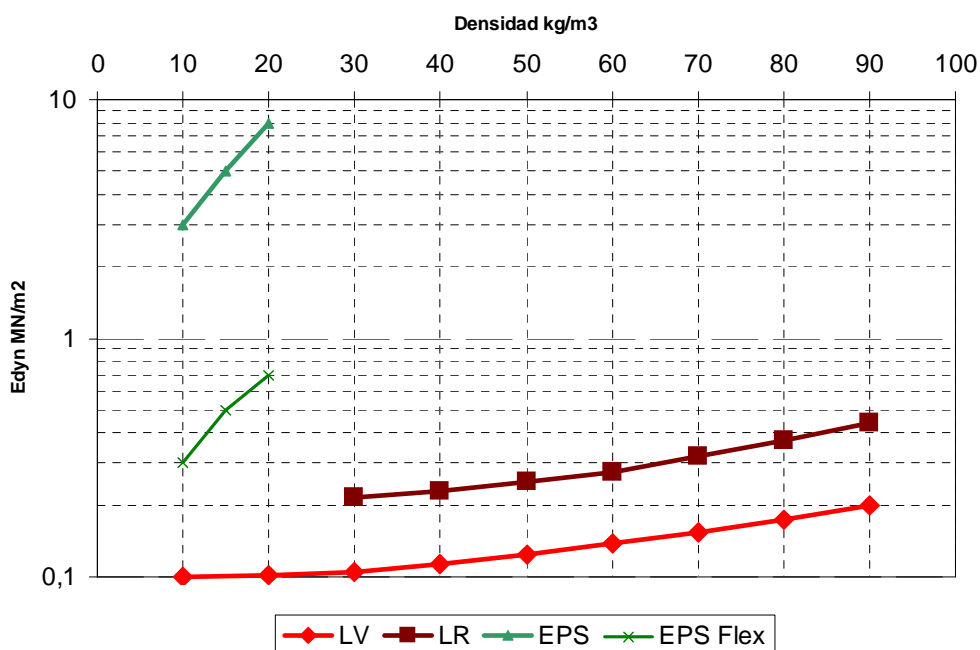
No debe confundirse la densidad de un producto expresada en kg/m^3 con la masa superficial del mismo expresada en kg/m^2

Rigidez dinámica

Para las capas intermedias en cerramientos dobles que funcionen bajo el principio masa- muelle- masa el parámetro que resulta relevante no es la densidad como equivocadamente se suele considerar sino la capacidad del producto en actuar como un muelle es decir su elasticidad.

	<p>Capacidad para actuar como un muelle.</p> $s' = \frac{Edyn}{d}$ <p>Se expresa en MN/m³</p>
---	--

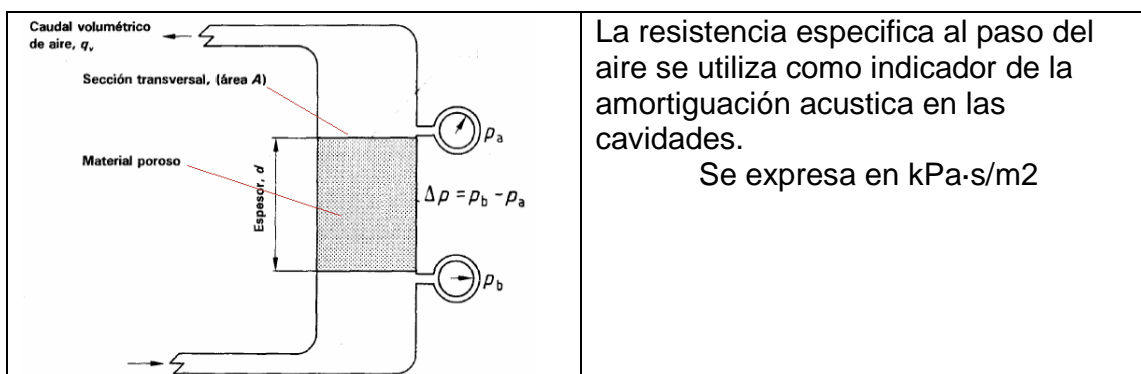
Los valores recomendables para los productos destinados a ser usados en cerramientos verticales presentan rigidez dinámica inferior a 10 MN/m³ mientras que para suelos se suelen admitir valores inferiores a 30 MN/m³
 Con el fin de independizar las características de los productos del espesor se puede emplear el modulo de elasticidad dinámico aparente Edyn.



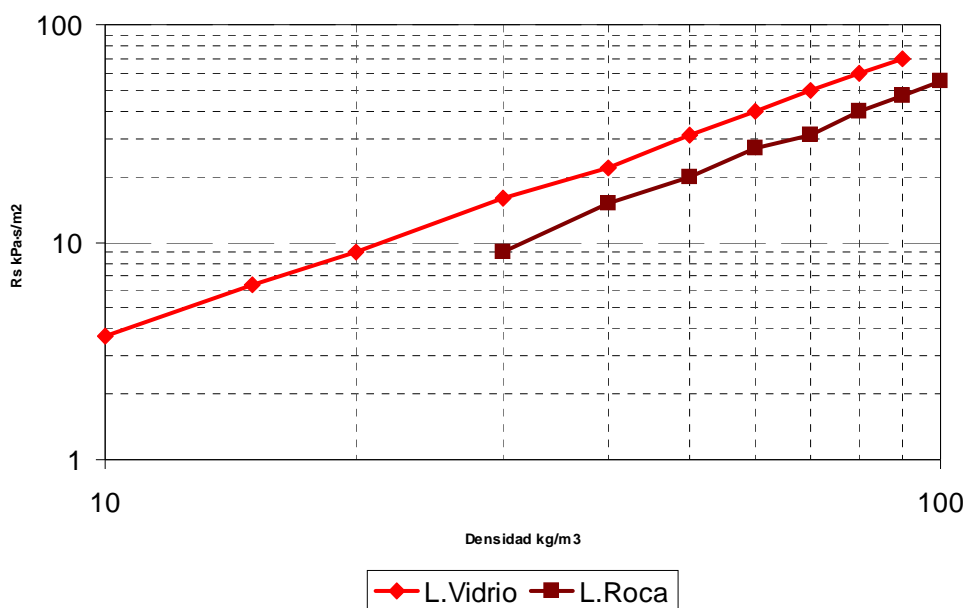
Valores elevados de Edyn (como los del polietireno expandido) no permiten obtener prestaciones en aislamiento acustico utilizando el principio masa – muelle – masa.

Resistencia específica al paso del aire

Para evitar que las cavidades de aire actúen como un amplificador es preciso sustituir el aire por un medio poroso de porosidad abierta que permita amortiguar la vibración acústica transformándola en pérdidas de energía por rozamiento. La resistencia específica al paso del aire es la característica que permite evaluar esta función.



Solo los productos de porosidad abierta (como las lanas minerales de vidrio o de roca) pueden cumplir esta función.

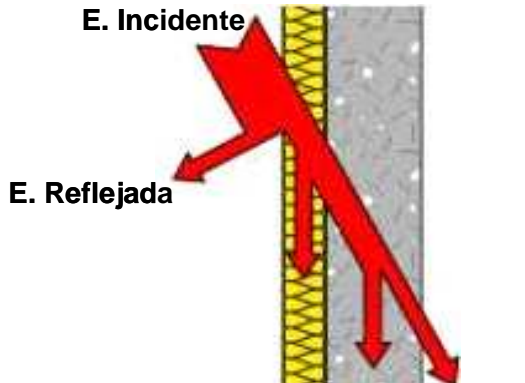


Los valores recomendables se sitúan entre 5 y 30 kPa·s/m² dentro de este intervalo no se aprecia ninguna modificación del poder aislante del elemento constructivo donde se incorporan rellenando las cavidades.

Coeficiente de absorción acústica.

El coeficiente de absorción acústica es el parámetro relevante para los productos destinados a controlar la reverberación de los locales (falsos techos, revestimientos murales,...)

Indica la cantidad de energía no reflejada en relación a la energía incidente.

	$\alpha = \frac{E.Incidente - E.Reflejada}{E.Incidente}$
---	--

No proporciona ninguna información desde un punto de vista de aislamiento acústico por lo que este parámetro es “inútil” para los productos “ocultos” destinados a rellenar y amortiguar las cavidades o a actuar como muelles en sistemas masa – muelle – masa.