
ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE RECINTOS

Vicente Mestre Sancho *

INTRODUCCIÓN

Se entiende por acondicionamiento acústico de un recinto el tratamiento que han de recibir sus superficies interiores a fin de conseguir que el campo sonoro sea uniforme sin exceso de reverberación, ausente de ecos, sin zonas sordas o, por el contrario, áreas donde se localizan las ondas sonoras, etc., efectos todos estos que enmascaran y distorsionan los sonidos de interés.

ABSORCIÓN ACÚSTICA

Se define el coeficiente de absorción, α , de un material, como la relación entre la energía que absorbe y la energía de las ondas sonoras que inciden sobre él, por unidad de superficie. Valores de α igual a 1 indican que toda la energía incidente ha absorbido, por el contrario $\alpha = 0$ representa que toda la energía es reflejada.

Los diversos materiales de uso común empleados en la práctica como absorbentes acústicos pueden clasificarse en:

- Materiales porosos, que disipan la energía transformándola en calor en el interior de los orificios que presentan. La absorción de estos materiales depende de la frecuencia y de su espesor; así, es pequeña para frecuencias bajas, aumentando a altas y con el espesor. Pertenecen a este tipo de absorbentes la fibra de vidrio, la lana de roca, la espuma de poliuretano, etc.

- Membranas o paneles resonadores son materiales no porosos que convierten la energía sonora en mecánica como resultado de las deformaciones que experimentan al ser excitadas por el sonido incidente. Estos materiales presentan el máximo de absorción a frecuencias bajas.

* Vicente Mestre Sancho es director técnico de García BBM.

- Resonadores de Helmholtz, son pequeñas cavidades que disipan la energía sonora al hacer oscilar las ondas sonoras el aire contenido en ellas. El coeficiente de absorción de estos materiales es muy elevado en una banda de frecuencias muy estrecha.

En la Tabla 1 se presentan los coeficientes de absorción para aquellos materiales de uso más común.

Se entiende por absorción de un recinto A la absorción acústica total que existe en él. Se puede calcular mediante la exposición

$$A = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + S_3 \alpha_3 + \dots + S_n \alpha_n$$

donde:

S_i = Superficie interior del recinto ocupado por el material i.

α_i = Coeficiente de absorción del material i.

PROPORCIÓN DEL SONIDO EN RECINTOS CERRADOS

Las ondas sonoras radiadas por otra fuente situada en un recinto cerrado sufren al propagarse por su interior una serie de reflexiones al chocar contra las superficies, perdiendo parte de su energía al ser absorbido por éstas. El número de las mencionadas reflexiones dependerá de forma inversa de la absorción acústica presente en el recinto.

En la mayor parte de las situaciones prácticas, en el interior de los recintos se logra una distribución homogénea de la energía sonora y de las direcciones de procedencia de las ondas, cumpliendo las condiciones de campo difuso (o reverberante). Igualmente y superpuesto con el anterior, existe un campo directo generado por la energía sonora radiada por la fuente y que se propaga por el aire alejándose de ésta y extendiéndose sobre una gran área.

El nivel de presión sonora en cualquier punto interior del recinto cerrado será, pues, el resultado de las contribuciones de los campos directo y reverberante; matemáticamente, esto se expresa mediante la ecuación

$$NPS = NWS + 10 \log \left(\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{R} \right)$$

donde:

NPS es el nivel de presión sonora en el punto considerado;

NWS es el nivel de potencia sonora de la fuente;

r es la distancia entre la fuente y el punto considerado;

Q es el factor de direccionalidad de la fuente y
R es la constante de la Sala definida como

$$R = \frac{S \bar{\alpha}}{1 - \bar{\alpha}}$$

donde $\bar{\alpha} = A/S$

A es la absorción acústica total del recinto y
S es la superficie total interior del recinto

Esta ecuación describe de forma sencilla el campo sonoro en cualquier punto interior del recinto y permite conocer la importancia relativa de las contribuciones de los campos directo y reverberante. En efecto:

- Si la absorción del local es pequeña, es decir, R es pequeño, predomina el término $4/R$ en el paréntesis de la ecuación anterior, con lo cual el nivel sonoro en cualquier punto del recinto es constante, independientemente de la distancia (condición reverberante).
- Si existe una gran absorción acústica en el local, R es grande y predomina el término $Q/4\pi r^2$ del paréntesis, con lo cual el nivel de presión sonora disminuye a razón de 6 dB por doble de distancia (condición anecoica).

TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Se define el concepto de tiempo de reverberación, T, como el tiempo requerido para que el nivel de presión sonora existente en un punto del interior de un recinto disminuya su valor en 60 dB (equivalente a que la presión acústica se reduce a la milésima parte del valor inicial) cuando cesa la fuente sonora.

La expresión más sencilla para el cálculo del tiempo de reverberación es la ecuación de Sabine:

$$T = \frac{0,161 V}{A}$$

donde T es el tiempo de reverberación, en segundos
V es el volumen del recinto, en m^3 y
A es la absorción acústica total del recinto, en m^2 .

Esta expresión establece que el tiempo de reverberación de un recinto cerrado depende exclusivamente de su volumen y de la absorción acústica total que existe en su interior.

En aquellos recintos de gran volumen, tales como auditorios, teatros, etc., la ecuación anterior se modifica al introducir la absorción del aire, m , según:

$$T = \frac{0,161 V}{A + 4mV}$$

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN ÓPTIMOS

El sonido emitido por una fuente situada en el interior de un recinto cerrado, es recibido por el oyente en forma de sonido directo y sonido reverberante.

El oído humano es capaz de integrar ambas señales cuando éstas le llegan dentro de un intervalo de tiempo inferior a 30-40 milisegundos; en este caso, existe un reforzamiento del sonido directo. Por el contrario, si dicho intervalo de tiempo es superior, el oído detectará ambas señales de forma clara, es decir, se producirá un eco. Esta reverberación podrá enmascarar el sonido directo, especialmente cuando el nivel de ambas señales es del mismo orden. Dicho enmascaramiento no se producirá si la diferencia es superior a 15-20 dB.

Según los valores del tiempo de reverberación, se podrán originar dos situaciones límite claramente definidas:

- En aquellas situaciones en que existe un tiempo de reverberación largo, al oyente le llegan, junto al sonido directo de una determinada señal, los sonidos reverberantes de las señales procedentes produciendo un enmascaramiento de aquélla. Esto es especialmente molesto en aquellas salas destinadas a actividades donde predomina la palabra (teatros, salas de conferencias, etc.).

- En aquellas situaciones donde existe un tiempo de reverberación corto, la audición resulta muy seca; además, al existir mucha absorción en la sala, la intensidad sonora es menor al alejarse de la fuente y se requiere mayor energía para conseguir un nivel determinado.

En base a estas consideraciones generales se han elaborado de forma experimental unos criterios que fijan los tiempos de reverberación óptimos en función del volumen del recinto y del tipo de actividad que se desarrolla en su interior. Uno de estos criterios para frecuencias medias (500-100 Hz) se presenta en la Figura 1.

Finalmente, hay que indicar que en la actual Norma Acústica en la Edificación NBA-CA-82 y en el apartado "Recomendaciones" se indican los tiempos de reverberación recomendados para distintos recintos; estos valores se indican en la Tabla 2. ■

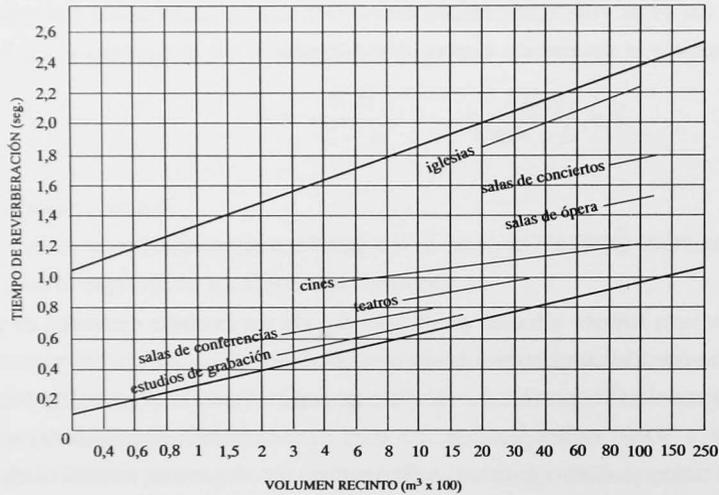


Figura 1

Tiempos de reverberación óptimos para frecuencias medias (500-1000 Hz.)

Tabla 1

COEFICIENTES DE ABSORCIÓN TÍPICOS

CENTROS BANDAS FRECUENCIA OCTAVA, Hz

Material	Espesor mm.	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
Ladrillo visto		0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,06	0,05	0,05
Hormigón		0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
Mármol		0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Enlucido yeso		0,04	0,04	0,06	0,06	0,08	0,05	0,06	0,06
Vidrio		0,08	0,17	0,07	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Cortinas típicas		0,05	0,07	0,15	0,40	0,45	0,50	0,55	0,40
Lana de roca	25	0,05	0,10	0,40	0,65	0,70	0,75	0,80	0,75
Lana de roca	50	0,10	0,15	0,45	0,65	0,75	0,80	0,80	0,80
Lana de roca	100	0,25	0,40	0,65	0,80	0,85	0,85	0,90	0,85
Espuma poliuretano	25	0,10	0,15	0,25	0,55	0,75	0,80	0,90	0,90
Espuma poliuretano	50	0,15	0,20	0,50	0,75	0,95	0,90	0,90	0,90
Techos de escayola		0,20	0,20	0,15	0,10	0,05	0,05	0,05	0,05
Moqueta		0,10	0,10	0,20	0,25	0,35	0,30	0,30	0,30
Suelos plásticos		0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05
Techos acústicos pesados		0,05	0,10	0,30	0,55	0,60	0,60	0,45	0,40
Techos acústicos separados		0,20	0,35	0,50	0,70	0,70	0,30	0,75	0,70
Persona sentada		0,15	0,20	0,35	0,45	0,45	0,50	0,45	0,35
Asiento vacío		0,05	0,10	0,10	0,20	0,20	0,25	0,25	0,20

Tabla 2

TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (TR) RECOMENDADOS PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE LOCALES

Tipo de edificio	Local	TR en segundos
Residencial privado	Estancias	$\leq 1,0$
	Dormitorios	$\leq 1,0$
	Servicios	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Residencial público	Zonas de estancia	$\leq 1,0$
	Dormitorios	$\leq 1,0$
	Servicios	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Administrativo y de oficinas	Despachos profesionales	$\leq 1,0$
	Oficinas	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	Zonas de estancia	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Dormitorios	$\leq 1,0$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2,0$
Docente	Aula	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Sala lectura	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2,0$