



3er Material de Estudio Acústica y Organología II

III Unidad – Acústica Arquitectónica

La acústica arquitectónica es una rama de la acústica aplicada a la arquitectura, que estudia el control acústico en locales y edificios, bien sea para lograr un adecuado aislamiento acústico entre diferentes recintos, o para mejorar el acondicionamiento acústico en el interior de locales. La acústica arquitectónica estudia el control del sonido en lugares abiertos (al aire libre) o en espacios cerrados.



Campo Sonoro

Por campo sonoro se entiende el valor que adquiere la presión sonora en cada punto del espacio. A los efectos del análisis, el campo sonoro se divide en dos componentes: el campo directo y el campo reverberante.



Campo Directo

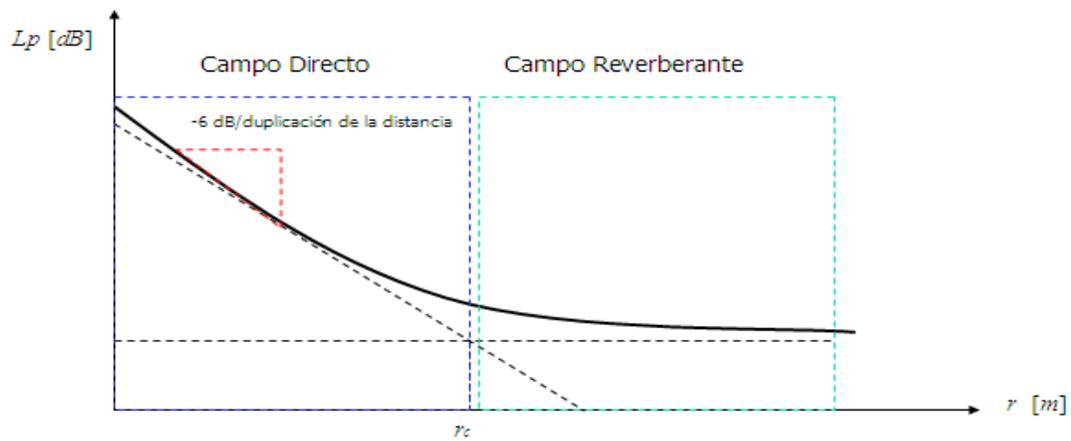
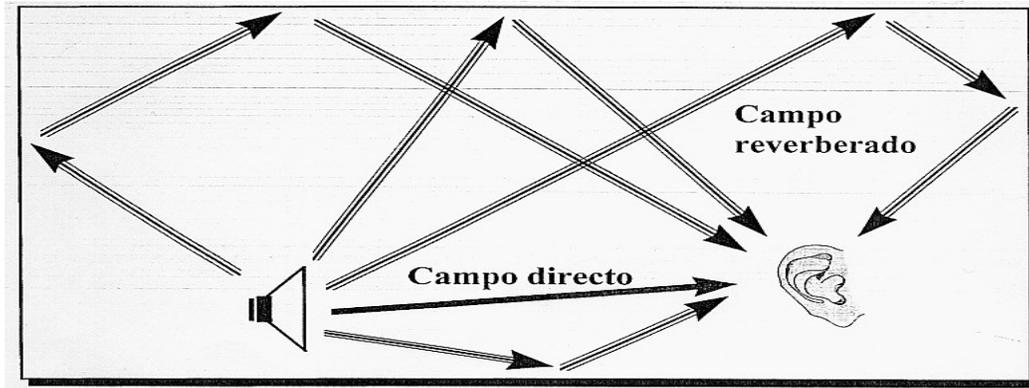
El campo directo contiene la parte del sonido que acaba de ser emitido por la fuente, y que por lo tanto aún no experimentó ninguna reflexión. Cuando una onda acústica se emite en todas las direcciones sin que haya ningún obstáculo que se oponga a su propagación, diremos que está emitiendo en campo libre. El campo directo se comporta de igual manera que el campo libre, o sea, disminuye con la distancia a la fuente, y lo hace a razón de 6 dB por cada duplicación de la distancia. Esto es por la ley del cuadrado inverso a medida que el receptor se aleja de la fuente (caso para fuentes esféricas).

Campo Reverberante

Zona en la que se percibe el sonido tras sufrir múltiples reflexiones que se superponen entre sí dando lugar a nivel de presión sonora prácticamente constante en todos los puntos, pero con un sonido más difuso. También se define como los sonidos reflejados que van desde la fuente al receptor, después de una o más reflexiones en las superficies.

Distancia Crítica

Existe una distancia denominada distancia crítica que limita las regiones en las que predomina uno u otro campo. Para distancias menores que la distancia crítica, predomina el campo directo, y para distancias mayores, predomina el campo reverberante.



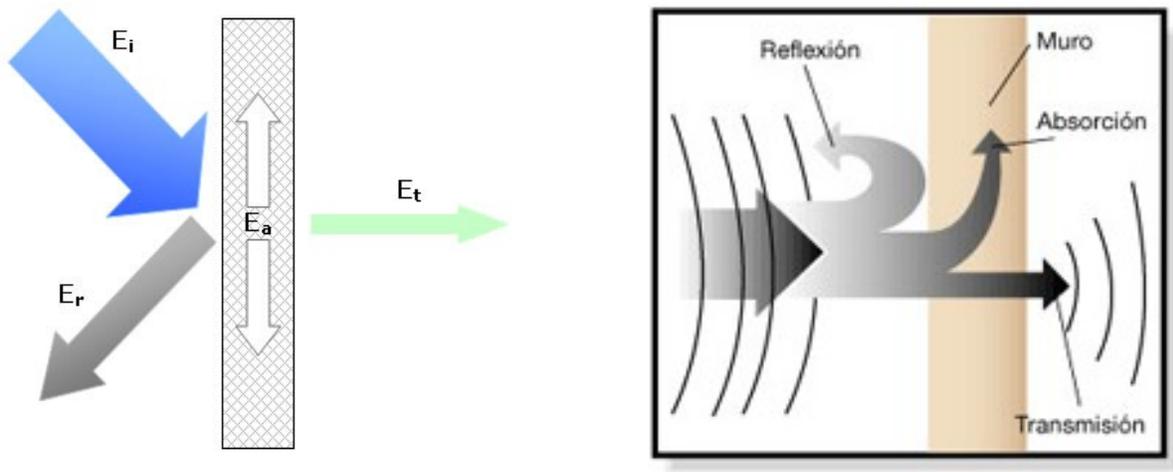
Campo directo y campo reverberante. Se indica también la distancia crítica, que limita las regiones donde predomina una u otra componente del campo sonoro.



Absorción Sonora

Las superficies de un recinto reflejan sólo parcialmente el sonido que incide sobre ellas; el resto es absorbido. Según el tipo de material o recubrimiento de una pared, ésta podrá absorber más o menos el sonido, lo cual lleva a definir el coeficiente de absorción sonora, abreviado con la letra griega α (alfa), como el cociente entre la energía absorbida y la energía incidente:

$$\alpha = E_{\text{absorbida}} / E_{\text{incidente}}$$



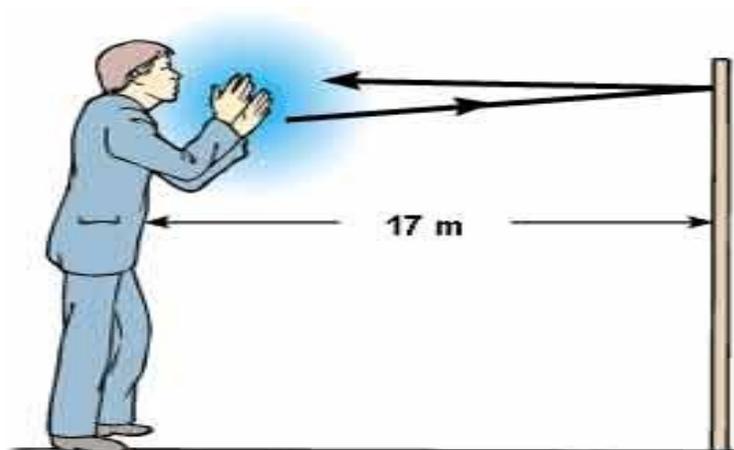


Eco

El fenómeno más sencillo que tiene lugar en un ambiente con superficies reflectoras del sonido es el eco, que consiste en una única reflexión que retorna al punto donde se encuentra la fuente a unos 100 ms (o más) después de emitido el sonido. Se produce después de un tiempo t relacionado con la distancia d a la superficie más próxima. Para que se perciban dos sonidos como distintos la diferencia entre el recorrido directo y el recorrido reflejado del sonido debe ser de al menos aproximadamente 34 metros.

Por lo tanto:

- Por encima de 17 m tenemos eco, porque el oído capta el sonido original y el sonido reflejado como dos sonidos distintos.
- Por debajo de una décima de segundo o de 17 m tenemos reverberación.





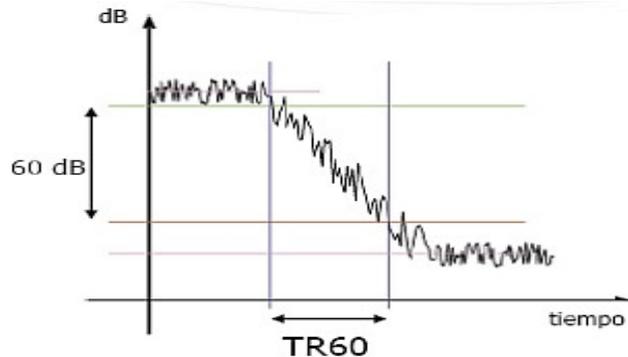
Reverberación

La reverberación es un fenómeno producido por la reflexión que consiste en una ligera permanencia del sonido una vez que la fuente original ha dejado de emitirlo. Cuando recibimos un sonido nos llega desde su emisor a través de dos vías: el sonido directo y el sonido que se ha reflejado en algún obstáculo, como las paredes del recinto. La reverberación, al modificar los sonidos originales, es un parámetro que cuantifica notablemente la acústica de un recinto. Para valorar su intervención en la acústica de una sala se utiliza el tiempo de reverberación. El efecto de la reverberación es más notable en salas grandes y poco absorbentes y menos notable en salas pequeñas y muy absorbentes.

Tiempo de Reverberación

En 1895, W.C. Sabine, definió El tiempo de reverberación como el tiempo que transcurre en un determinado recinto, desde que se produce un determinado sonido, hasta que la intensidad de ese sonido disminuye a una millonésima de su valor original. Al tiempo de reverberación también le llamamos TR_{60} , al ser el tiempo transcurrido (medido en segundos) en decrecer 60dB la energía que recibe el receptor, al parar bruscamente la fuente de excitación.

- El tiempo de reverberación es uno de los principales parámetros indicadores de la calidad acústica de una sala.
- Su valor depende de numerosos factores: el coeficiente de absorción de los materiales de la sala, el volumen, superficie, y el dimensionado de ésta entre otros.



El físico Wallace Clement Sabine desarrolló una fórmula para calcular el tiempo de reverberación (TR) de un recinto en el que el material absorbente está distribuido de forma uniforme. Consiste en relacionar el volumen de la sala (V) y la absorción total (A) con el tiempo que tarda el sonido en disminuir 60dB en intensidad, a partir de que se apaga la fuente sonora.

$$T = 0,161 * V / \alpha * S \quad (\text{s/m}) \quad ; \quad A = \alpha * S$$

- V es el volumen de la sala en m³.
- S es la superficie interior total en m².
- α es el coeficiente de absorción sonora de todos los materiales que conforman los paramentos de la sala.

Como ejemplo, supongamos una sala rectangular de 4 m de ancho, por 6 m de largo, por 3 m de alto. Entonces

- > $S = 4 * 3 + 4 * 3 + 6 * 3 + 6 * 3 + 4 * 6 + 4 * 6 = 108 \text{ m}^2$
- > $V = 4 * 3 * 6 = 72 \text{ m}^3$
- > Si $\alpha = 0,1$ (las superficies absorben el 10% de la energía sonora incidente), resulta:



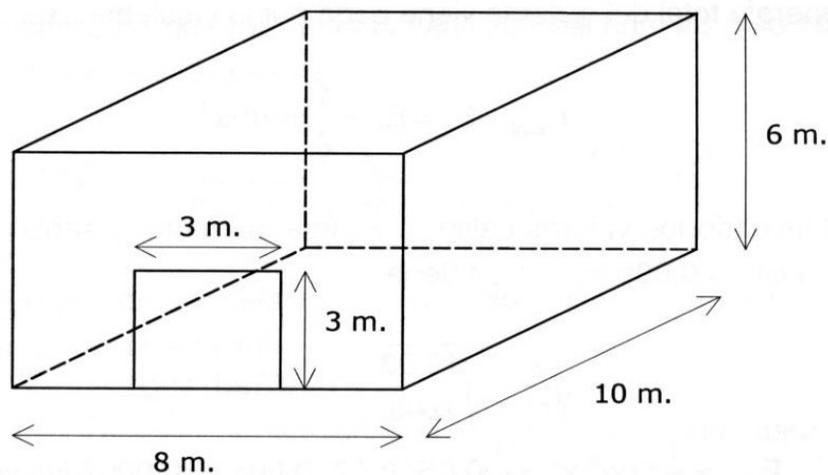
$$T = 0,161 \cdot 72 / 0,1 \cdot 108$$

$$T = 1,07 \text{ s}$$

Ejemplo 2:

Dado un recinto de dimensiones $8 \times 10 \times 6 \text{ m}^3$. Las paredes laterales y posterior tienen un coeficiente de absorción $\alpha = 0,02$ a una frecuencia de 2 kHz. El techo es de losetas acústicas con un coeficiente de absorción $\alpha = 0,6$ a una frecuencia de 2 kHz. El suelo es de madera con un coeficiente de absorción $\alpha = 0,3$ a una frecuencia de 2 kHz. La puerta es de madera de roble con un coeficiente de absorción $\alpha = 0,4$ a una frecuencia de 2 kHz. La pared frontal presenta un coeficiente de absorción $\alpha = 0,2$ a una frecuencia de 2 kHz.

Calcular el área total de absorción, y el tiempo de Reverberación a la frecuencia de 2 kHz.





El primer paso para resolver este problema es ir calculando las diferentes superficies parciales del recinto que tienen el mismo coeficiente de absorción:

$$\begin{aligned} S_{\text{paredes}} &= 6 \cdot 10 \cdot 2 + 6 \cdot 8 = 120 + 48 = 168 \text{ m}^2. & \alpha_{\text{paredes}} &= 0,02 \text{ a } 2 \text{ kHz.} \\ S_{\text{paredfrontal}} &= 6 \cdot 8 - 3 \cdot 3 = 39 \text{ m}^2. & \alpha_{\text{paredfrontal}} &= 0,2 \text{ a } 2 \text{ kHz.} \\ S_{\text{puerta}} &= 3 \cdot 3 = 9 \text{ m}^2. & \alpha_{\text{puerta}} &= 0,4 \text{ a } 2 \text{ kHz.} \\ S_{\text{techo}} &= 10 \cdot 8 = 80 \text{ m}^2. & \alpha_{\text{techo}} &= 0,6 \text{ a } 2 \text{ kHz.} \\ S_{\text{suelo}} &= 10 \cdot 8 = 80 \text{ m}^2. & \alpha_{\text{suelo}} &= 0,3 \text{ a } 2 \text{ kHz.} \end{aligned}$$

El área total de absorción se calcula mediante el sumatorio de las diferentes superficies multiplicadas por su correspondiente coeficiente de absorción.

$$A = \sum_{k=1}^n \alpha_k \cdot S_k \text{ para el caso de } n \text{ superficies.}$$
$$A = \sum_{k=1}^n \alpha_k \cdot S_k = 168 \cdot 0,02 + 39 \cdot 0,2 + 9 \cdot 0,4 + 80 \cdot 0,6 + 80 \cdot 0,3 = 86,76$$

$$V = 10 \cdot 8 \cdot 6 = 480 \text{ m}^3$$

$$T_{R(\text{Sabine})} = \frac{0,161 \cdot V}{A} = \frac{0,161 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 6}{86,76} = 0,89 \text{ seg.}$$