



## Formula de Savine, RT60, Absorción Acústica

**Ing. Juan Bertrán**

*Ingeniero en Electrónica  
Especialista en Audio y Sonido*

**Mg. Ing. Adriano Sabéz**

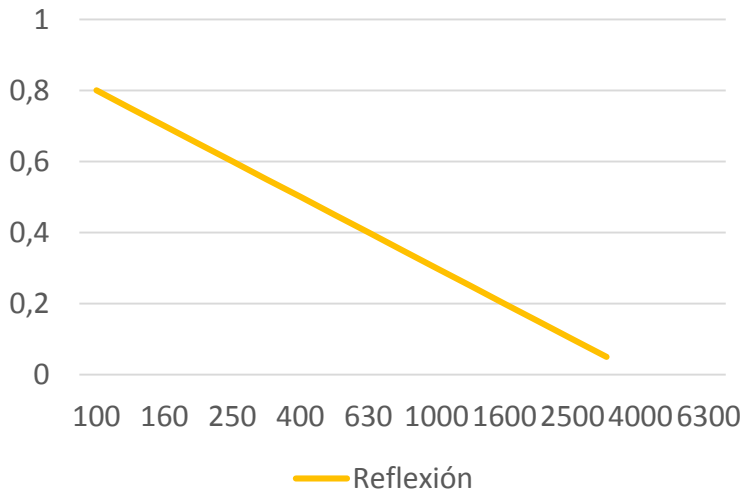
*Ingeniero en Acústica  
Mg. en Acústica Arquitectónica y Medioambiental*

# Comportamiento de los parámetros acústicos a diferentes frecuencias

## Mediciones a Varias frecuencias

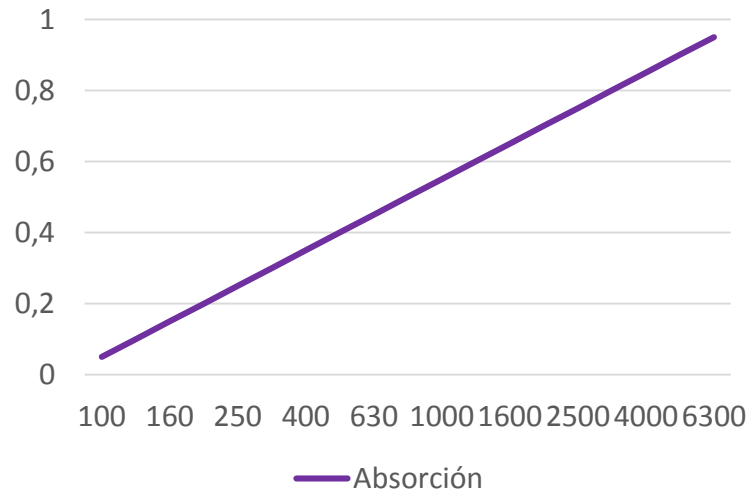
$r$

Reflexión



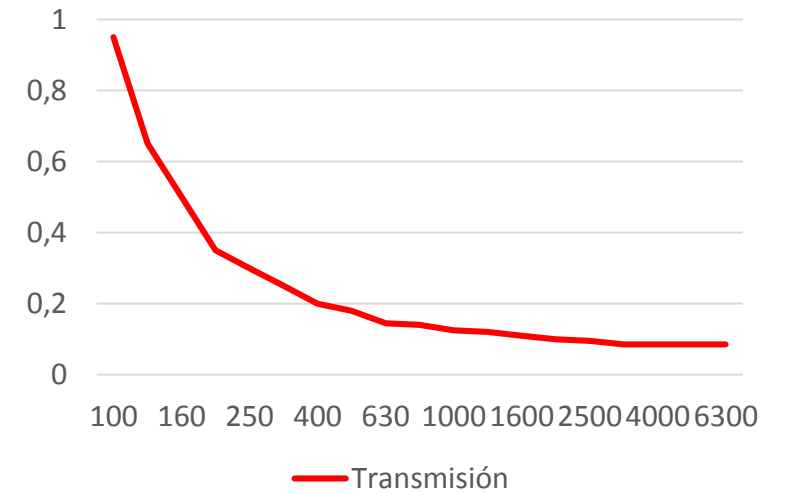
$\alpha$

Absorción

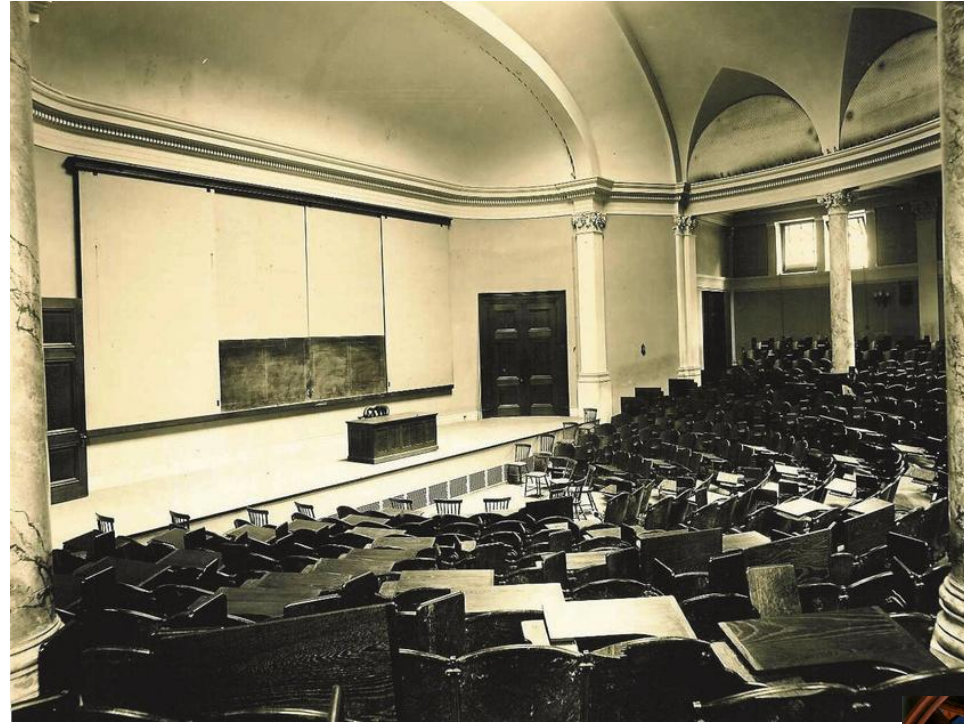


$\tau$

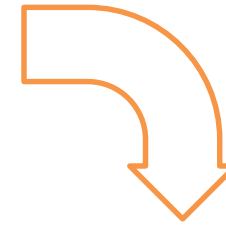
Transmisión



# Wallace Sabine



En 1895, se le encomendó la mejora acústica de la sala Fogg Lecture Hall



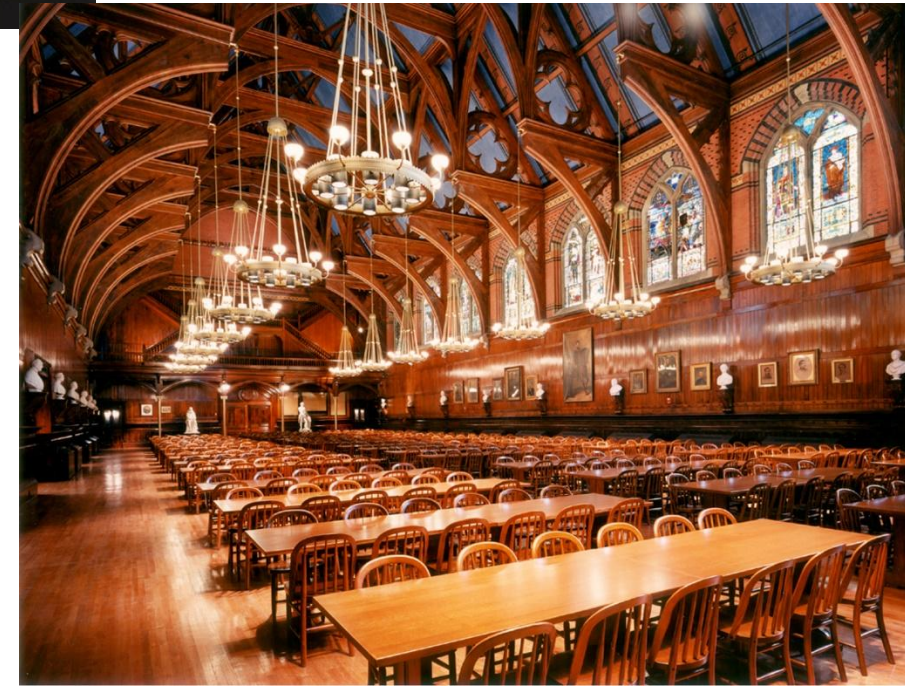
Sanders Theater



=



Órgano de tubos



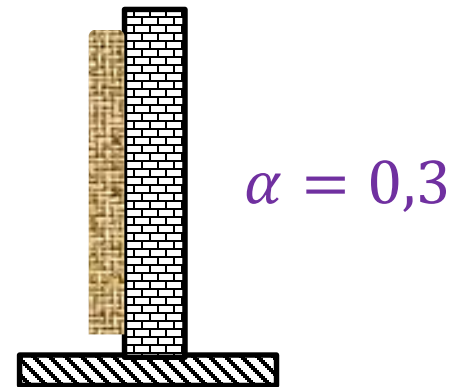
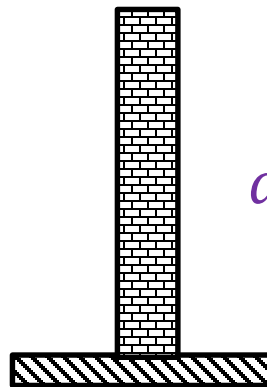
# Formula de Wallace Sabine - Rt60

$$Tr = R_{T60} = 0.161 \frac{V}{\alpha S}$$

Volumen de la Sala  $m^3$

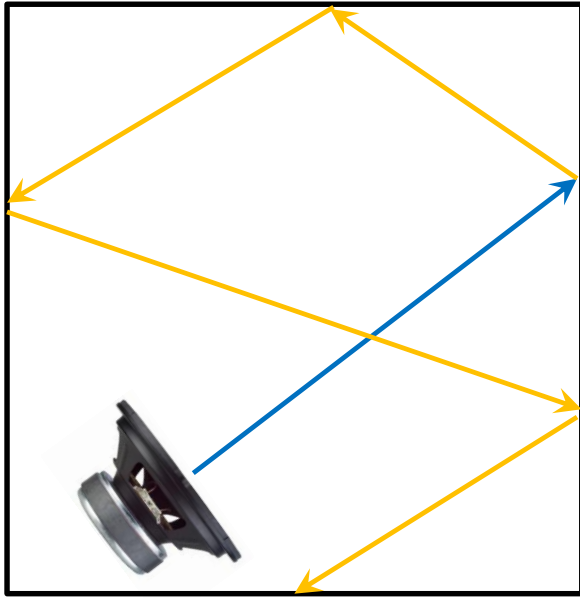
Superficie o Área de absorción  $m^2$

$$R_{T60}[s] = 0.161 \frac{V}{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots + \alpha_n S_n} = 0.161 \frac{V}{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}$$

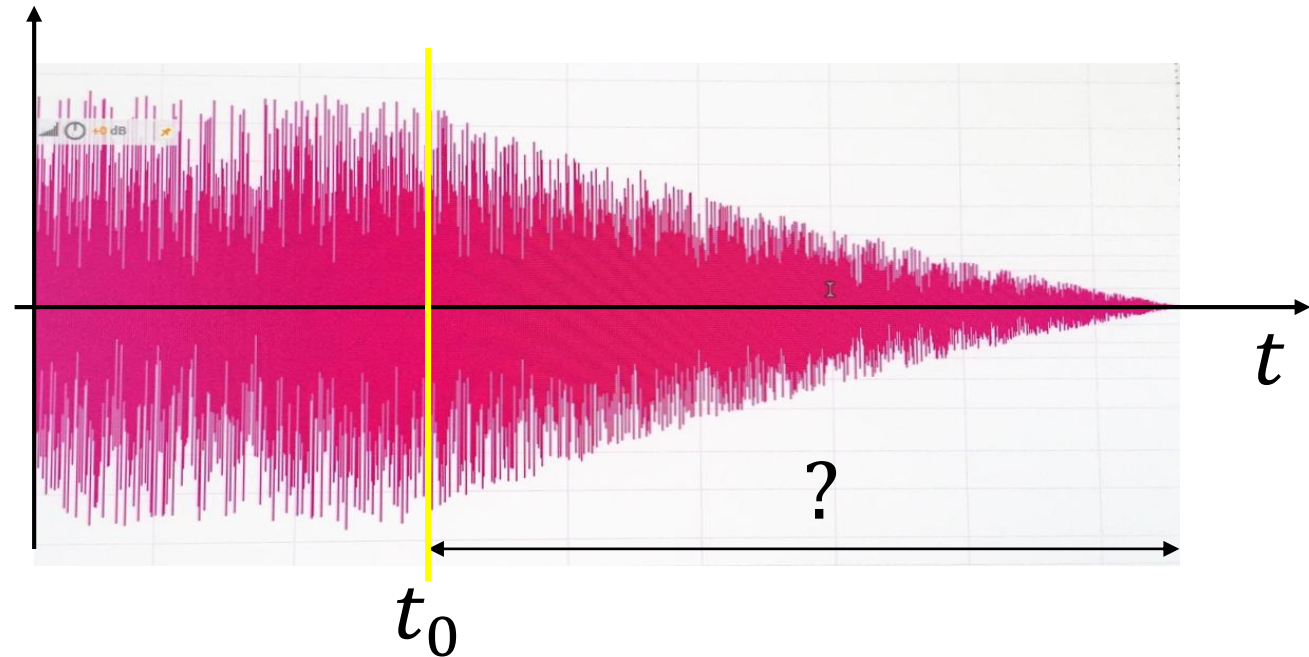




# Reverberación – Tiempo $R_{T60}$



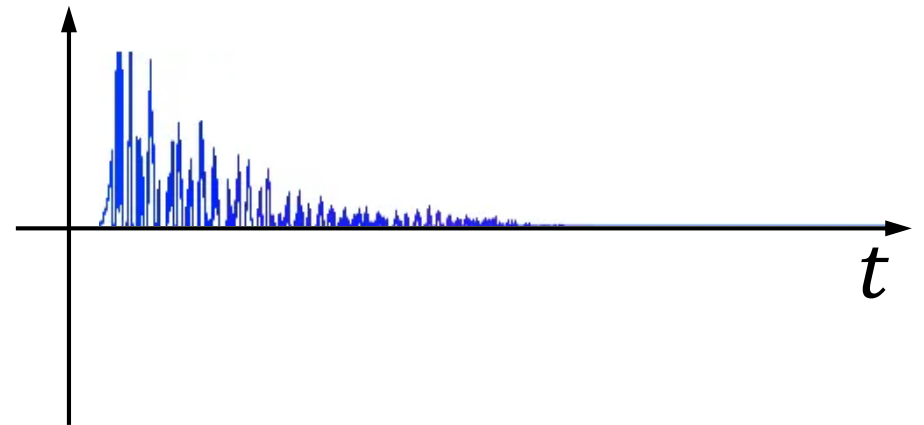
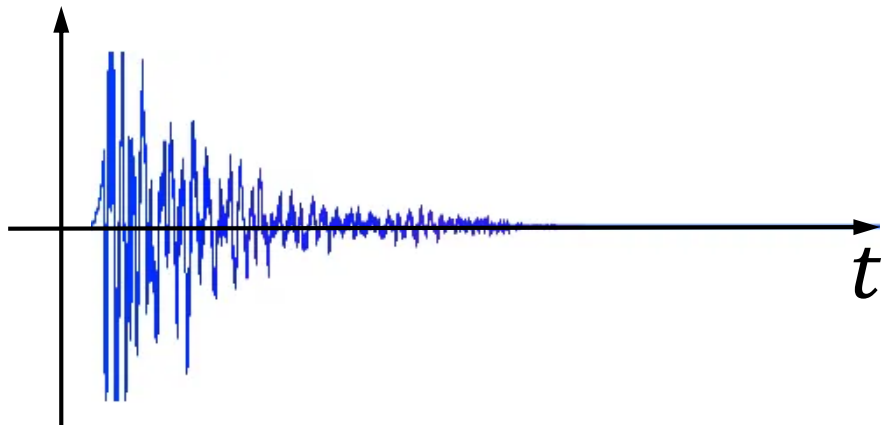
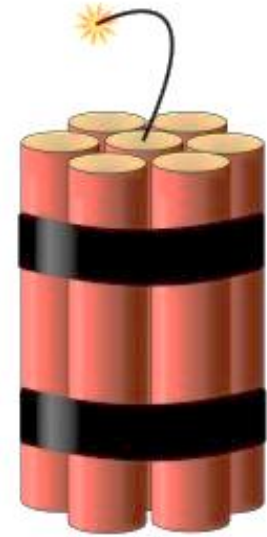
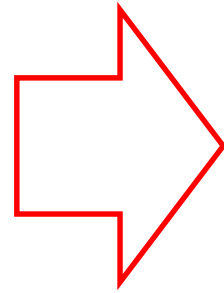
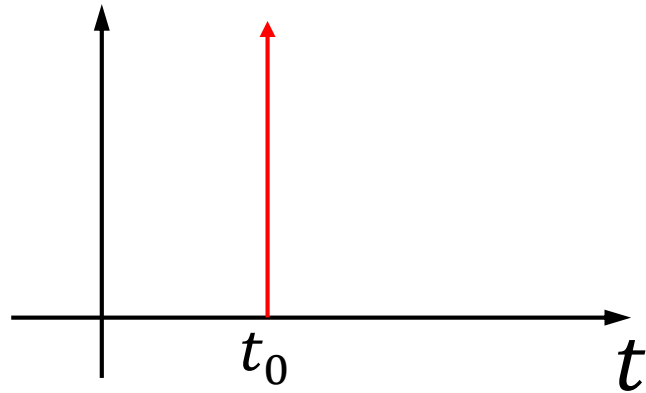
$R_{T60}$  = “Tiempo que demora una señal en atenuarse 60db, una vez que el sonido inicial cesó”



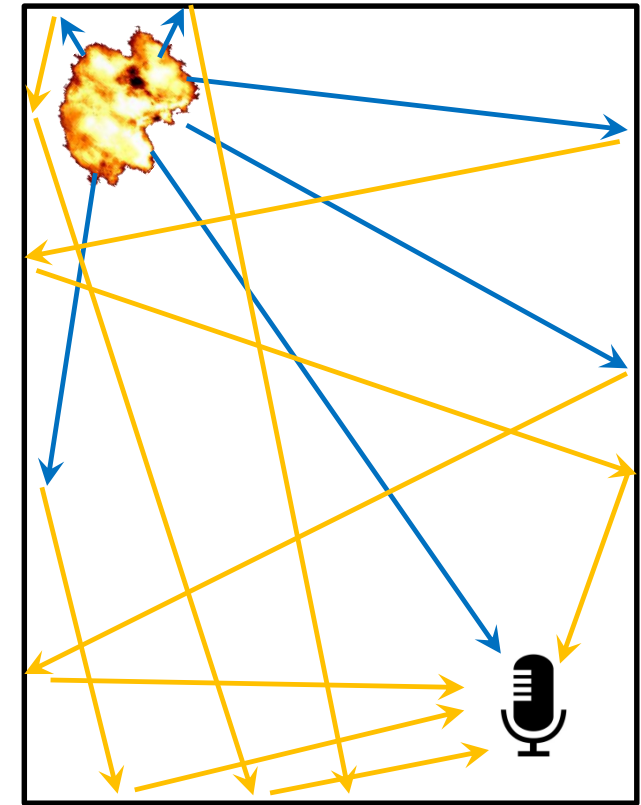
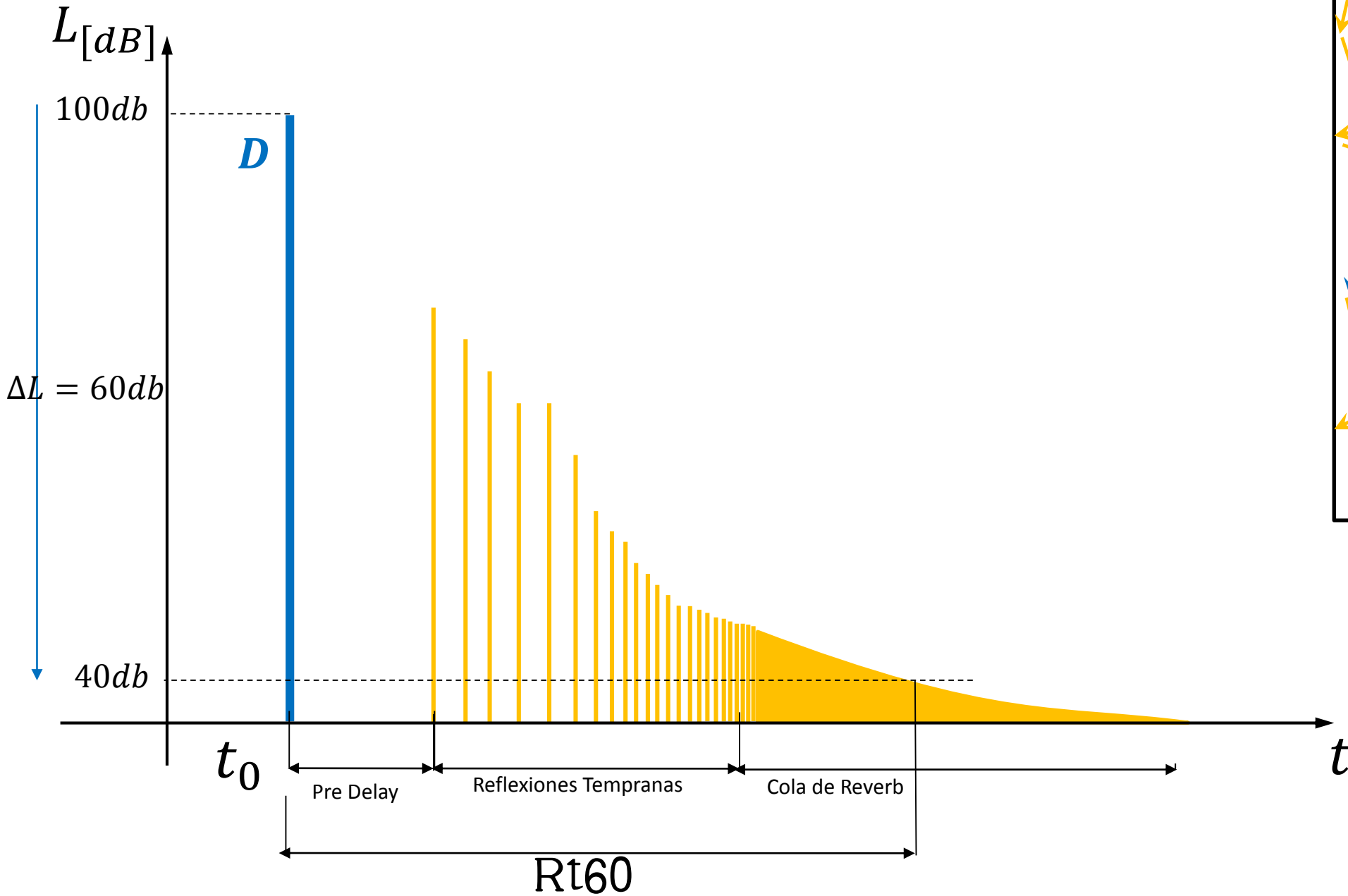
*¿Cómo medimos el  $R_{T60}$ ?*

# Excitación de cualquier sistema

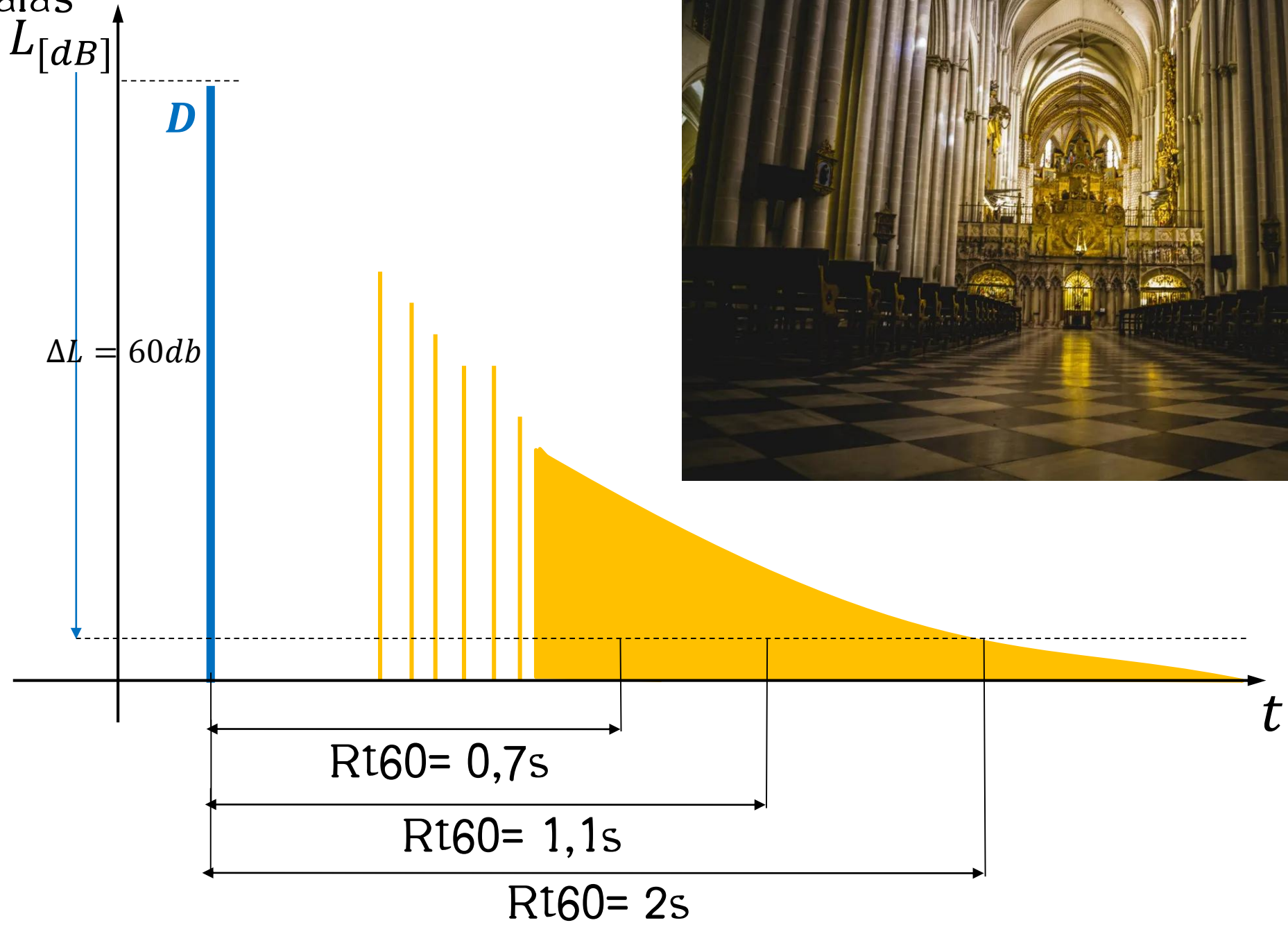
Función Impulso  $\mu_{-1}$



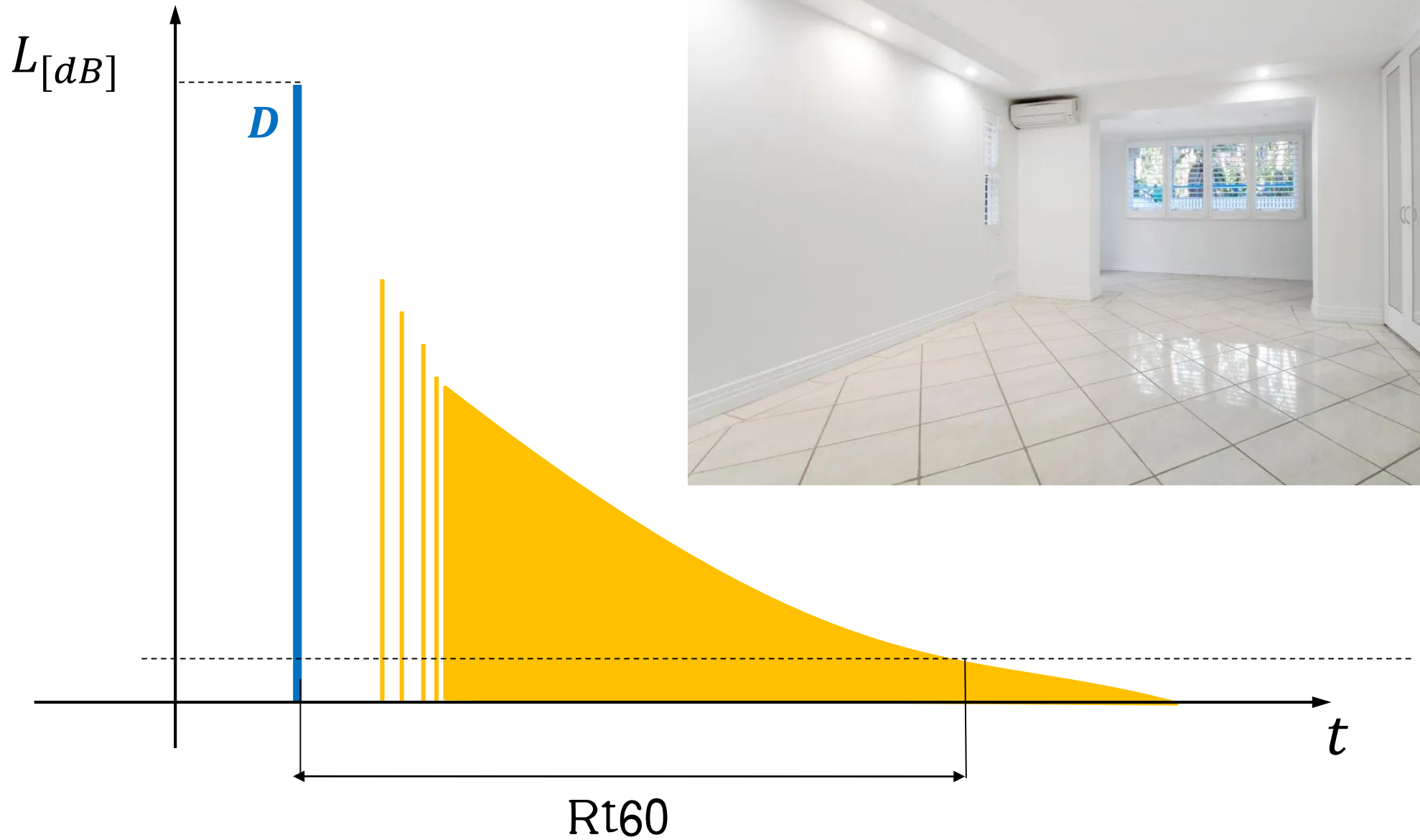
Rt60: Tiempo que demora el nivel de  $\mu_{-1}$  en caer 60db



# Ejemplos de Salas

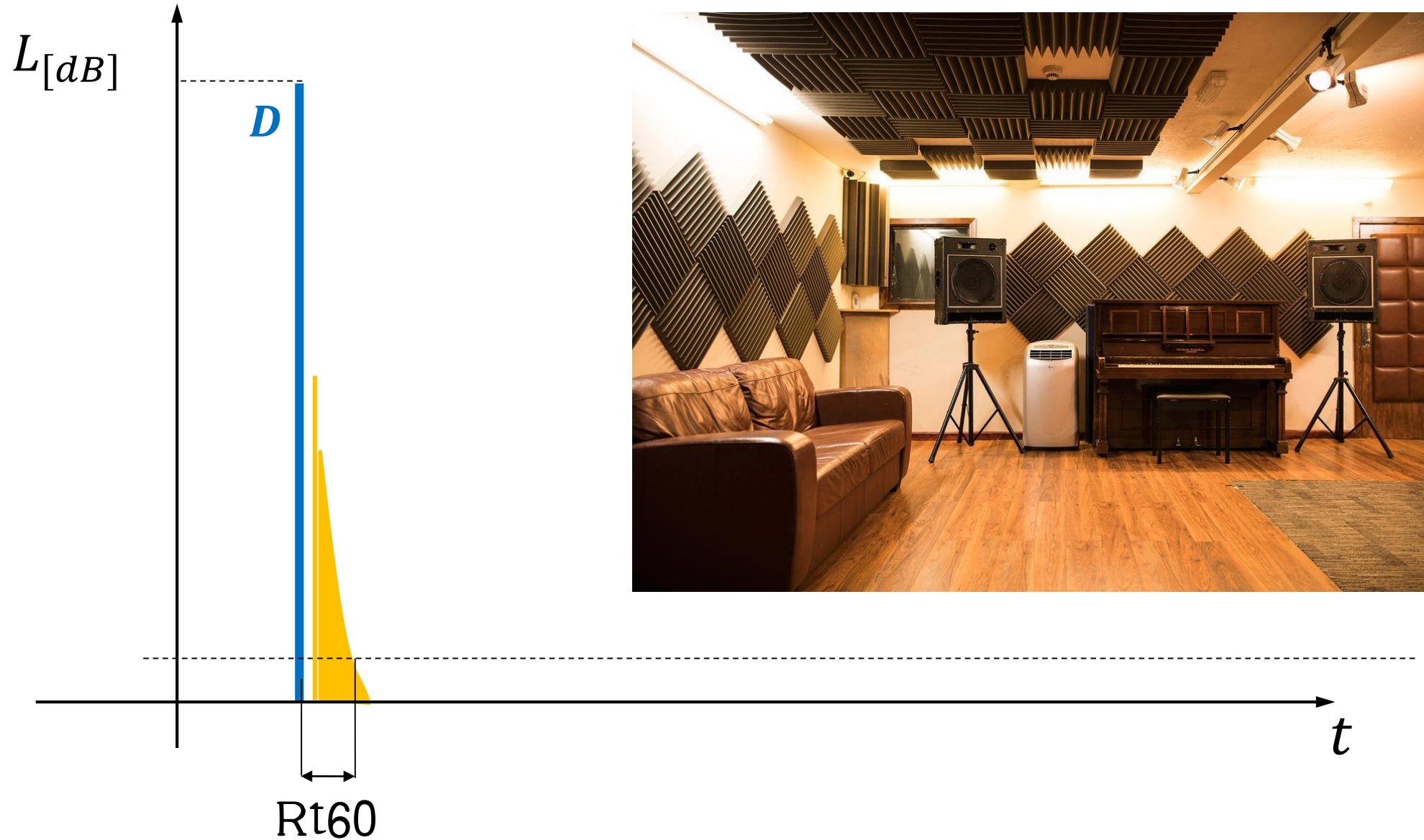






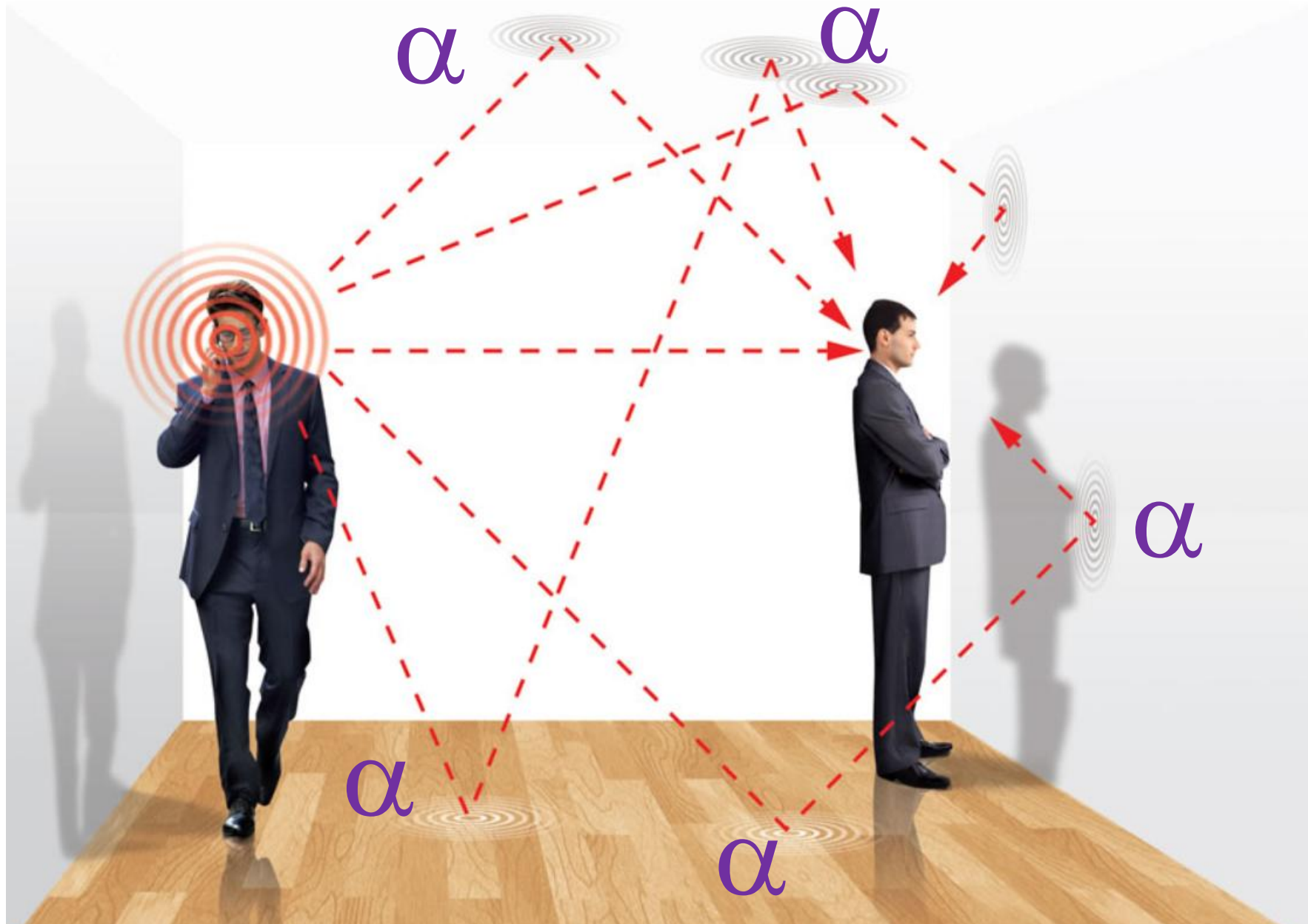
Sala Mas chica que la anterior pero muy reflectiva

# Sala de Grabación



No muy grande (5x4m) Muy absorbente

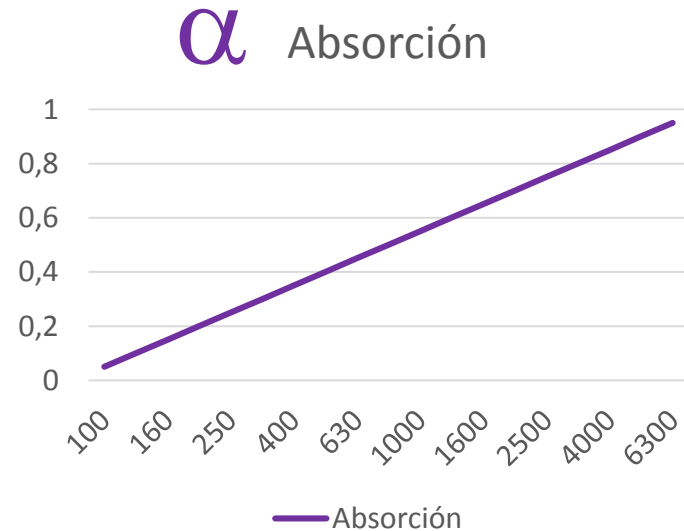
# Absorción Acústica



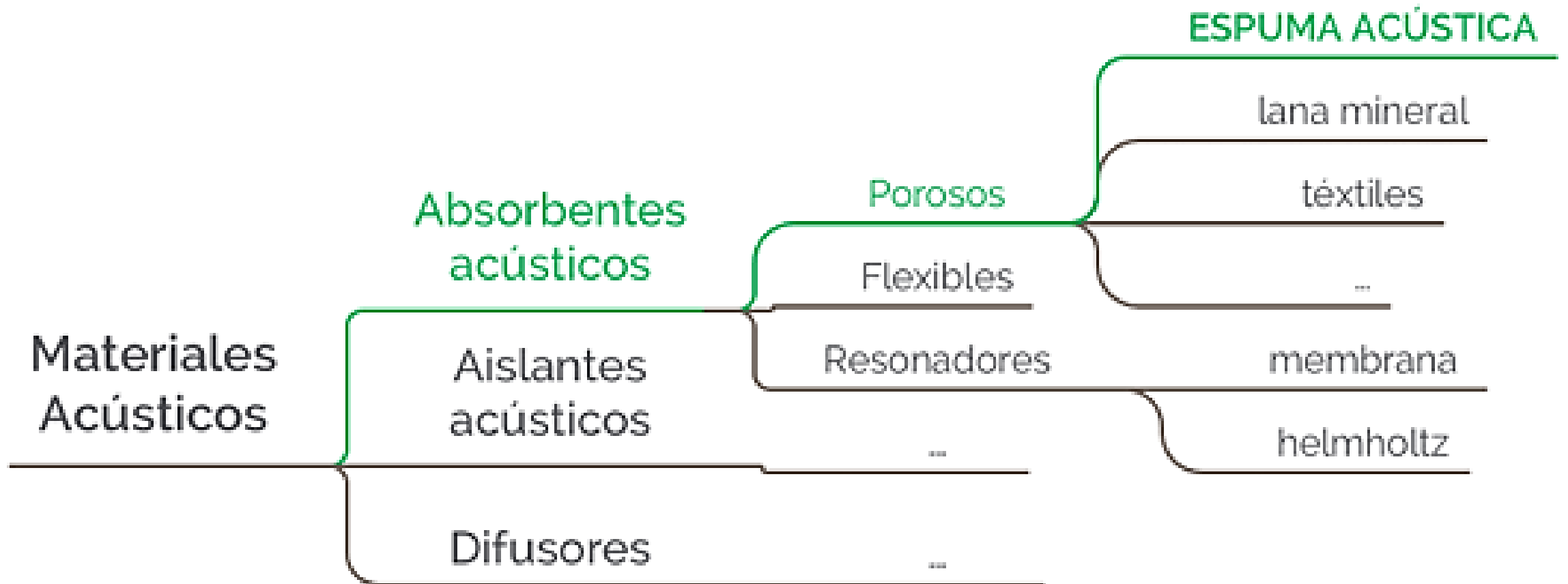
# Índice de absorción acústica

$$\alpha = \frac{I_a}{I_i}$$

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Hormigón macizo	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Bloques de hormigón pintados	0,01	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Ladrillo revestido con yeso	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04

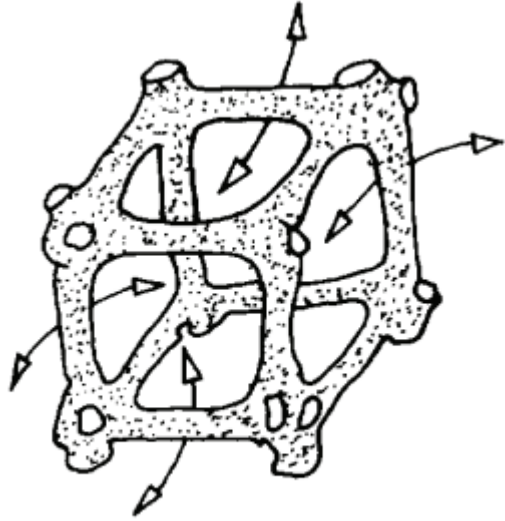


# Índice de absorción acústica





# Materiales Porosos (o fibrosos) – Principio físico

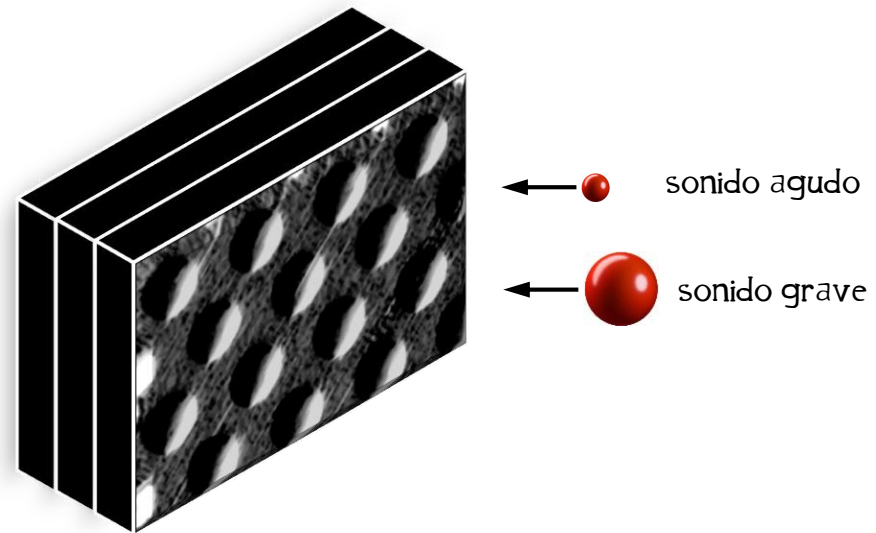
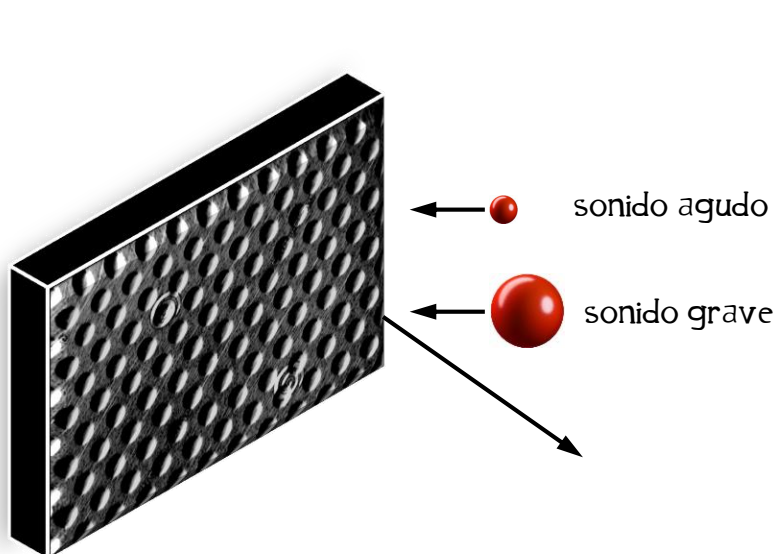


Material Poroso

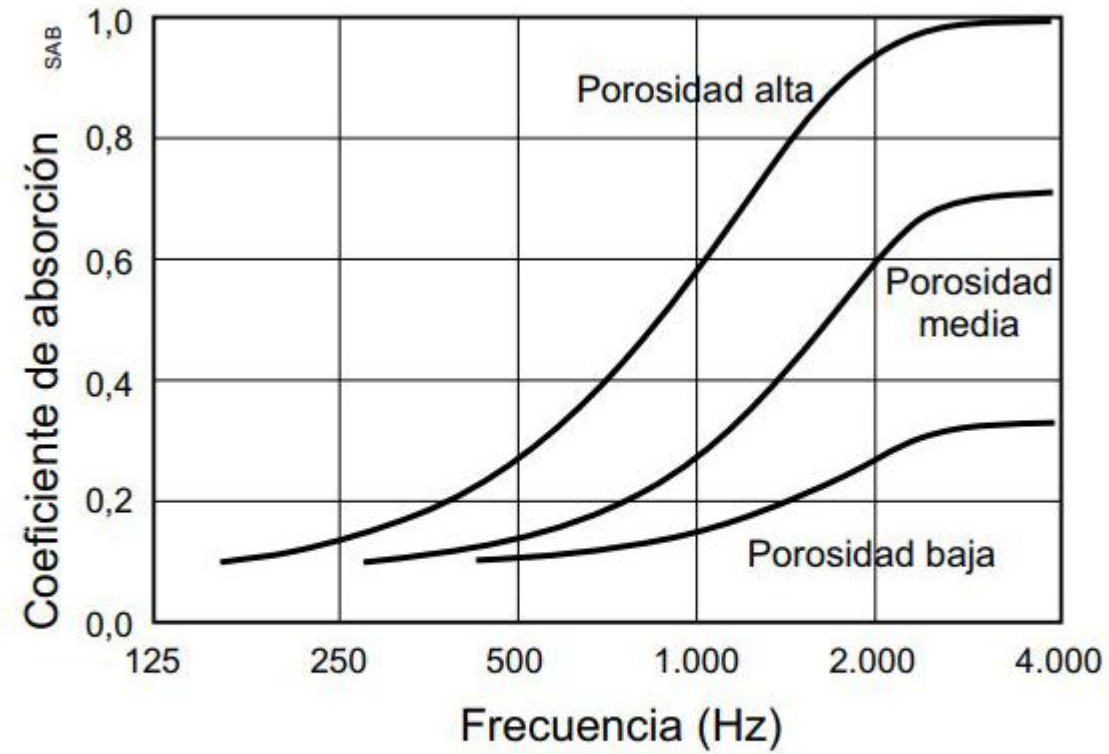
- Material blando
- Permite el ingreso de la energía sonora



$$\lambda = \frac{\vec{v}}{f}$$



# Materiales Porosos - Principio físico



Variación de la absorción en función de la frecuencia de un material absorbente con distintos grados de porosidad

# Materiales Porosos - Principio físico



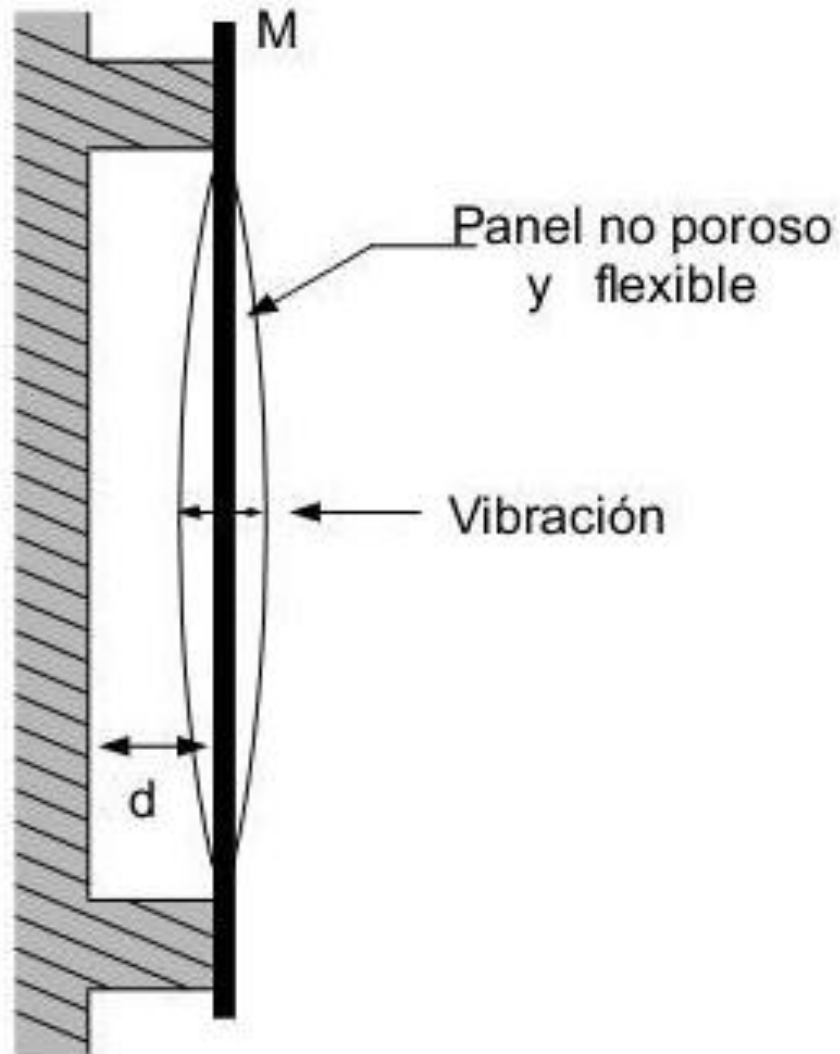
## ABSORCIÓN ACÚSTICA

Coefficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0.16	0.34	0.66	0.90	0.90	0.97



# Materiales Flexibles (o membranas) - Principio físico



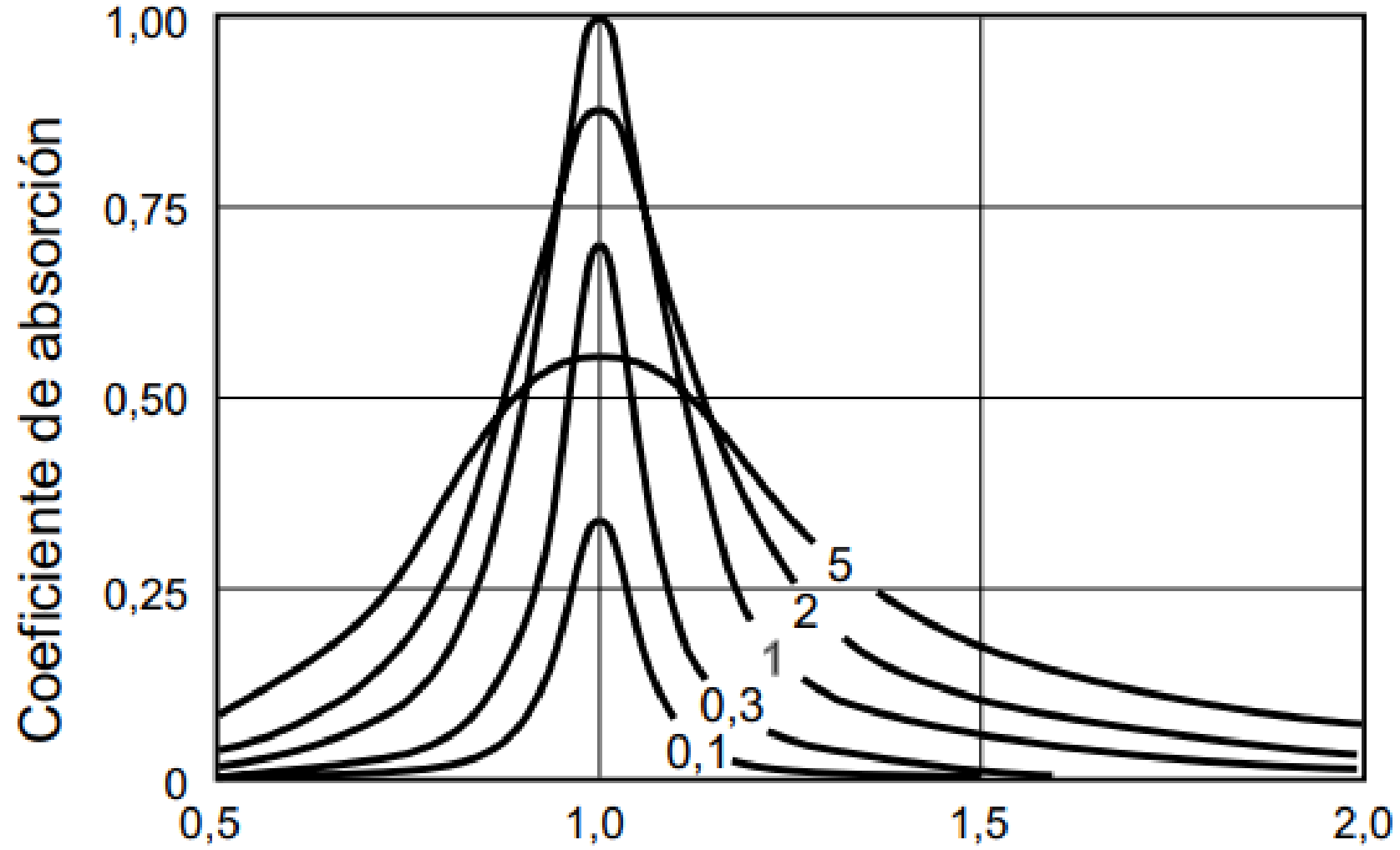
- Superficie rígida
- Vibra con el impacto de la energía sonora

$$f_0 = \frac{600}{\sqrt{md}}$$

$m$ : Masa de la membrana  $\rightarrow \frac{Kg}{m^3}$

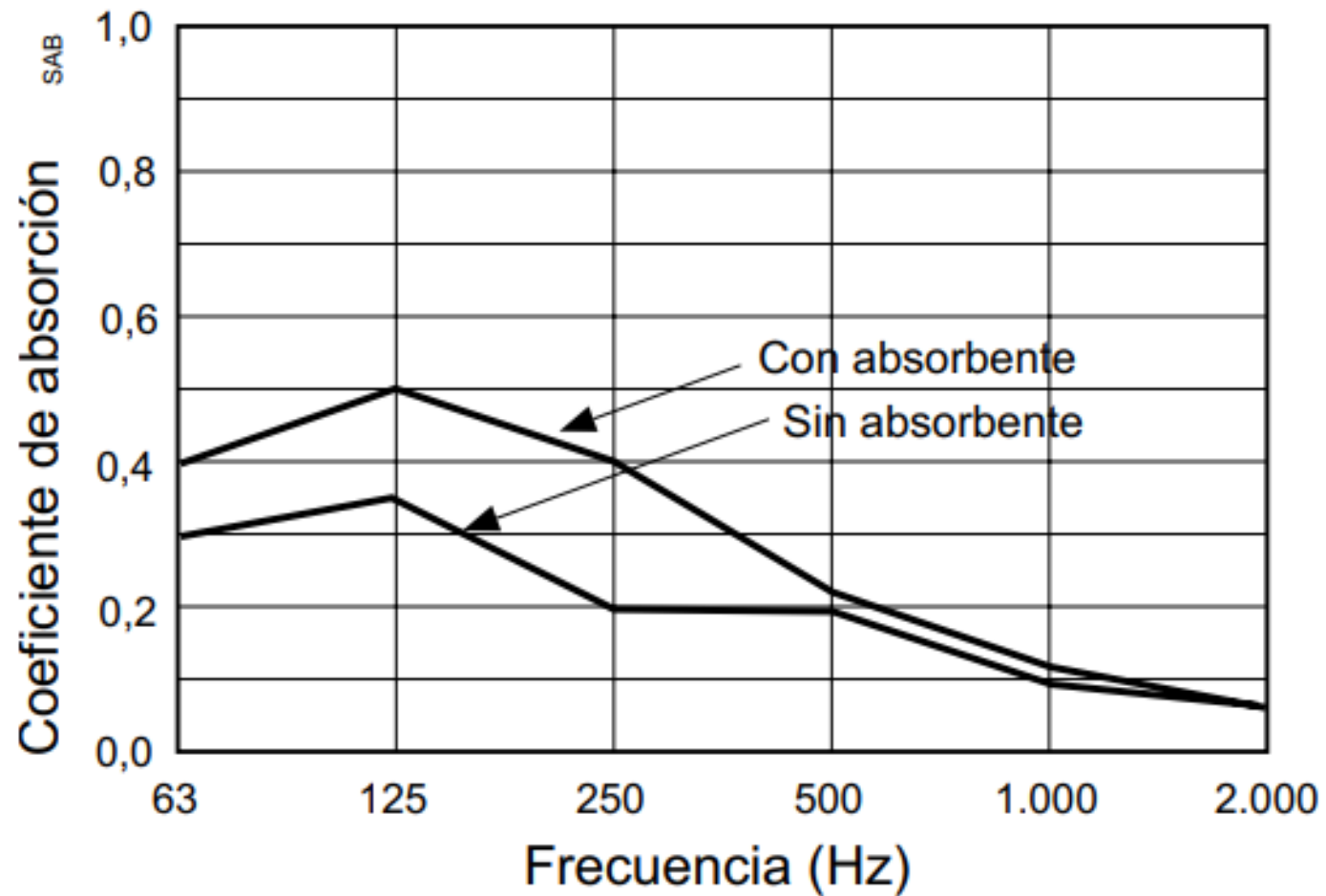
$d$ : Distancia al muro  $\rightarrow cm$

# Materiales Flexibles - Principio físico





# Materiales Flexibles - Principio físico



Resonador de membrana formado por un panel de contrachapado de **3 mm** de espesor y **1,8 Kg/m<sup>2</sup>** de masa por unidad de superficie, montado a una distancia de **4,4 cm** de la pared, con y sin absorbente en la cavidad de aire.

# Materiales Flexibles - Principio físico

## ABSORCIÓN ACÚSTICA

Coeficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0.16	0.43	0.74	0.72	0.44	0.49



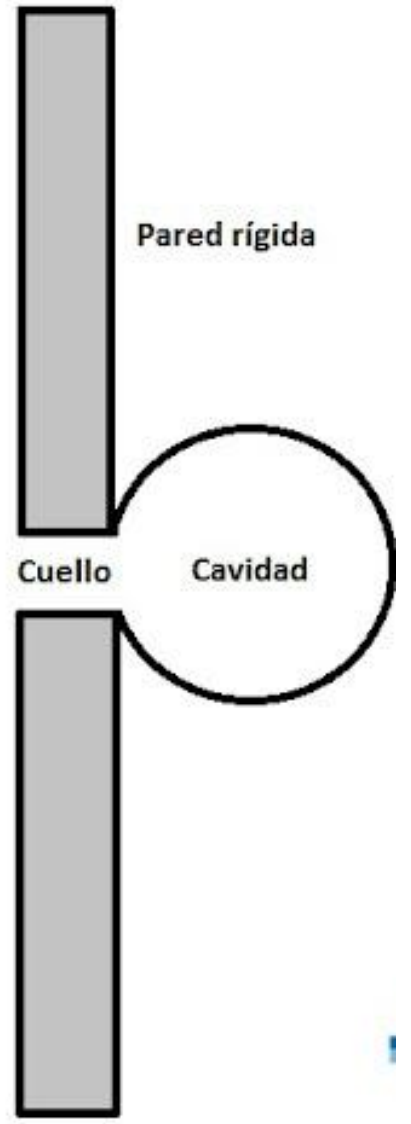
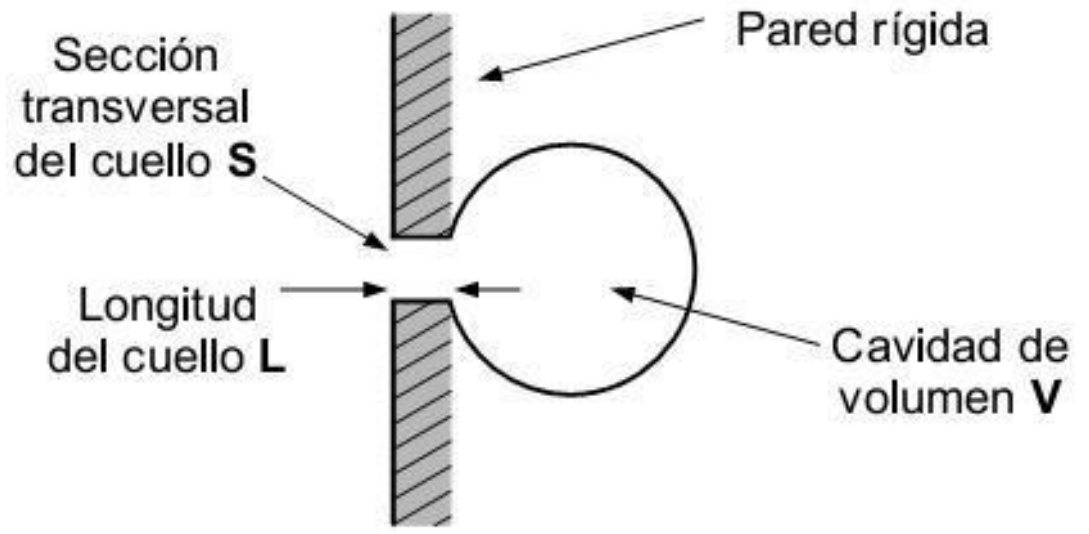
# Materiales Resonadores (o Trampas de graves) – P.F.

- Constituidos por “recipientes” cerrados y comunicados al exterior por aberturas estrechas
- La masa de aire en el recipiente resuena con la presión acústica
- La absorción es máxima en  $f_0$

$$f_0 = \frac{\vec{v}}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi \cdot R^2}{(L + 1,6R)V}}$$

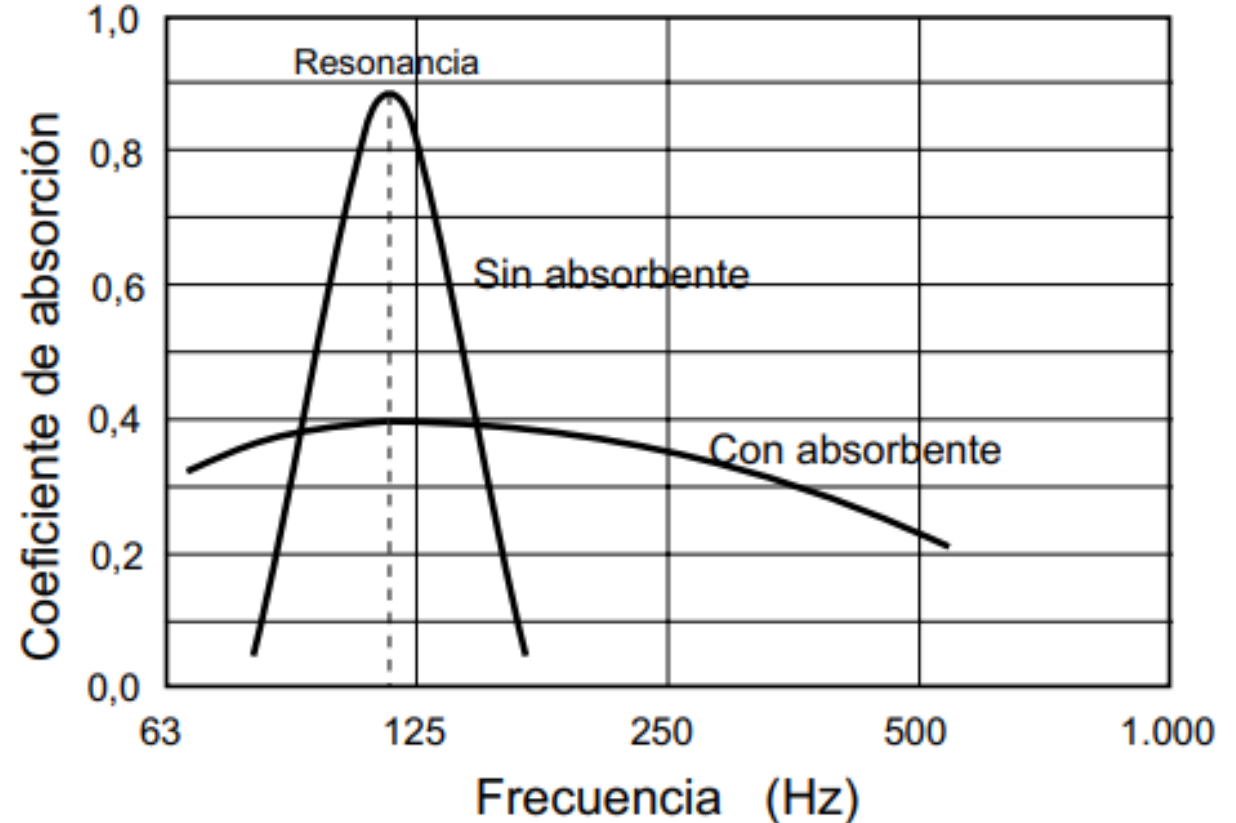
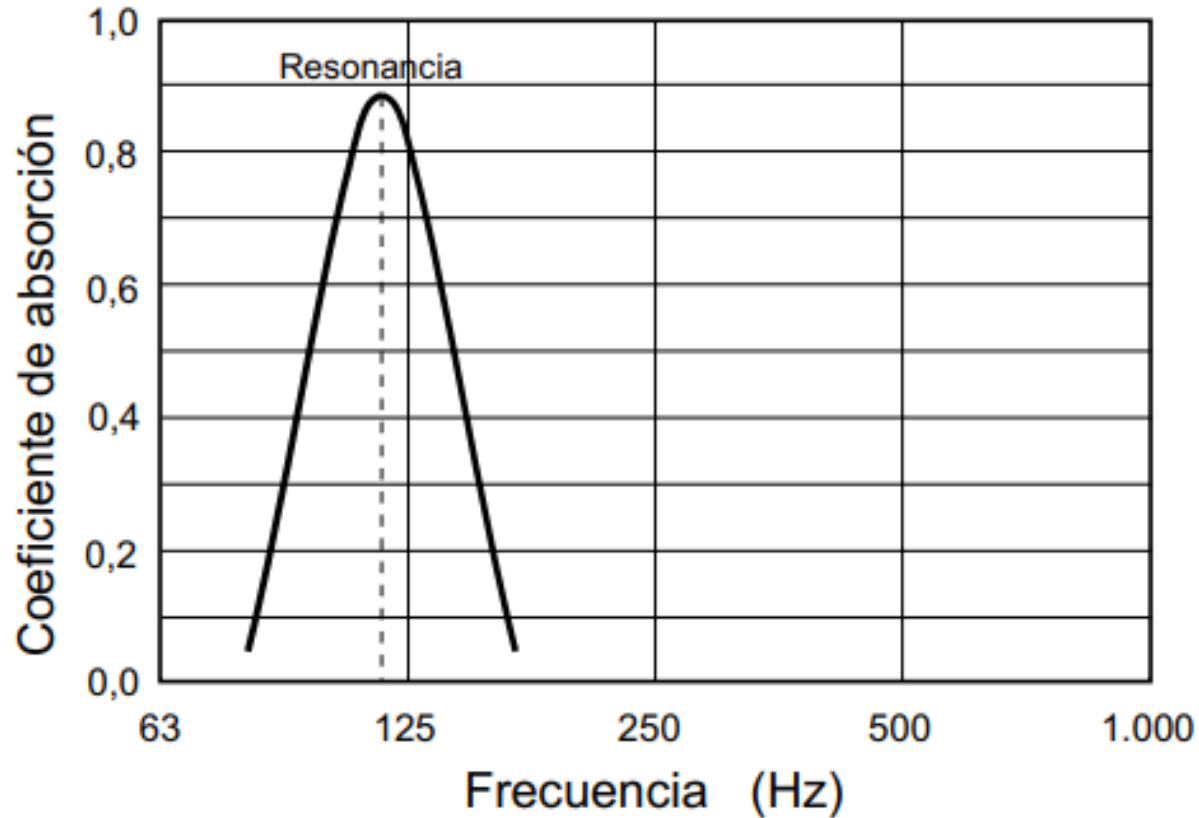
$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{(L + 1,6R)V}}$$

L: Longitud del cuello  
 S: Radio o Sección del cuello  
 V: Volumen de la cavidad



# Materiales Resonadores – Principio Físico

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{(L + 1,6R)V}}$$



# Materiales Resonadores – Principio Fisico

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{D \cdot V}}$$

S = suma de las secciones transversales de los orificios (en cm<sup>2</sup>)

D = espesor del panel (coincide con la longitud de los orificios) (en cm)

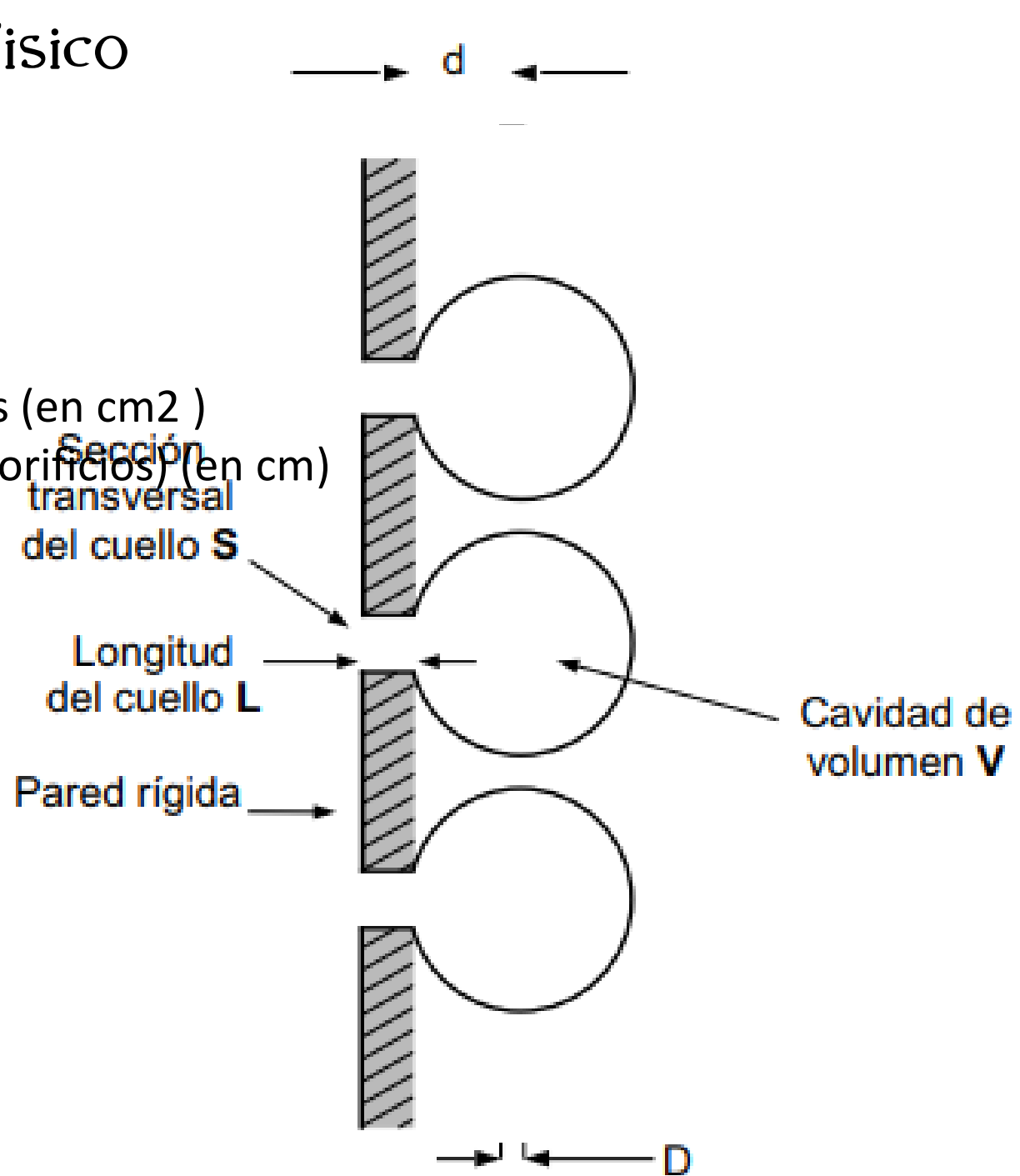
V = volumen de la cavidad (en cm<sup>3</sup>)

$$V = S_p d$$

S<sub>p</sub> = superficie del panel (en cm<sup>2</sup>)

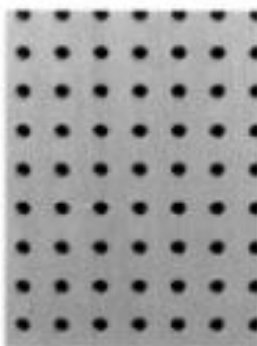
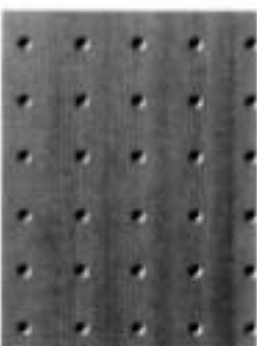
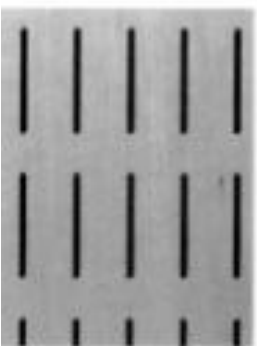
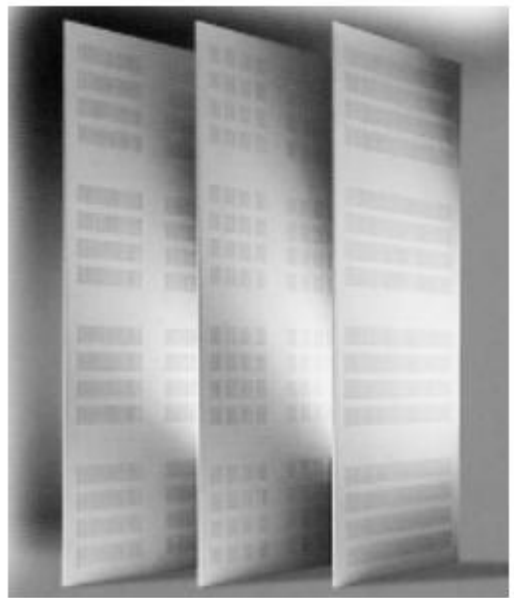
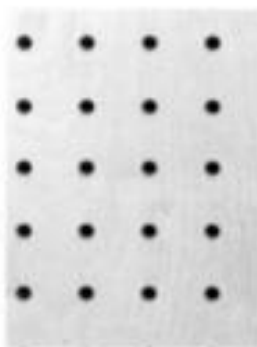
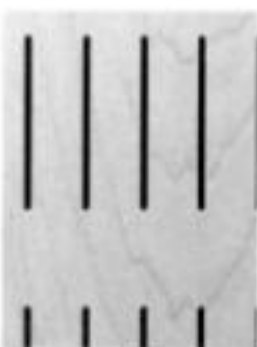
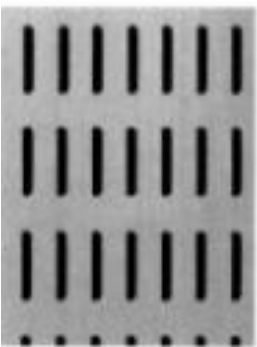
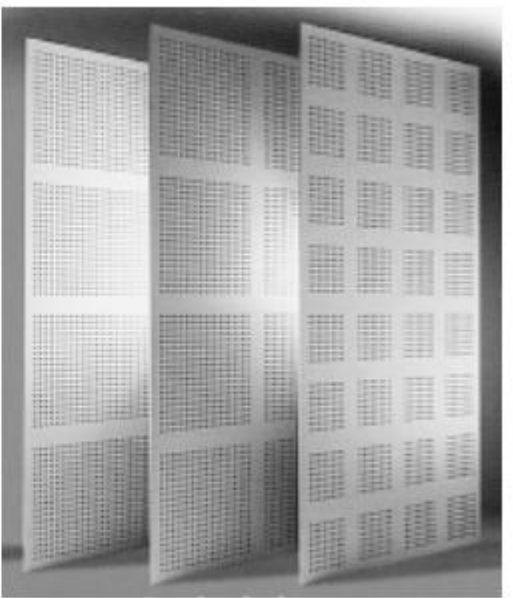
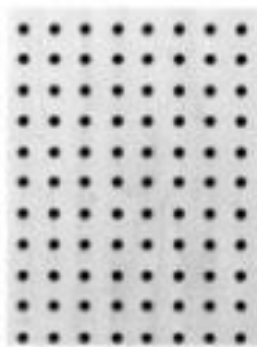
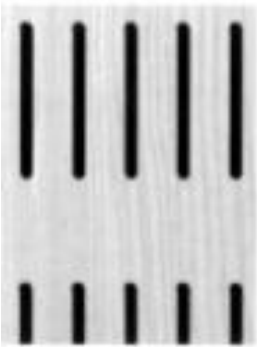
d = distancia del panel a la pared rígida (en cm)

$$f_0 = 5480 \sqrt{\frac{S}{D \cdot S_p d}}$$

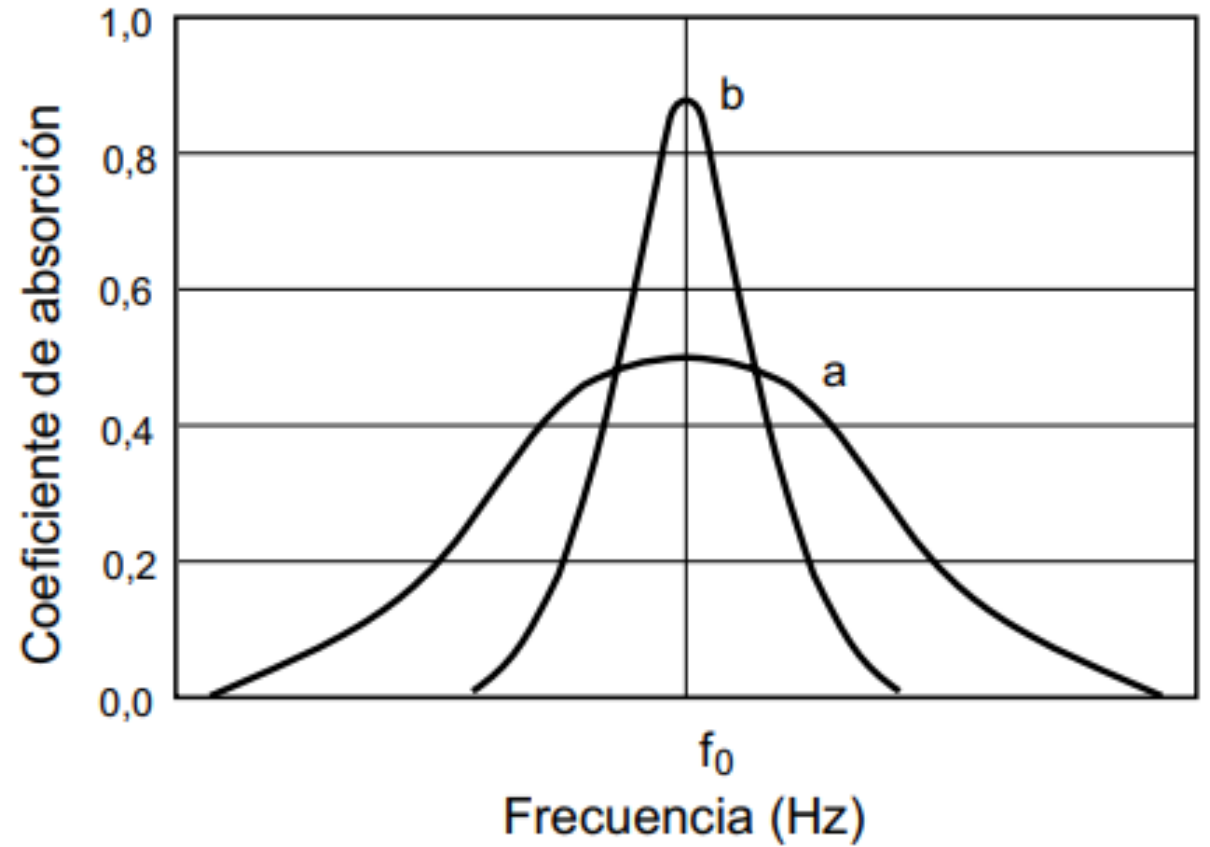
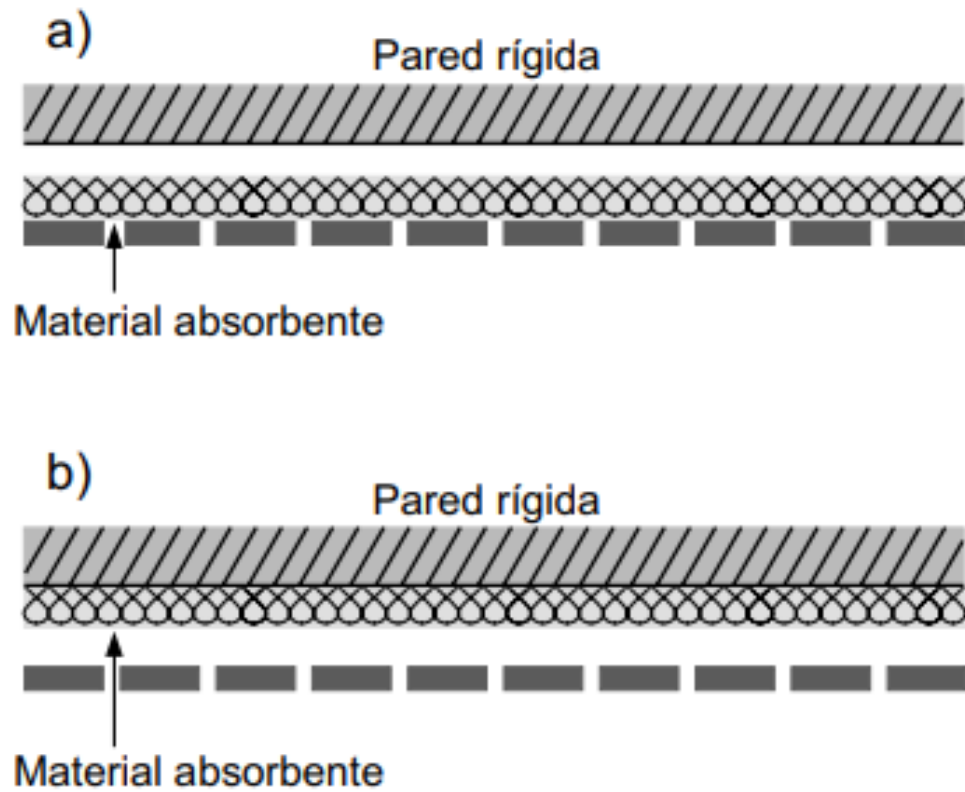




# Materiales Resonadores – Principio Físico

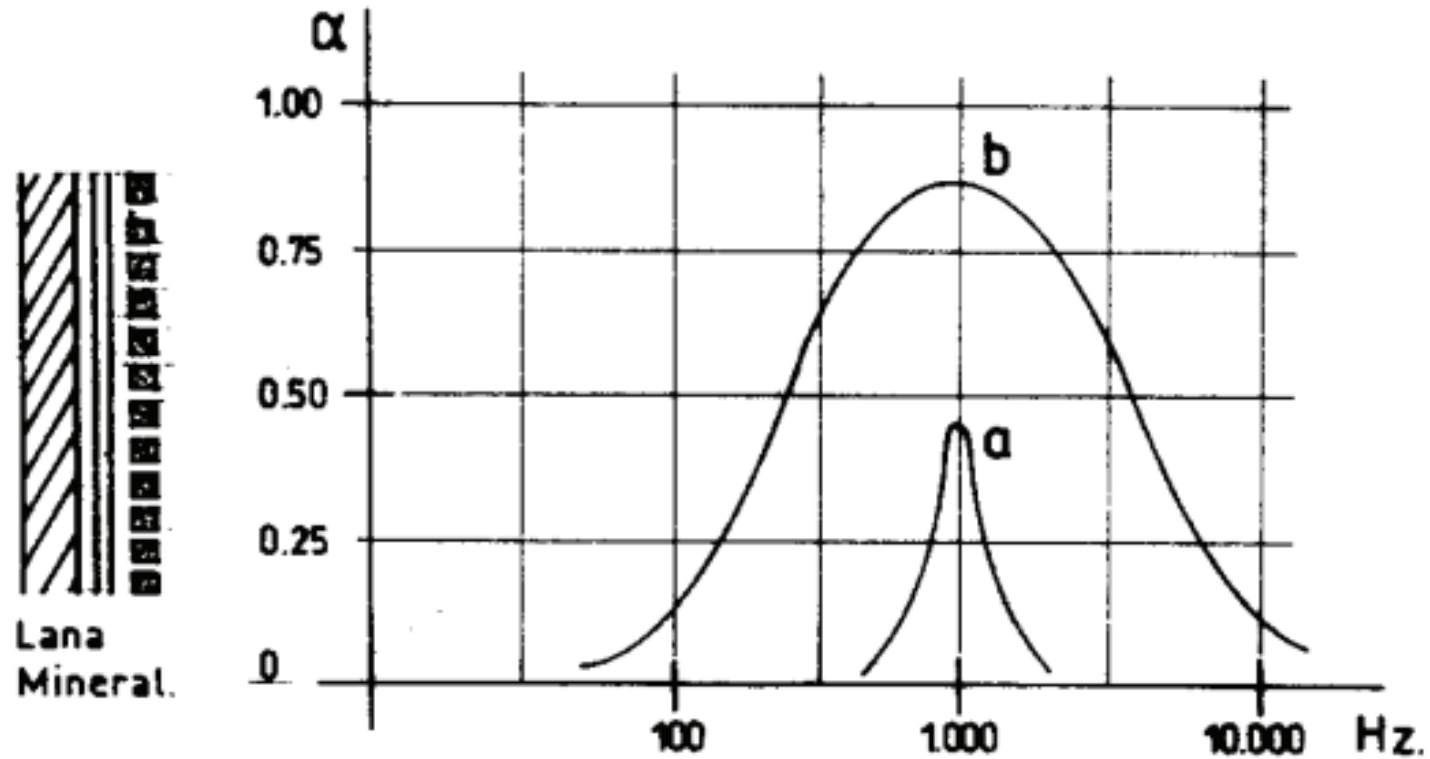


# Materiales Resonadores – Principio Físico



$f_0$  = Baja Frecuencia

# Materiales Resonadores – Principio Físico



Variación del coeficiente de absorción de un resonador con la frecuencia. (Josse).

a) Sin lana mineral.      b) Con lana mineral.

$f_0$  = Alta Frecuencia

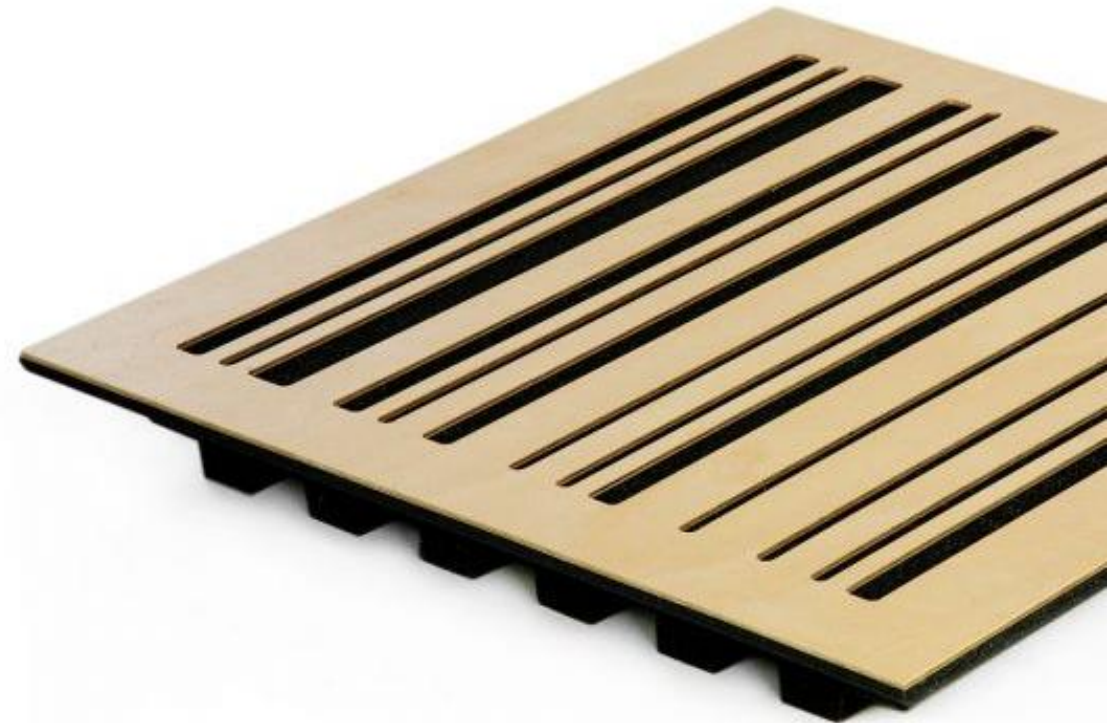
# Materiales Resonadores – Principio Físico



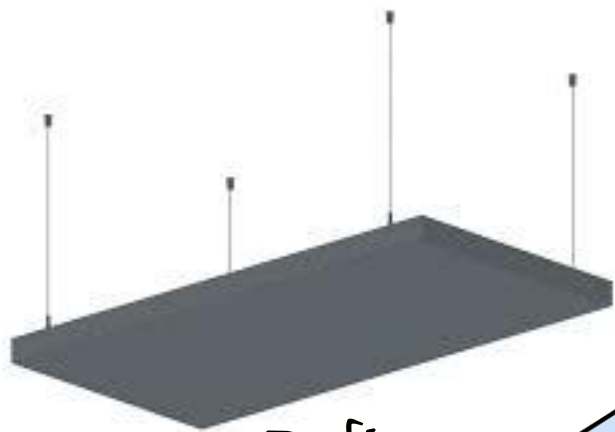
## ABSORCIÓN ACÚSTICA

Coeficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

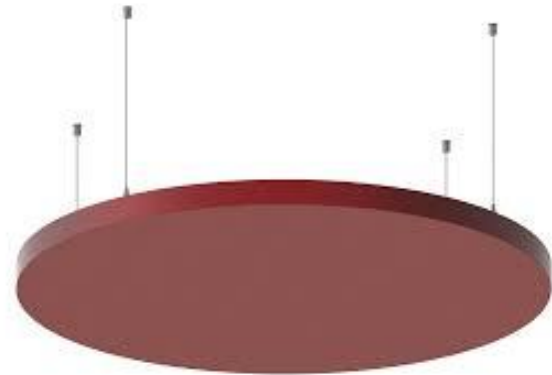
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0.75	1.00	0.75	0.68	0.64	0.56



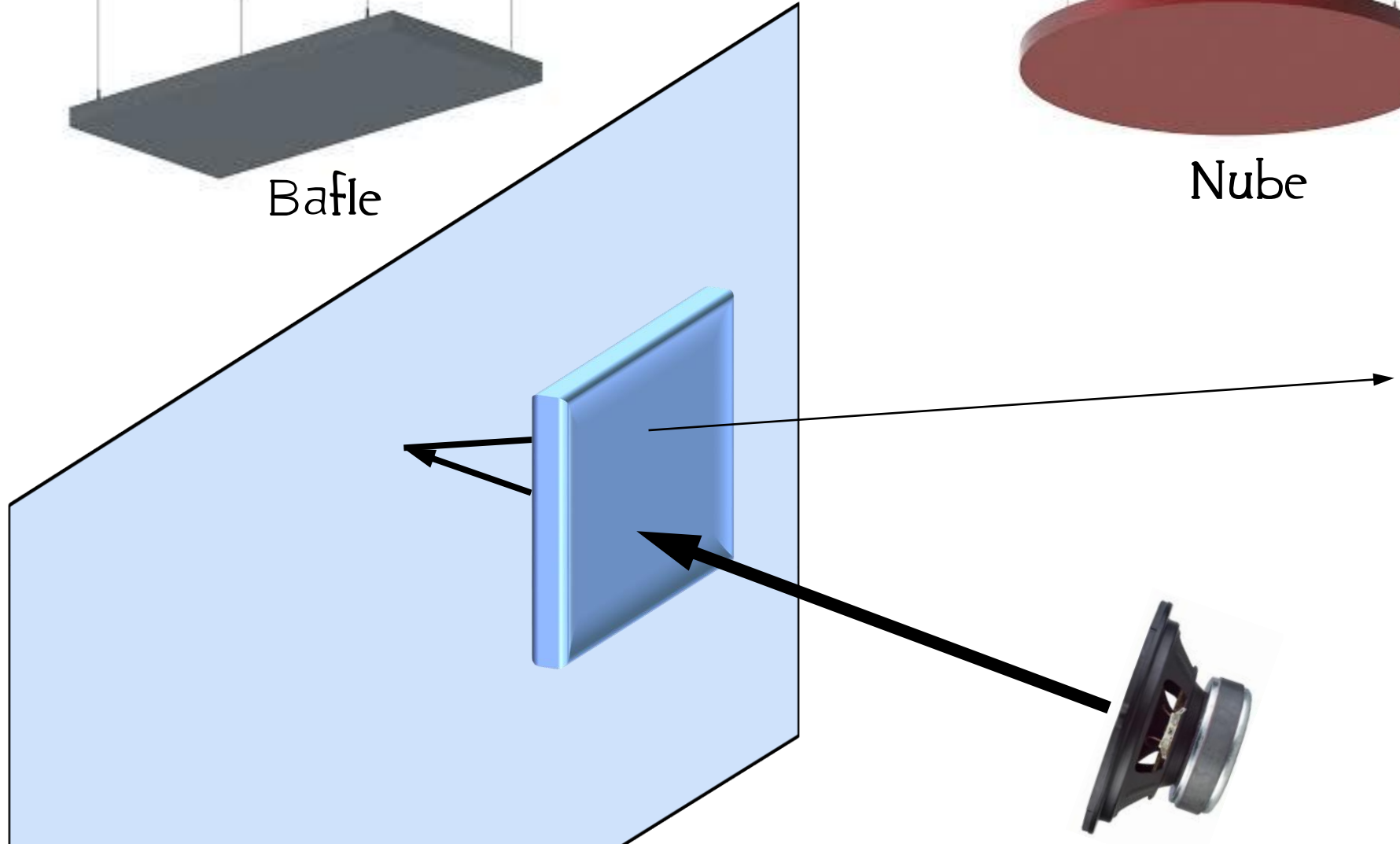
# Baffles y nubes acústicas



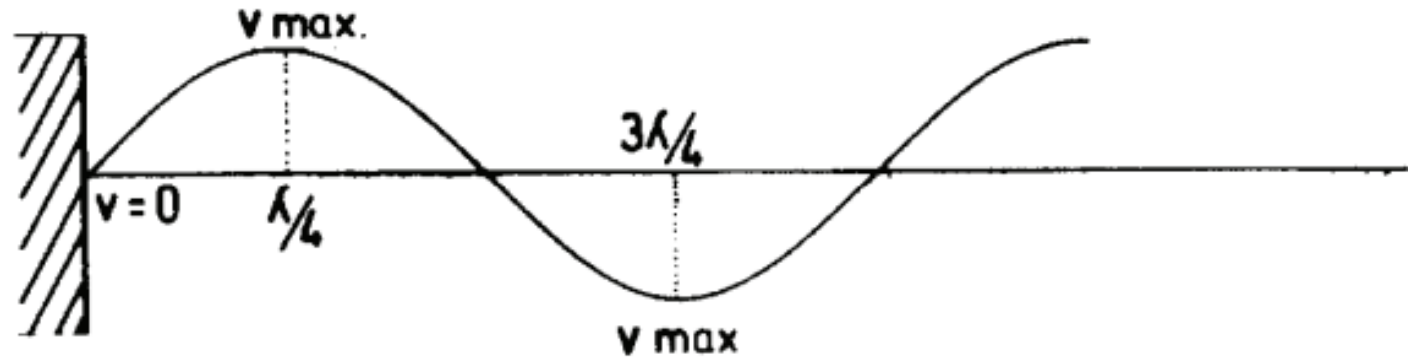
Baffle



Nube



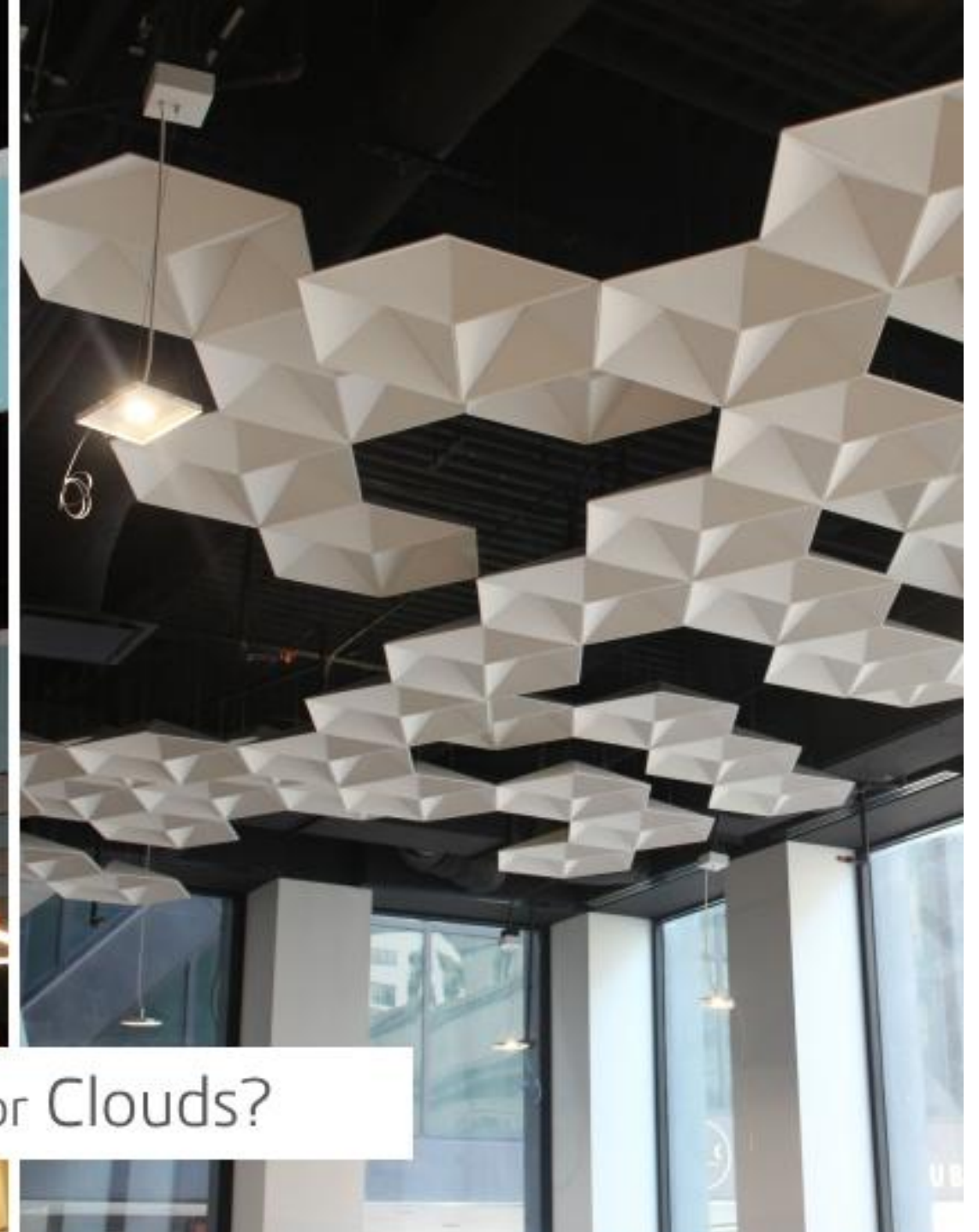
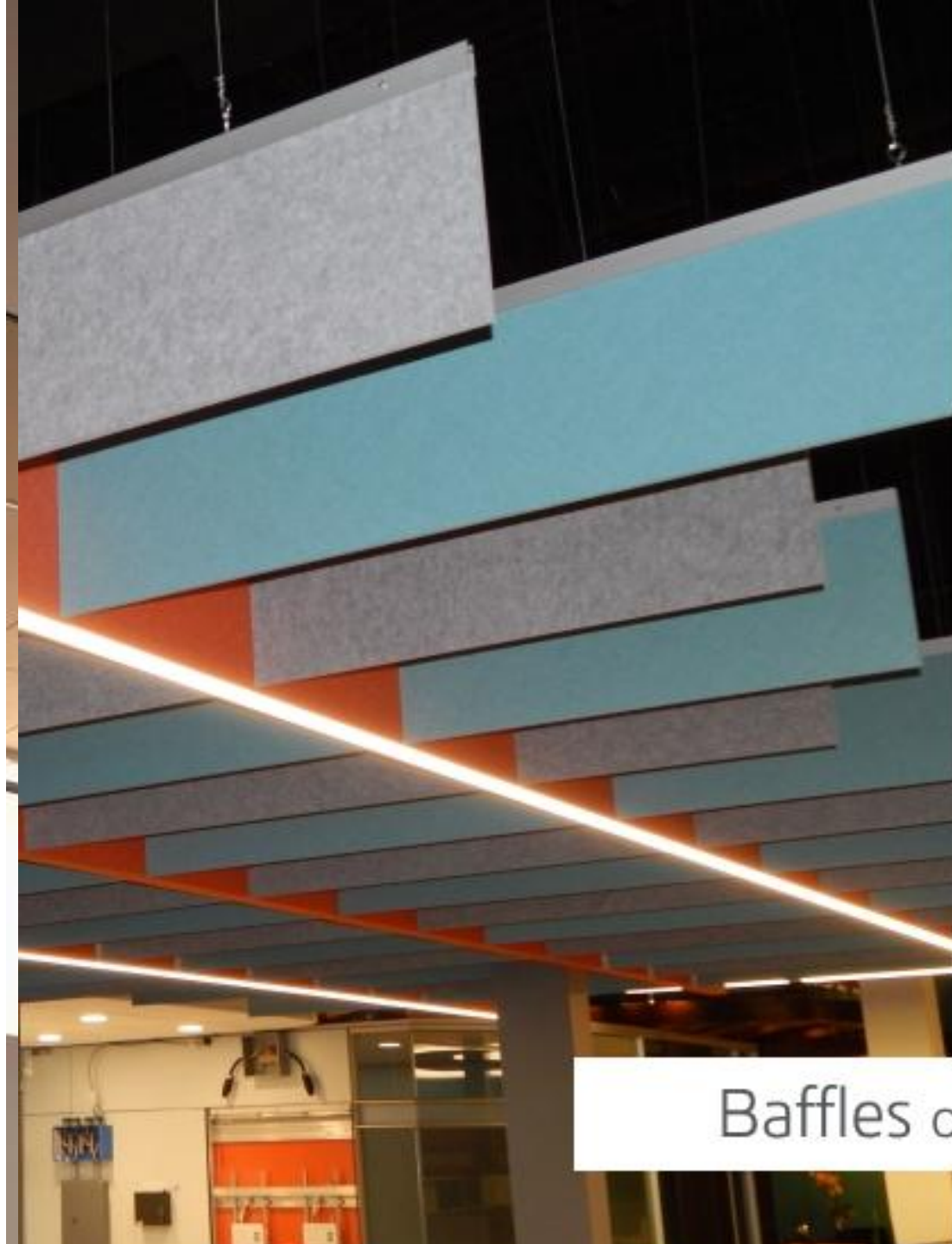
# Ubicación de Baffles y nubes acústicas



$$\lambda = \frac{\vec{v}}{f} \longrightarrow d = \frac{\lambda}{4} = \frac{\vec{v}}{4f} = \frac{344}{4 \cdot f} = \boxed{\frac{86}{f} [m]}$$

$$d_{150Hz} = \frac{86}{150} = 57cm \quad d_{2600Hz} = \frac{86}{200} = 43cm$$





Baffles or Clouds?

@CCScity450







# ABSORCIÓN ACÚSTICA

Coeficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

Montaje	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Encolado	0.24	0.55	0.90	1.00	1.01	1.03
Suspendido	0.59	0.89	0.95	1.03	1.03	1.05





# Materiales Difusores

