

# Terminología



RMS  
Peak

Fast  
Slow  
Impulse



Potencia sonora  
dB

Percentiles

Presión sonora

Escalas logarítmicas

Ponderación



Pascal

$L_{eq}$

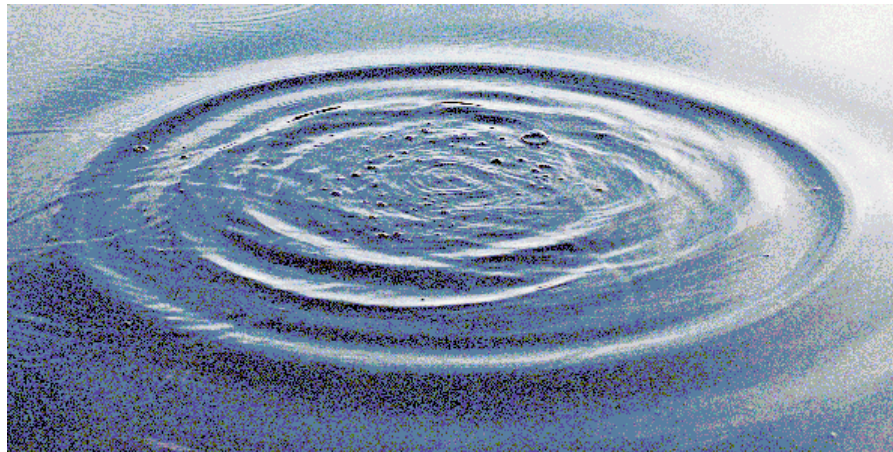
$L_{10}$

Análisis estadístico

RMS

$L_{90}$

1/1 y 1/3 de Octava

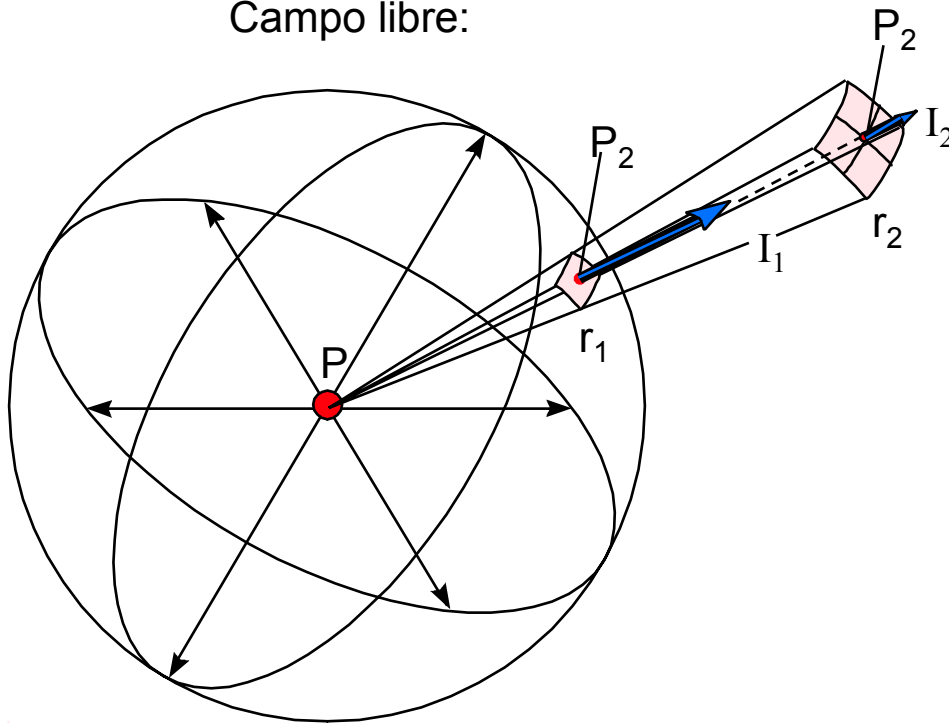


Ancho de banda porcentual

Dosis

# Parámetros del Sonido

Campo libre:



→  
El vector intensidad describe la cantidad y dirección del flujo de energía acústica en un lugar determinado

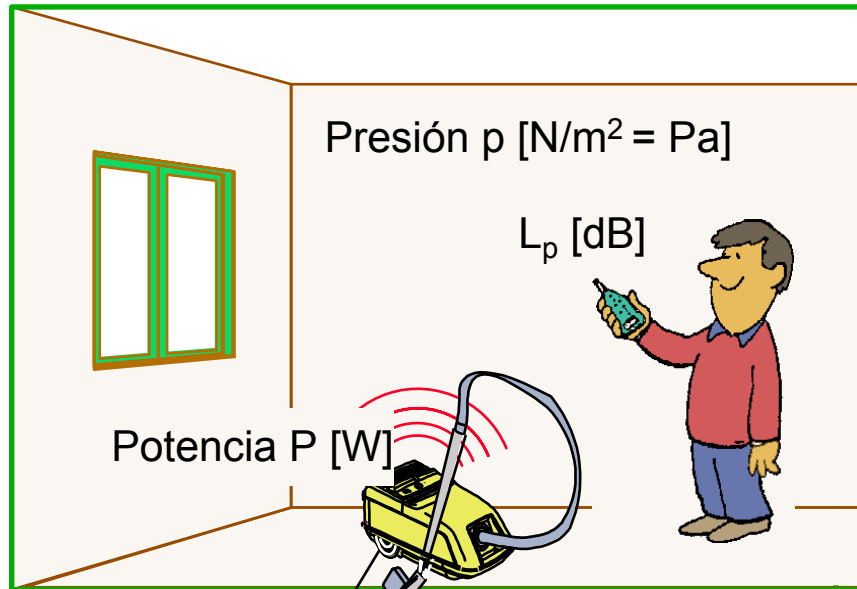
$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{p^2}{\rho c}$$

Potencia:  $P$  [W]

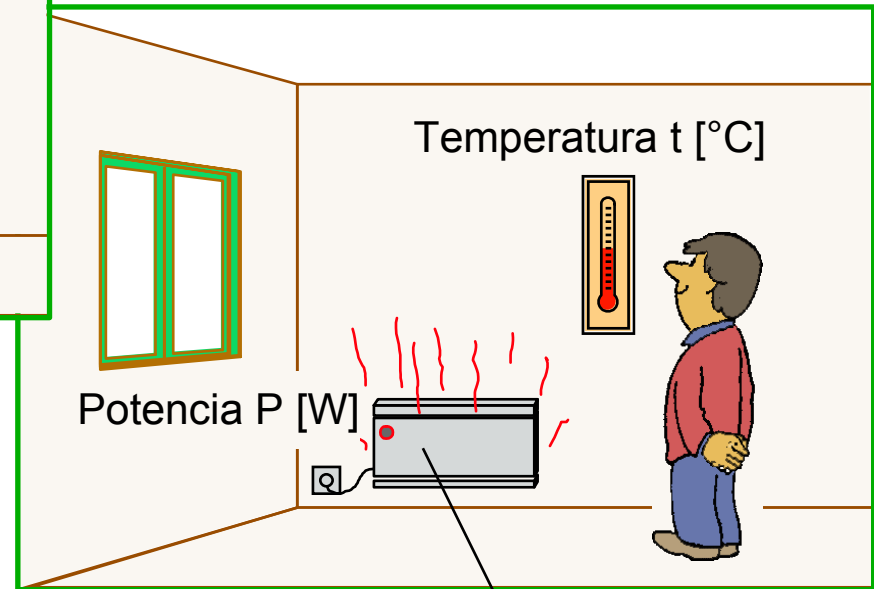
Intensidad:  $I$  [J/s/m<sup>2</sup>] = W/m<sup>2</sup>

Presión:  $p$  [Pa = N/m<sup>2</sup>]

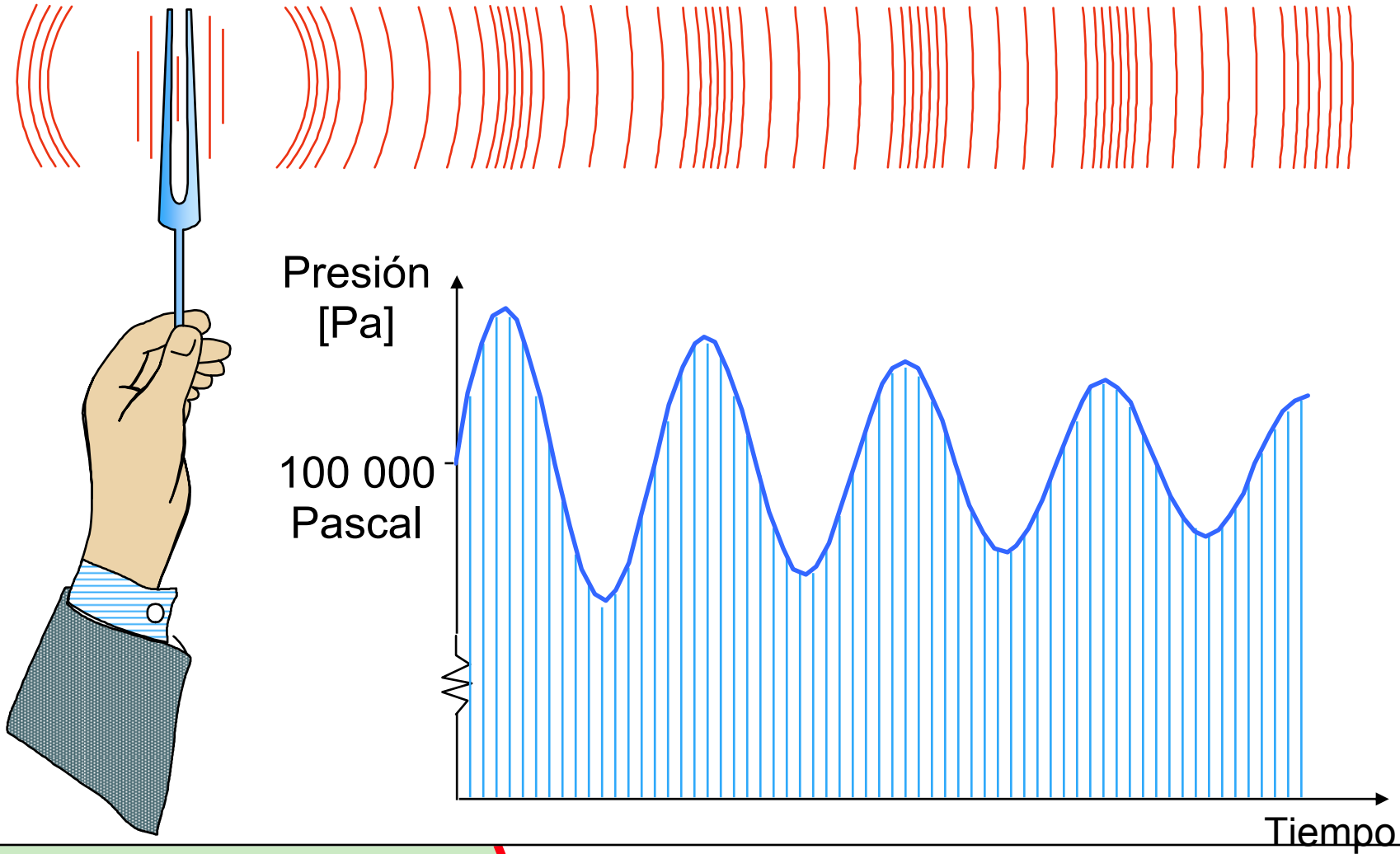
# Presión y Potencia



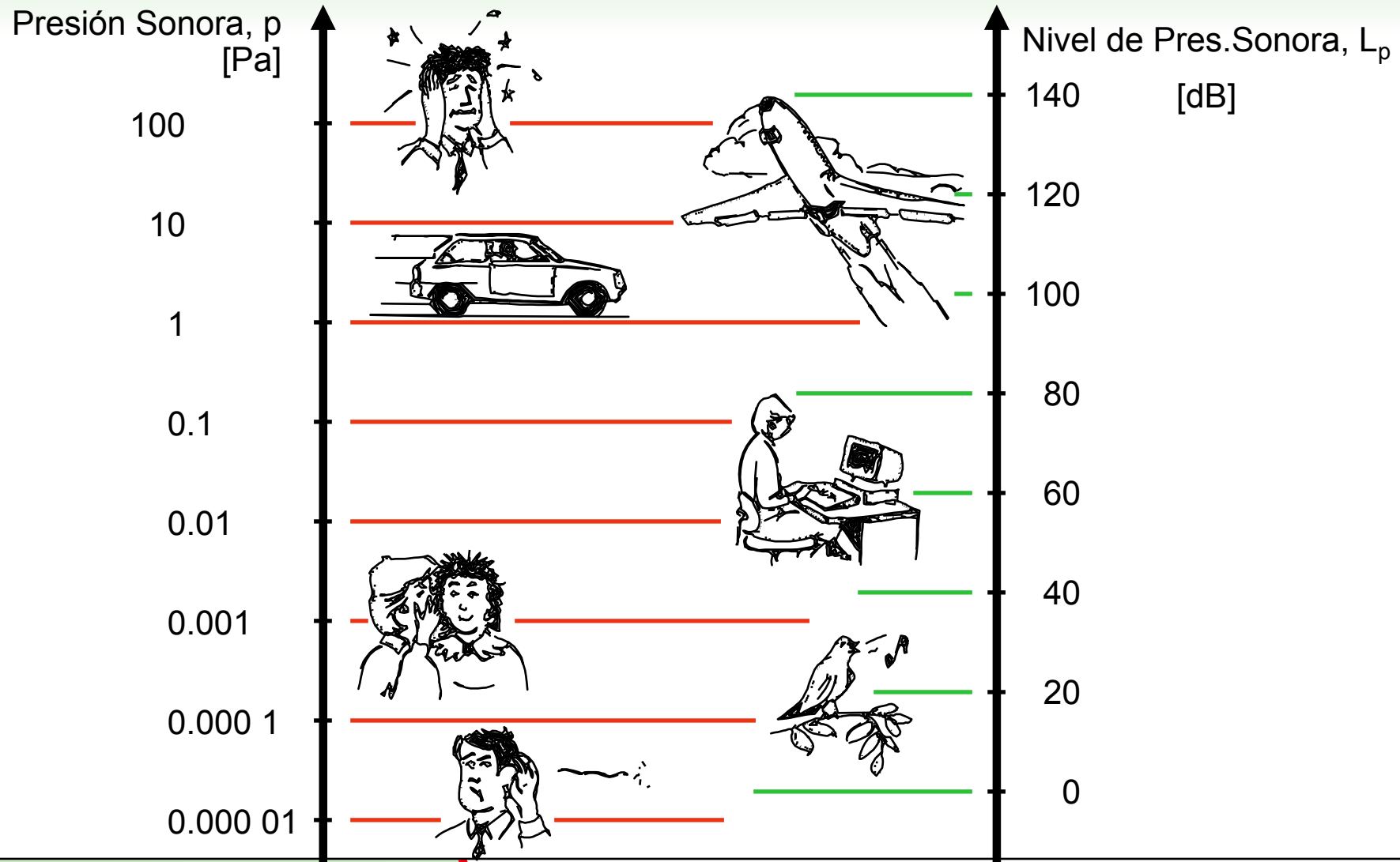
## Analogía



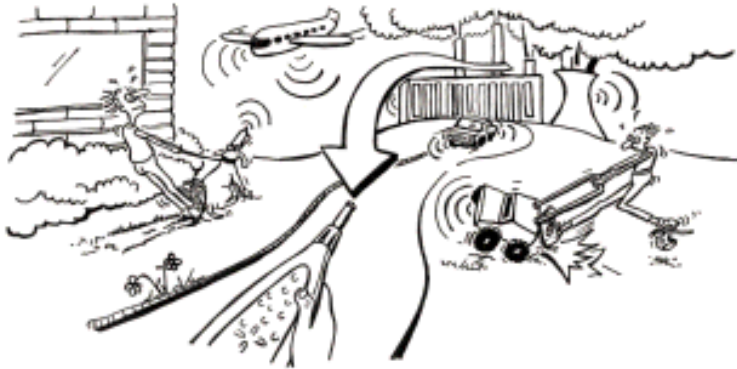
# Presión sonora



# Rango de niveles de presión sonora



# Suma de Fuentes Sonoras = Suma de dB

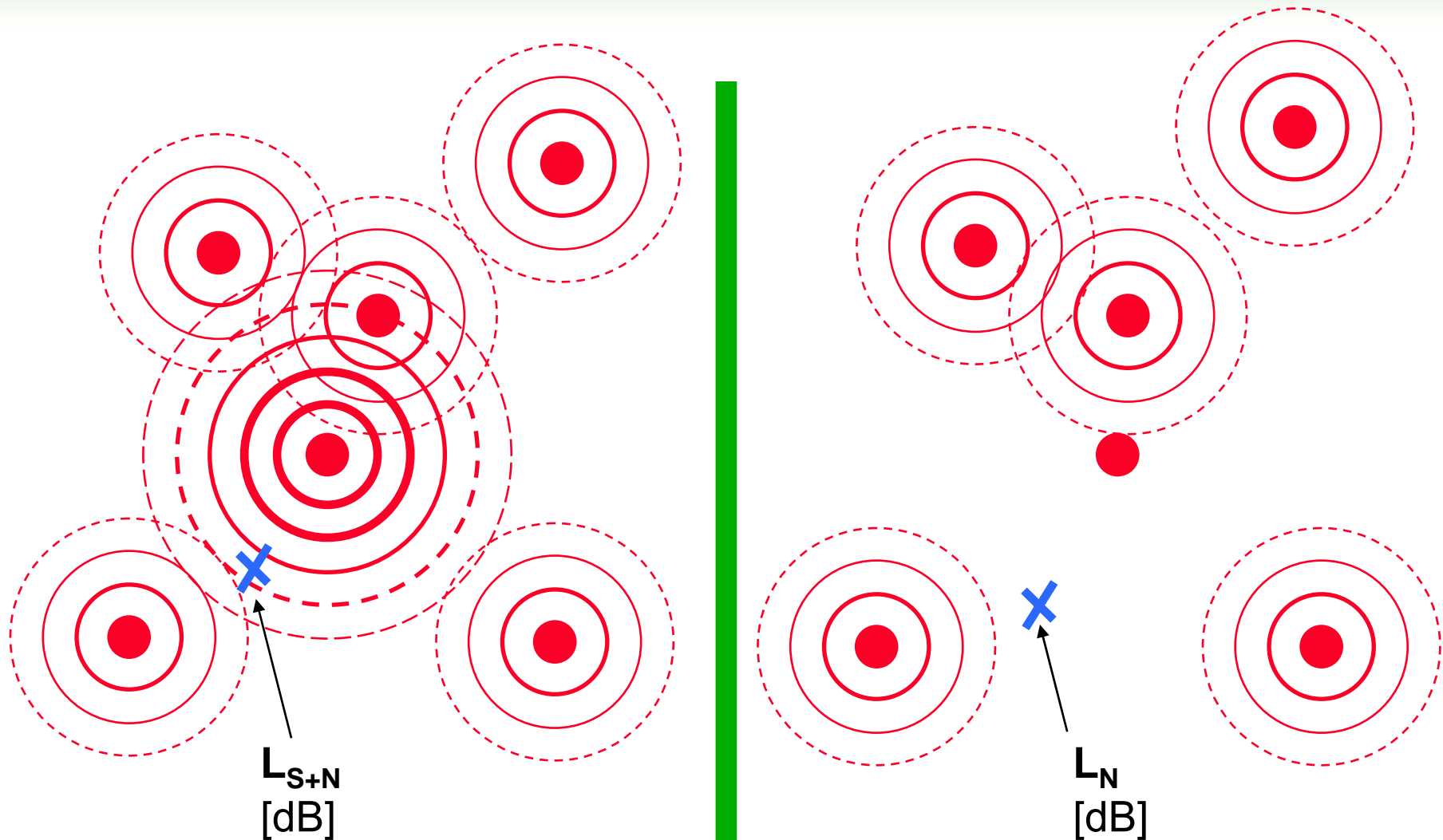


$$L_{\text{Total}} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

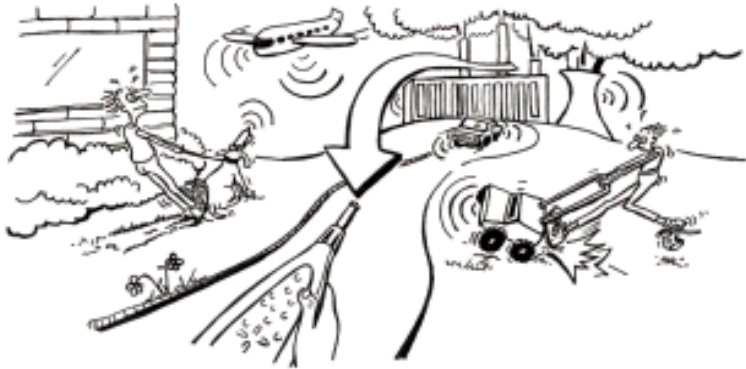
Ejemplo: Dos focos originan cada uno por separado los niveles L1 y L2

$$L_{\text{Total}} = 10 \log_{10} \left( 10^{\frac{L1}{10}} + 10^{\frac{L2}{10}} \right) = 10 \log \left( 10^{\frac{55}{10}} + 10^{\frac{51}{10}} \right) = 56'4 \text{dB}$$

# Resta de Niveles Sonoros (Ruido de Fondo $L_N$ )



# Resta de Niveles



$$L_S = 10 \log \left[ 10^{\frac{L_{S+N}}{10}} - 10^{\frac{L_N}{10}} \right]$$

Ejemplo: El Ruido Total  $L_{S+N}$  y el Ruido de Fondo  $L_N$

$$L_{\text{Total}} = 10 \log_{10} \left( 10^{\frac{60}{10}} - 10^{\frac{53}{10}} \right) = 59 \text{dB}$$

# El dB no sólo es de presión

- Nivel de Intensidad Sonora ( $I_{\text{ref}}$ :  $10^{-12}$  W/m<sup>2</sup>):

$$L_I = 10 \log \frac{I}{I_{\text{ref}}}$$

- Nivel de Presión Sonora ( $P_{\text{ref}}$ :  $2 \times 10^{-5}$  Pa):

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_{\text{ref}}^2} = 20 \log \frac{p}{p_{\text{ref}}}$$

- Nivel de Potencia Sonora ( $W_{\text{ref}}$ :  $10^{-12}$  W):

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_{\text{ref}}}$$

# Intensidad sonora

- La Intensidad Sonora es un vector. A parte de tener una magnitud (módulo), se mide en una dirección de propagación. La dirección puede ser positiva o negativa.

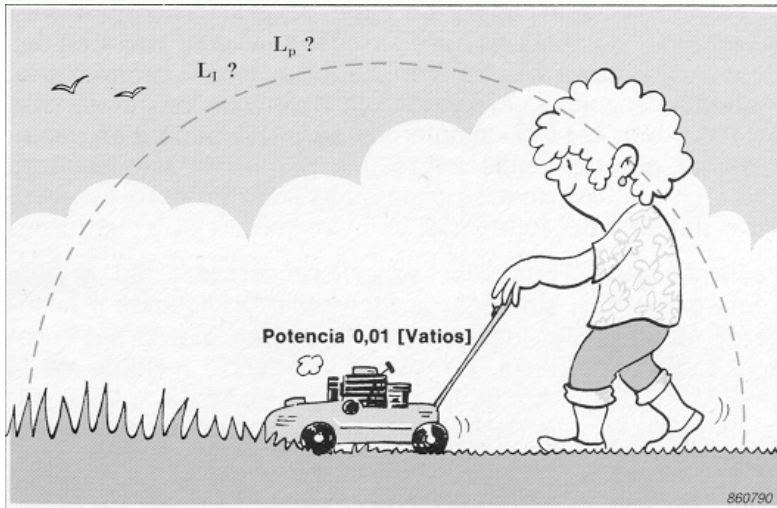
**¿Como definimos la dirección?**

**(+/-) dB (+/-)**

¿Decibelios negativos?

Indica la dirección

# Ejemplos



$W = 0,01$  vatios

¿Cuales son  $L_p$  y  $L_i$  a 1,5 metros de distancia?

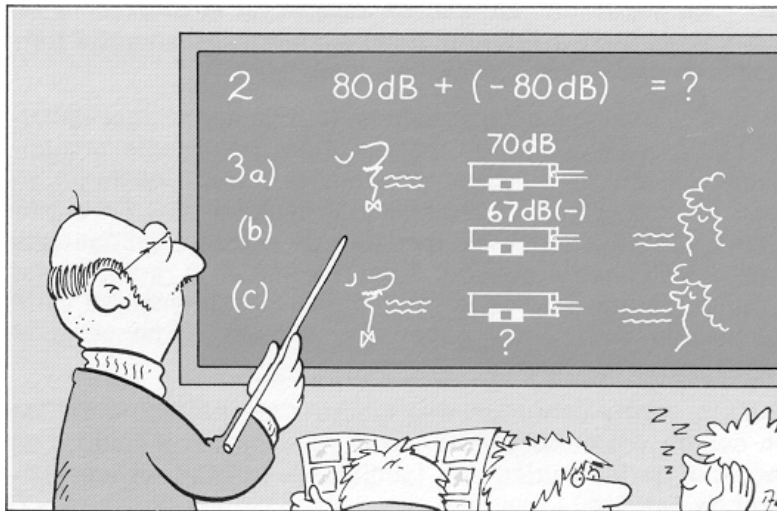
Recordemos:

En campo libre  $L_p = L_i$

Semiesfera =  $2 \times \pi \times r^2$  (14 m<sup>2</sup>)

$I = 0,01/14$  (W/m<sup>2</sup>)

$L_i = L_p = 88,5$  dB



Recordemos:

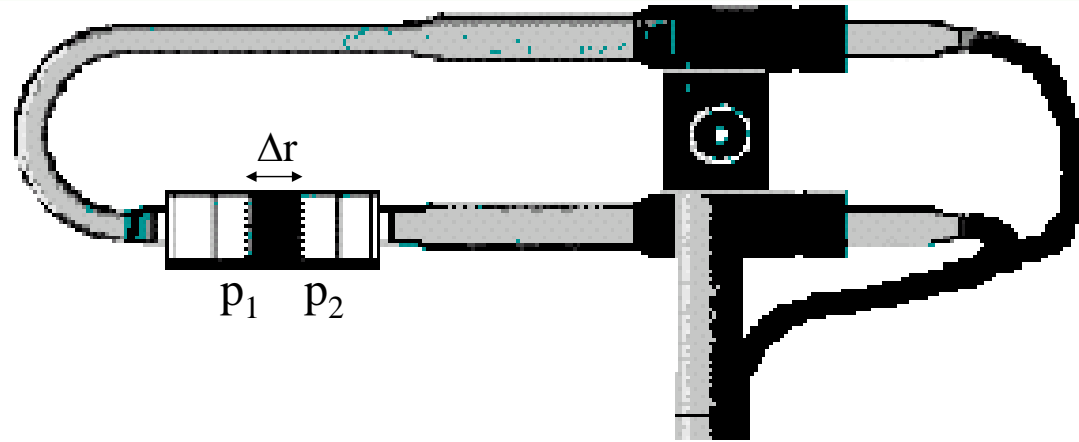
$$I = I_0 10^{\frac{L_I}{10}}$$

$I_0 = 1e-12$  W/m<sup>2</sup>

# ¿Cómo se mide la Intensidad Sonora?

$$I_r = \overline{p(t) \cdot v_r(t)}$$

La Intensidad Sonora en una dirección “r” se mide con dos micrófonos con una pequeña distancia de separación



La presión promedio se mide como:  $p = \frac{p_1 + p_2}{2}$

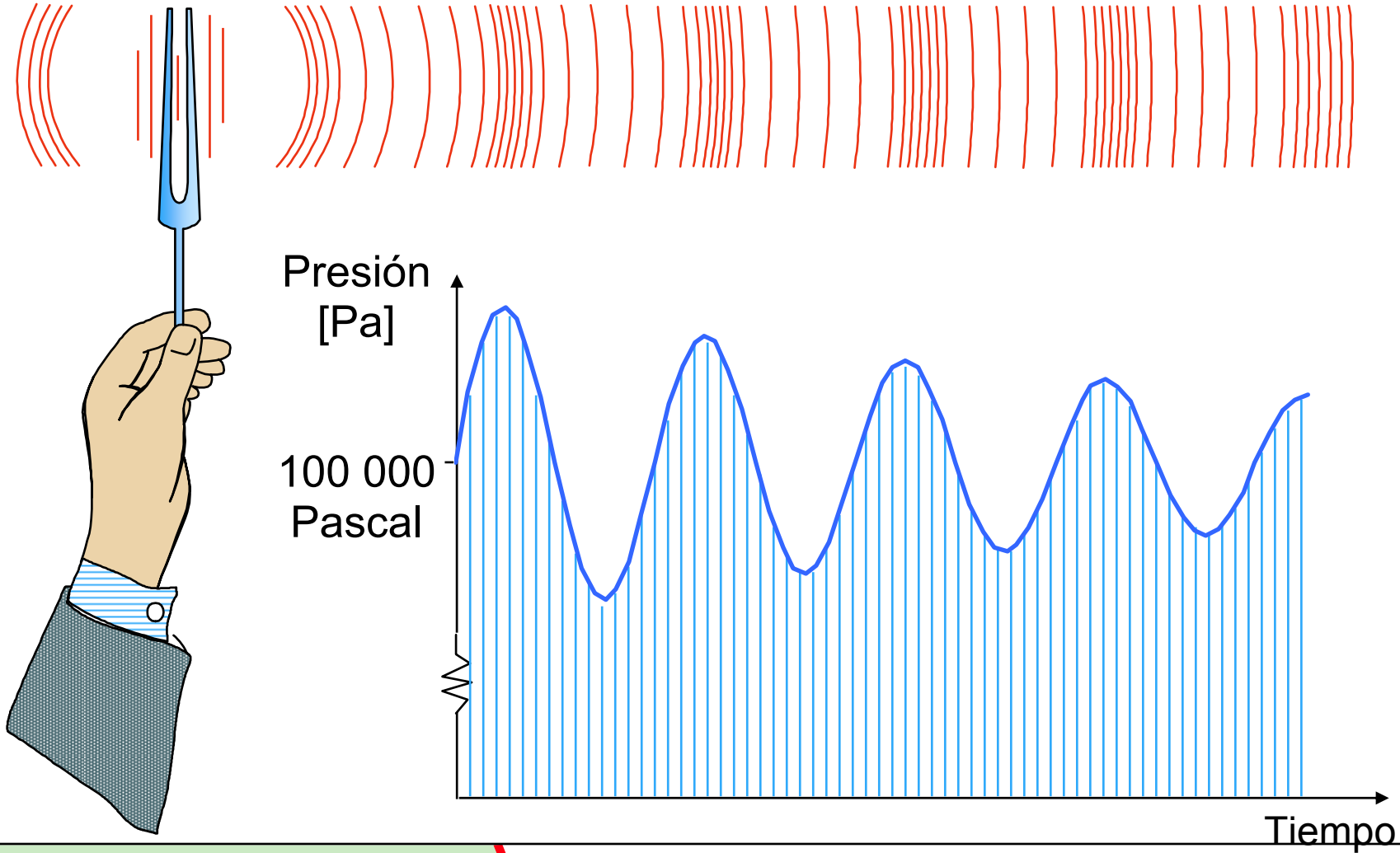
La velocidad media de las partículas se mide:  $v = -\frac{1}{\rho} \int \frac{p_1 - p_2}{\Delta r} dt$

La Intensidad Sonora es:  $I = -\frac{p_1 + p_2}{2\rho\Delta r} \int (p_1 - p_2) dt$

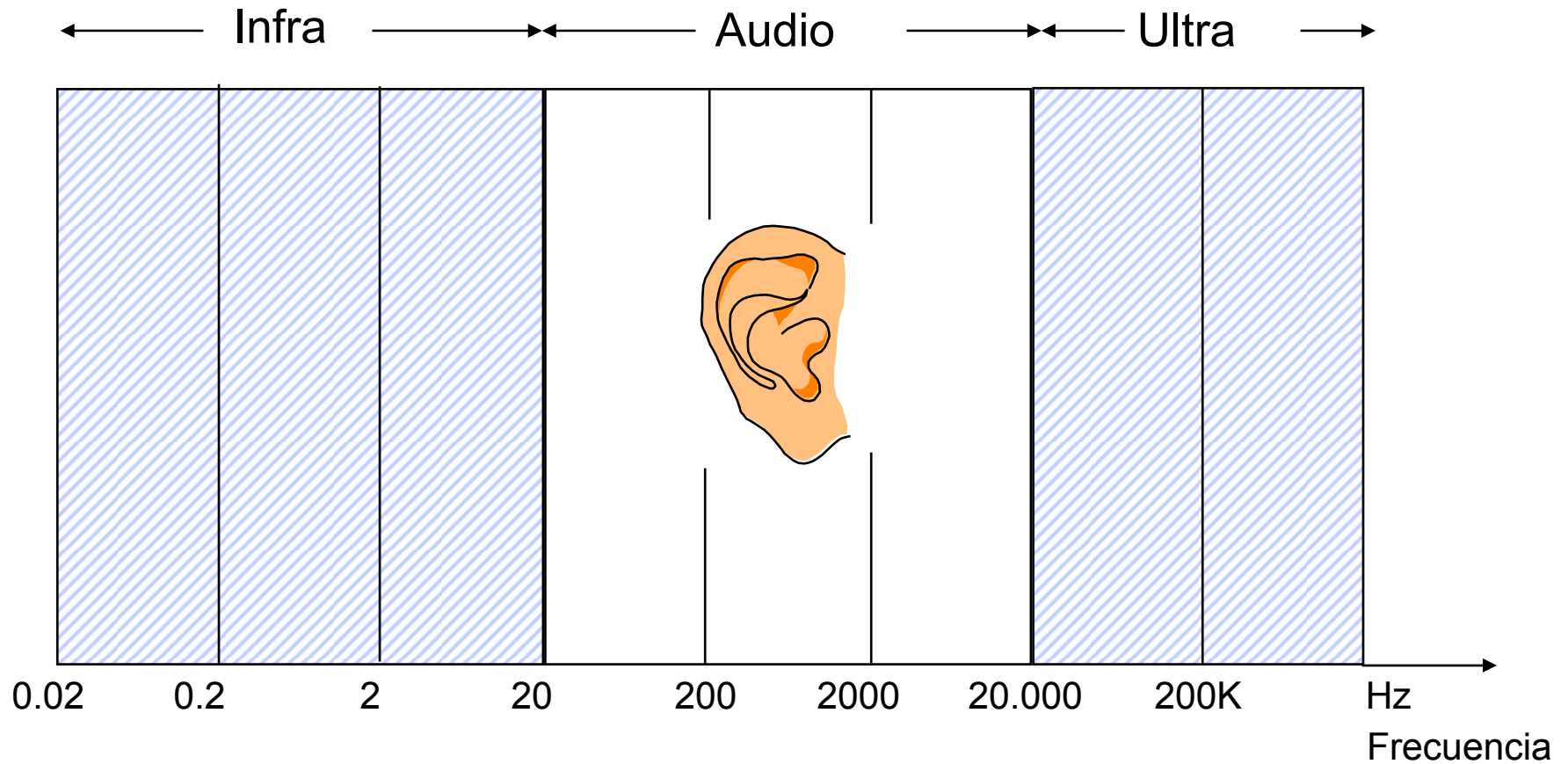
# La Frecuencia del Sonido



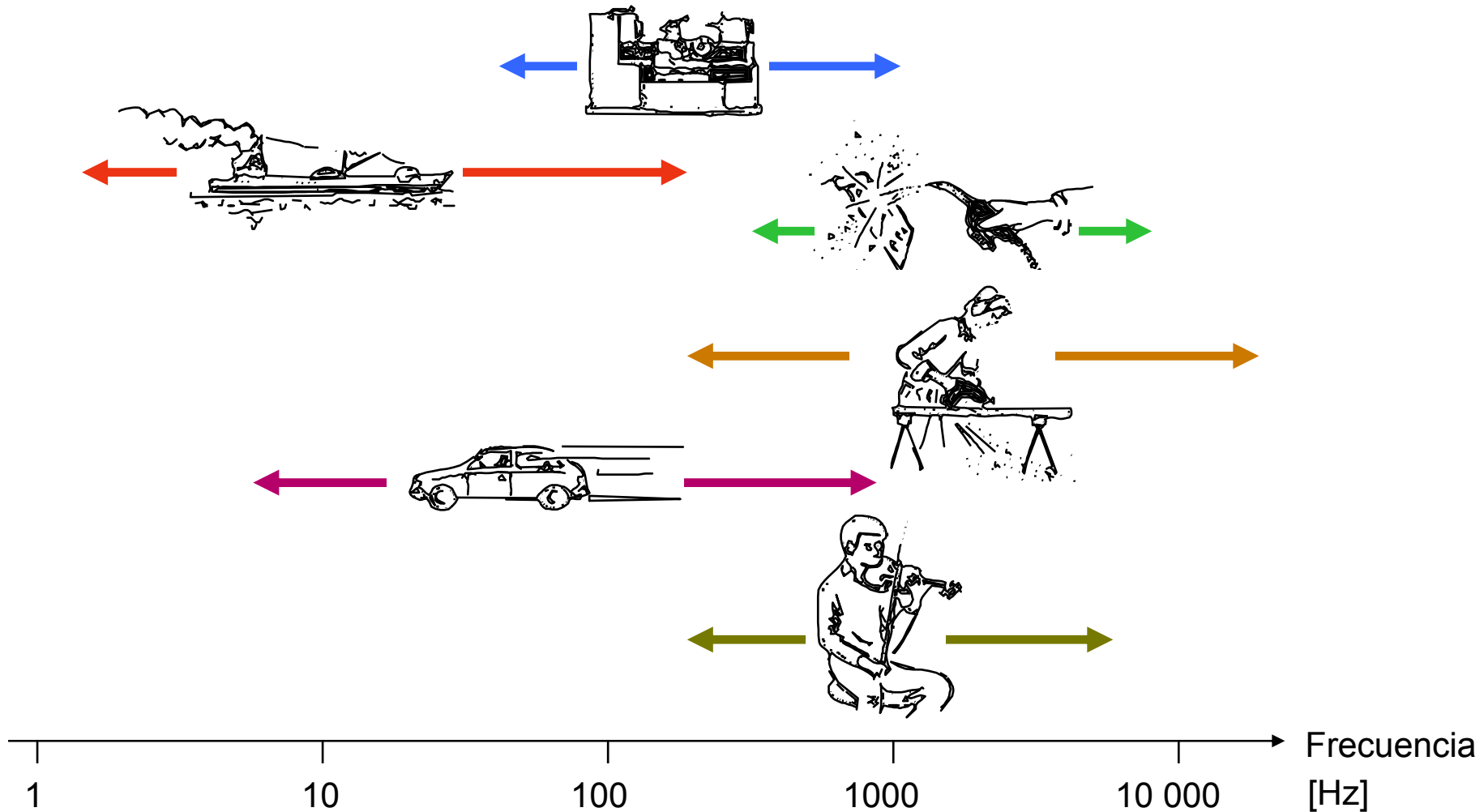
# Presión sonora



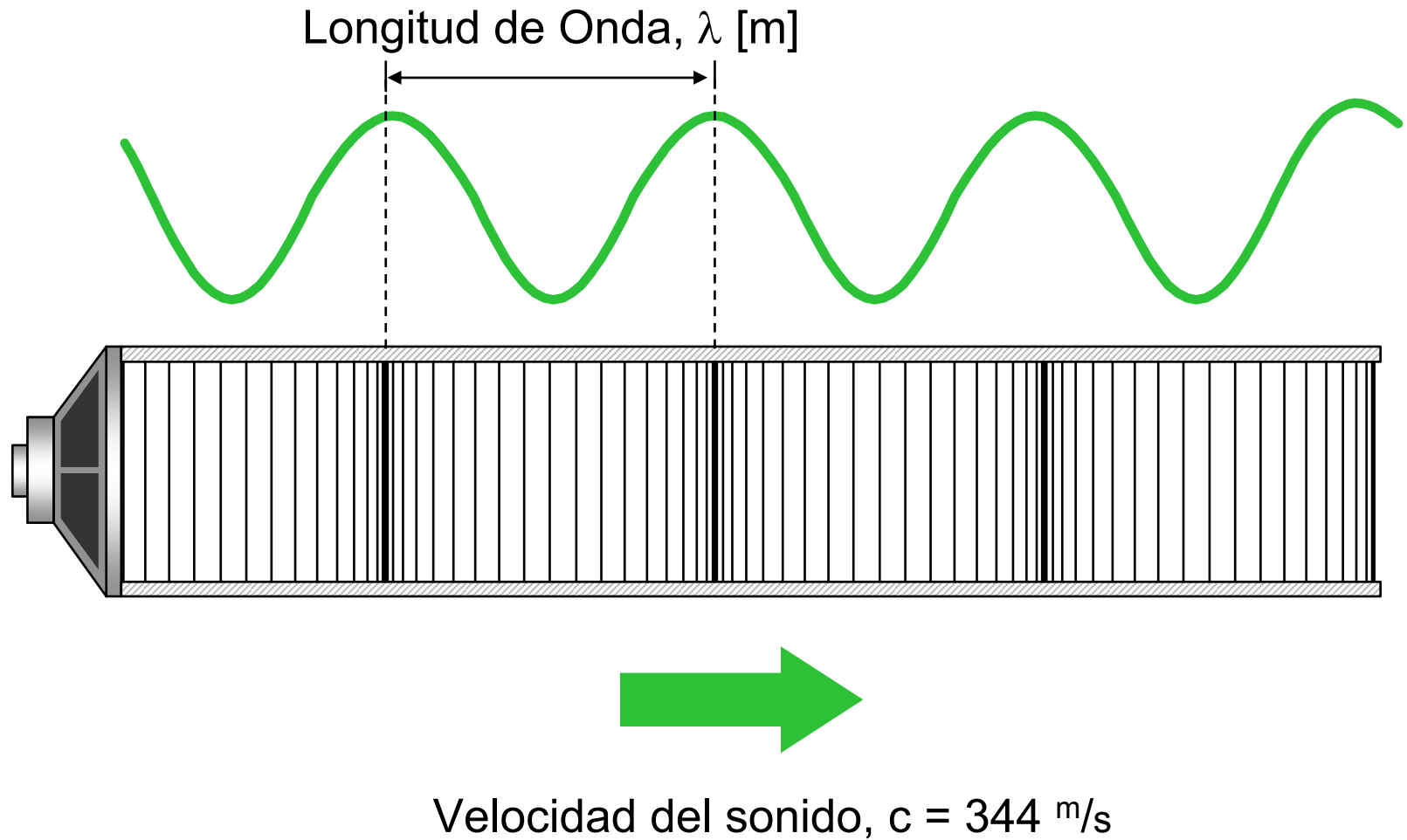
# Frecuencias del Sonido



# Rangos Frecuenciales de Diversos Sonidos

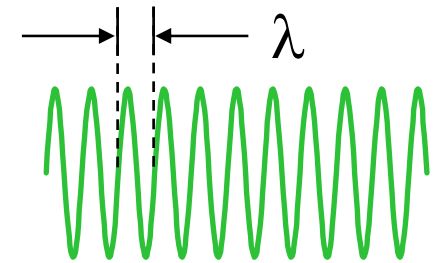
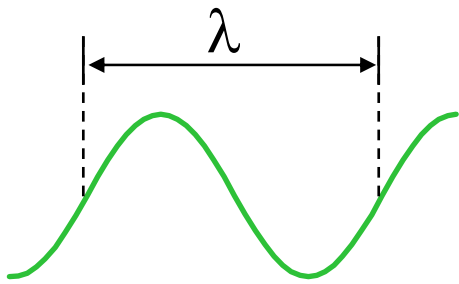


# Longitud de Onda

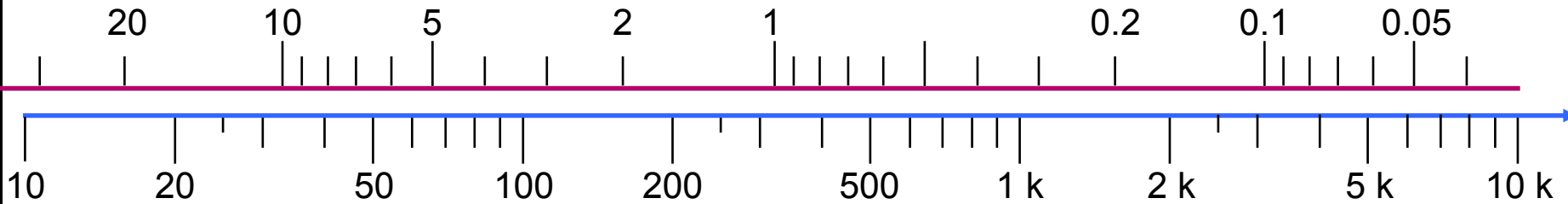


# Longitud de Onda y Frecuencia

$$\lambda = \frac{c}{f}$$



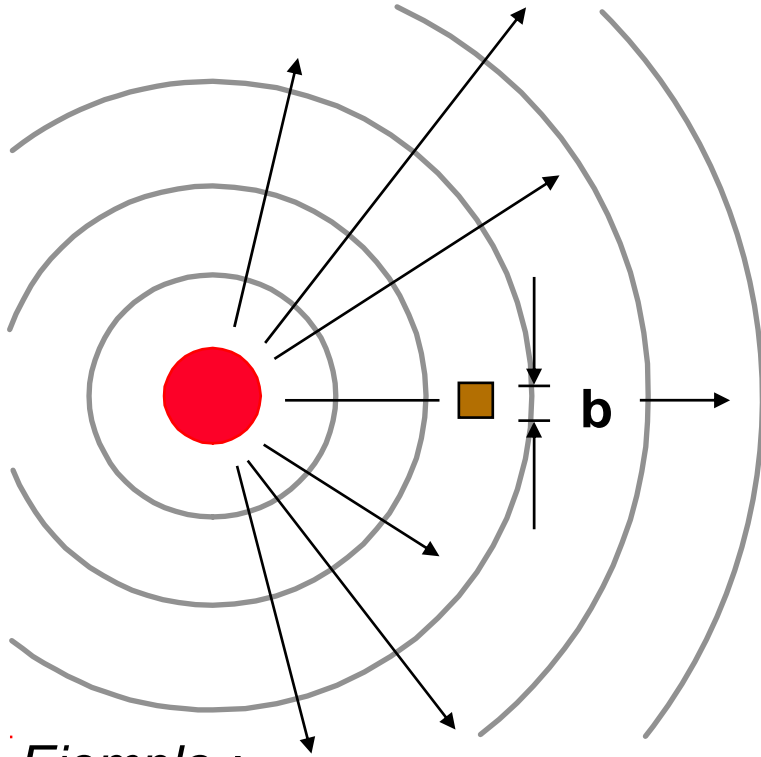
Longitud de onda,  $\lambda$  [m]



Frecuencia,  $f$  [Hz]

# Difracción del Sonido

$$b \ll \lambda$$

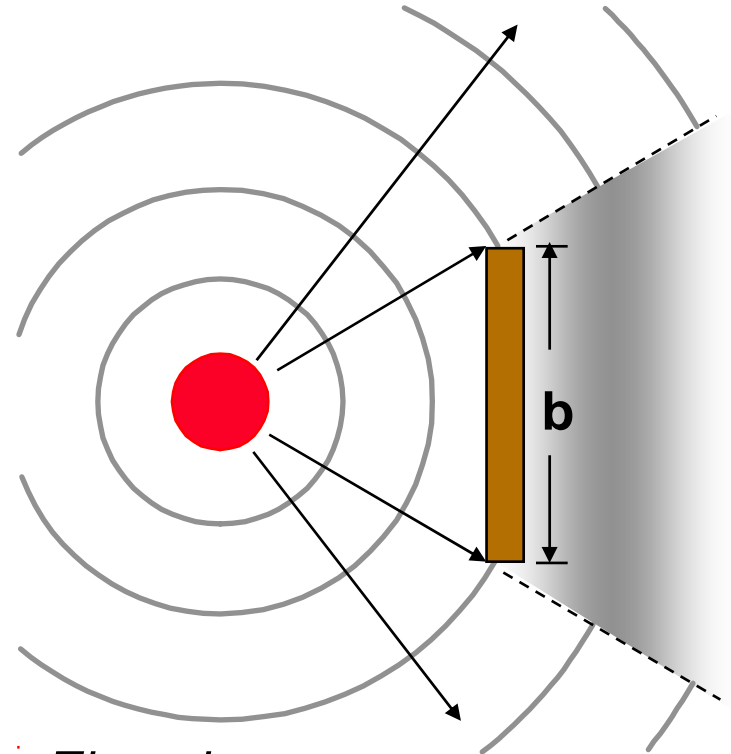


*Ejemplo :*

$$b = 0.1 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.344 \text{ m } (\approx f = 1 \text{ kHz})$$

$$b \gg \lambda$$



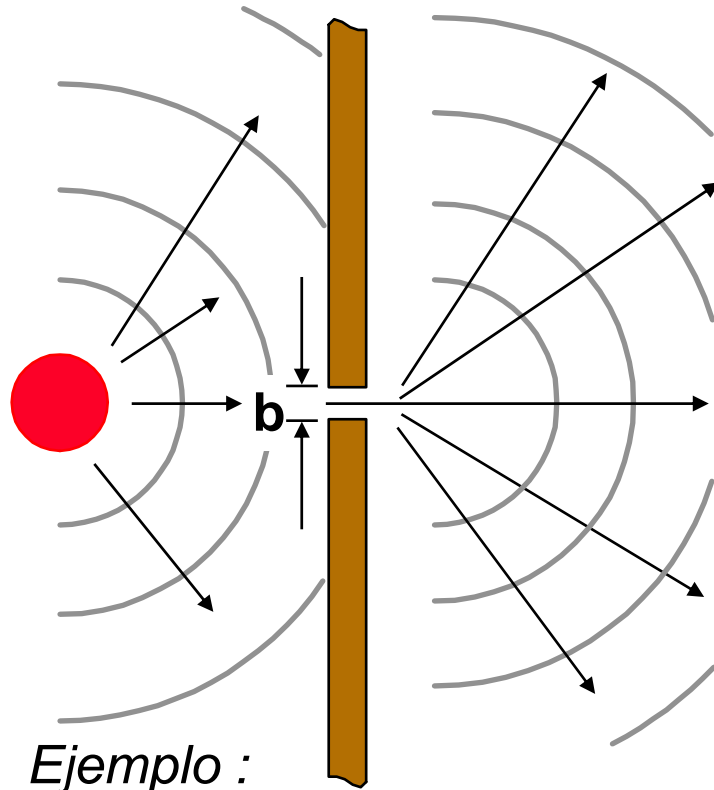
*Ejemplo:*

$$b = 1 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.344 \text{ m } (\approx f = 1 \text{ kHz})$$

# Difusión del Sonido

$$b \ll \lambda$$

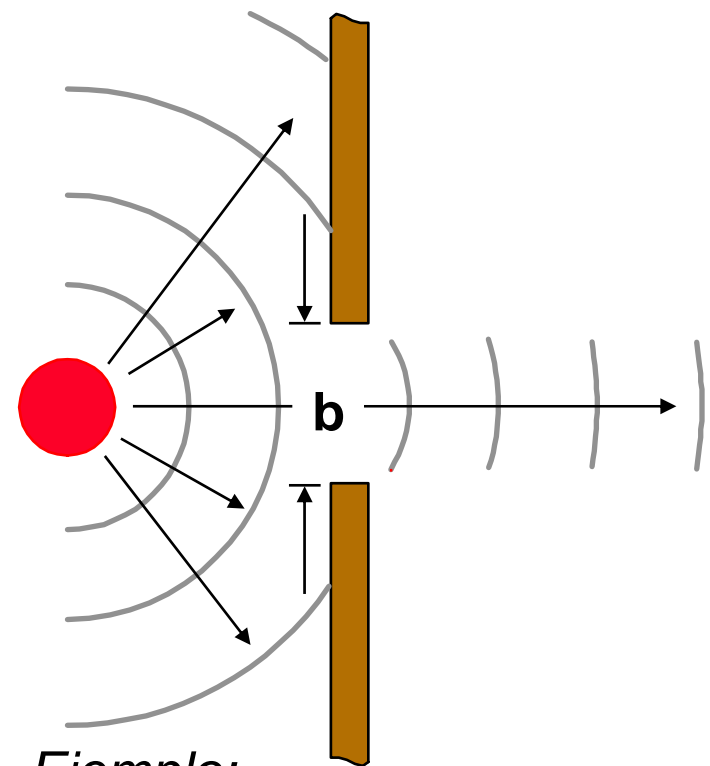


*Ejemplo :*

$$b = 0.1 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.344 \text{ m } (\approx f = 1 \text{ kHz})$$

$$b \gg \lambda$$

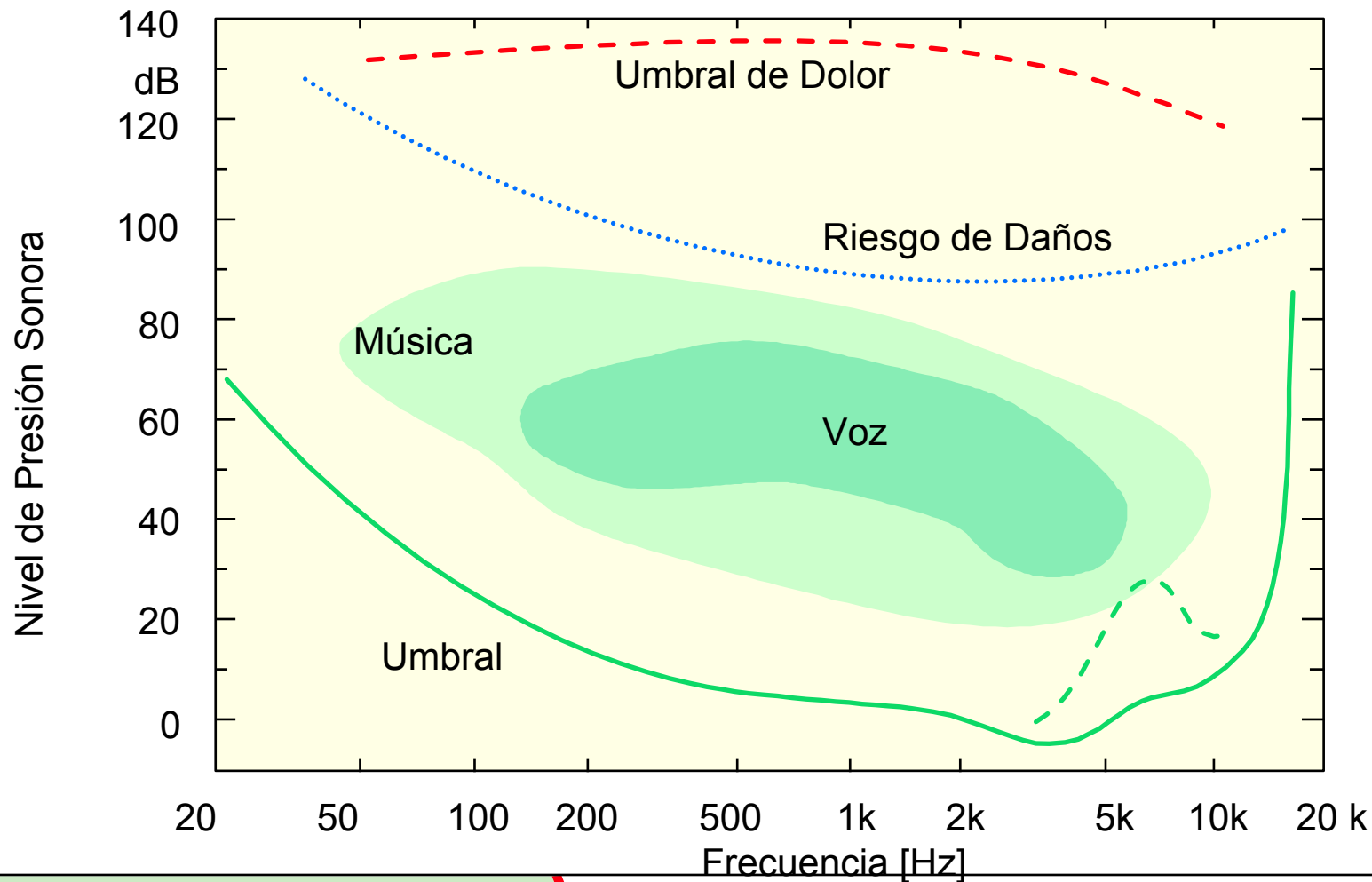


*Ejemplo:*

$$b = 0.5 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.344 \text{ m } (\approx f = 1 \text{ kHz})$$

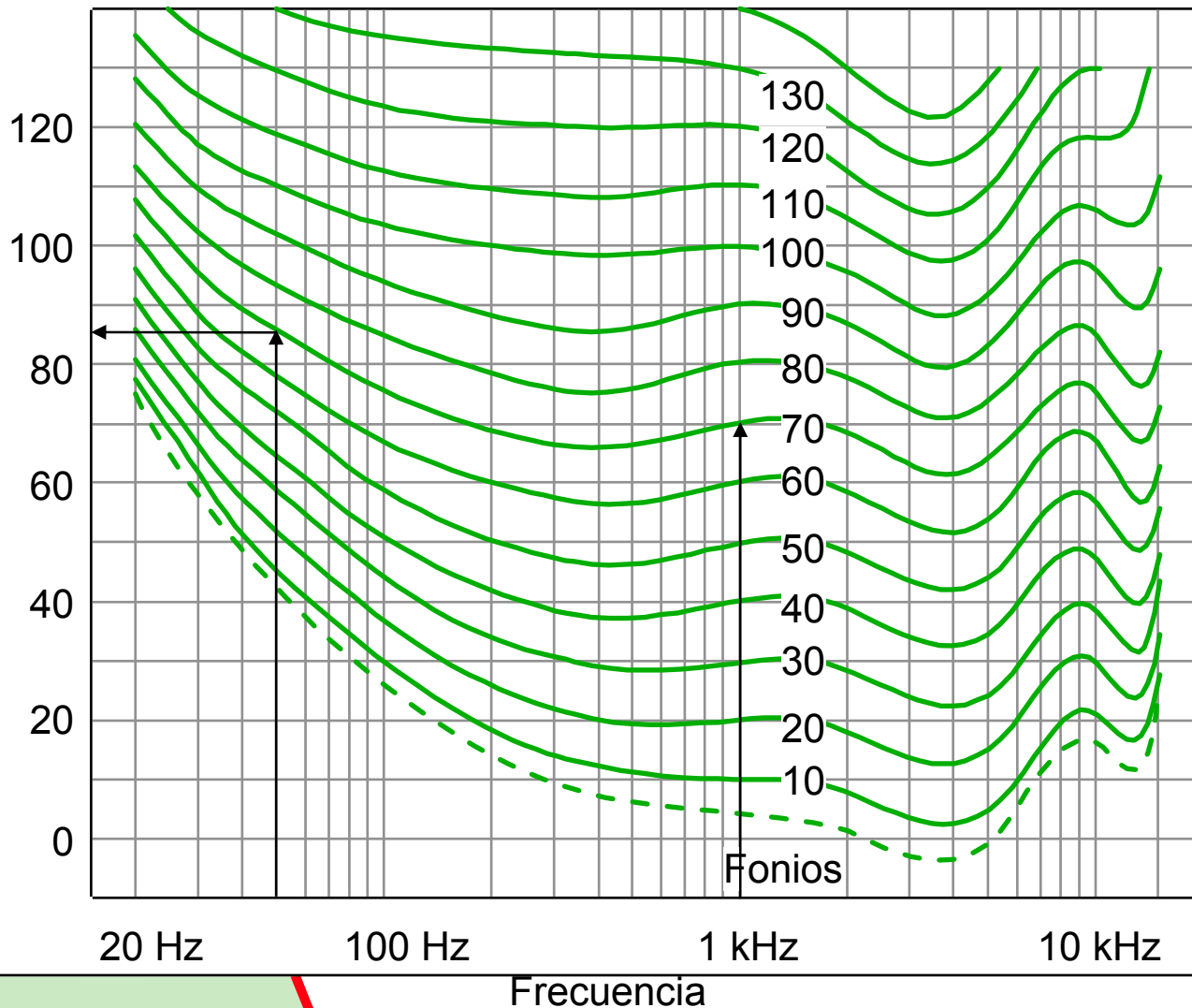
# CAMPO AUDIBLE



# Contornos de Igual Sonoridad para Tonos Puros

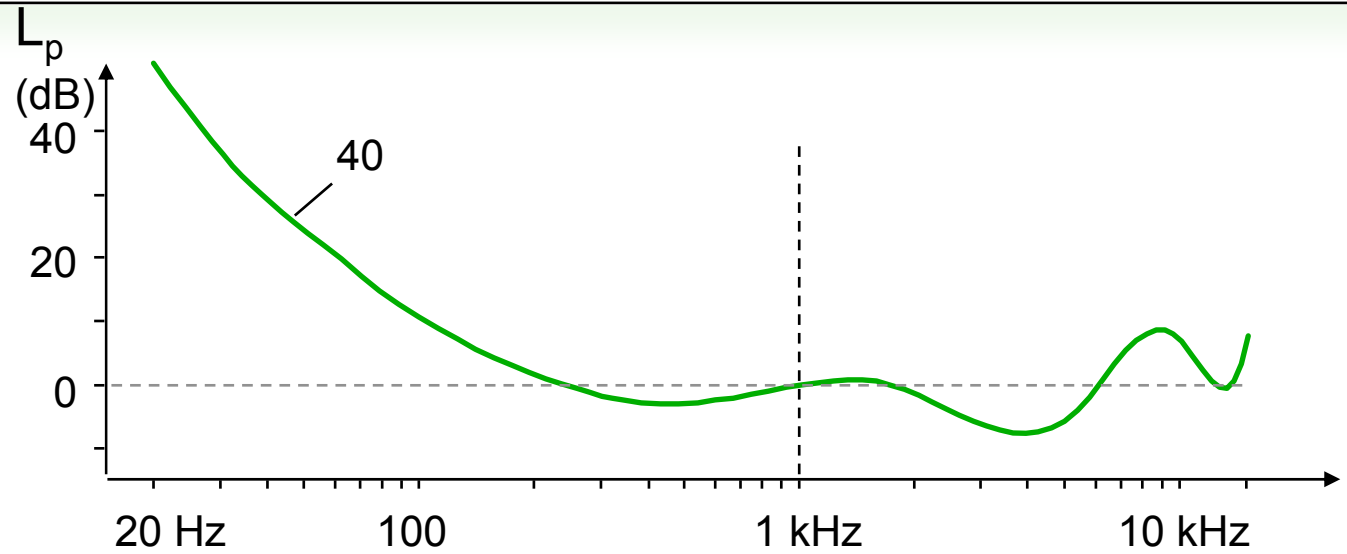
Nivel de presión sonora,  $L_p$  (dB ref 20  $\mu\text{Pa}$ )

Ej. Un tono de 50 Hz debe ser 15 dB más alto que un tono de 1 k Hz para da la misma sonoridad subjetiva

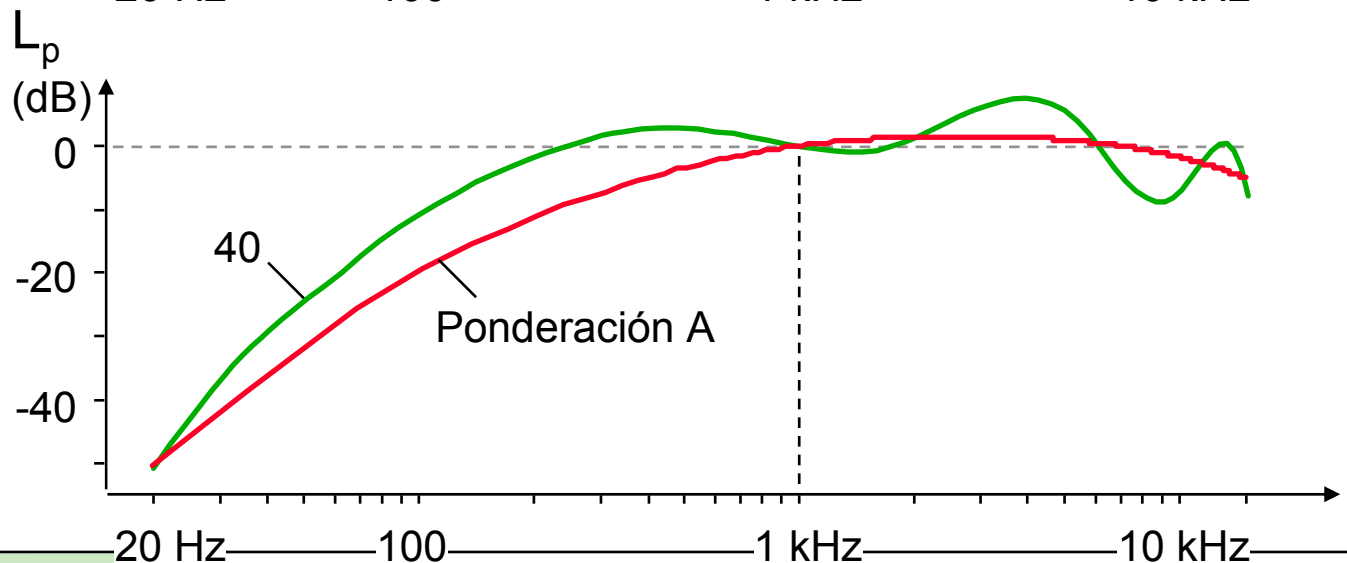


# Contorno de 40 dB y Ponderación A

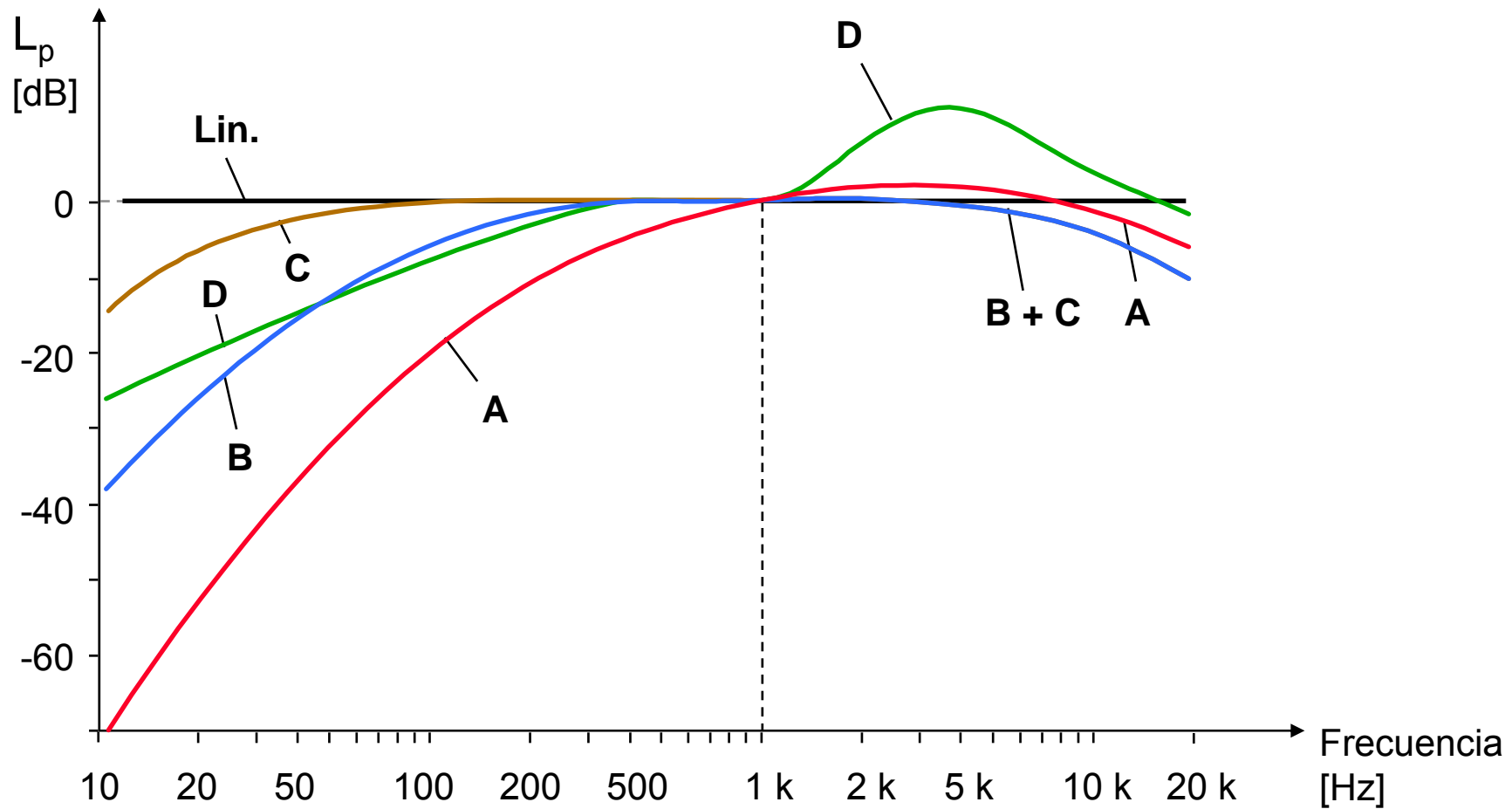
- Contorno de Igual Sonoridad de 40 dB normalizado a 0 dB a 1 kHz



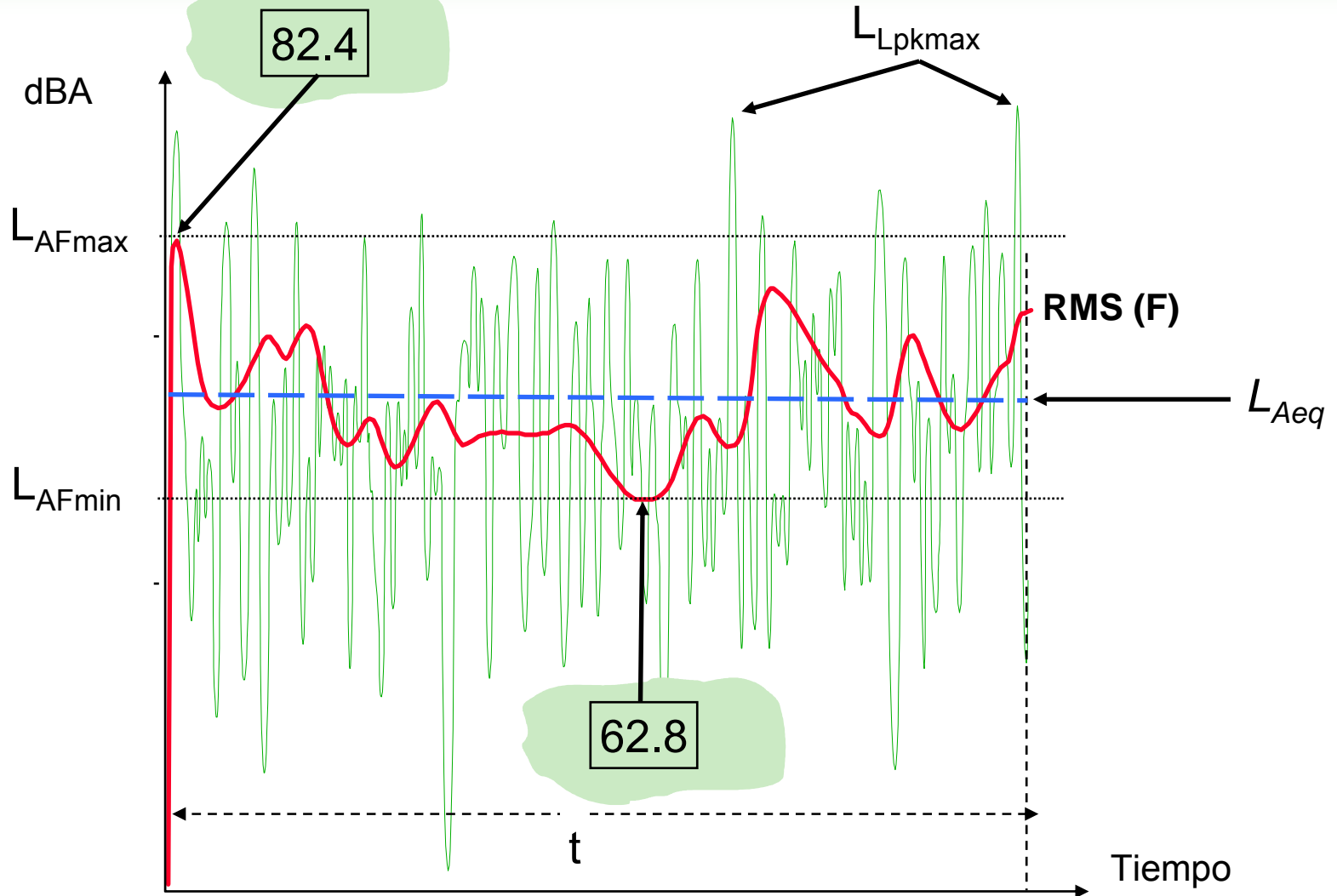
- Contorno de Igual Sonoridad de 40 dB invertido y comparado con la curva de ponderación A



# Curvas de Ponderación Frecuencial

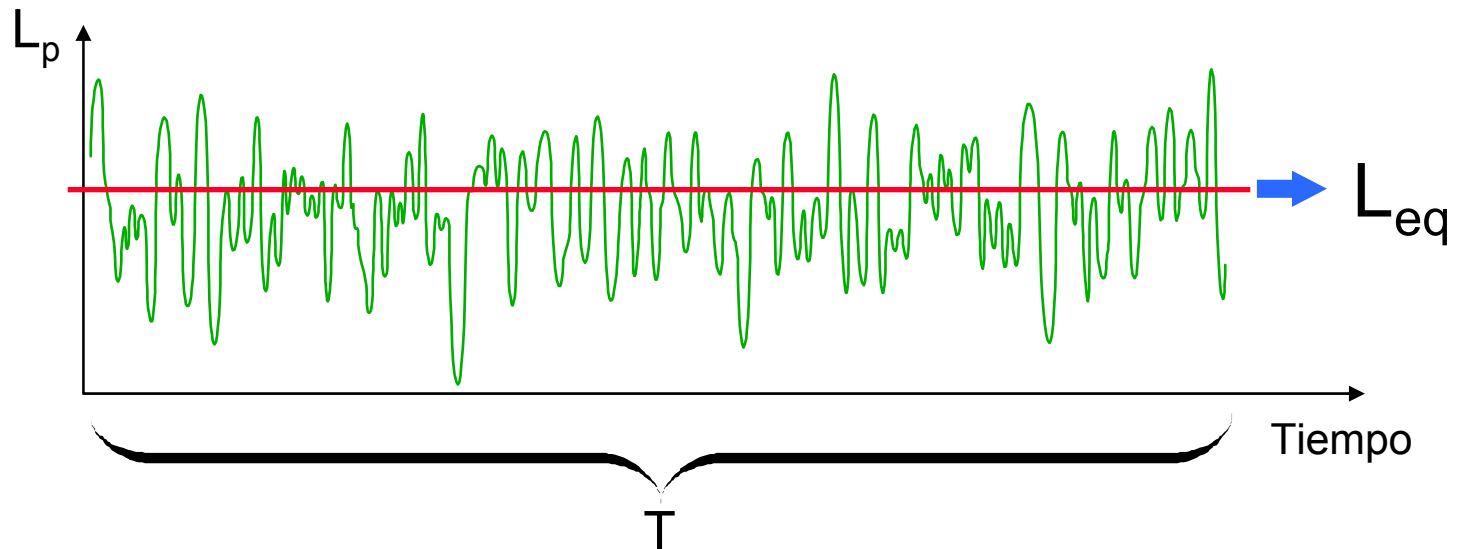


# Parámetros de medida de ruido

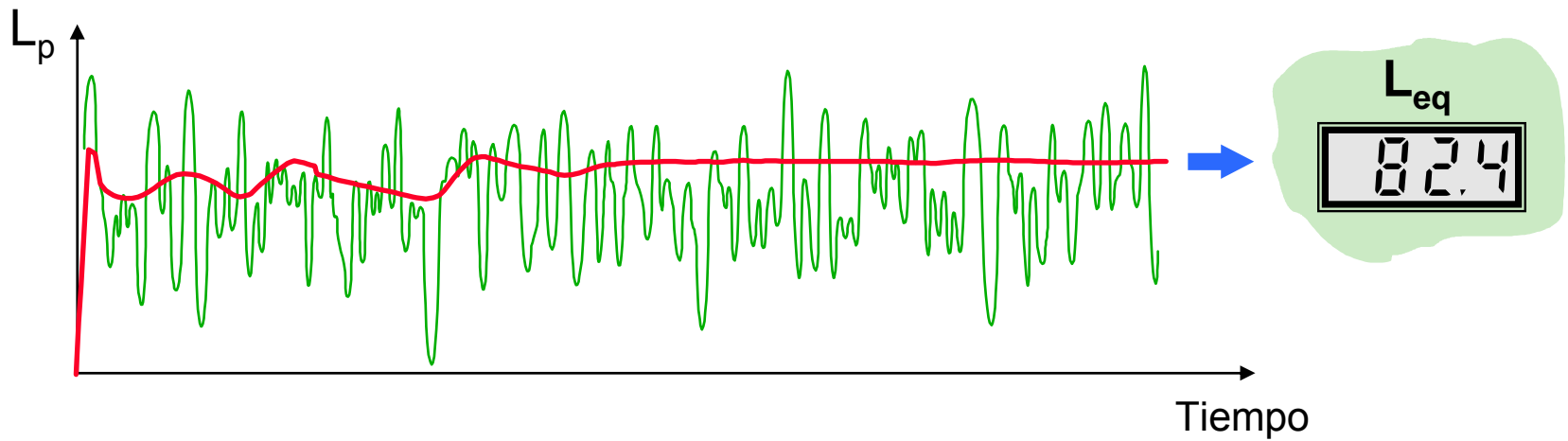


# Nivel Continuo Equivalente, $L_{eq}$

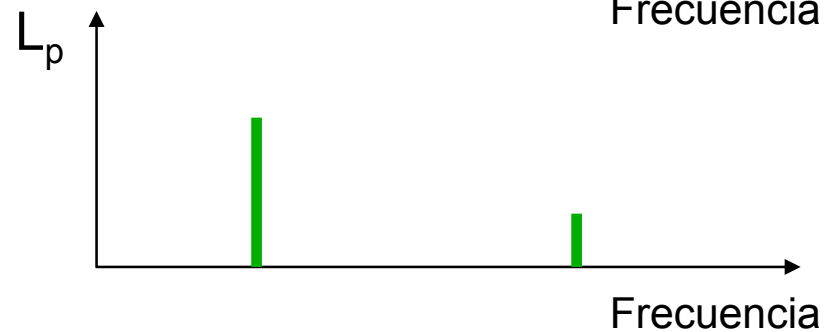
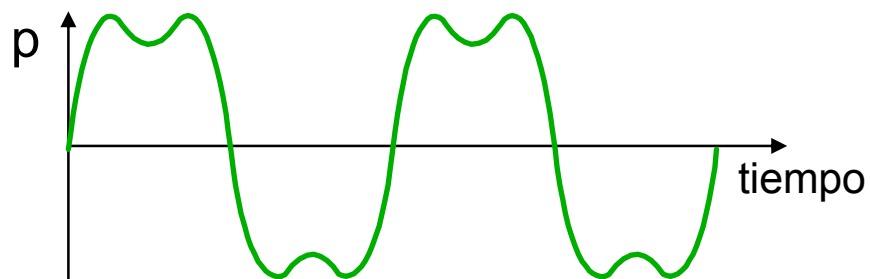
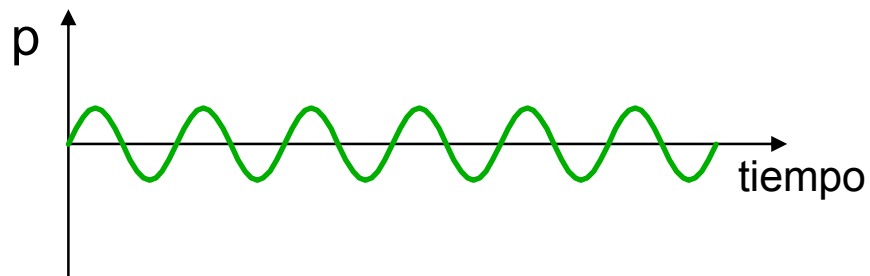
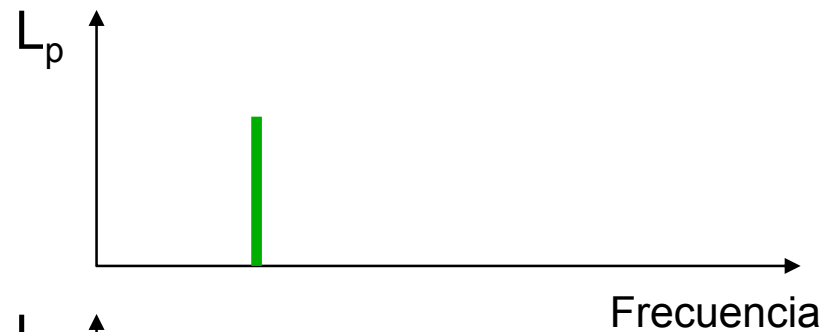
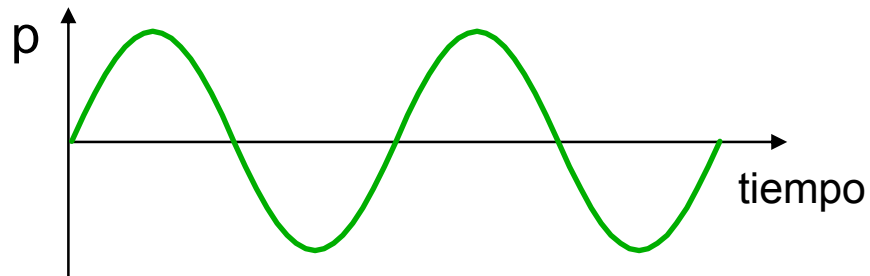
$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt$$



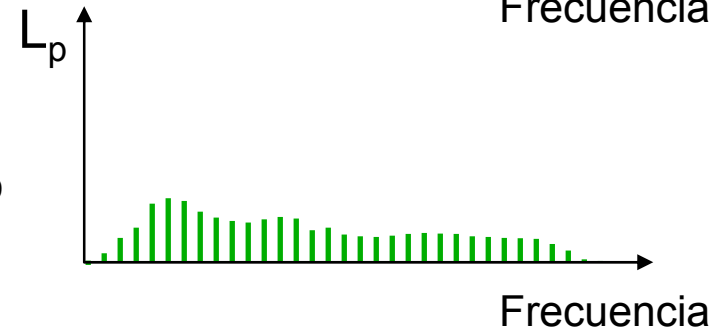
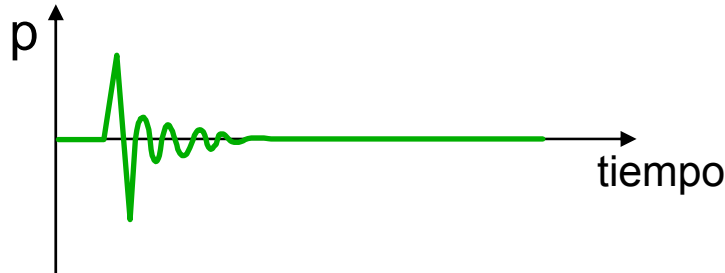
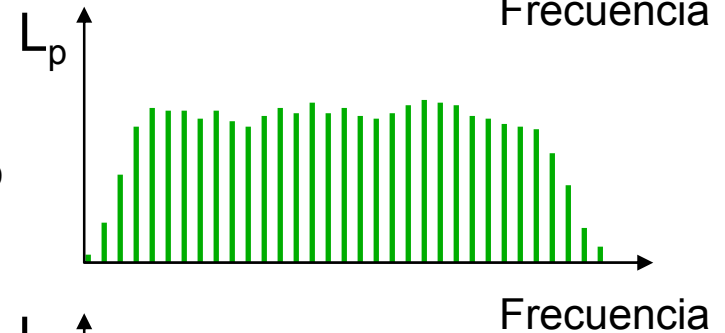
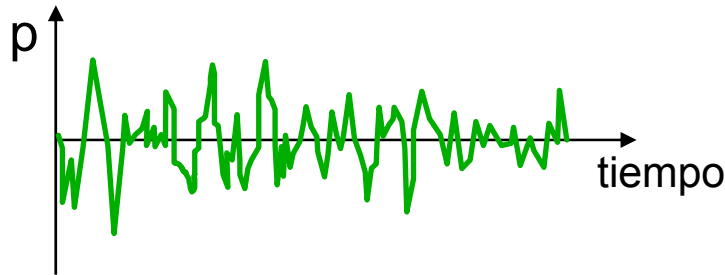
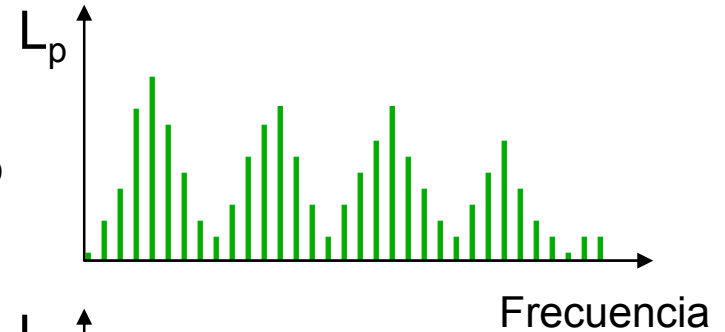
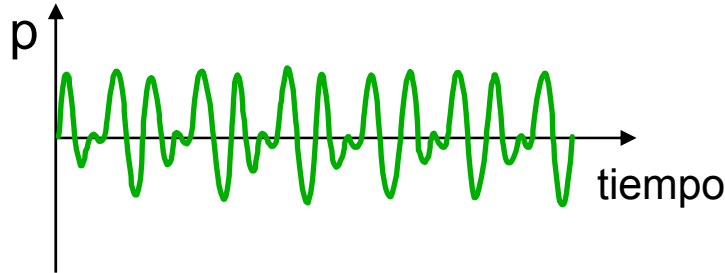
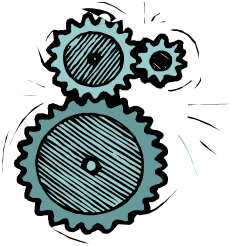
# Medida del $L_{eq}$



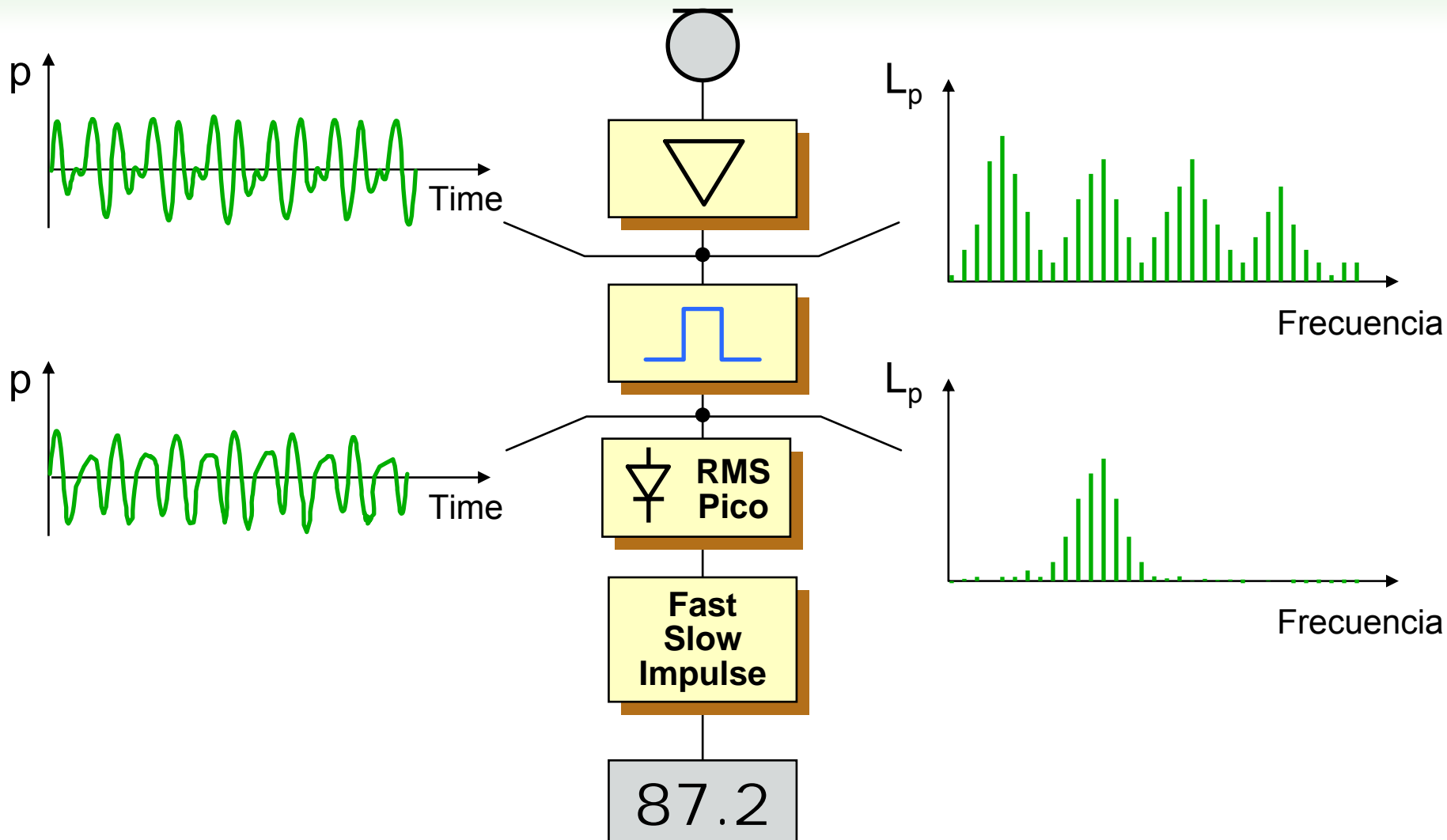
# Formas de Onda y Frecuencias



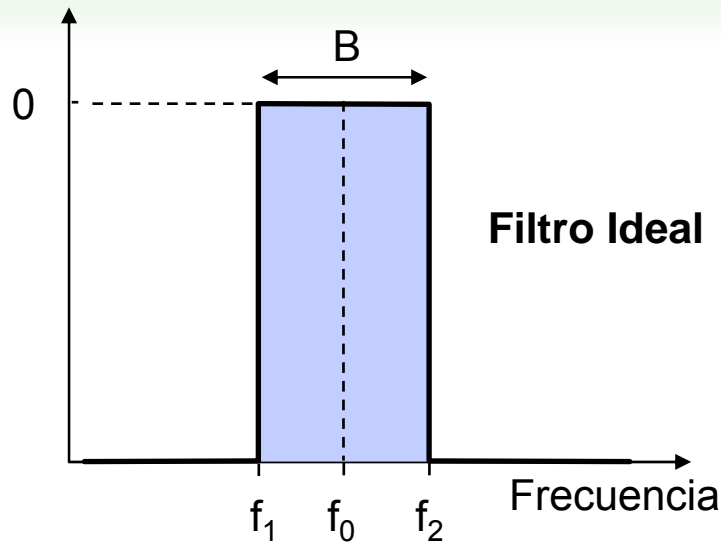
# Frecuencias de Sonidos y Ruidos Típicos



# Filtros de Frecuencias

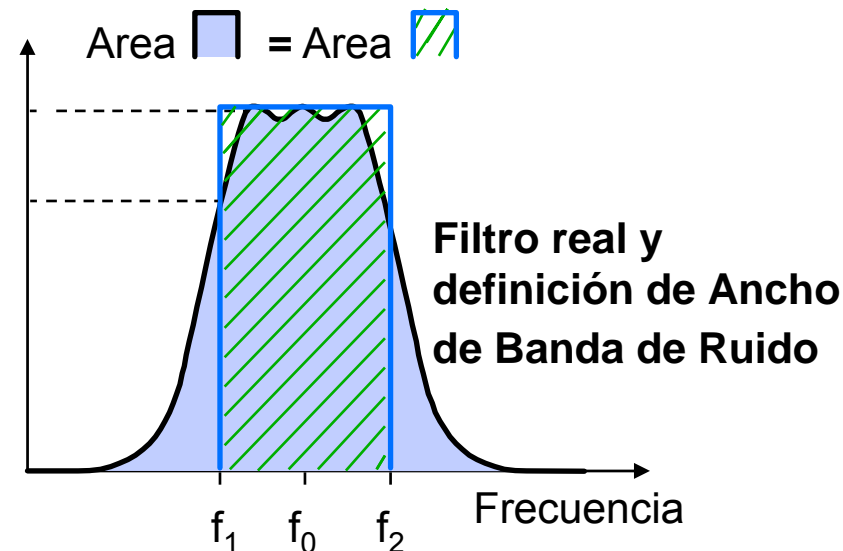
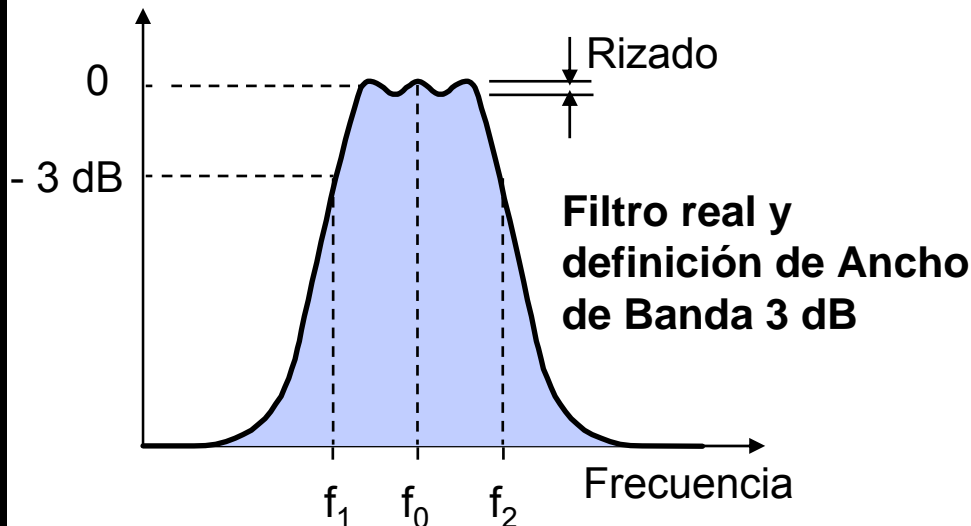


# Filtros Paso Banda y Ancho de Banda

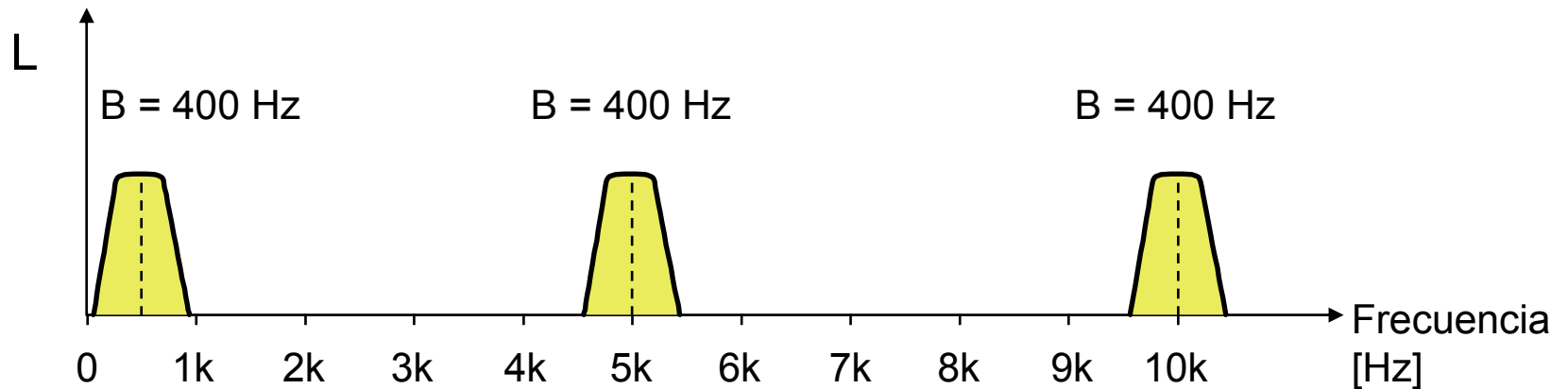


$$\text{Ancho de Banda} = f_2 - f_1$$

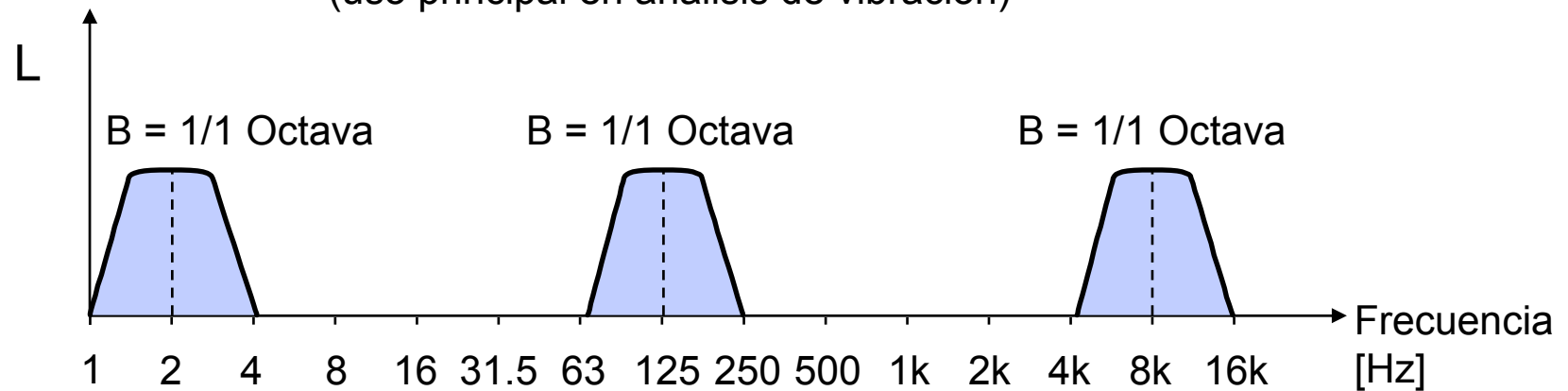
$$\text{Frec. Central} = f_0$$



# Tipos de Filtros y Escalas de Frecuencia

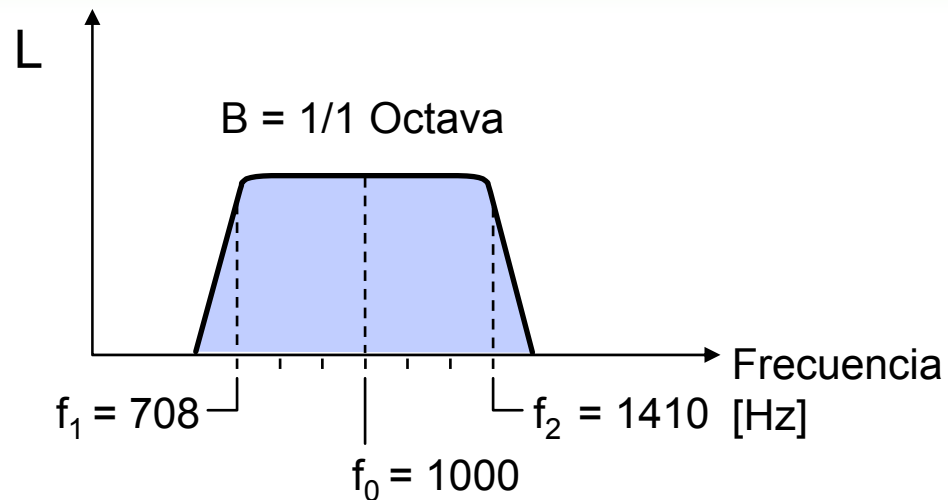


**Eje de Frecuencias Lineal**  
(uso principal en análisis de vibración)



**Eje de Frecuencia Logarítmico**  
(uso principal en análisis de sonidos)

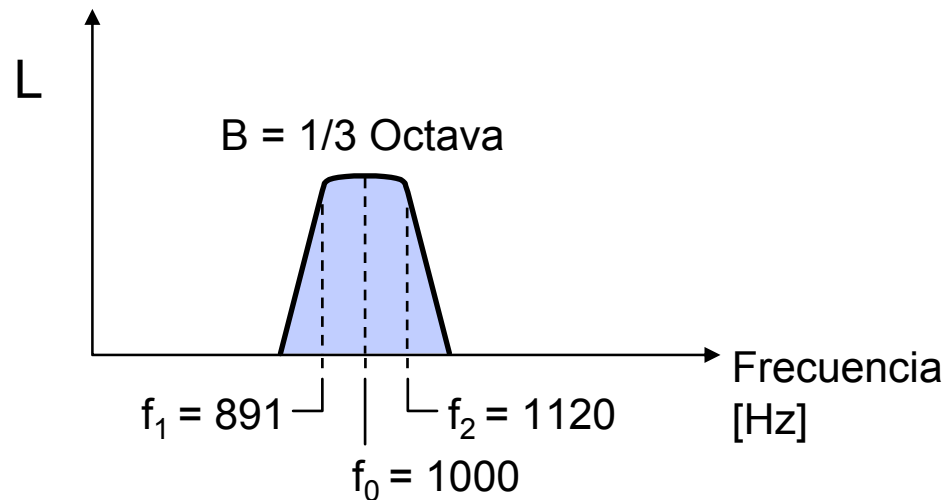
# Filtros de 1/1 y 1/3 Octava



**1/1 Octava**

$$f_2 = 2 \times f_1$$

$$B = 0.7 \times f_0 \approx 70\%$$

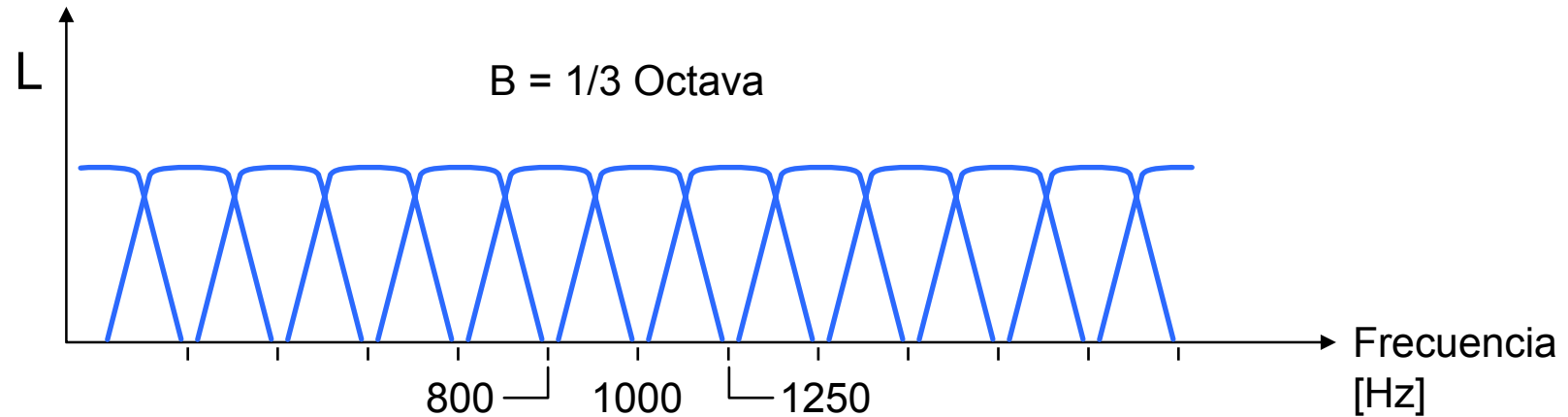
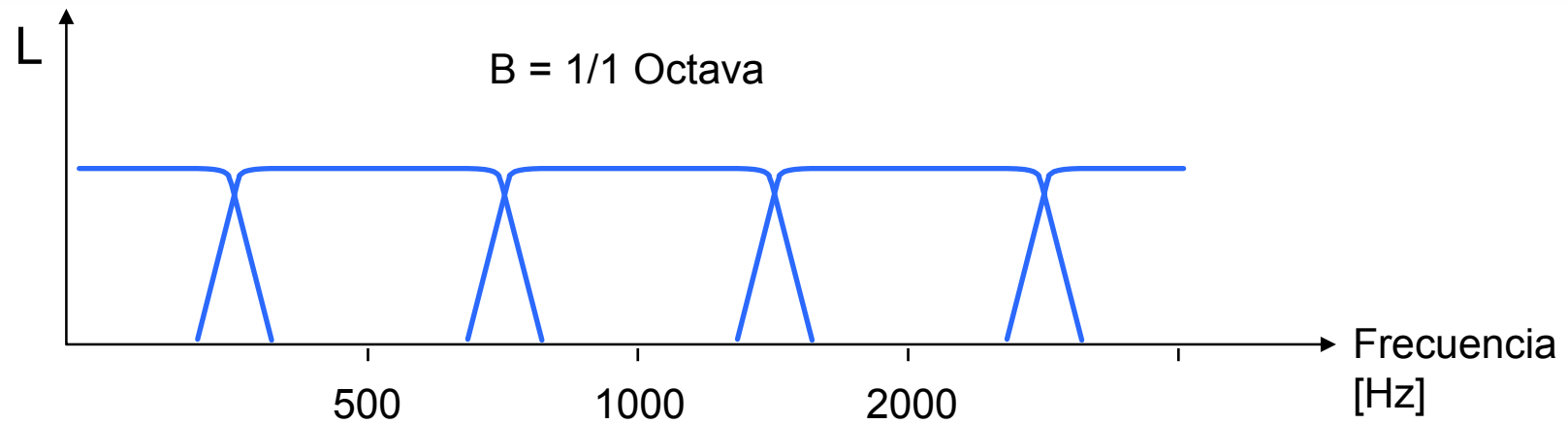


**1/3 Octava**

$$f_2 = \sqrt[3]{2} \times f_1 = 1.25 \times f_1$$

$$B = 0.23 \times f_0 \approx 23\%$$

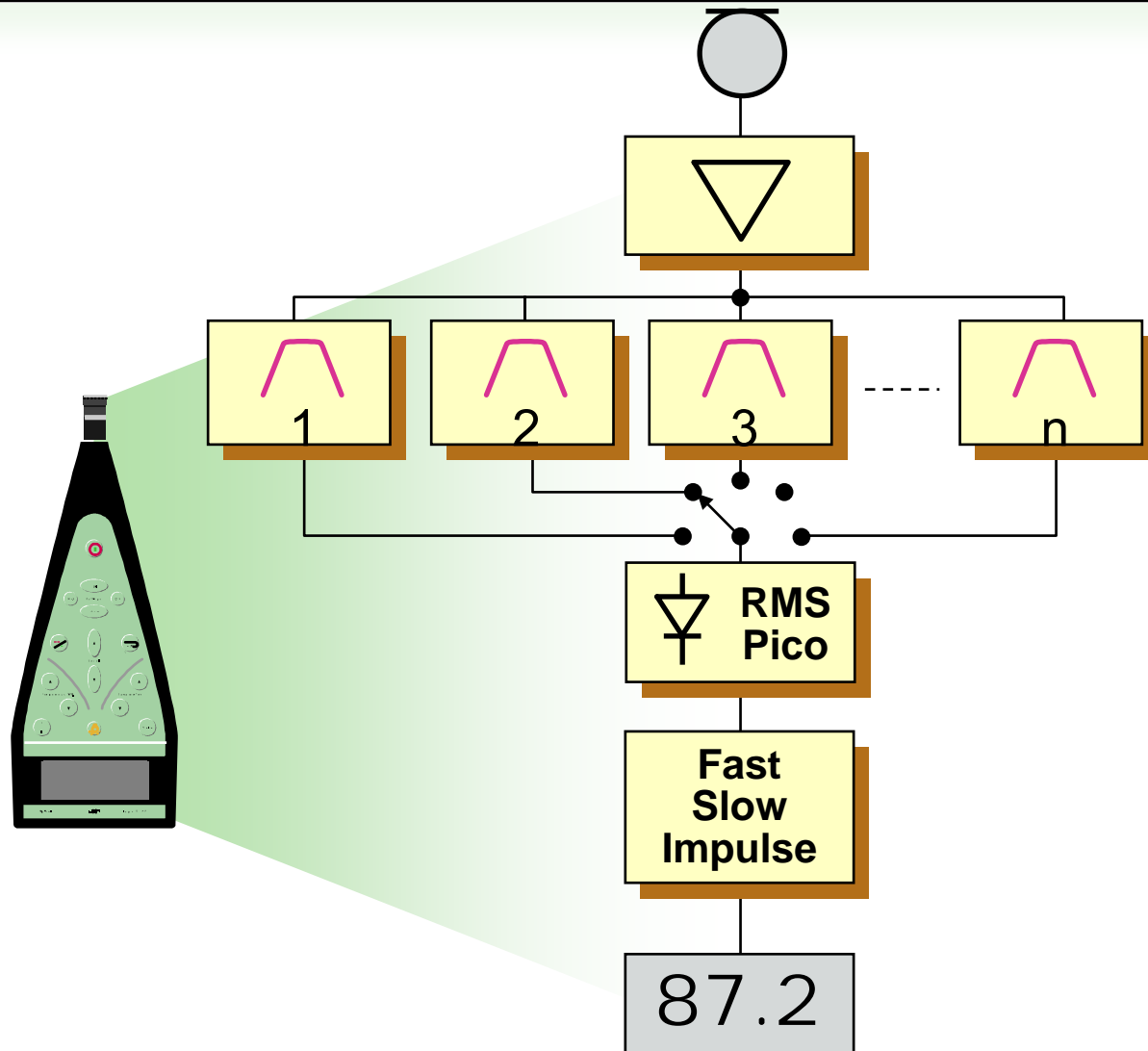
# $3 \times 1/3 \text{ Oct.} = 1/1 \text{ Oct.}$



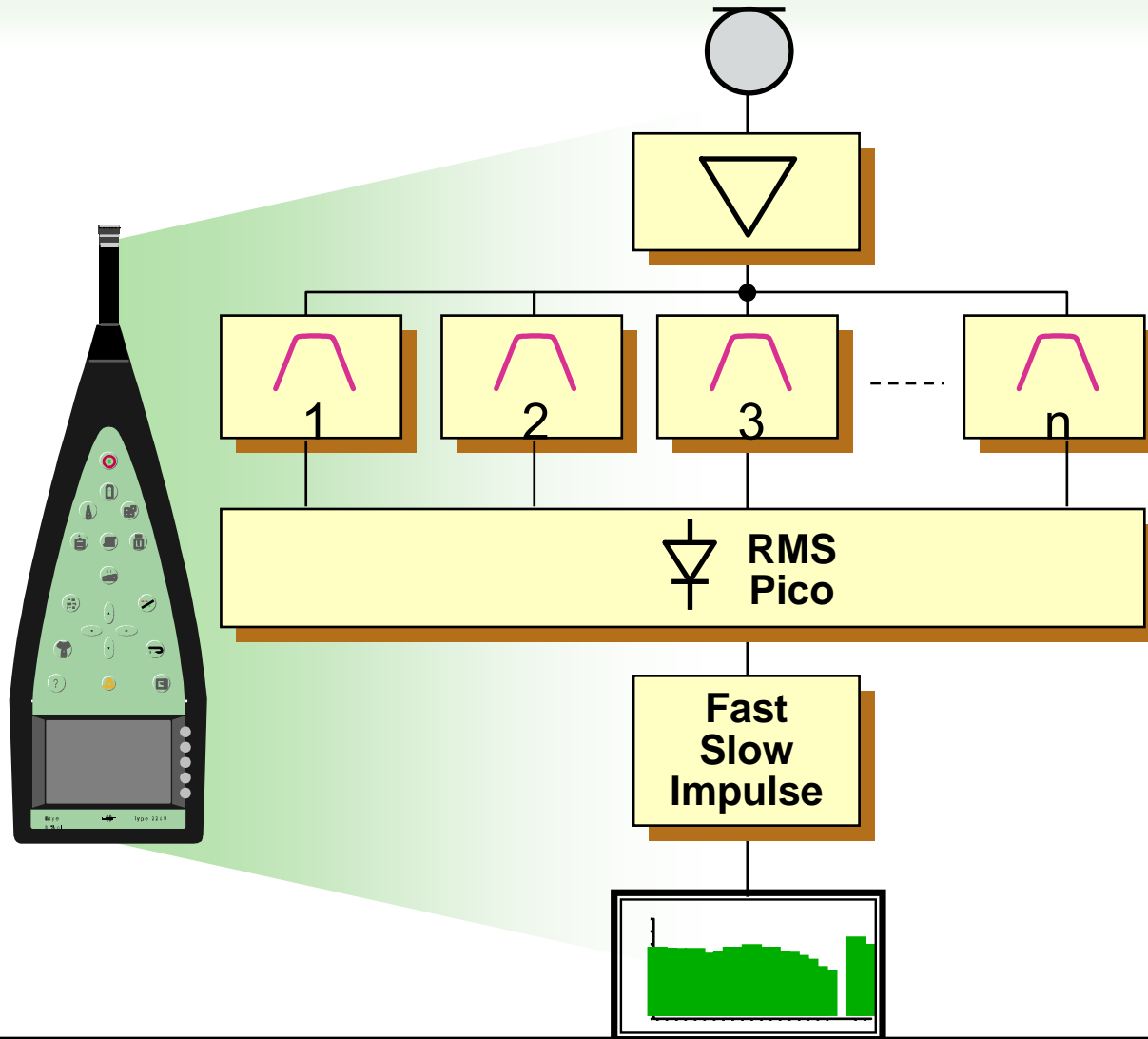
# Banda de paso de 1/1 y 1/3 octava

Banda N°	Frecuencia Central Nominal Hz	Banda 1/3 Hz	Banda 1/1 Hz
1	1.25	1.12 – 1.41	
2	1.6	1.41 – 1.78	
3	2	1.78 – 2.24	1.41 – 2.82
4	2.5	2.24 – 2.82	
5	3.15	2.82 – 3.55	
6	4	3.55 – 4.47	2.82 – 5.62
27	500	447 – 562	355 – 708
28	630	562 – 708	
29	800	708 – 891	
30	1000	891 – 1120	780 – 1410
31	1250	1120 – 1410	
32	1600	1410 – 1780	
40	10 K	8910 – 11200	
41	1.25 K	11.2 – 14.1	
42	16 K	14.1 – 17.8 K	11.2 – 22.4 K
43	20 K	17.8 – 22.4 K	

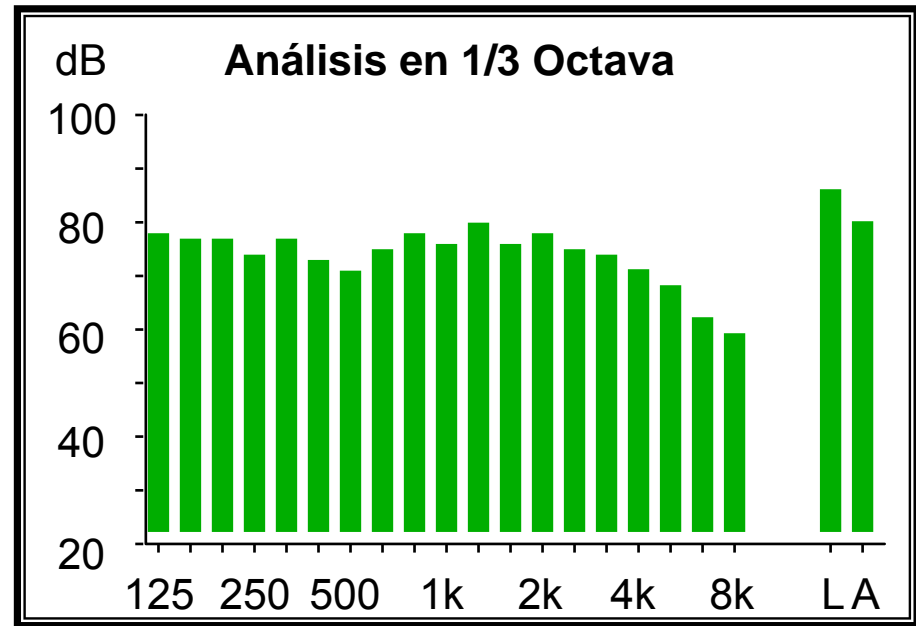
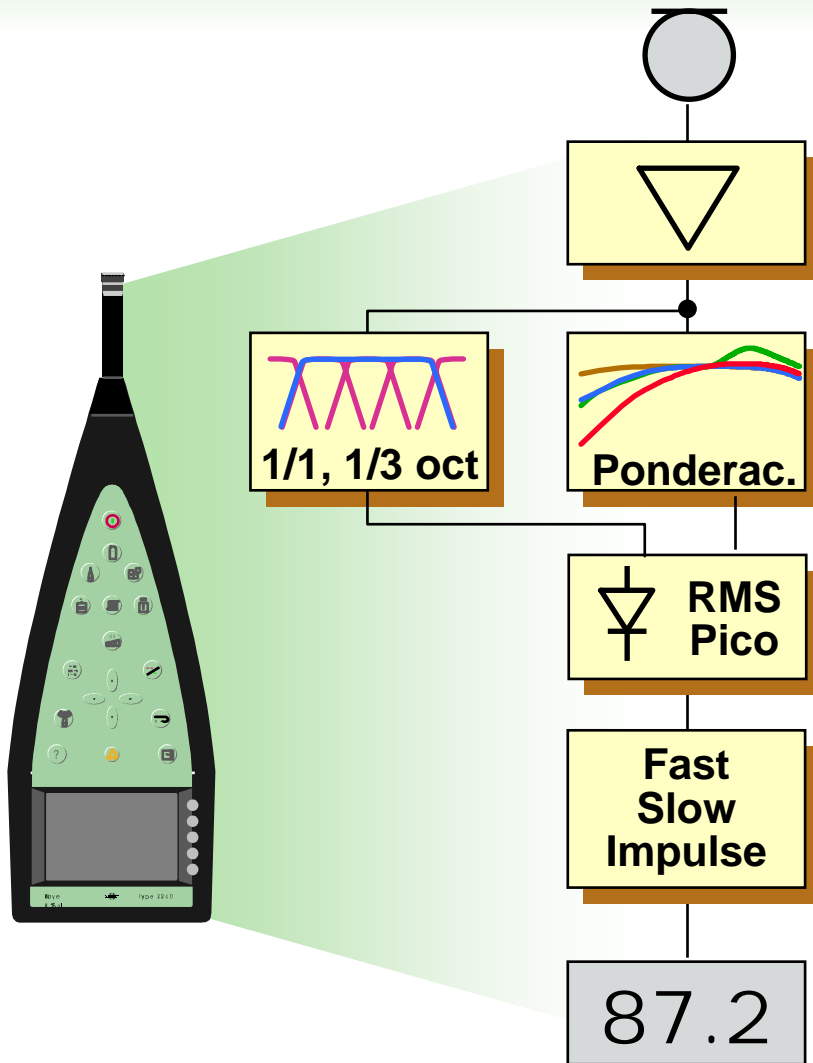
# Análisis Serie



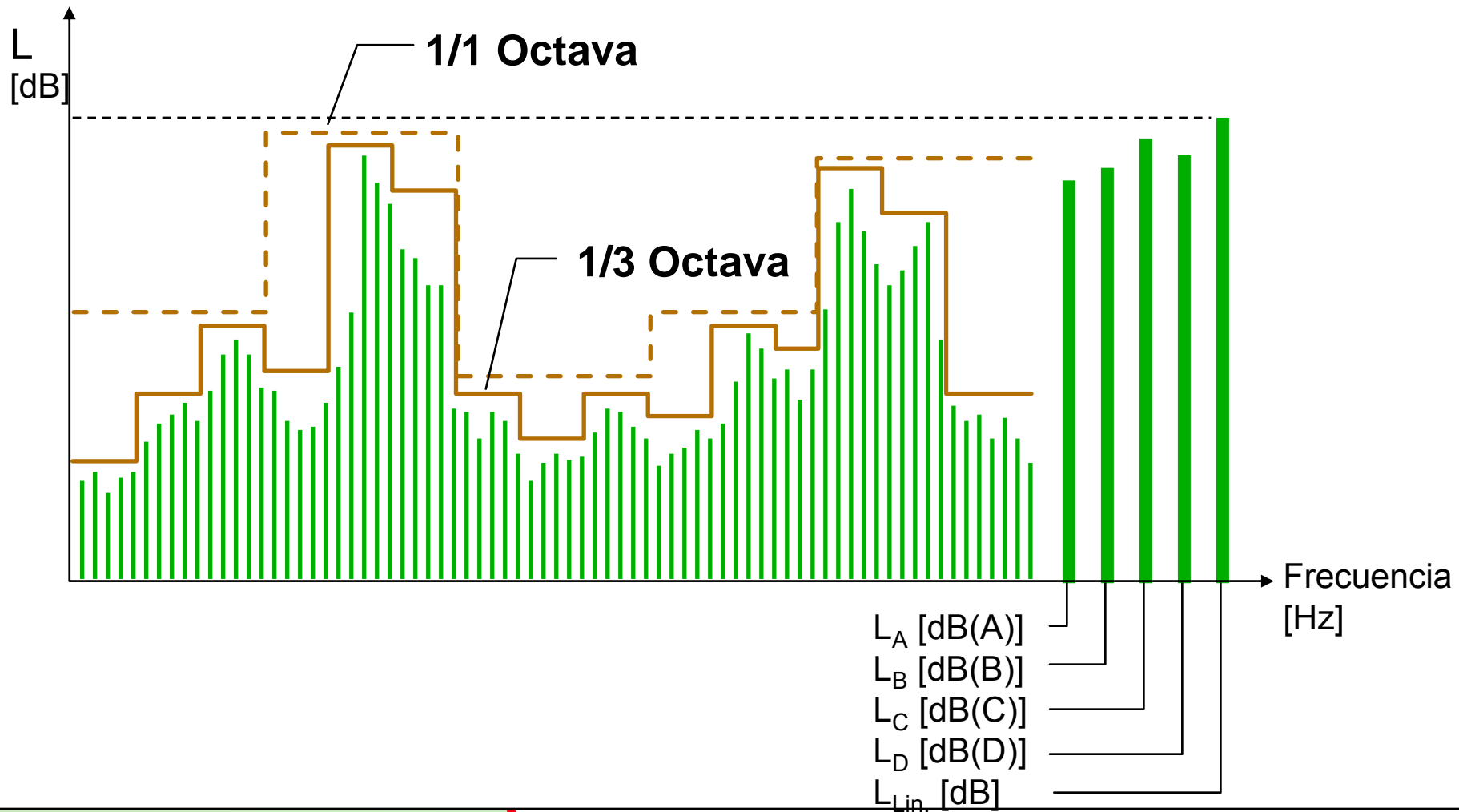
# Análisis en Paralelo



# El Analizador Sonoro



# Espectro y Niveles Globales



# Cálculo de $L_{Ap}$ a partir de $L_p$ por frecuencias

- En primer lugar se aplica la ponderación A en cada una de las bandas de frecuencia
- Se realiza la suma logarítmica de todos los valores según la ecuación:

$$L_{\text{Total}} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

# Cálculo de $L_{Ap}$ a partir de $L_p$ por frecuencias

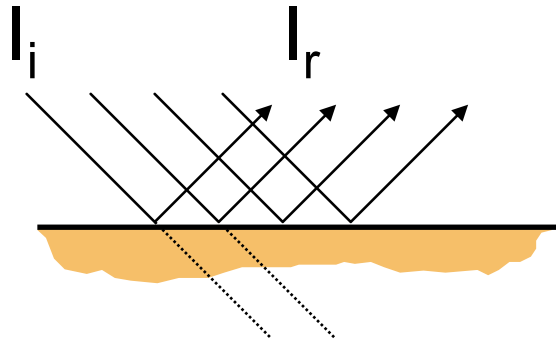
Frecuencia	Nivel en dB	Ponderación A	Nivel en dB+Pond. A
63	80	-26.2	53.8
125	80	-16.1	63.9
250	80	-8.6	71.4
500	80	-3.2	76.8
1k	80	0	80
2k	80	+ 1.2	81.2
4k	80	+ 1.0	81
8k	80	- 1.1	78.9
<b>Total</b>	<b>89 dB</b>		<b>87 dB(A)</b>

# Resta de espectros

Directamente se restan los valores del espectro frecuencia a frecuencia

<b>Frecuencia (Hz)</b>	<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1K</b>	<b>2K</b>	<b>4K</b>
<b>Nivel dB espectro 1</b>	<b>72</b>	<b>78</b>	<b>74</b>	<b>85</b>	<b>92</b>	<b>88</b>
<b>Nivel dB espectro 2</b>	<b>21</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>38</b>	<b>42</b>	<b>47</b>
<b>Espectro resta</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>47</b>	<b>50</b>	<b>41</b>

# Reflexión del Sonido



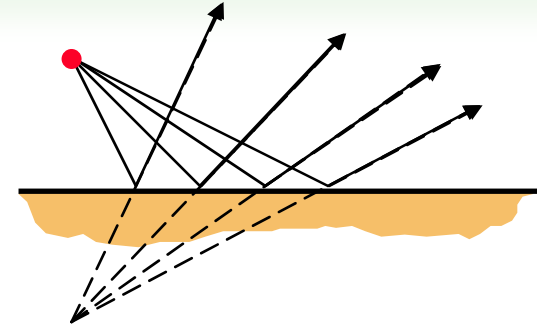
Parte de la energía se refleja  $I_r$

El resto es absorbida por el material  $I_a$

El coeficiente de absorción es

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

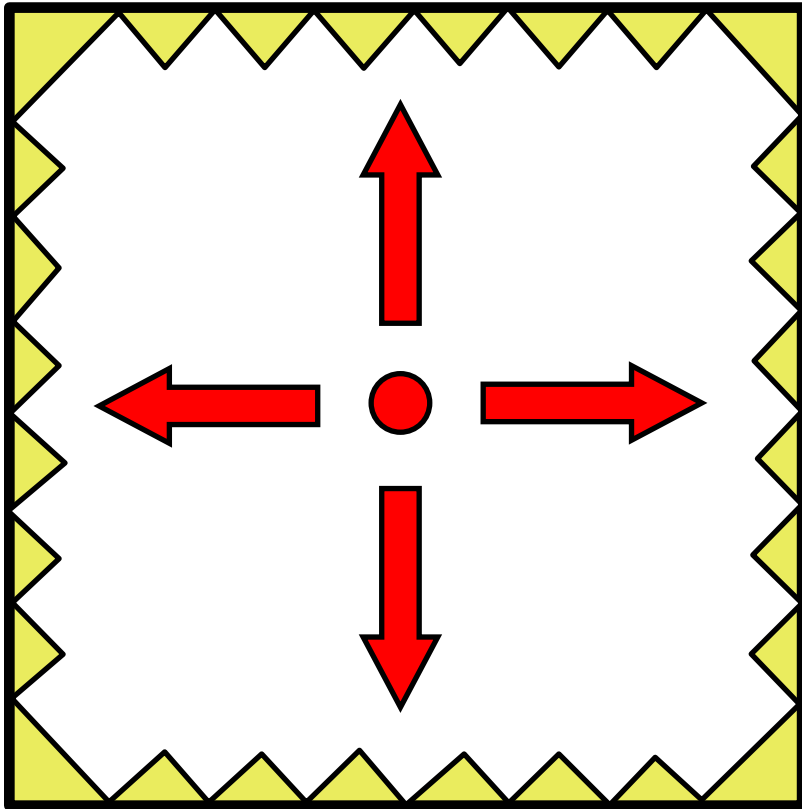
$$1 \geq \alpha \geq 0$$



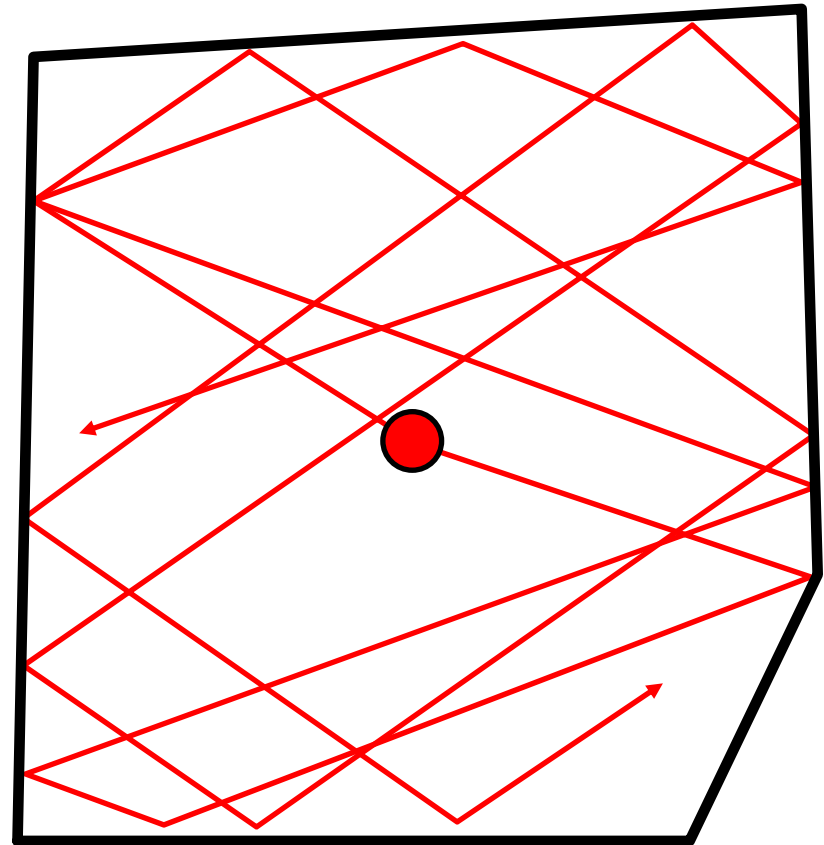
Fuente imaginaria

$$I^I = I^g + I^L$$

# Recintos Anecóicos y Reverberantes



No hay reflexiones

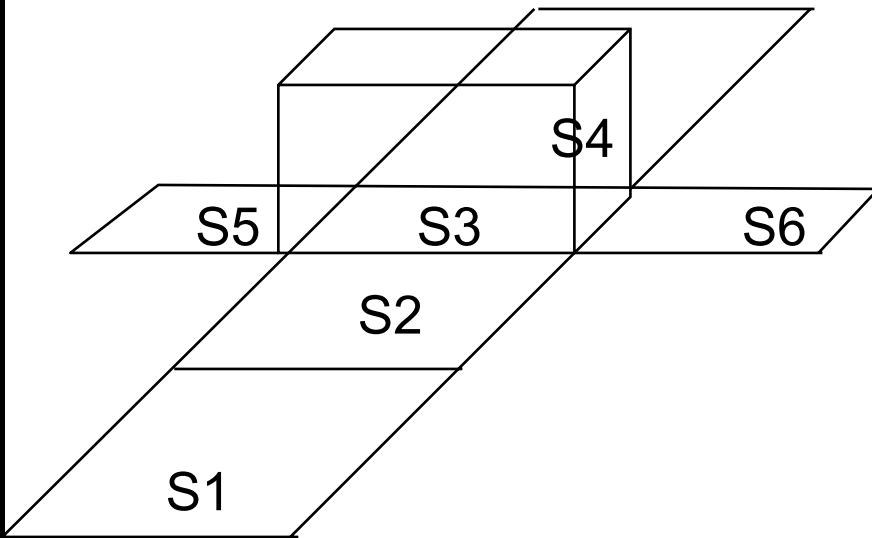


Infinitas reflexiones

# Absorción acústica

$$A = \alpha \cdot S \quad \text{m}^2 \text{ ó Sabinios métricos}$$

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



$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

# La absorción varía con la frecuencia

## CARACTERISTICAS TECNICAS

- ◆ **ACABADO LATERAL :** MicroLook
- ◆ **SISTEMA DE SUSPENSION :** Perfiles 15 mm Trulok F5/Silhouette
- ◆ **PESO :** 5,5 kg/m<sup>2</sup>
- ◆ **REFLEXION DE LA LUZ :** > 75% (OL - CA - QZ)
- ◆ **ABSORCION ACUSTICA  $\propto$  Sab :**

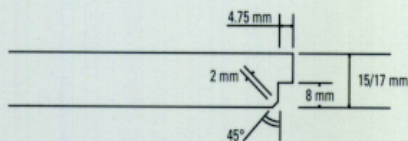
Frecuencia Hz	NRC	125	250	500	1000	2000	4000
FINE FISSURED	0,55	0,19	0,28	0,47	0,67	0,70	0,60

- ◆ **ATENUACION ACUSTICA :** 34 dB

- ◆ **COMPORTAMIENTO AL FUEGO :**

E M1 - en estudio

- ◆ **CONDUCTIVIDAD TERMICA :**  $\lambda = 0.052 - 0.057$  W/m °C



## VARIATION FINE FISSURED

REFERENCIA	TAMAÑO DEL MODULO	COLOR
9201 MOL	600 x 600 x 15 mm	OPAL (OL)
9201 MCA	600 x 600 x 15 mm	CARRARA (CA)
9201 MQZ	600 x 600 x 15 mm	QUARTZ (QZ)
9201 MPN	600 x 600 x 15 mm	PLATINUM (PN)



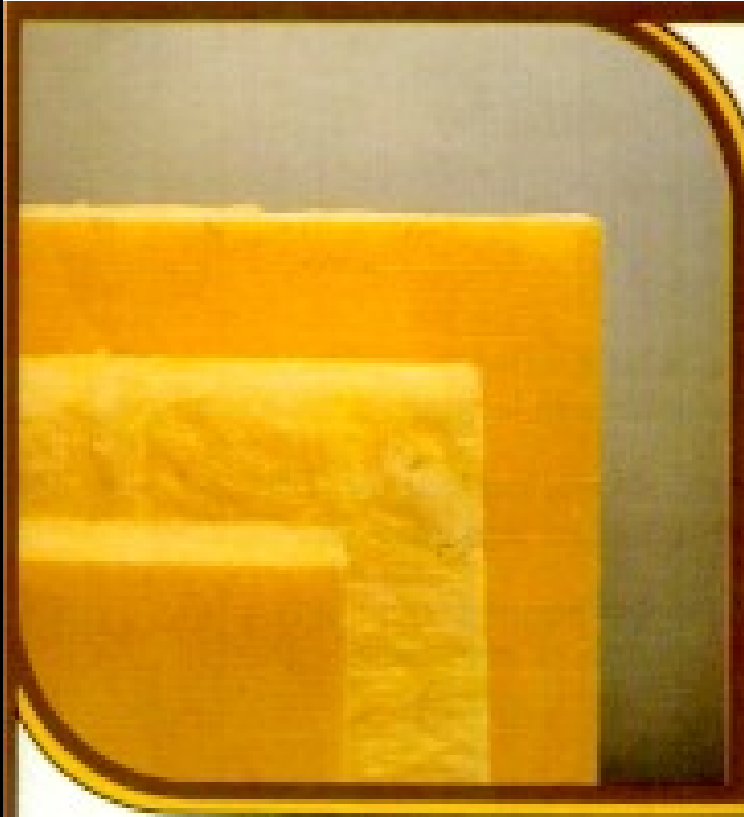
# La absorción varía con la frecuencia

## ◆ ABSORPTION ACOUSTIQUE $\alpha$ Sab.

Frecuence Hz	NRC	125	250	500	1000	2000	4000
Orcal Tegular/MicroLook avec perforations et matelas de laine (épaisseur 25 mm, densité 64 kg/m <sup>3</sup> )	<b>0,80</b>	0,65	0,95	0,65	0,80	0,80	0,70



# La absorción varía con la frecuencia



En unidades  $\alpha$  Sabine

FRECUENCIA EN Hz		125	250	500	1.000	2.000	4.000
ESPESOR (mm)	60	0,27	0,60	0,78	0,90	0,95	1,03
	100	0,52	0,90	1,06	0,96	1,02	0,99

La absorción acústica de la fibra de vidrio varía con el espesor

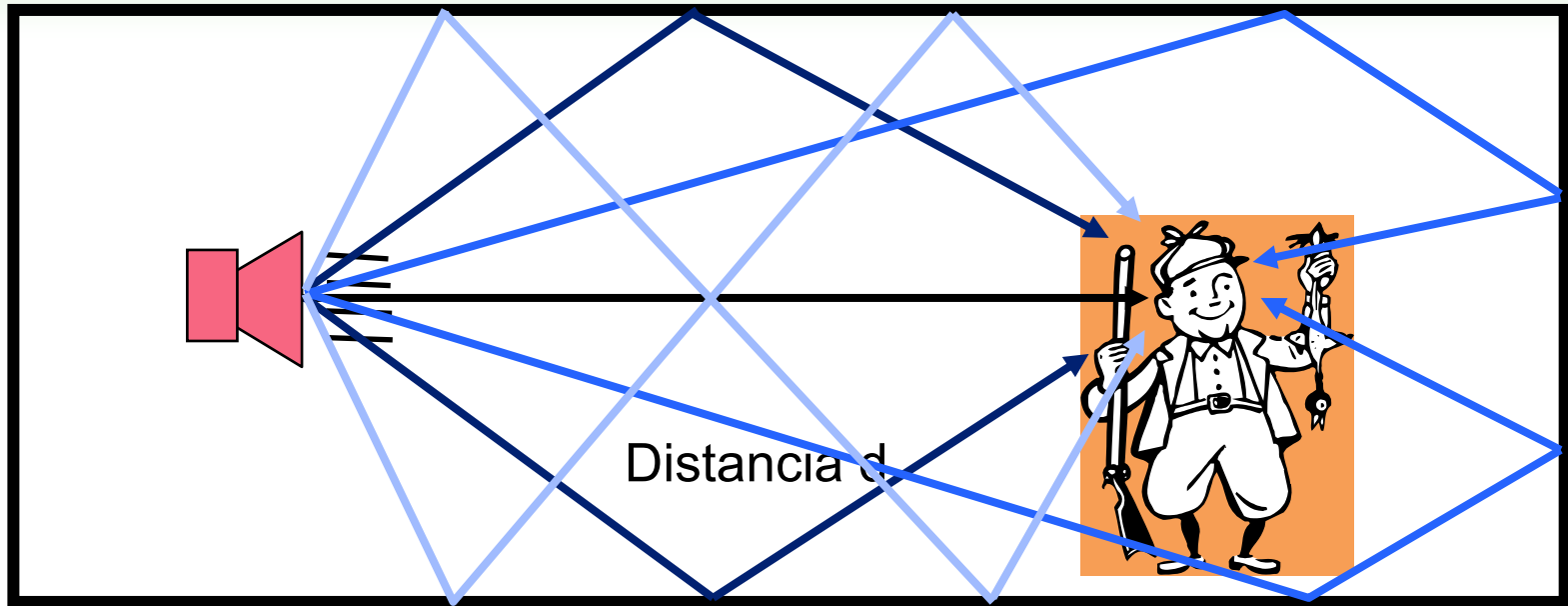
# Reverberación y eco



$$T \text{ (ms)} = \frac{d}{c}$$

$$c = 340 \text{ m/s}$$

# Reverberación y eco



energía

Si  $T_1 > 50$  ms eco

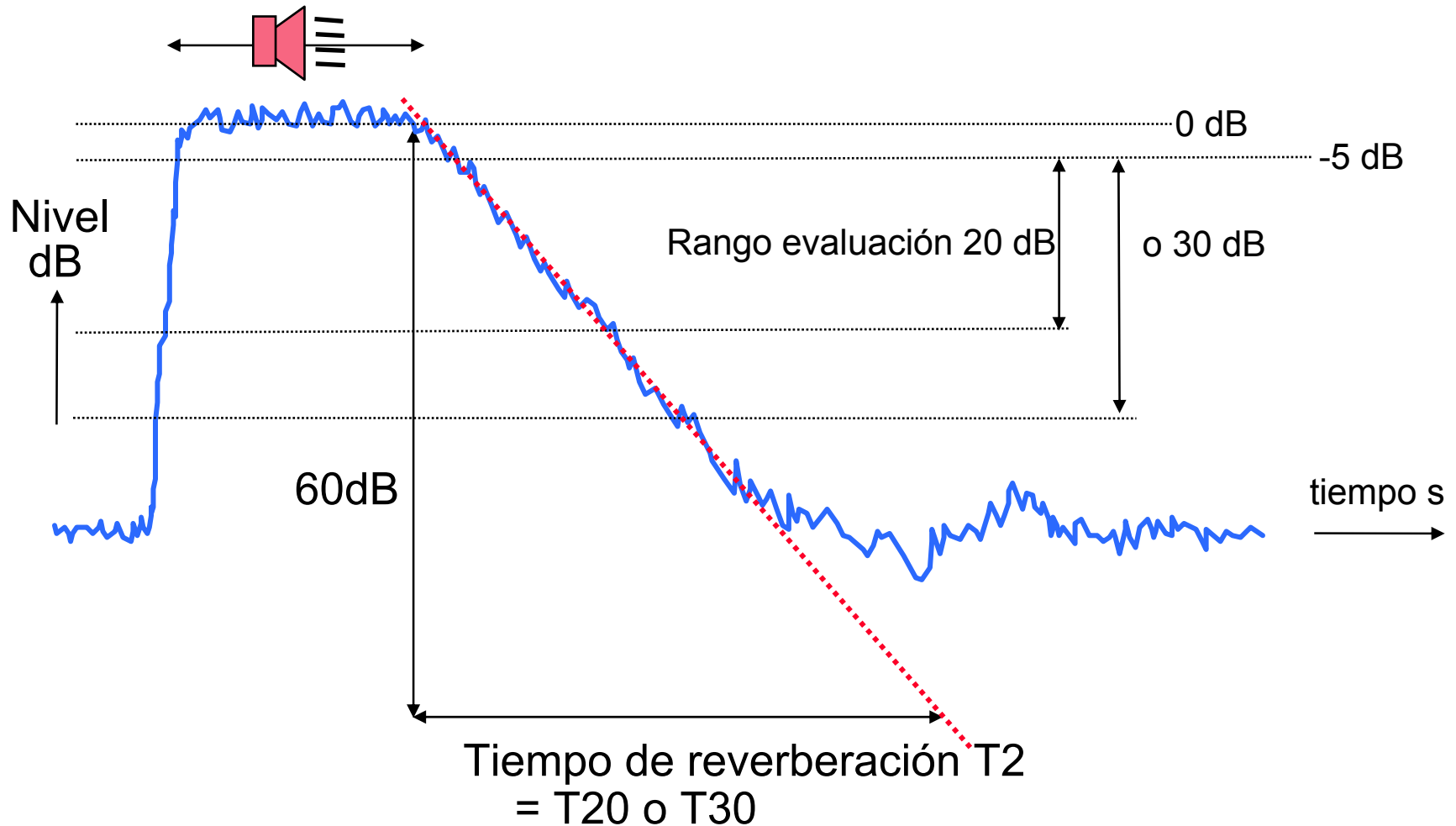
Si  $T_1 < 50$  ms reverberación

$$T (ms) = \frac{d}{c}$$

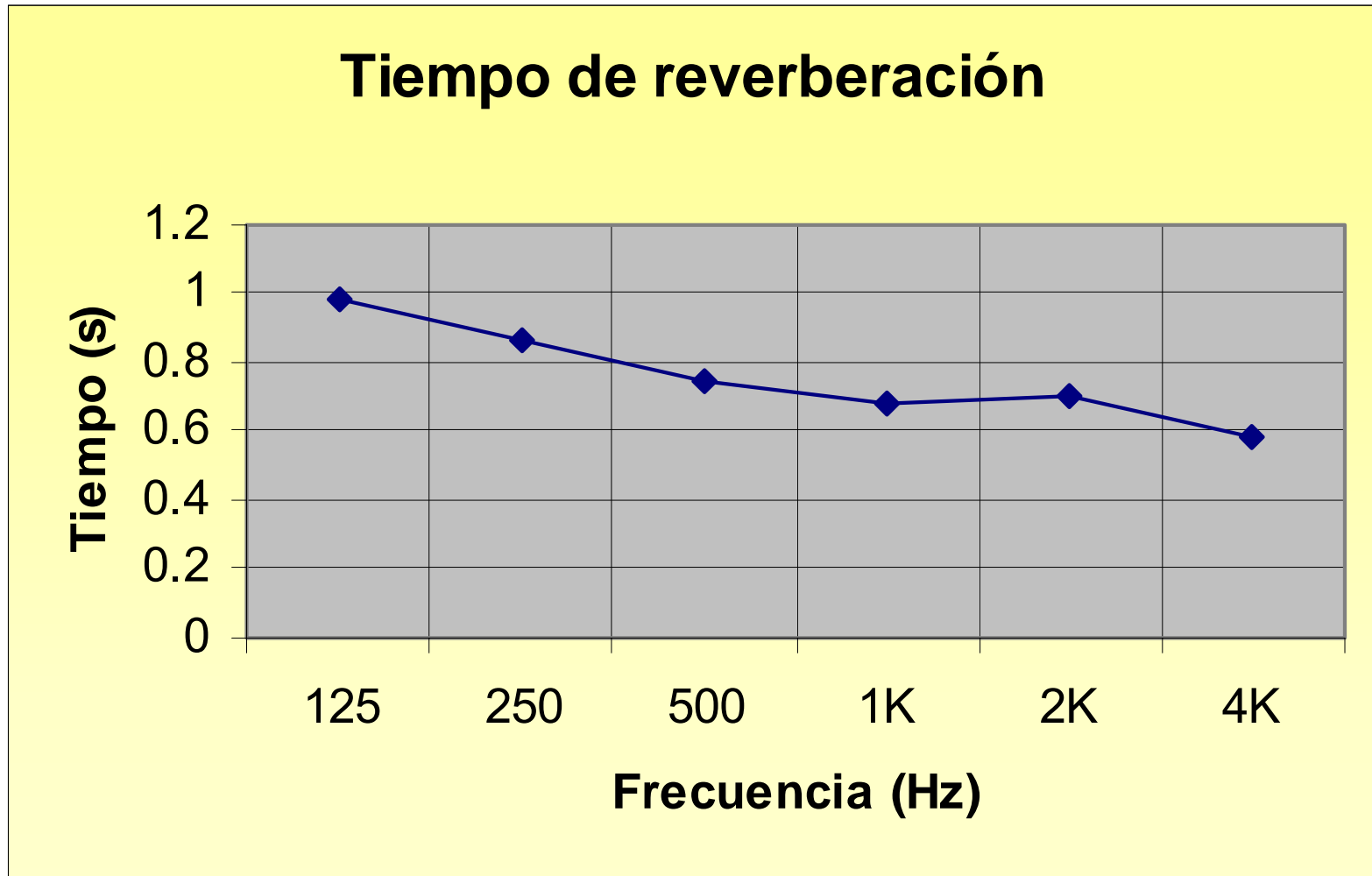
tiempo

$C = 340$  m/s

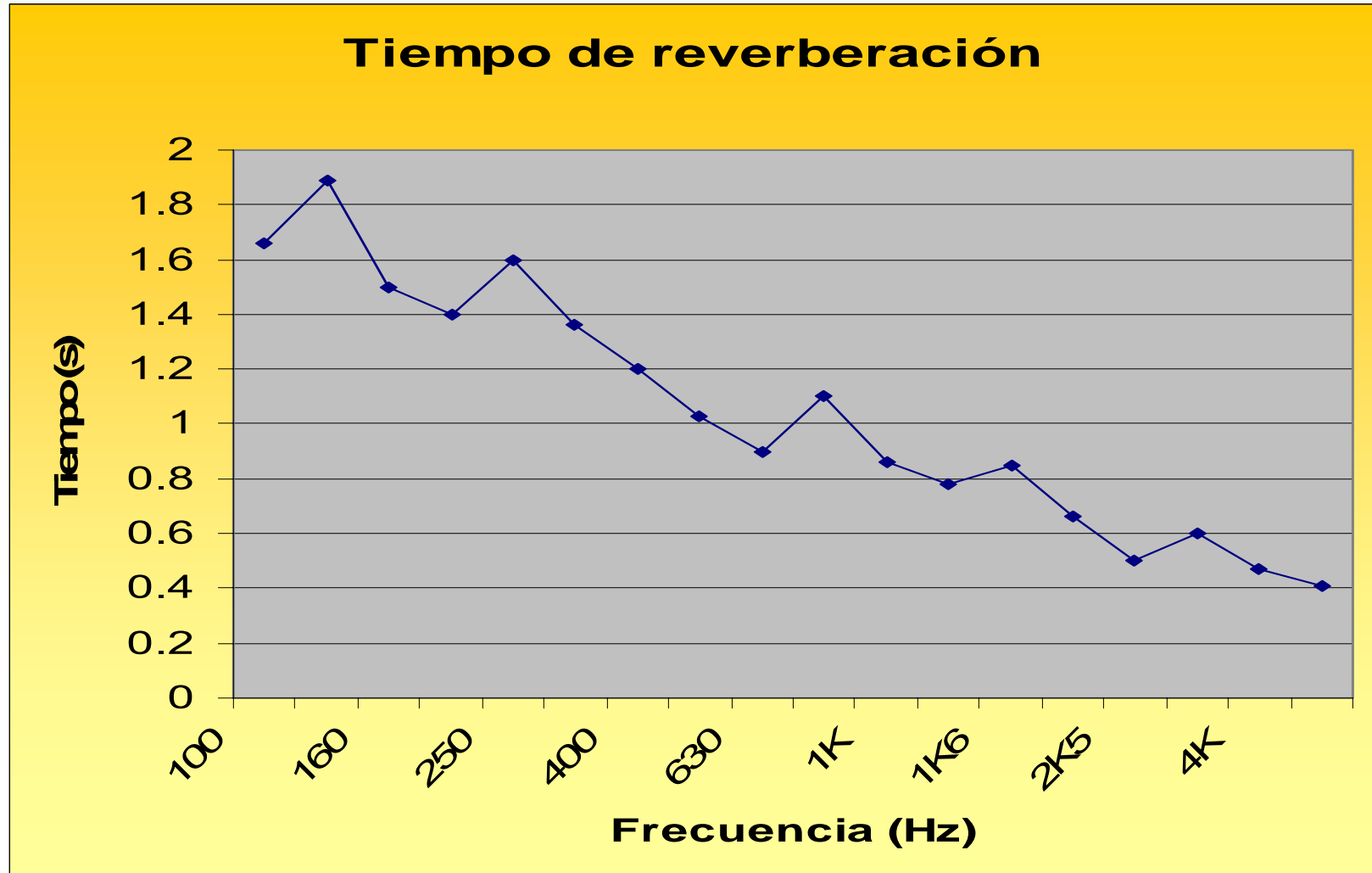
# Tiempo de reverberación



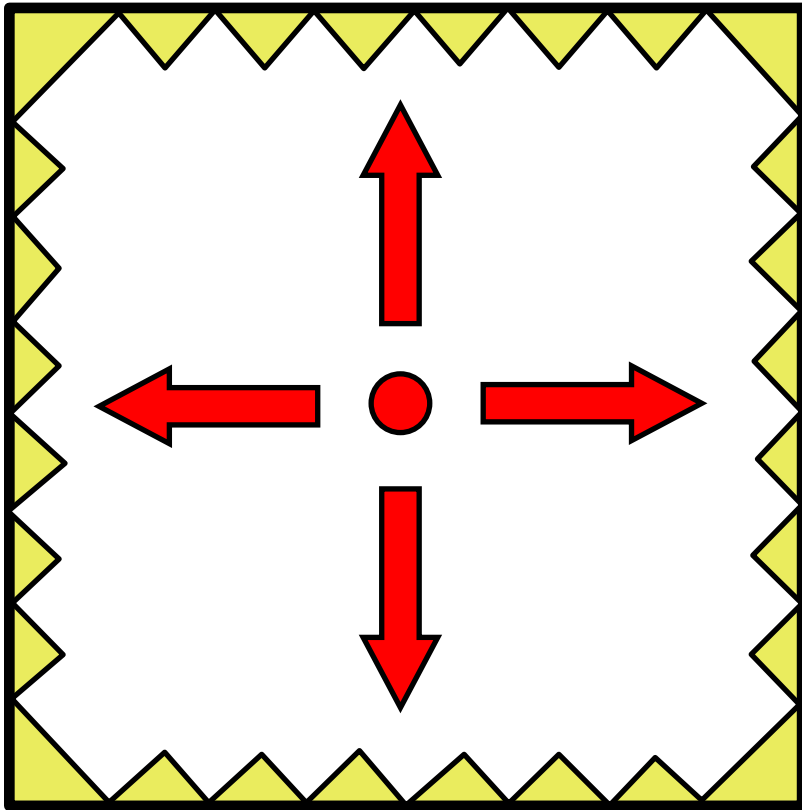
# El Tr varía con la frecuencia – 1/1 octava



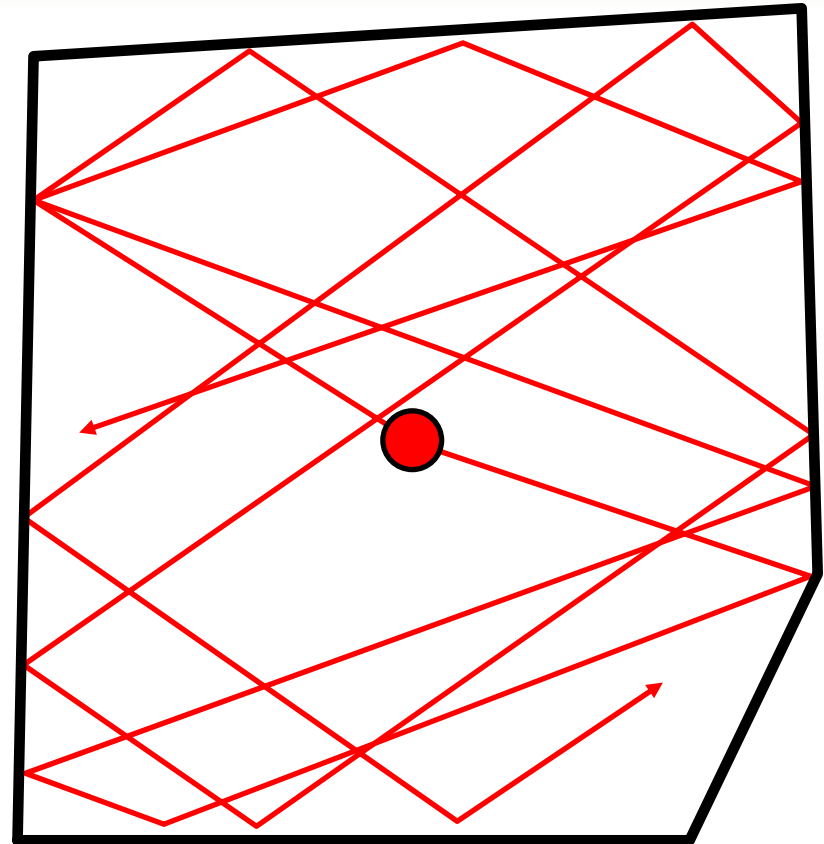
# El Tr varía con la frecuencia - 1/3 octavas



# Recintos Anecóicos y Reverberantes



No hay reflexiones  
 $Tr \approx ?$



Infinitas reflexiones  
 $Tr \approx ?$

# Tiempo de reverberación

Sabine

$$T_r = \frac{0,163 \cdot V}{A}$$

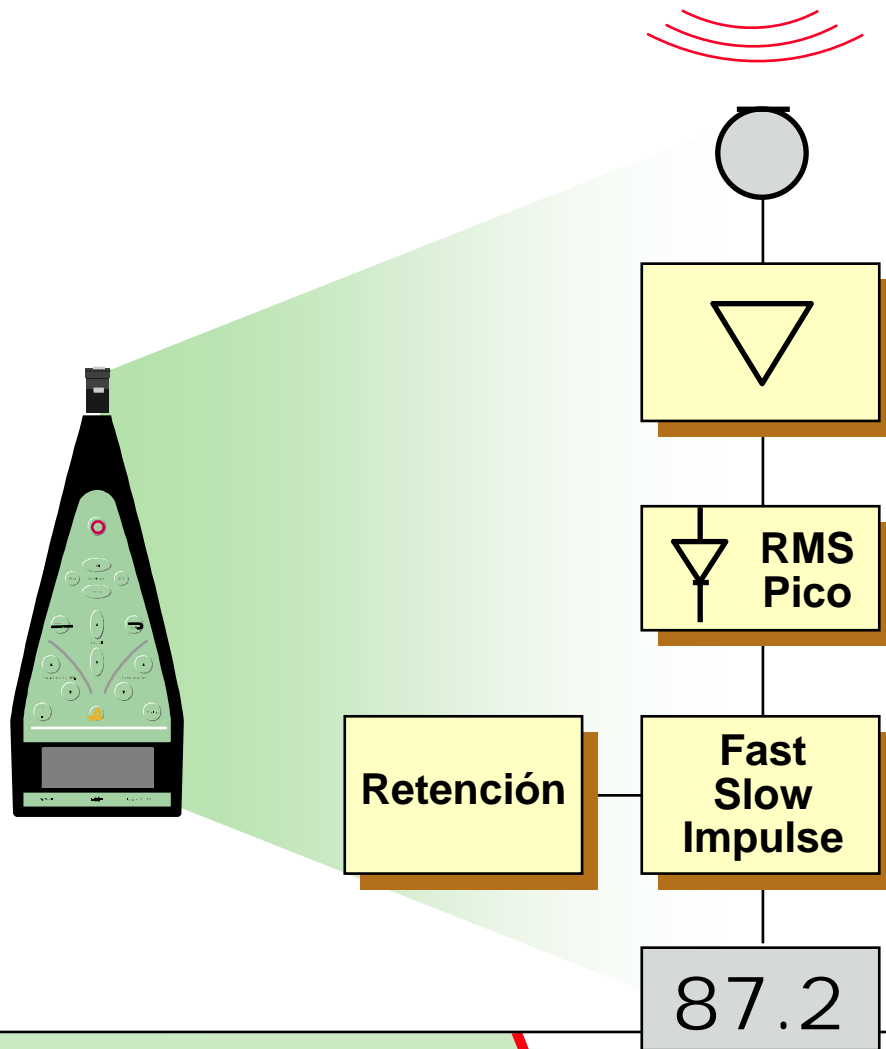
Eyring

$$T_r = \frac{0.163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha)}$$

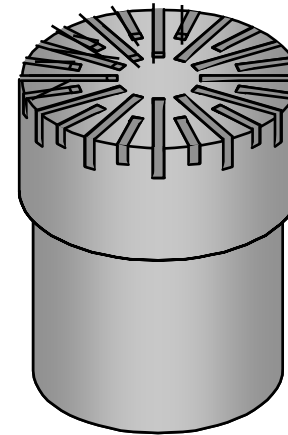
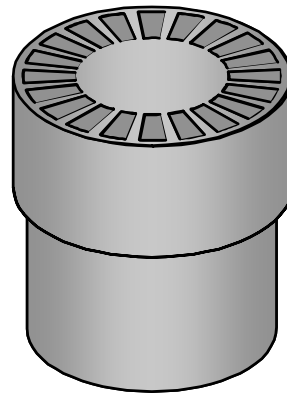
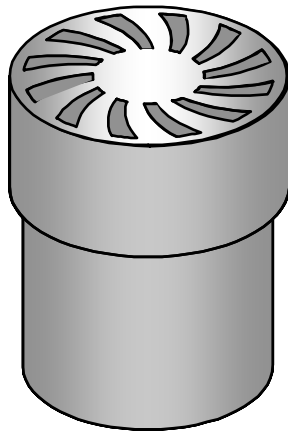
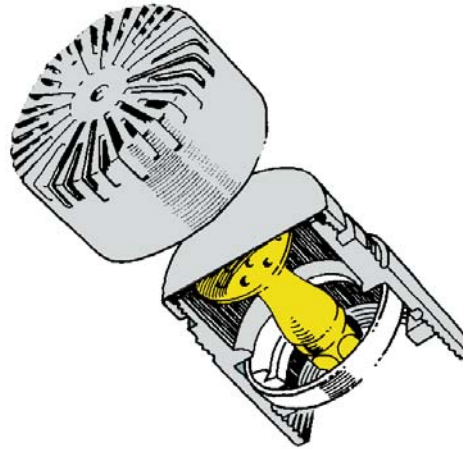
Millington-Sette

$$T_r = \frac{0.163 \cdot V}{-\sum S_i \cdot \ln(1 - \alpha_i)}$$

# El sonómetro básico. Diagrama de bloques

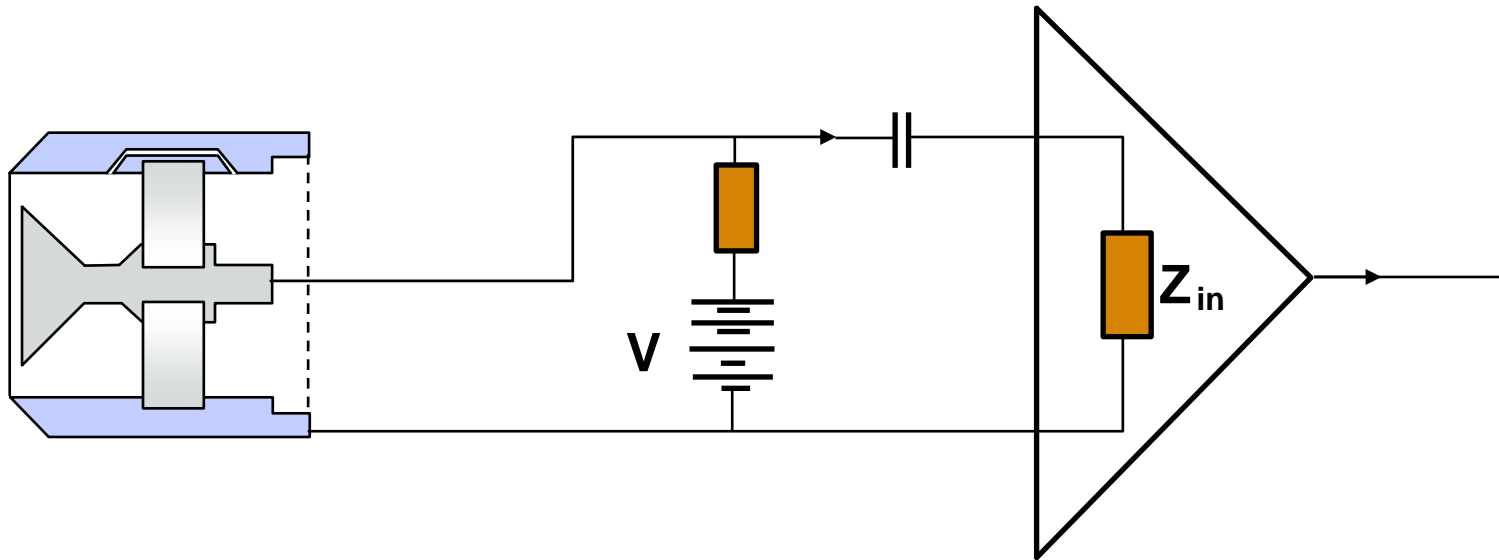


# El Micrófono de Medida



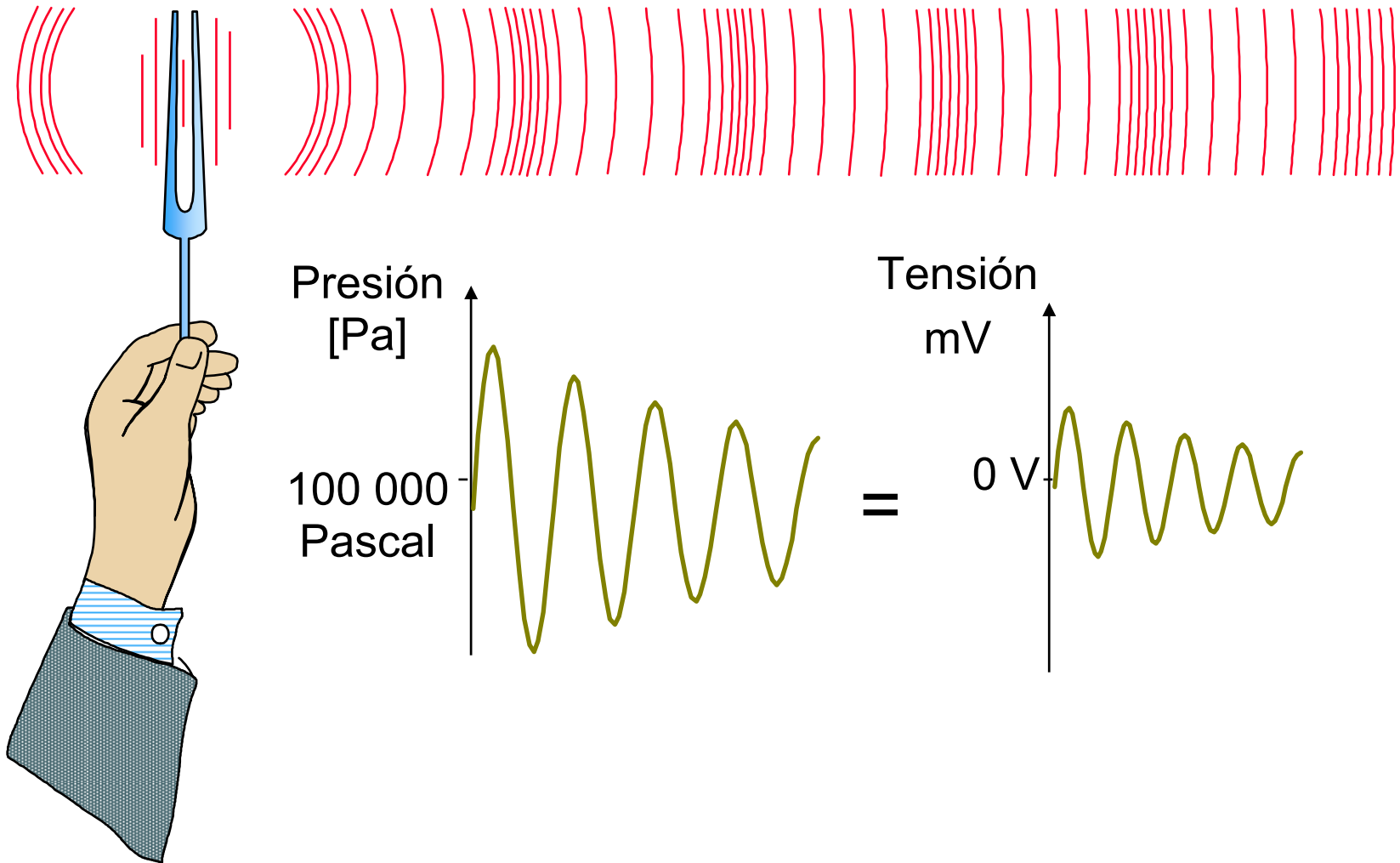
# El Micrófono de Condensador

## Principio de Funcionamiento



$$\left. \begin{array}{l} Q = CV \\ C = \varepsilon \frac{A}{d} \end{array} \right\} \Rightarrow V = \frac{Q}{C} = \frac{Q}{\varepsilon A} d \Rightarrow \Delta V = \frac{Q}{\varepsilon A} \Delta d$$

# Traducción de la señal de presión sonora



# ¿Cuánto se mueve el diafragma ?

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta d}{d}$$

Para un micrófono de medida típico:

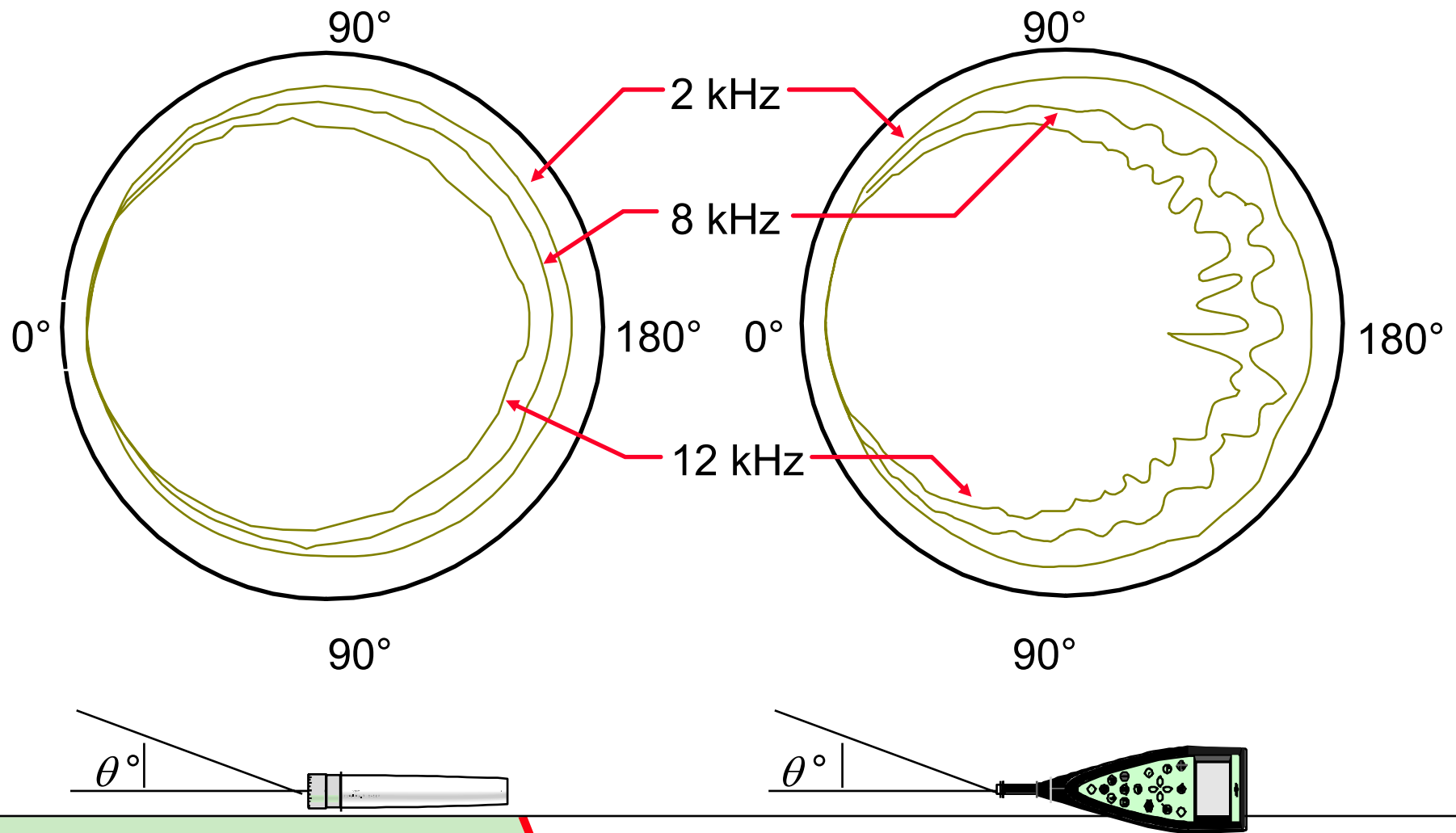
- diámetro 12.5 mm
- espesor diafragma 5  $\mu\text{m}$
- distancia entre diafragma y placa 20  $\mu\text{m}$
- polarización 200 V
- sensibilidad 50 mV/Pa

Para 94 dB = 1 Pa, se mueve

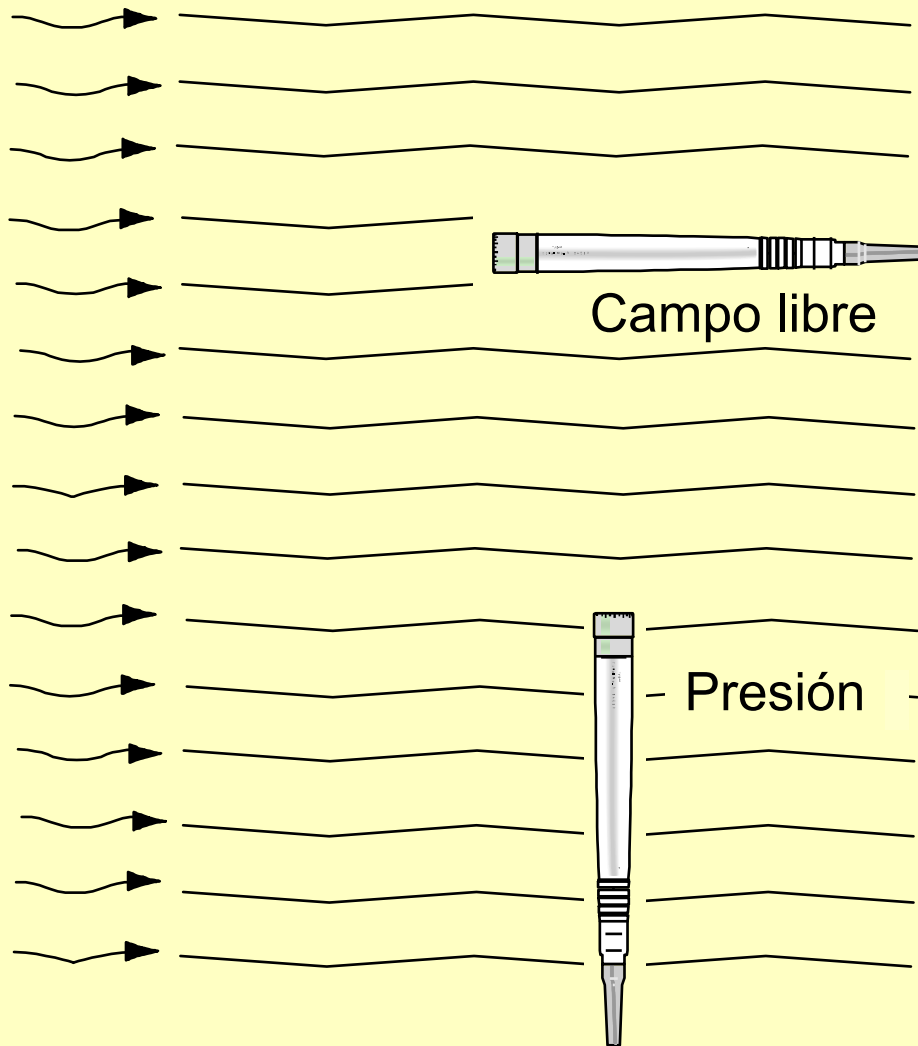
$$\Delta d = \frac{\Delta V \times d}{V} = \frac{50 \text{ mV} \times 20 \mu\text{m}}{200 \text{ V}} = 5 \text{ nm}$$

Diámetro del diafragma	Presión (ref 20 $\mu\text{Pa}$ )	Movimiento del diafragma
12.5mm	1Pa (94dB)	5nm (5 x 10 <sup>-9</sup> m)
12.5mm	0.02Pa (60dB)	1 Å (10 <sup>-10</sup> m)
12500km (espesor del diafragma 5km)	0.02Pa (60dB)	0.1m (10 <sup>-1</sup> m)
	0.0002Pa (20dB)	0.001m (10 <sup>-3</sup> m)

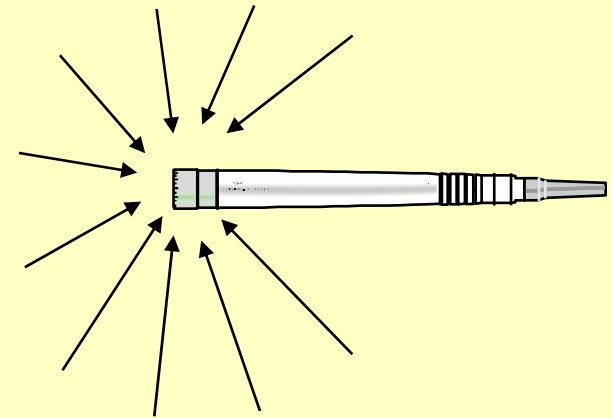
# Características direccionales



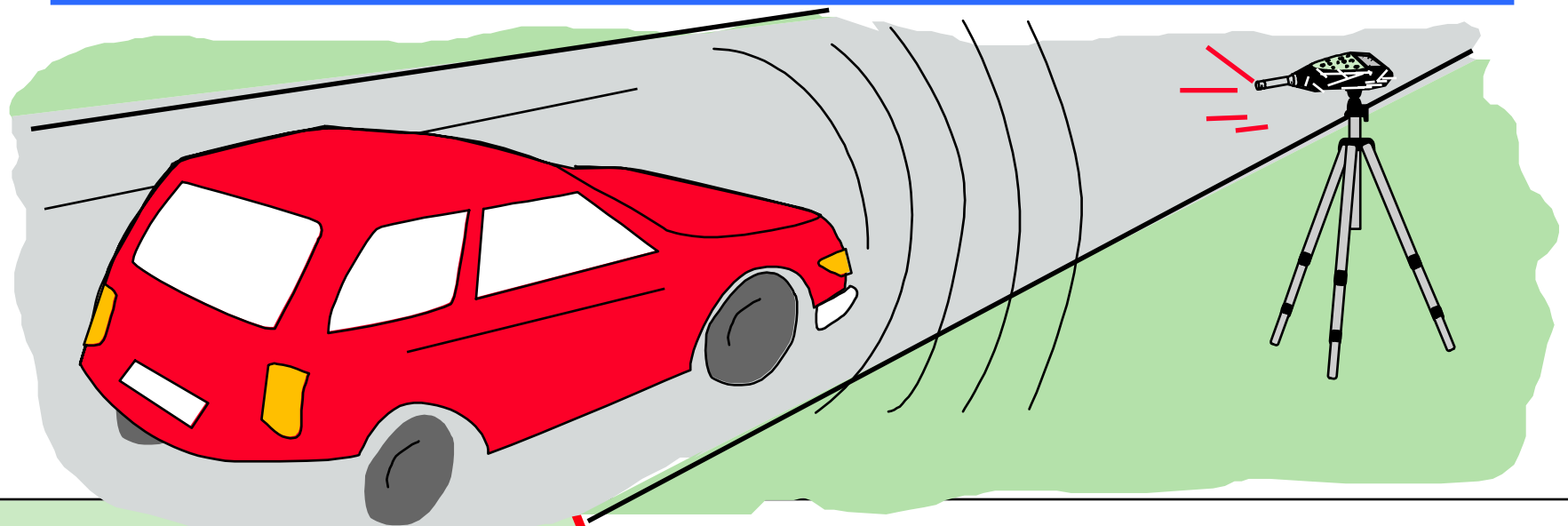
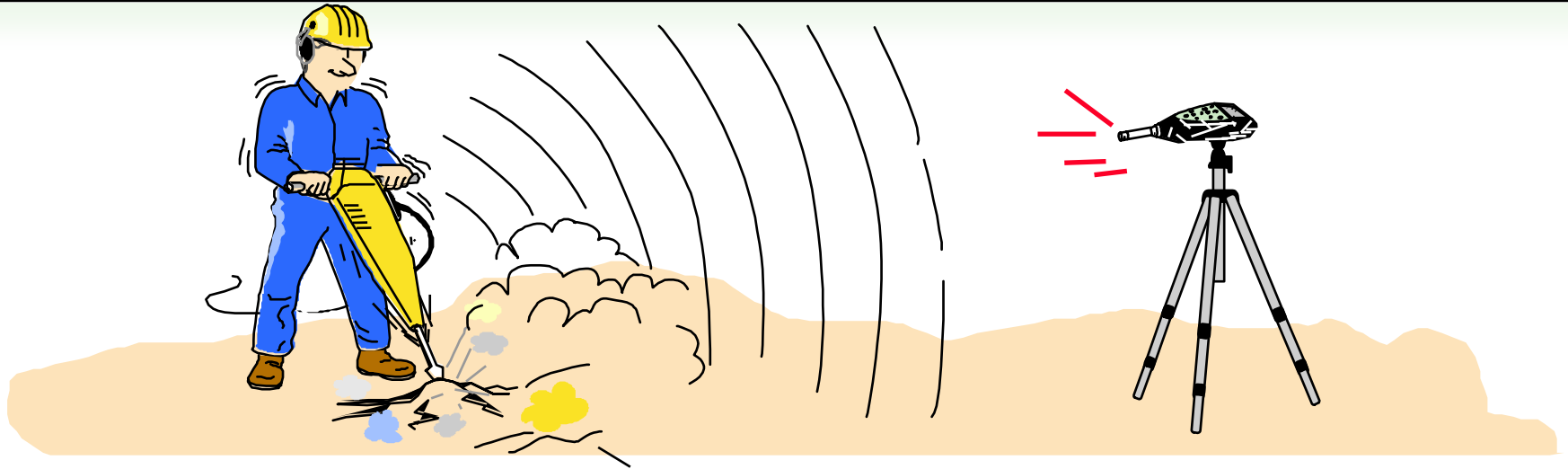
# Tipos de Micrófono



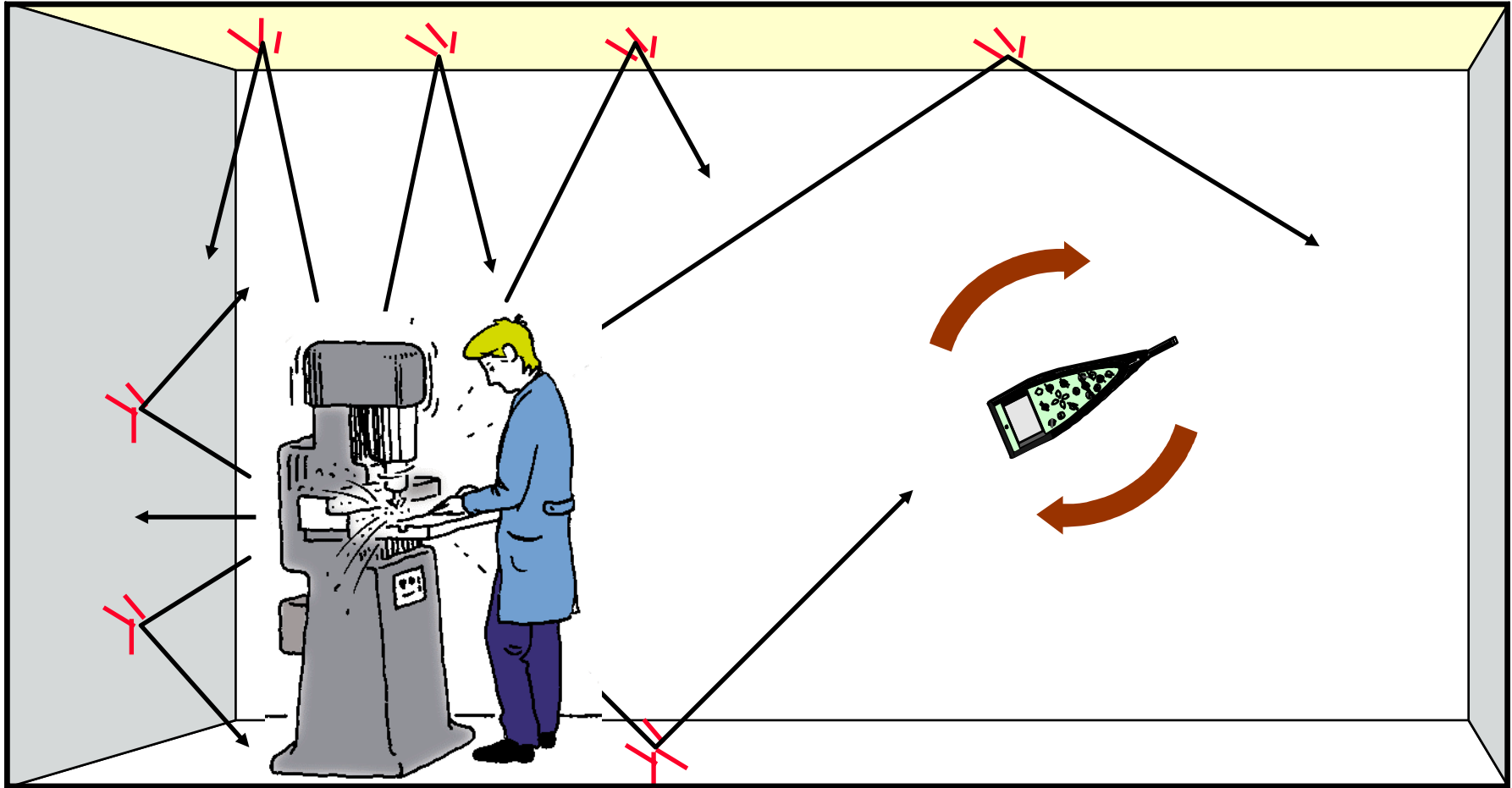
Incidencia aleatoria



# Uso de los Micrófonos de Campo Libre



# Uso de los Micrófonos de Incidencia Aleatoria



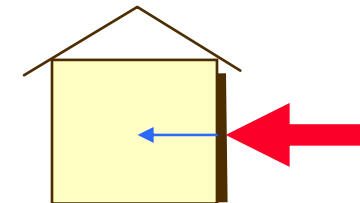
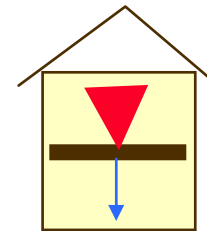
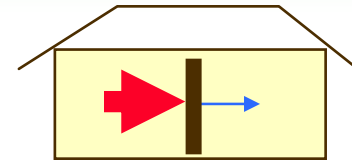
# **Aislamiento acústico Normas**

## **UNE EN ISO 140**

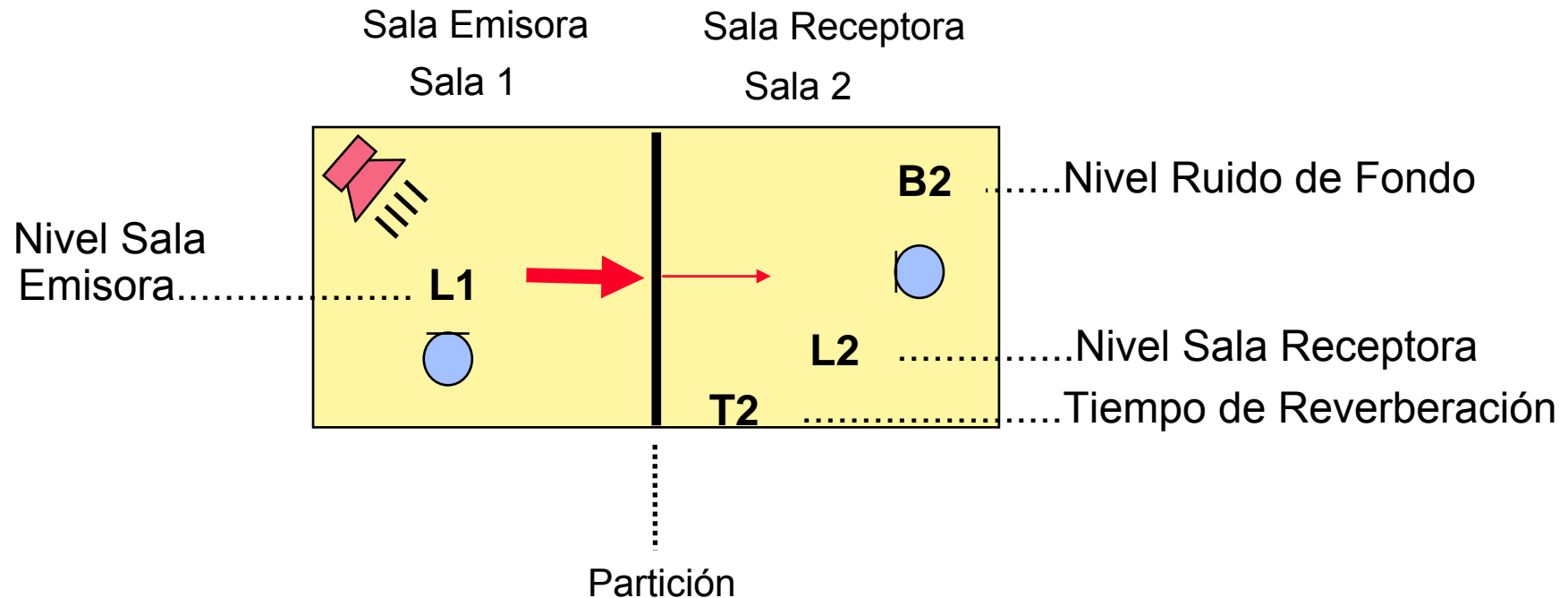
### **Código Técnico**

# Tipos de Medidas

- Aislamiento a ruido aéreo  
UNE EN ISO 140 IV
- Aislamiento a ruido de impacto  
UNE EN ISO 140 VII
- Aislamiento de fachadas  
UNE EN ISO 140 V

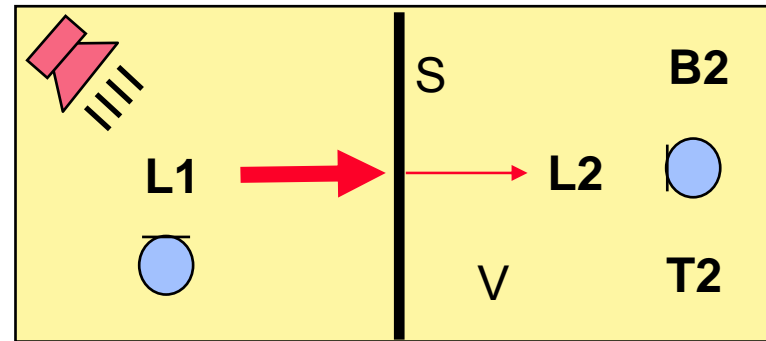


# Aislamiento a Ruido Aéreo - Medidas



# UNE EN ISO 140 IV – índices de aislamiento

S es el área de la partición



Diferencia de niveles

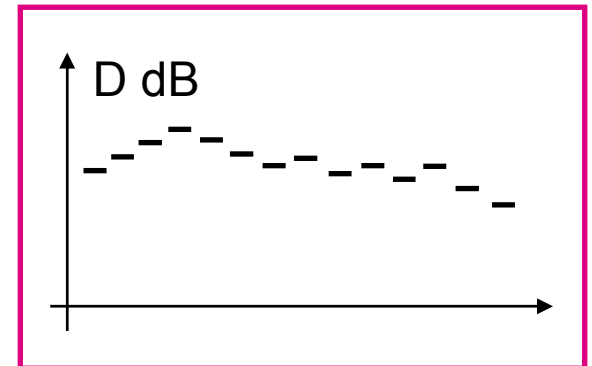
$$D = L1 - L2$$

Diferencia de niveles normalizado

$$D_n = L1 - L2 - 10 \log(A/A_0)$$

Diferencia de niveles standarizado

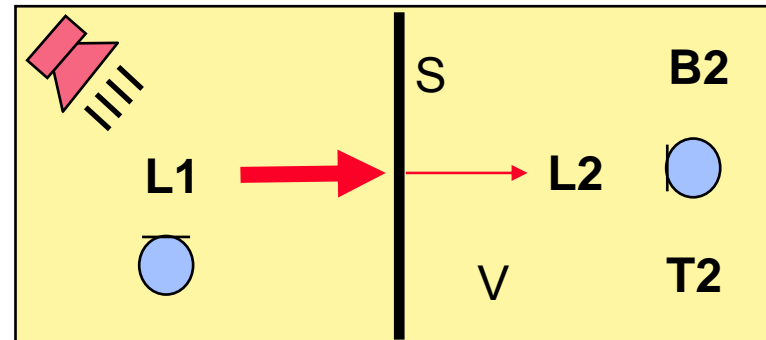
$$D_{nT} = L1 - L2 + 10 \log(T/T_0)$$



# UNE EN ISO 140 IV – índices de aislamiento

Ejemplo: Índice de Reducción Sonora, R

S es el área de la partición



L2 corregido por ruido de fondo B2

V es el volumen de la Sala Receptora

Índice de Reducción Sonora

$$R = L1 - L2 + 10 \log(S/A)$$

S se calcula por la ecuación de Sabine  
 $A = 0.163 V/T$

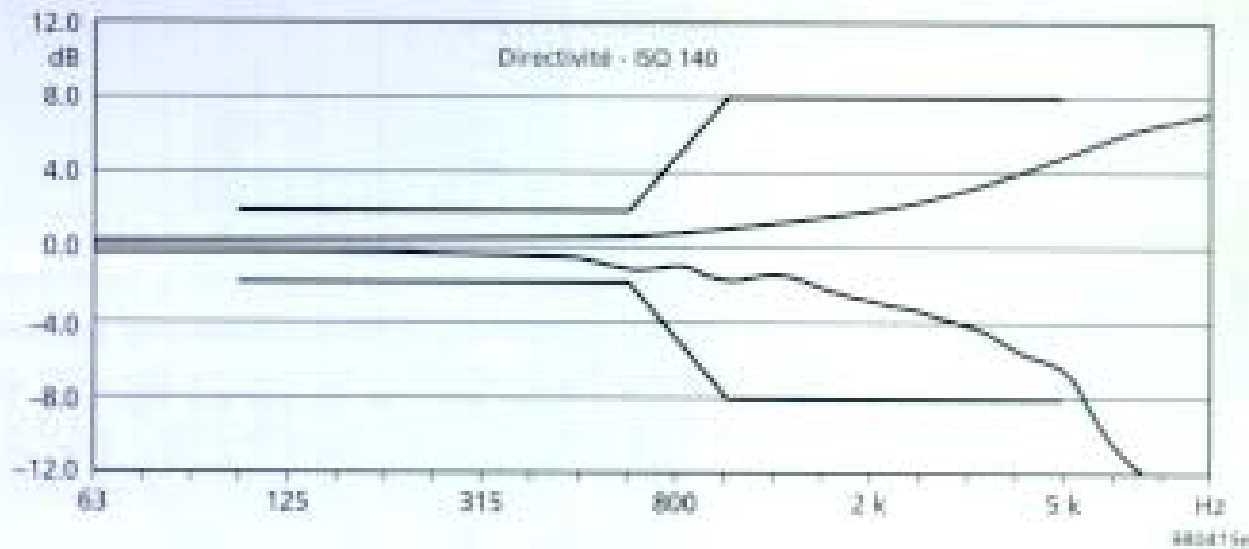
# UNE EN ISO 140 IV – campo sonoro

- Ruido estable
- Preferible ruido blanco
- Fuente sonora omnidireccional
- Frecuencias 100 Hz – 3150 Hz
- Nivel emisión.  $L_2 > B_2 + 10$  dB en cada banda de frecuencia
- Campo sonoro difuso sin radiación directa sobre el paramento a ensayar



# UNE EN ISO 140 IV – campo sonoro

## Directividad de la fuente



# UNE EN ISO 140 IV – medidas de nivel

- Posiciones de micrófono

  - Mínimo 5 posiciones por cada una de la fuente

  - 0.7 m entre micrófonos

  - 0.5 m respecto a paredes

  - 1 m entre micrófonos y fuente sonora

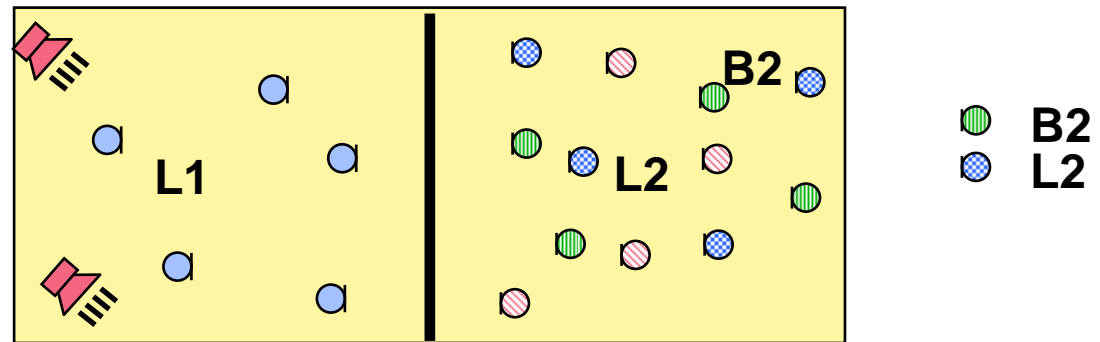
- Tiempo de promedio por banda mínimo 6 s.

- Análisis en 1/3 de octava

  - Opcional 50, 63, 80, 4000 y 5000 Hz



# UNE EN ISO 140 IV – valor medio



Valor medio cuadrático

$$L = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}$$

# UNE EN ISO 140 IV – Tiempo de reverberación

- Sala receptora

  - Mínimo 6 caídas

  - Mínimo 3 posiciones

  - 0.7 m entre micrófonos

  - 0.5 m respecto a paredes

  - 1 m entre micrófonos y fuente sonora

- Análisis en 1/3 de octava

  - Opcional 50, 63, 80, 4000 y 5000 Hz



# UNE EN ISO 140 IV – informe

- Referencia de la norma
- Nombre laboratorio
- Nombre cliente
- Fecha del ensayo
- Descripción elemento constructivo
- Volúmenes de los recintos
- $D_n$  ,  $D_{nT}$  o  $R'$
- Area de separación
- Descripción del instrumental
- Indicaciones sobre límites de medida. Si algún nivel no se ha podido medir correctamente por ruido de fondo
- Transmisiones indirectas, si se han medido

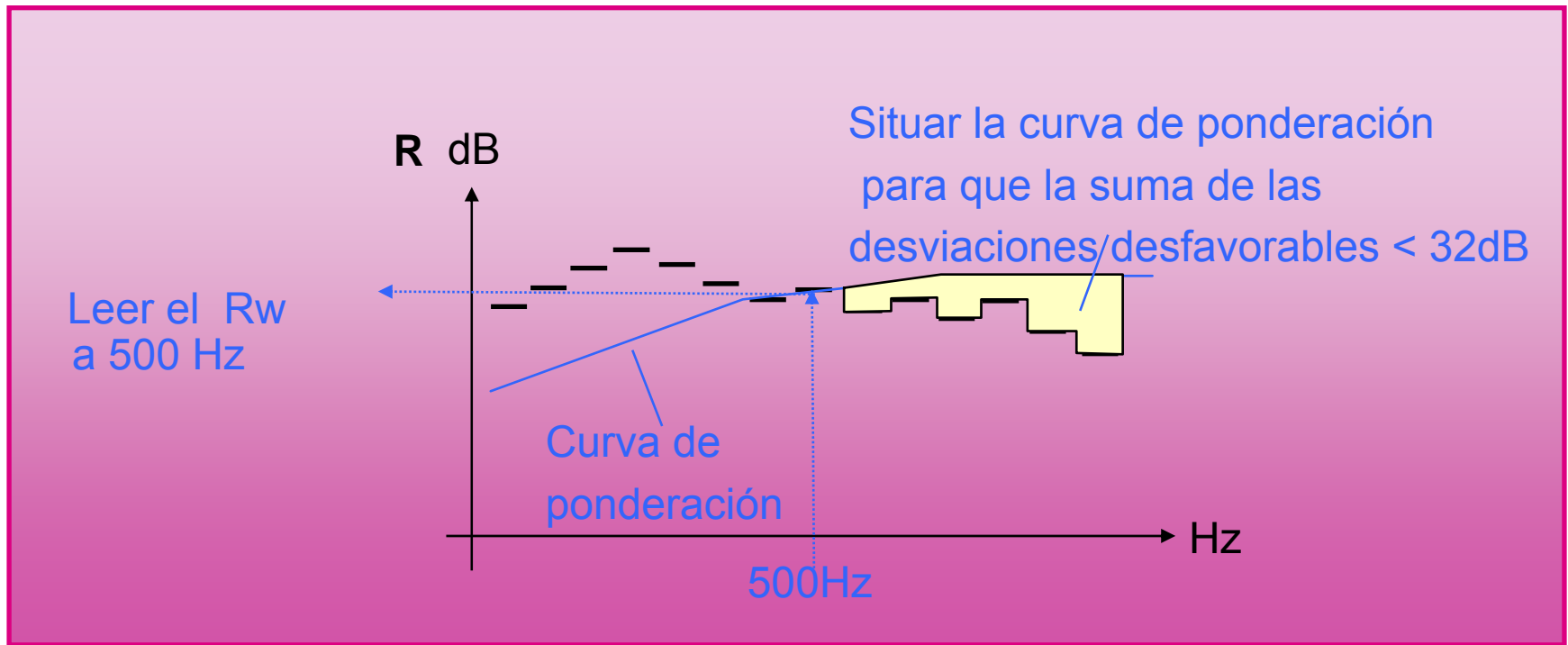


# UNE EN ISO 140 IV – Anexos

- **A.** Colocación y directividad de la fuente sonora
- **B.** Procedimientos para la medida en bandas de 1/1 octava
- **C.** Medida de las transmisiones indirectas
- **D.** Guía para las medidas de baja frecuencia
- **E.** Ejemplos para presentación de resultados



# Cálculo - ponderación UNE EN ISO 717 I



**$R_w$ : Índice de Reducción Sonora Ponderado**

- un solo número, p.e. 52 dB

# Términos de adaptación espectral

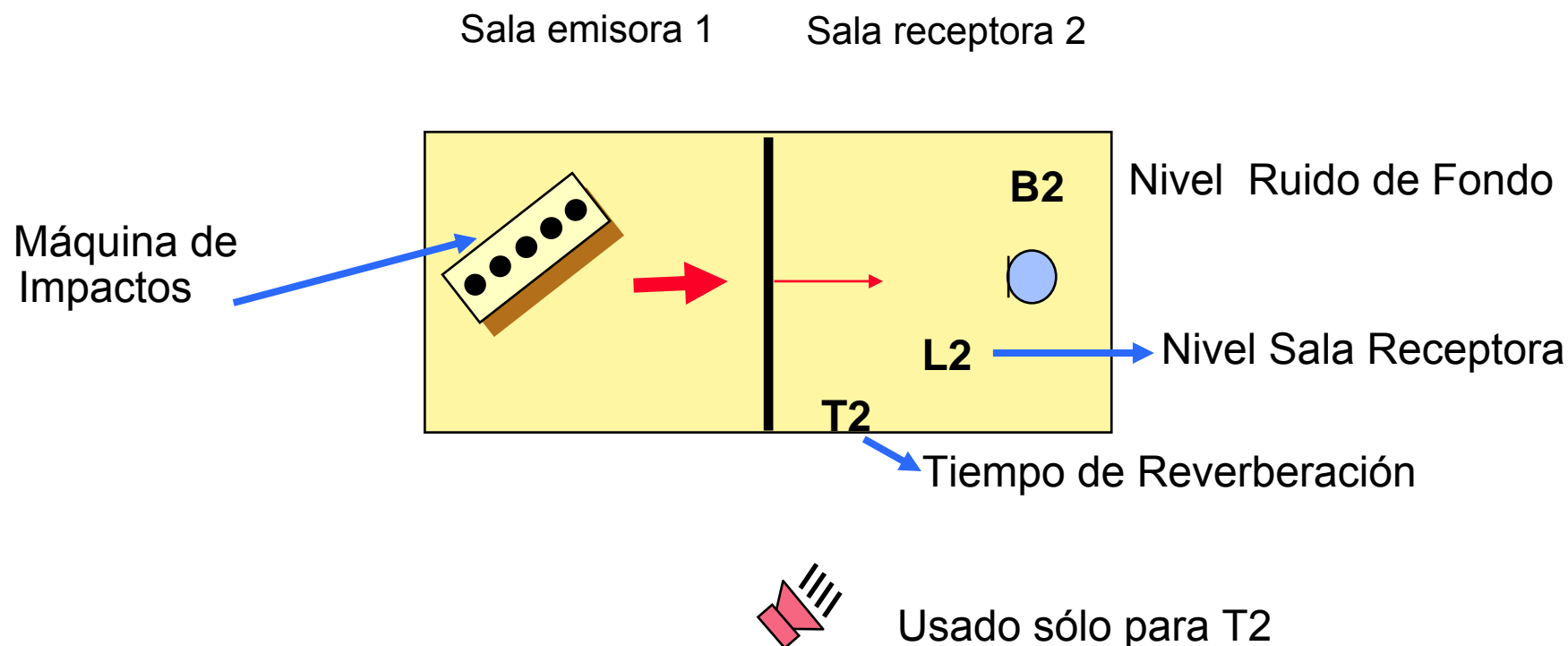
Coeficientes añadidos al valor global de aislamiento en función de uso y espectros de referencia

- C ruido rosa
- Ctr ruido de tráfico
- C<sub>100-5000</sub> ampliación de frecuencias
- C<sub>50-5000</sub> ampliación de frecuencias

# Aislamiento a ruido de impacto–UNE EN ISO 140 VII

Similar al Ruido Aéreo, excepto:

- L1 no se mide
- Se usa una máquina de Impactos normalizada



# UNE EN ISO 140 VII – máquina de impactos



- 5 martillos en línea
- Distancia entre martillos  $100 \pm 3$  mm
- Masa  $500 \pm 12$  gr
- Altura caída 40 mm
- Caída libre a 0.866 m/s
- Diámetro cilíndrico de 30 mm
- Material de contacto de acero
- Autopropulsada. Tiempo medio entre impactos de 100 ms

# UNE EN ISO 140 VII – índices de evaluación

Nivel de presión de ruido de impactos normalizado  $L'_n$

$$L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \text{ dB}$$

$$A_0 = 0.32 \text{ m}^2$$

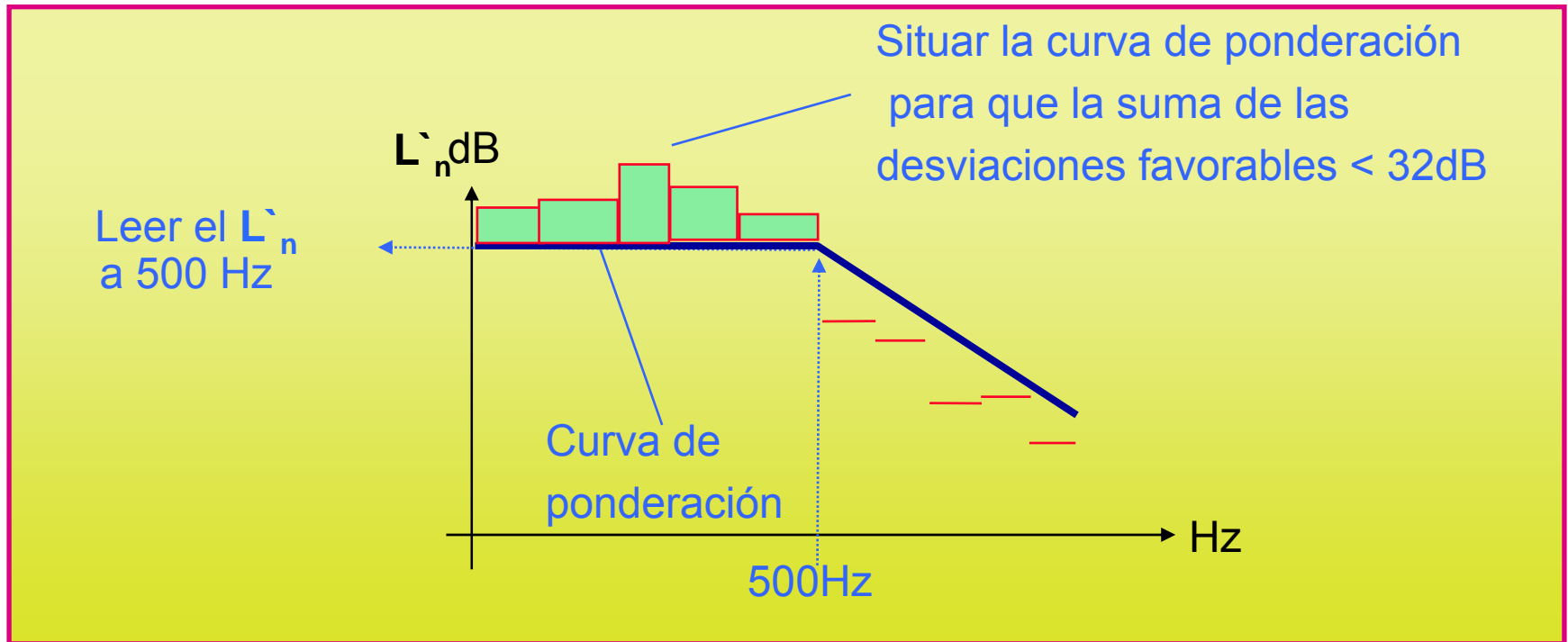
Nivel de presión de ruido de impactos estandarizado  $L'_{nT}$

$$L'_{nT} = L_i - 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

$$T_0 = 0.5 \text{ s}$$

i banda de 1/3 de octava

# Cálculo - ponderación UNE EN ISO 717 II



$L'_n$  : Índice de Reducción Sonora Ponderado

- un solo número, p.e. 67 dB

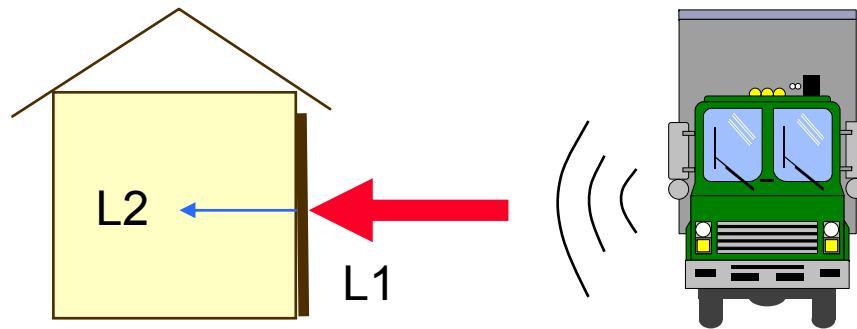
# UNE EN ISO 140 V – aislamiento de fachadas

## Fachada completa

Micrófono “normal”

## Elemento de fachada

Micrófono sobre plano reflectante con pantalla antiviento semiesférica



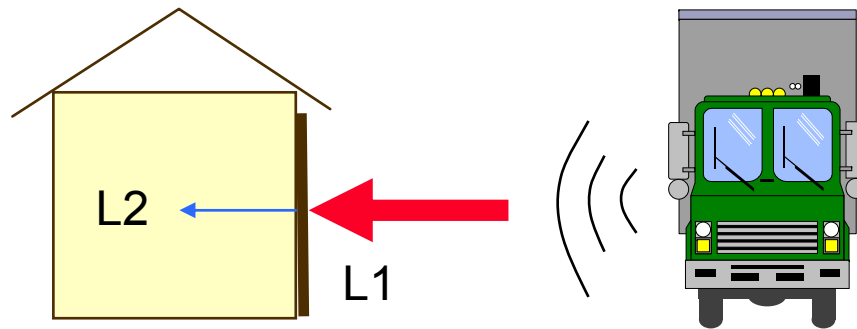
# UNE EN ISO 140 V – aislamiento de fachadas

## Con fuente sonora

Distancia a la fachada de la fuente mínima 5 m

Angulo de incidendencia 45°

Se puede colocar más alta que el suelo si es necesario



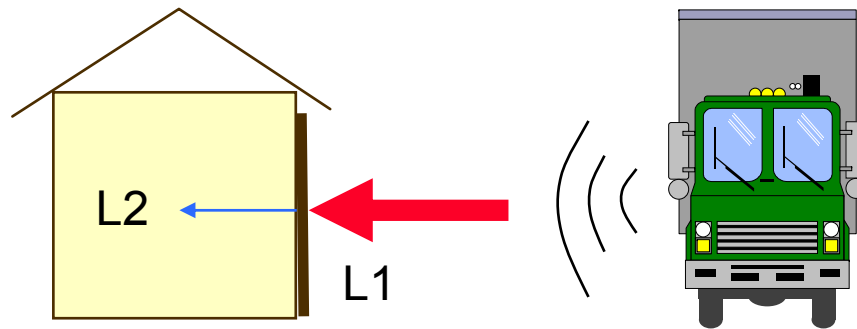
# UNE EN ISO 140 V – fuente sonora

## Medida de L1

Se determina directamente midiendo a 2 metros de la fachada

## Medida de L2

Igual que UNE EN ISO 140 IV



# UNE EN ISO 140 V – Aislamiento de Fachadas

## Usando fuente sonora

### Índice de evaluación

$$D_{ls,2m,nT} = D_{2m} + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right)$$

$D_{2m,nT}$  para cada banda de 1/3 de octava

# UNE EN ISO 140 V – fuente sonora

## Indice de evaluación

$$R'_{45^\circ} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB} - 1.5 \text{ dB}$$

$R'_{45^\circ}$  para cada banda de 1/3 de octava

A se determina por la ecuación de Sabine como en UNE EN ISO 140 IV

$$A = 0.163 \text{ V/T}$$

# UNE EN ISO 140 V – aislamiento de fachadas

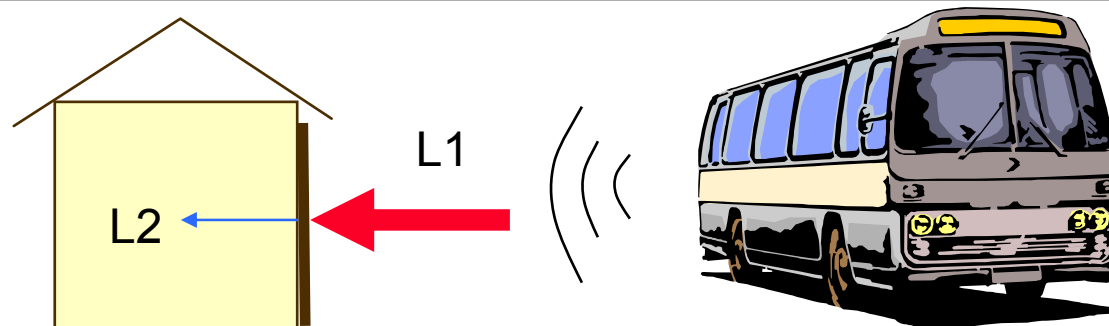
## Aislamiento de fachadas usando ruido de tráfico

La fuente varía con la densidad y el tipo de vehiculos

Medida simultánea de L1 y L2

Promediación de (L1-L2) en multiples posiciones

$$R'_{tr} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \text{ dB} - 3 \text{ dB}$$



# UNE EN ISO 140 V – Aislamiento de Fachadas

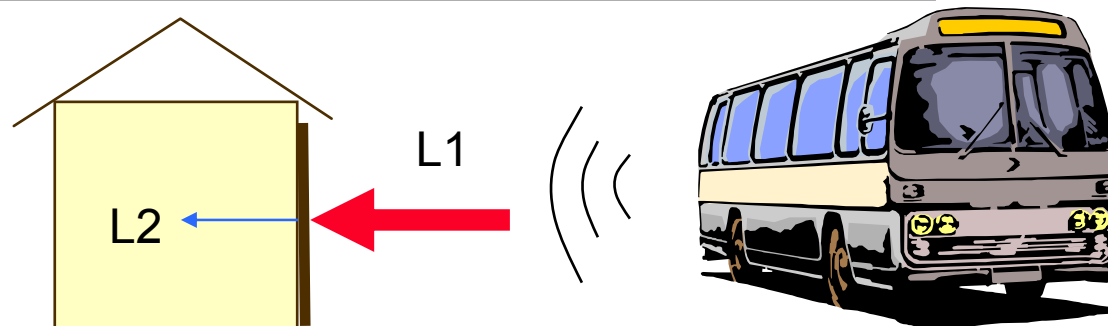
## Usando ruido de tráfico

La fuente varía con la densidad y el tipo de vehículos

Medida simultánea de L1 y L2.

Promediación de (L1-L2) en múltiples posiciones.

$$D_{tr,2m,nT} = D_{2m} + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right)$$



## Otros índices de aislamiento de fachadas

$$D_{2m,nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

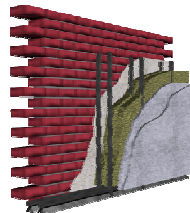
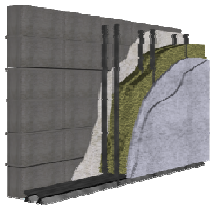
$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2 \text{ dB}$$

$$D_{2m,n} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{A}{A_0} \text{ dB}$$

# Código Técnico

en la

Edificación



DB HR

# Código Técnico en la Edificación

- **Ámbito de aplicación**
- **Límites**
- **Proyectos o medidas *in situ***
- **Índices de evaluación**
- **(Instrumentación necesaria)**



# Ámbito de Aplicación

- Edificaciones públicas y privadas cuyos proyectos precisen disponer de licencia de autorización legalmente exigible.
- Nueva construcción salvo las de sencillez técnica y escasa entidad constructiva, y que no tengan carácter residencial ni público.
- Ampliación, reforma, modificación o rehabilitación integral.
- Viviendas, restaurantes, salas de conciertos, aulas, excepto:
  - Recintos ruidosos
  - Auditorios, salas de música, teatros y cines
  - Aulas y salas de conferencias mayores de 350 m<sup>3</sup>
  - Obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación en los edificios existentes

# Límites

- Recintos habitables:

- a) Habitaciones y estancias (dormitorios, comedores, bibliotecas, salones...) en edificios residenciales
- b) Aulas, bibliotecas, despachos en uso docente
- c) Quirófanos, habitaciones, salas espera en uso sanitario
- d) Oficinas, salas de reunión en uso administrativo
- e) Cocinas, baños, aseos, pasillos en cualquier uso
- f) Cualquier otro con un uso asimilable a los anteriores

- Recintos protegidos:

- Todos los habitables de los casos a, b, c y d.

# Límites en recintos habitables

	NBE	CTE
<b>Particiones interiores de igual uso</b>	30	33
<b>Particiones interiores de distinto uso</b>	35	33
<b>Paredes separadoras de propiedades</b>	45	45
<b>Paredes separadoras de zonas comunes</b>	45	45 *
<b>Separadoras zonas de instalaciones</b>	55	45
<b>Fachadas</b>	30	Función Ld
<b>Nivel de ruido de impacto</b>	80	65/60

\*Cuando se comparten puertas o ventanas  $R_A$  será mayor de 20 dB(A) y el del muro mayor de 50 dB(A)



# Límites en recintos protegidos

	NBE	CTE
<b>Particiones interiores de igual uso</b>	30	33
<b>Particiones interiores de distinto uso</b>	35	33
<b>Paredes separadoras de propiedades</b>	45	50
<b>Paredes separadoras de zonas comunes</b>	45	50 *
<b>Separadoras zonas de instalaciones</b>	55	55
<b>Fachadas</b>	30	Función Ld
<b>Nivel de ruido de impacto</b>	80	65/60

\*Cuando se comparten puertas o ventanas  $R_A$  será mayor de 30 dB(A) y el del muro mayor de 50 dB(A)



# Límites en fachadas

Ld dB(A)	Residencial, sanitario		Cultural, docente, religioso	
	Dormitorios	Estancias	Aulas	Estancias
Ld < 60	30	30	30	30
60 < Ld < 65	32	30	32	30
65 < Ld < 70	37	32	37	32
70 < Ld < 75	42	37	42	37
Ld > 75	47	42	47	42

# Límites del tiempo de reverberación

- **Aulas y salas de conferencias vacías:**
  - sin ocupación ni mobiliario:  $< 0.7$  seg
  - incluyendo el total de las butacas:  $< 0.5$  seg
- **Restaurantes y comedores vacíos:**
  - $< 0.9$  segundos
- En **zonas comunes** de recintos habitables la absorción acústica ha de ser  $> 0.2 \text{ m}^2$  por  $\text{m}^3$  del volumen del recinto

*El  $T_r$  es la media de los  $T_r$  de las bandas de frecuencia de 500, 1.000 y 2.000 Hz. (con un solo decimal)*

# Valores de tiempo de reverberación

- Para aulas y salas de conferencias vacías:

$T \leq 0,7$  segundos si  $V \leq 350 \text{ m}^3$

$T \leq 0,5$  segundos si  $V \leq 350 \text{ m}^3$

incluyendo todas las butacas

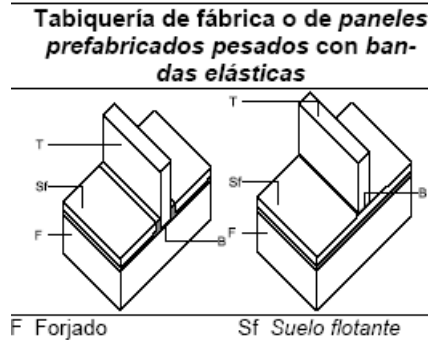
- En restaurantes y comedores vacíos:

$T \leq 0,9$  segundos

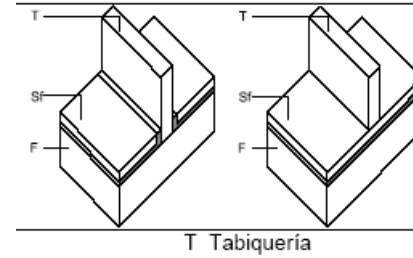


# Cumplimiento

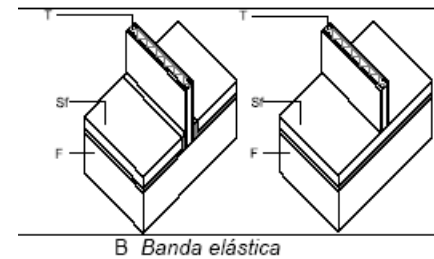
- Proyecto
  - Soluciones propuestas
  - Predicción



Tabiquería de fábrica o de *paneles prefabricados pesados con apoyo directo*



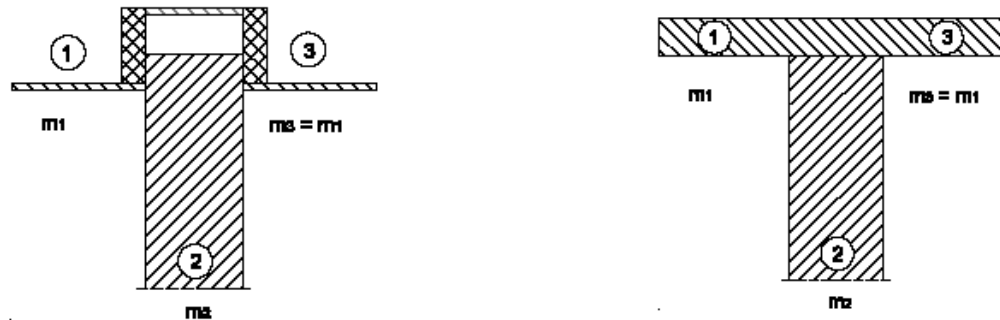
Tabiquería de *entramado autoportante*



- Control de obra terminada

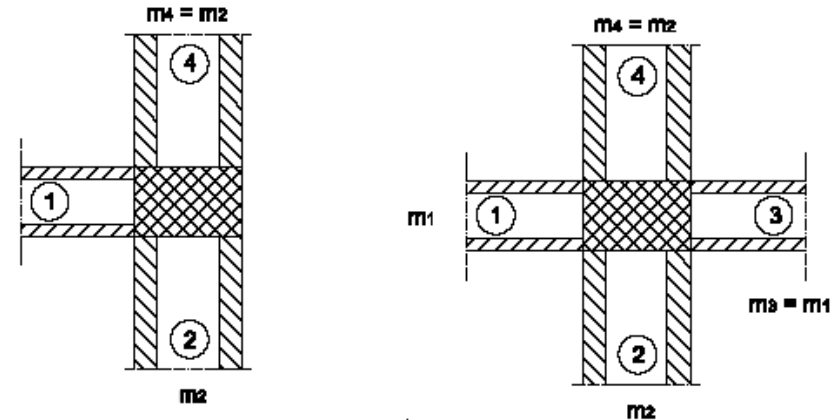
# Proyecto - soluciones propuestas

Uniones en fachadas ligeras:



Uniones de elementos de separación ligeros, de doble hoja, acoplados:

$$D_{nT,A} = R'_A + 10 \log \left( \frac{0,32V}{S_s} \right)_{m1}$$



# Justificación de exigencias

Elementos de separación horizontal entre:						
Recinto emisor	Recinto receptor	Tipo	Aislamiento acústico			
			En proyecto		Exigido	
Protegido	Protegido		$D_{nT,A} =$		$\geq$	50
			$L'_{nT,w} =$		$\leq$	65
Habitable			$D_{nT,A} =$		$\geq$	50
			$L'_{nT,w} =$		$\leq$	65
Zona común			$D_{nT,A} =$		$\geq$	50
			$L'_{nT,w} =$		$\leq$	65
De instalaciones			$D_{nT,A} =$		$\geq$	55
			$L'_{nT,w} =$		$\leq$	60
De actividad			$D_{nT,A} =$		$\geq$	55
			$L'_{nT,w} =$		$\leq$	60

# Predicción – T reverberación

$$T = 0.163 V/A$$

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m}_m \cdot V$$

$A_{O,m,j}$

Absorción acústica de cada mueble fijo

$\alpha_{m,i}$

Coefficiente absorción medio de cada paramento

$\overline{m}_m$

Coefficiente absorción medio del aire

## ◆ ABSORPTION ACOUSTIQUE $\alpha$ Sab.

Frecuence Hz	NRC	125	250	500	1000	2000	4000
Orcal Tegular/MicroLook avec perforations et matelas de laine (épaisseur 25 mm, densité 64 kg/m <sup>3</sup> )	<b>0,80</b>	0,65	0,95	0,65	0,80	0,80	0,70



# Control de obra terminada - medidas in situ

- Edificio en conjunto
  -
- Diferentes partes
  -
- Construcción parcial o totalmente terminada

- Carácter voluntario
- Ordenadas por la dirección facultativa
- Exigidas por la legislación aplicable

- Laboratorios acreditados
- Según UNE EN ISO 140 y 3382
- Tolerancias de 3 dB para aislamiento
- Tolerancias 0,1 segundo para Tr



# Índices de aislamiento – CTE - particiones

Límites en dB(A)

$$D_{nT,A} = -10 \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{rA,i} - D_{nT,i})/10}$$

$L_{rA,i}$  es un espectro normalizado del ruido rosa ponderado A

# Espectro normalizado de ruido rosa

1/3 Octava	
$F_i$ (Hz)	$L_{Ar,i}$ (dB)
100	-30,1
125	-27,1
160	-24,4
200	-21,9
250	-19,6
315	-17,6
400	-15,8
500	-14,2
630	-12,9
800	-11,8
1000	-11
1250	-10,4
1600	-10
2000	-9,8
2500	-9,7
3150	-9,8
4000	-10
5000	-10,5

# Índices de Aislamiento - CTE - Fachadas

Límites en dB(A)

$$D_{2m,nTr} = D_{2m} + 10 \log \left( \frac{T}{T_0} \right)$$

$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$$

# Índices de Aislamiento - Fachadas

Límites en dB(A)

$$D_{2mnT, ATr} = -10 \log \sum_{i=1}^n 10^{(L_{Atr,i} - D_{nT,i})/10}$$

Donde  $L_{Atr,i}$  es un espectro normalizado del ruido de tráfico

# Espectro normalizado de ruido de tráfico

1/3 Octava	
$F_i$ (Hz)	$L_{Atr,i}$ (dB)
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	-16
5000	-10,5