



“Introducción a la Acústica”

“Sonido y Ruido”

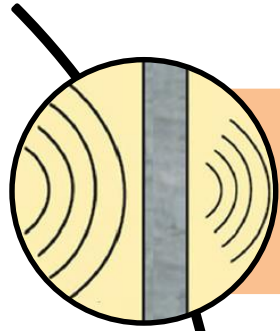
Ing. Juan Bertrán

*Ingeniero en Electrónica
Especialista en Audio y Sonido*

Mg. Ing. Adriano Sabez

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

Acústica



Aislación



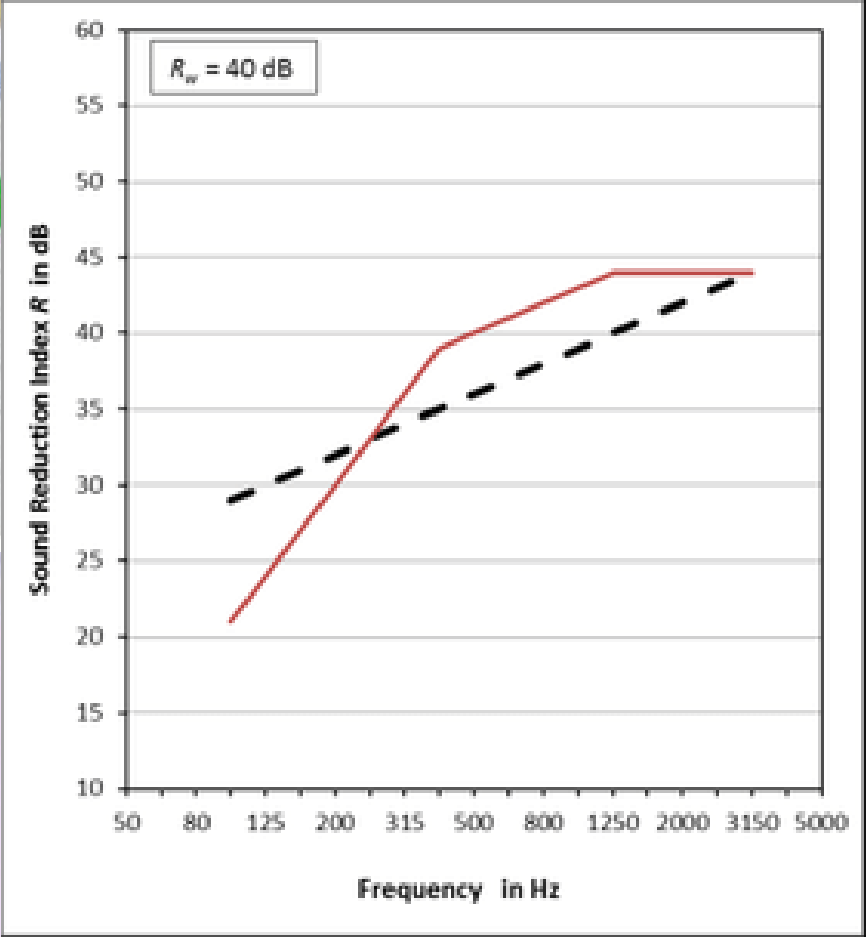
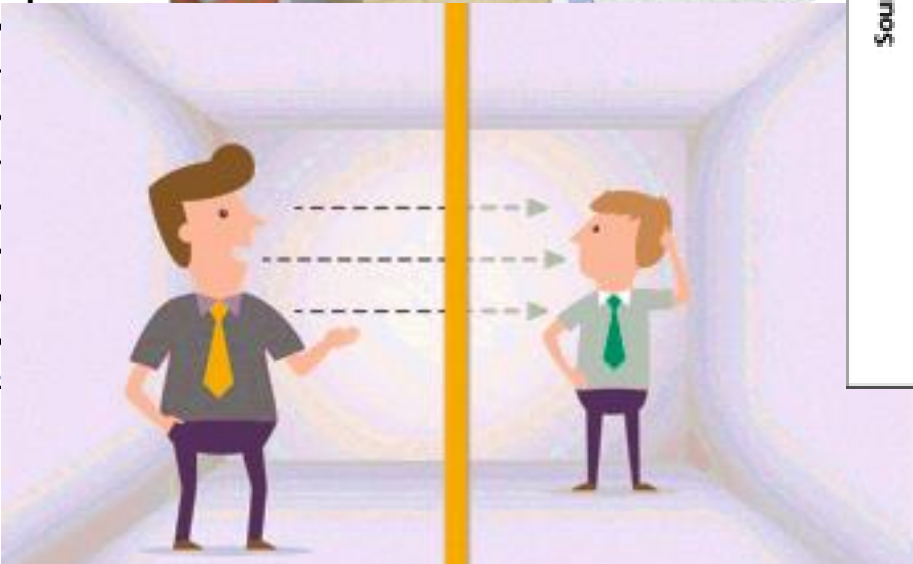
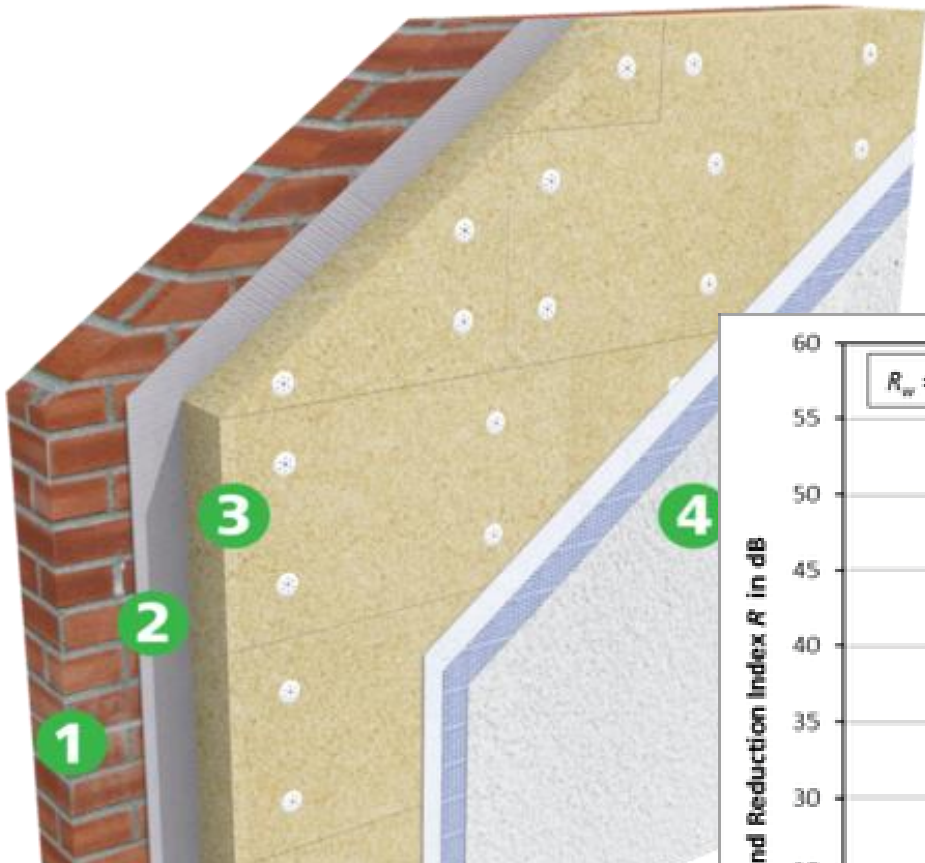
Sistemas de Sonido



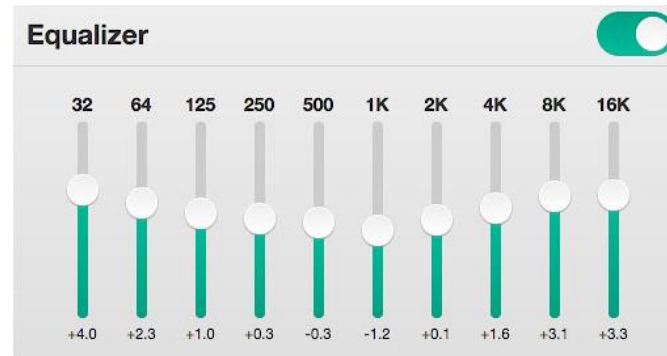
Acondicionamiento

Aislación acústica

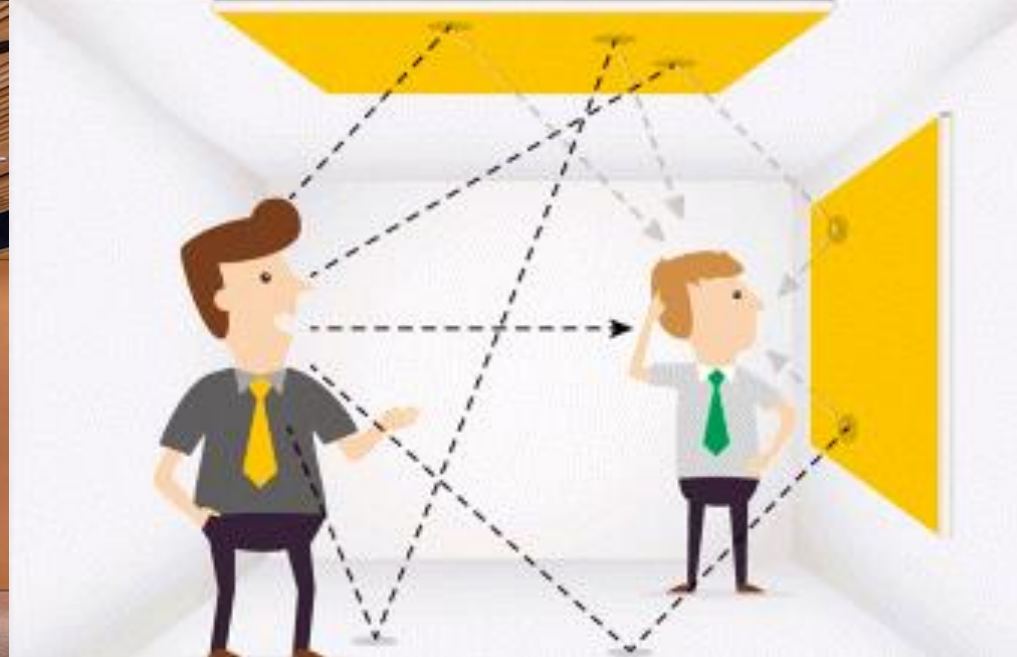
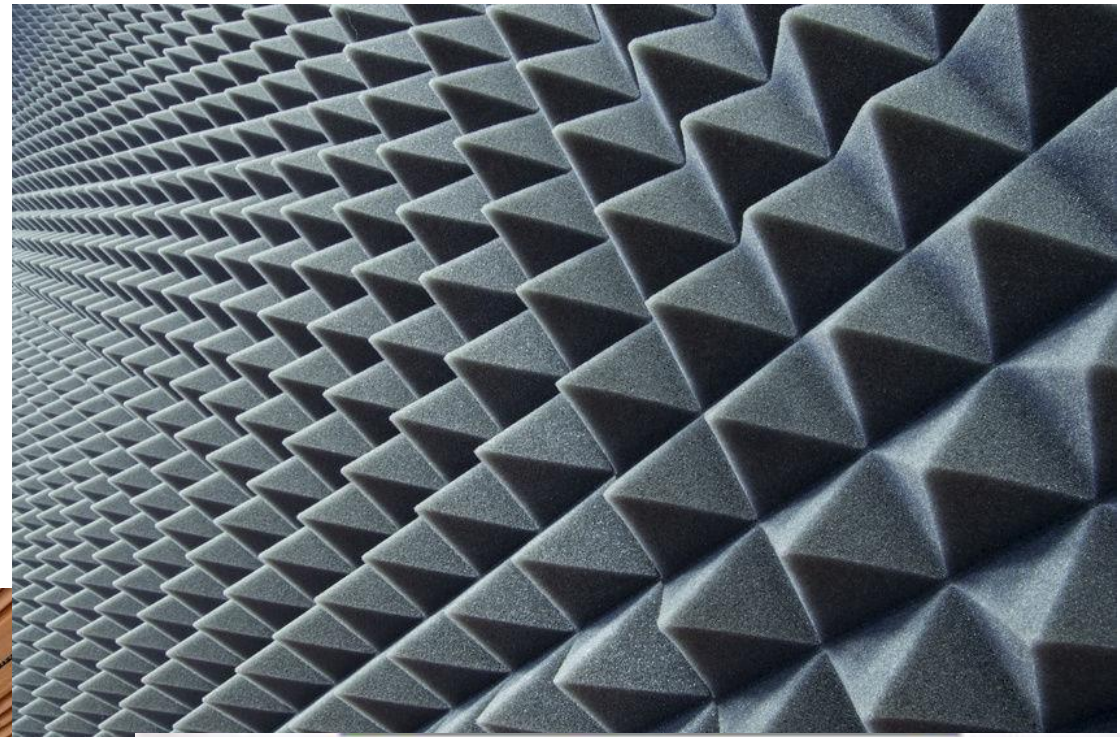
Frequency	Measurement result	ISO 717-1 reference curve	Unwanted deviation
f (Hz)	R (dB)	(dB)	(dB)
50	22.0		
63	19.2		
80	22.1		
100	26.6	31	4.4
125	29.1	34	4.9
160	32.5	37	4.5
200	35.4	40	4.6
250	39.6	43	3.4
315	42.2	46	3.8
400	45.5	49	3.5
500	47.0	50	3.0
630	52.4	51	0.0
800	54.2	52	0.0
1000	56.8	53	0.0
1250	61.7	54	0.0
1600	62.0	54	0.0
2000	57.9	54	0.0
2500	61.7	54	0.0
3150	62.6	54	0.0
4000	64.0		
5000	62.6	sum	32.

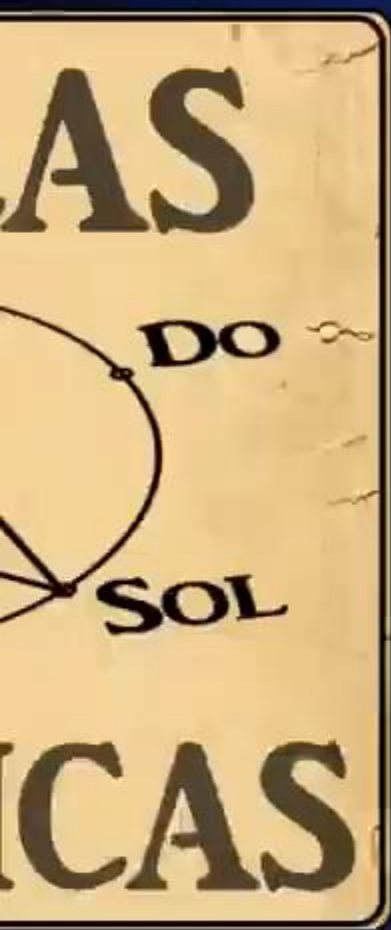


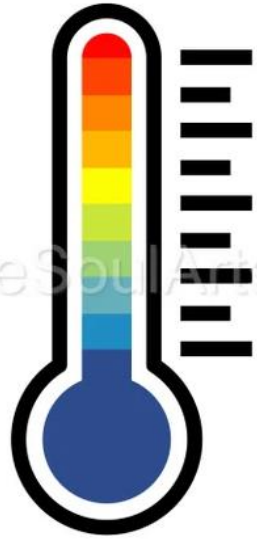
Sistemas de Sonido



Acondicionamiento Acústico







¿Cómo medimos el nivel sonoro?

$$\text{Rango Dinámico} = \frac{\text{Valor Máximo}}{\text{Valor Mínimo}}$$

Presión

$$\frac{\text{Valor Máximo}}{\text{Valor Mínimo}} = \frac{20\text{Pa}}{20\mu\text{Pa}} = 1.000.000 \text{ Veces}$$



La presión sonora del recital es **8,933Pa** y la municipalidad me pide que baje a **6,324Pa**

Potencia

$$\frac{\text{Valor Máximo}}{\text{Valor Mínimo}} = \frac{1\text{W/m}^2}{10\text{pW/m}^2} = 1.000.000.000.000 \text{ Veces}$$

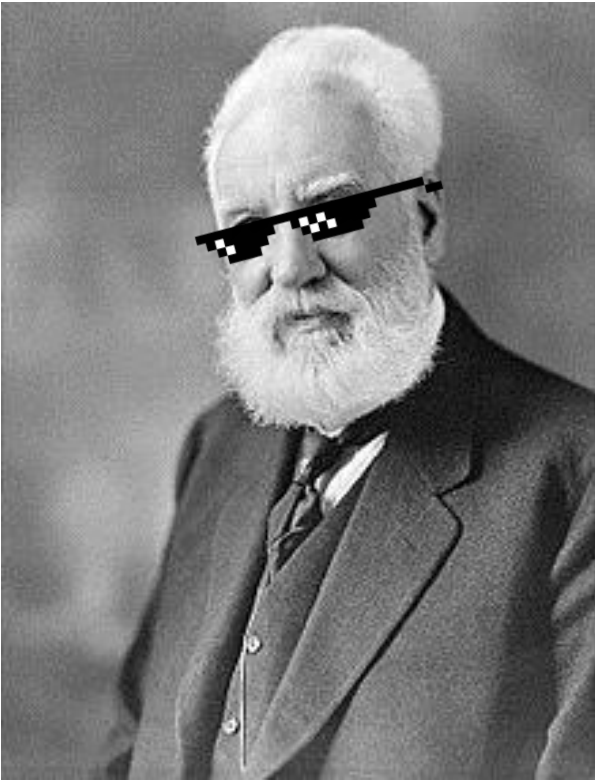


Este stereo tiene **0.0063095 W/m2** y molesta al vecino. El muro debería atenuarlo a **0.0031547 W/m2**

El Decibel

“unidad de medición del nivel sonoro”

Alexander Graham Bell



$$B = \log \frac{X}{X_0}$$

Magnitud que queremos medir
“Actual”

Magnitud conocida
(de Referencia)

$$dB = 10 \log \frac{X}{X_0}$$

Niveles conocidos en decibeles



$0,000000316 \text{ W/m}^2$

$0,01124 \text{ Pa}$

¿Por que usamos dB?

La escala está comprimida y se aproxima a la respuesta del oído



$$60 + 60 = 63$$

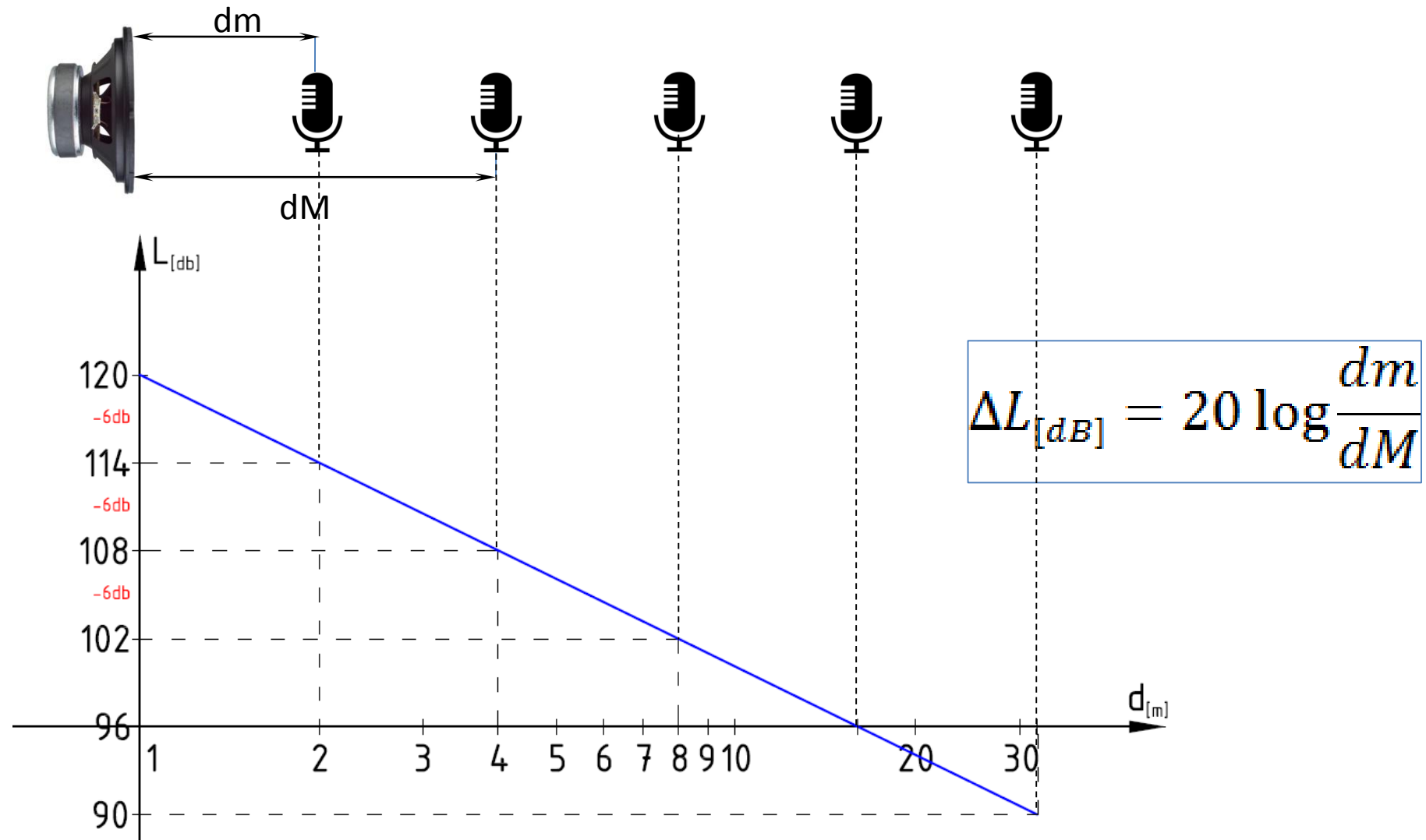
$$70 + 60 = 70$$

Las operaciones son simples

Niveles conocidos en decibeles

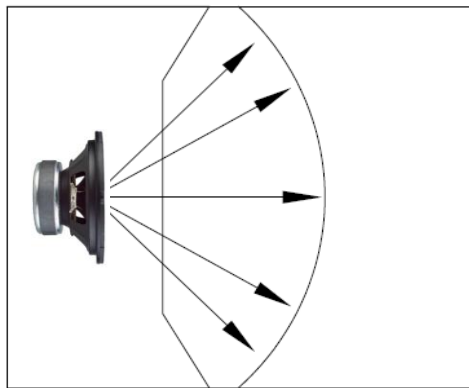
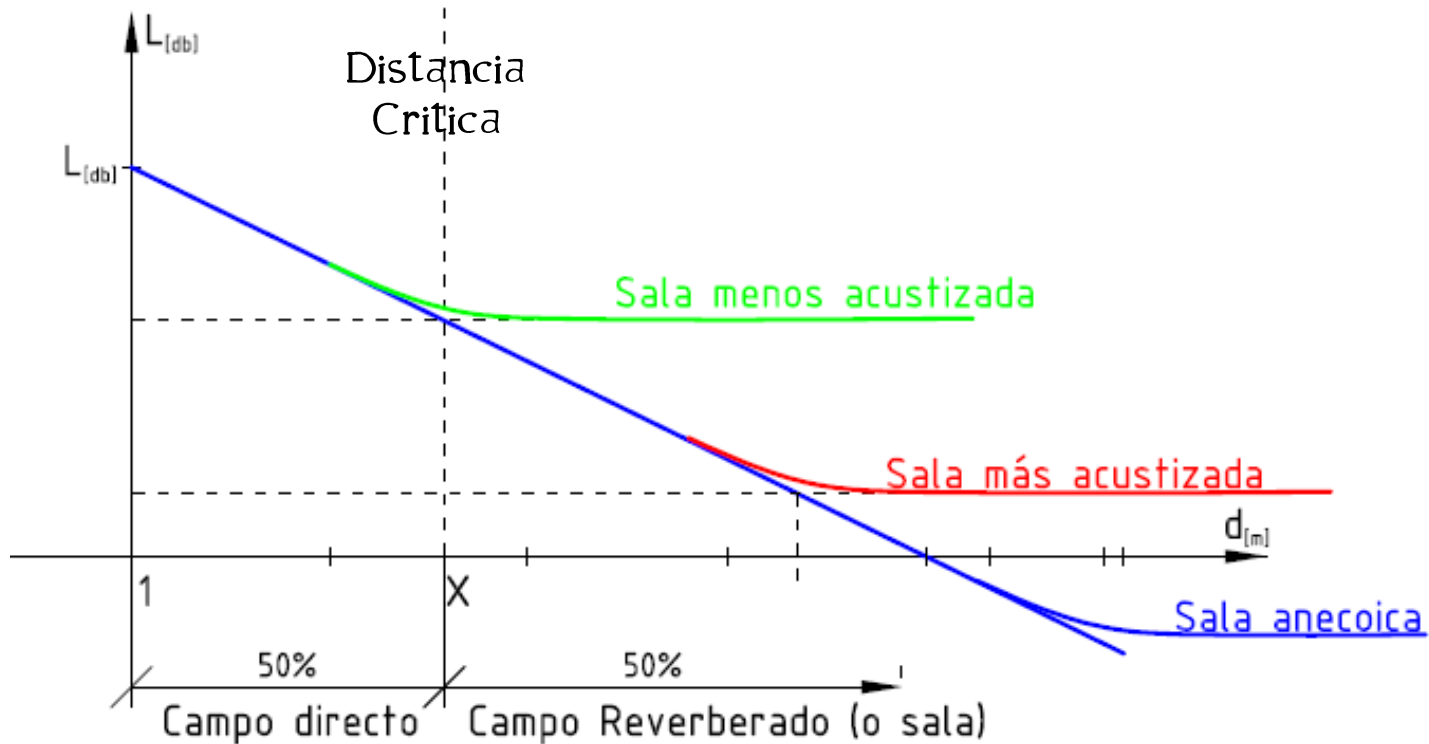
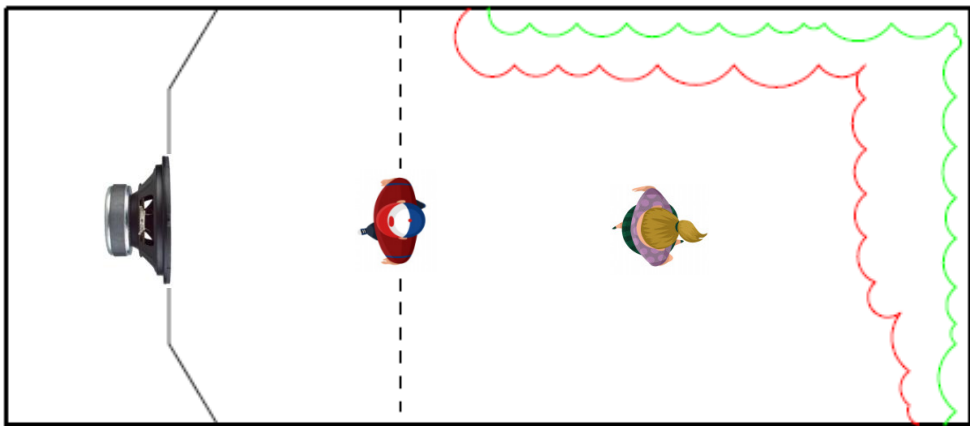


Curva de la Caída del nivel con la distancia

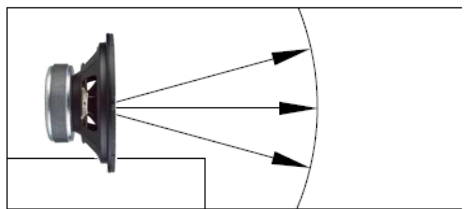


Si se duplica la distancia, la caída del nivel sonoro es de -6db

Propagación en Espacio cerrado



Vista en planta

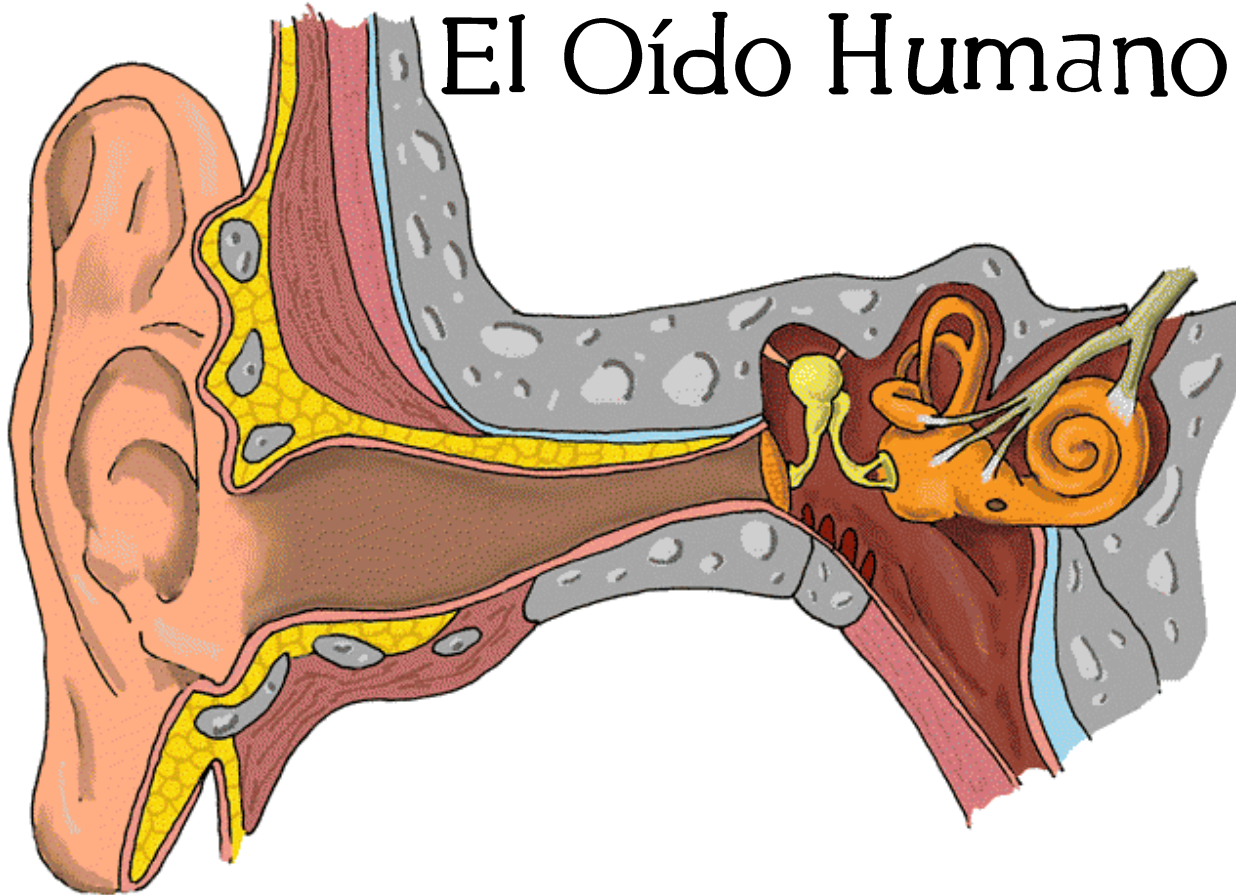


Vista lateral

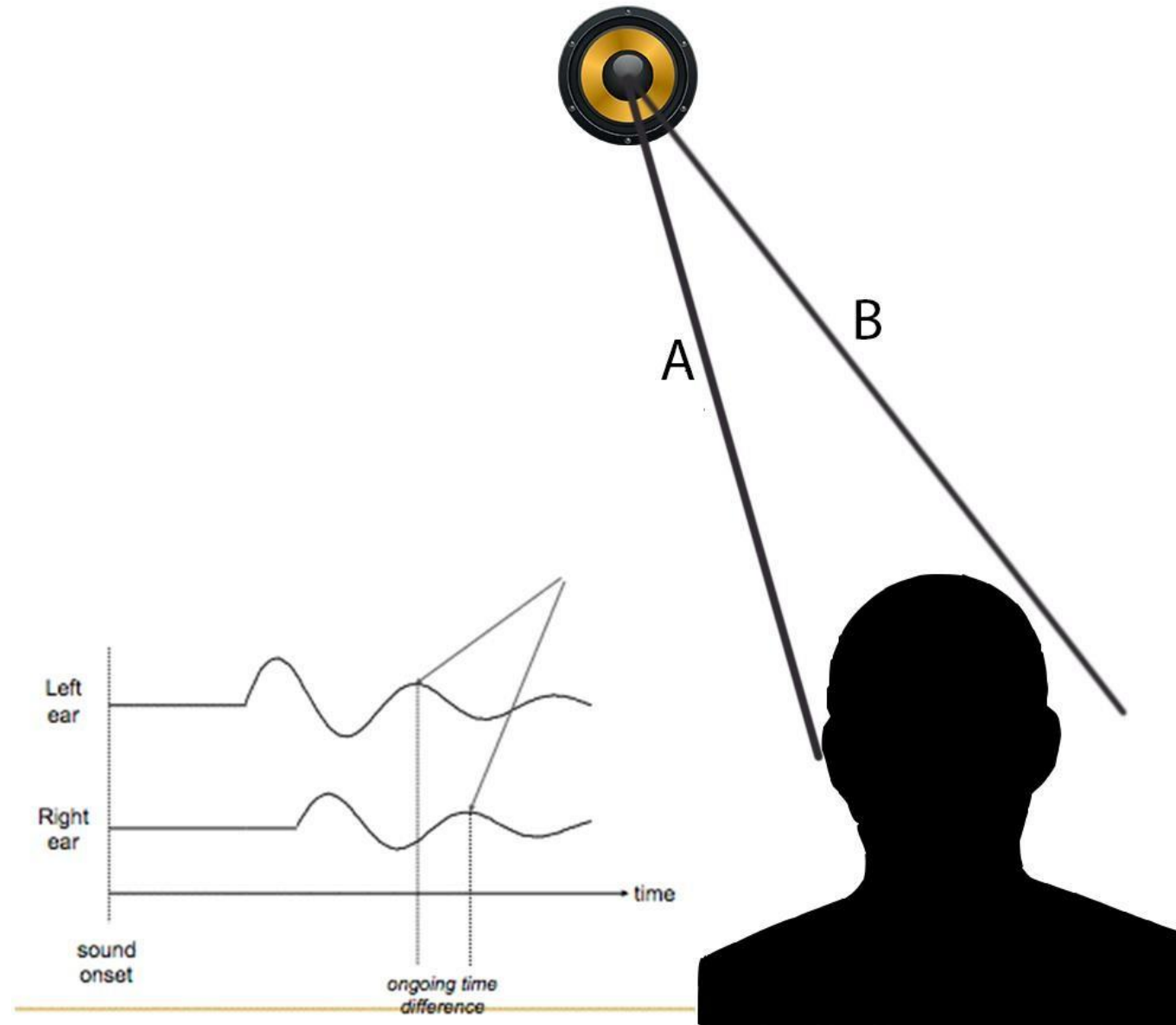
Propagación en Espacio cerrado



El Oído Humano

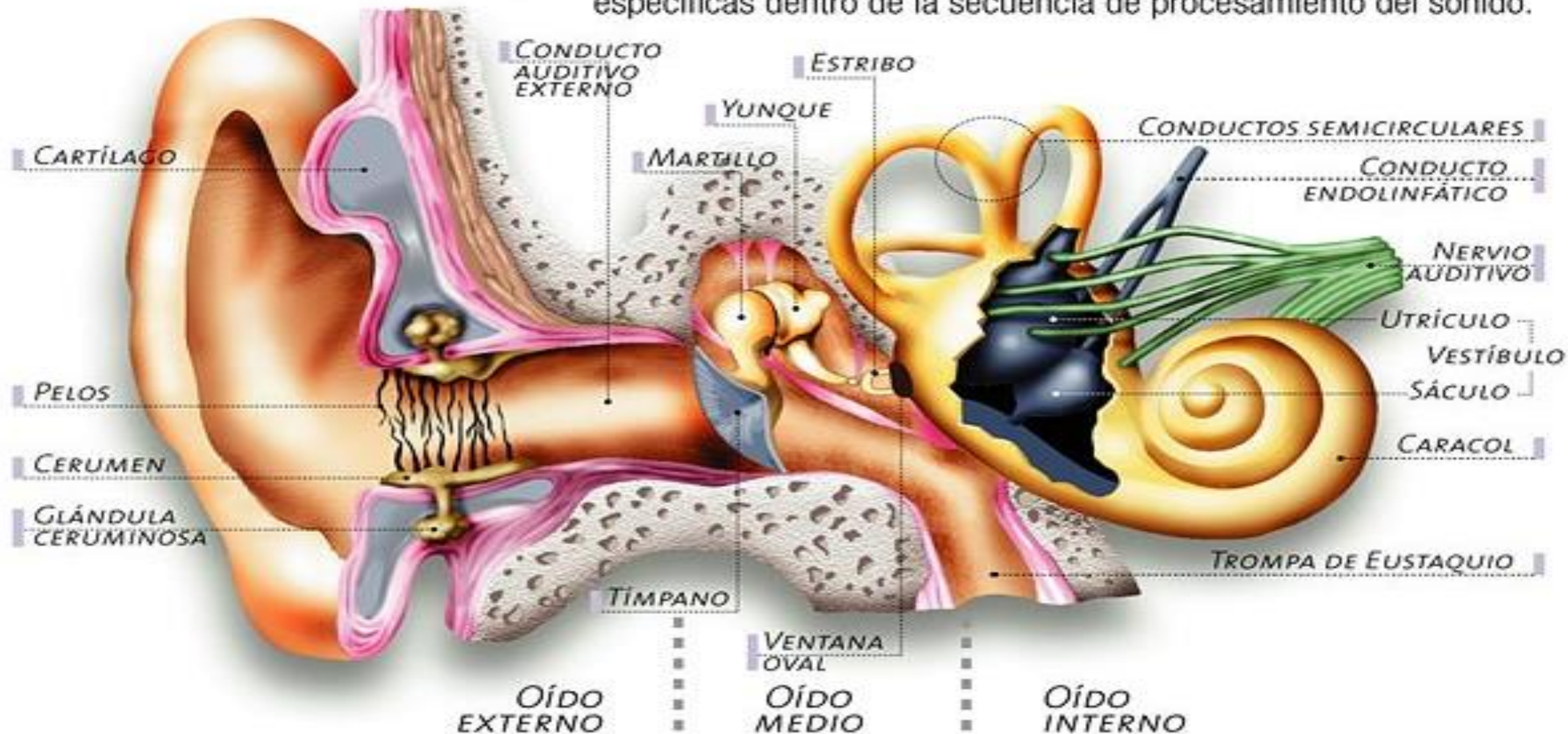


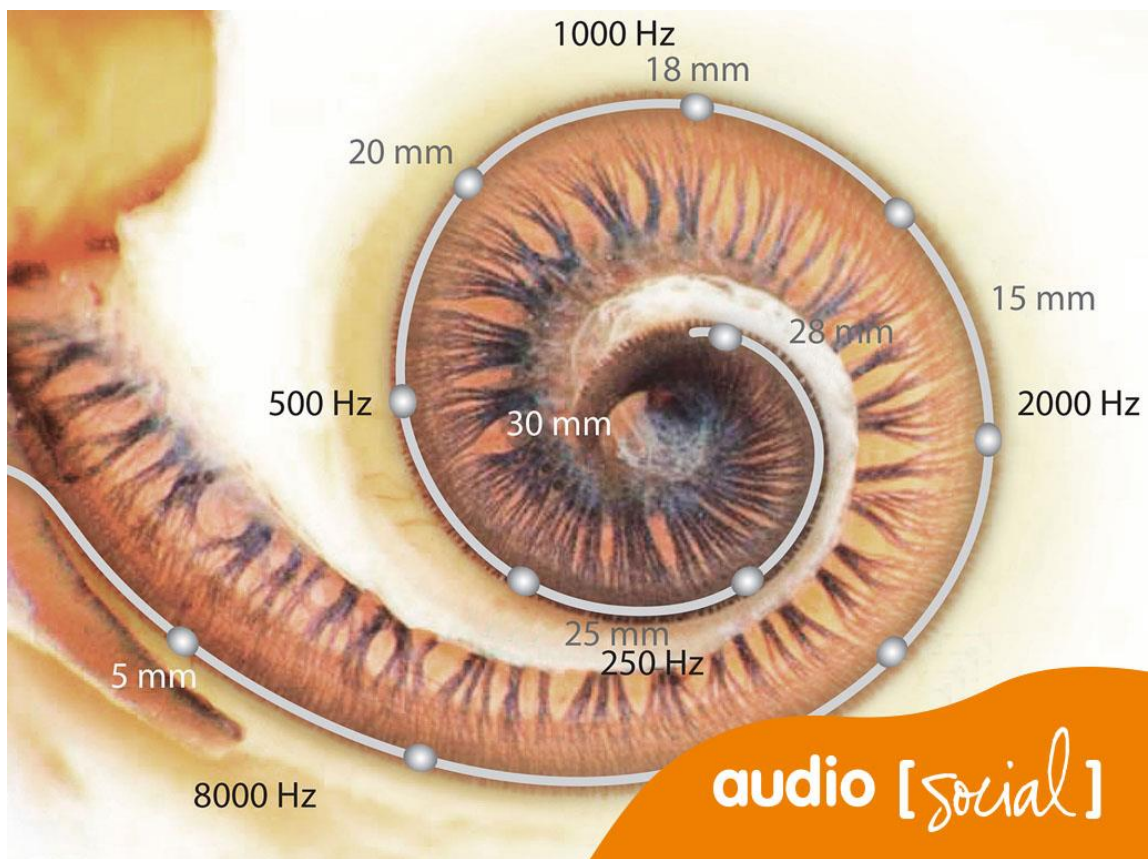
Percepción Espacial



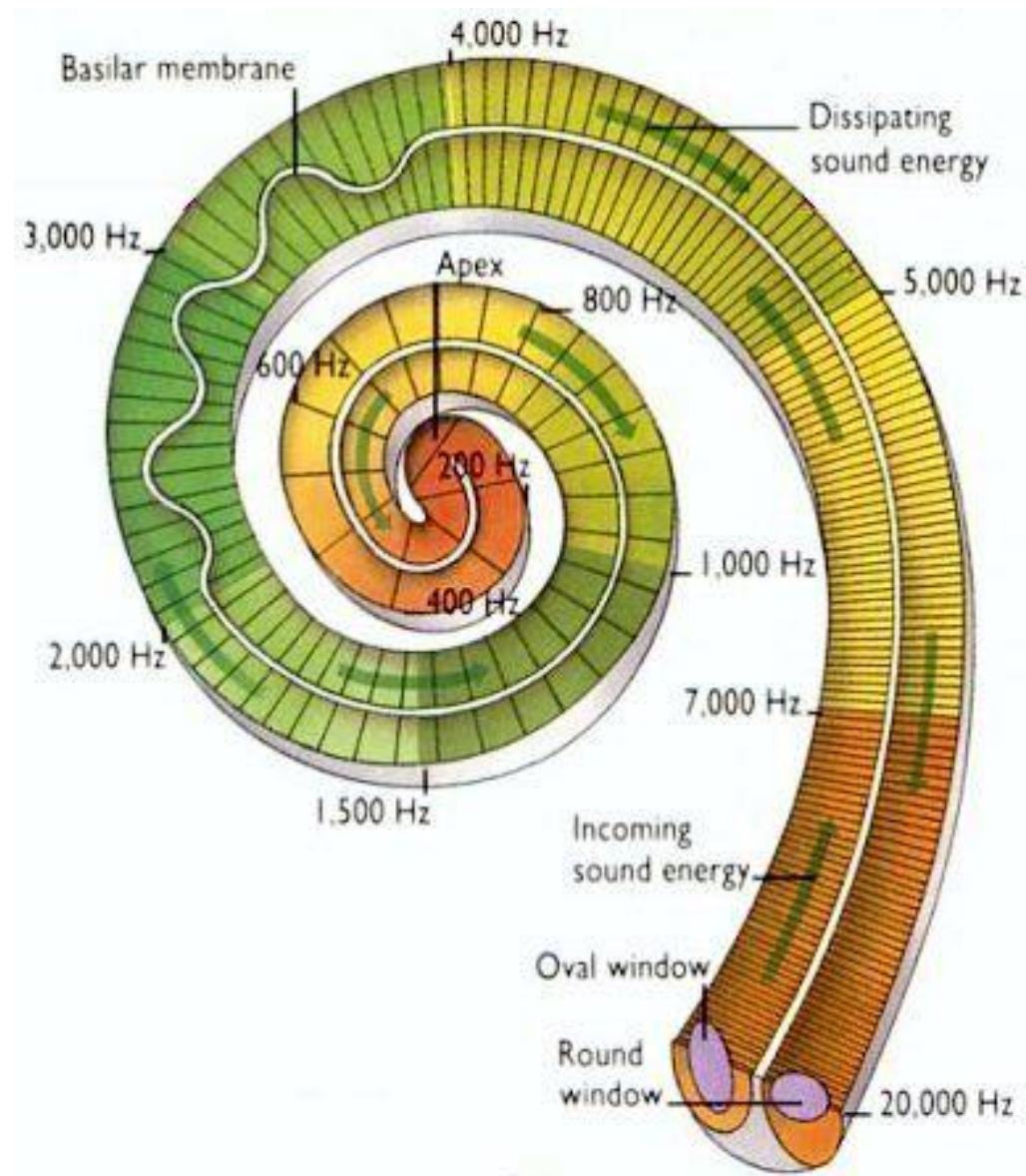


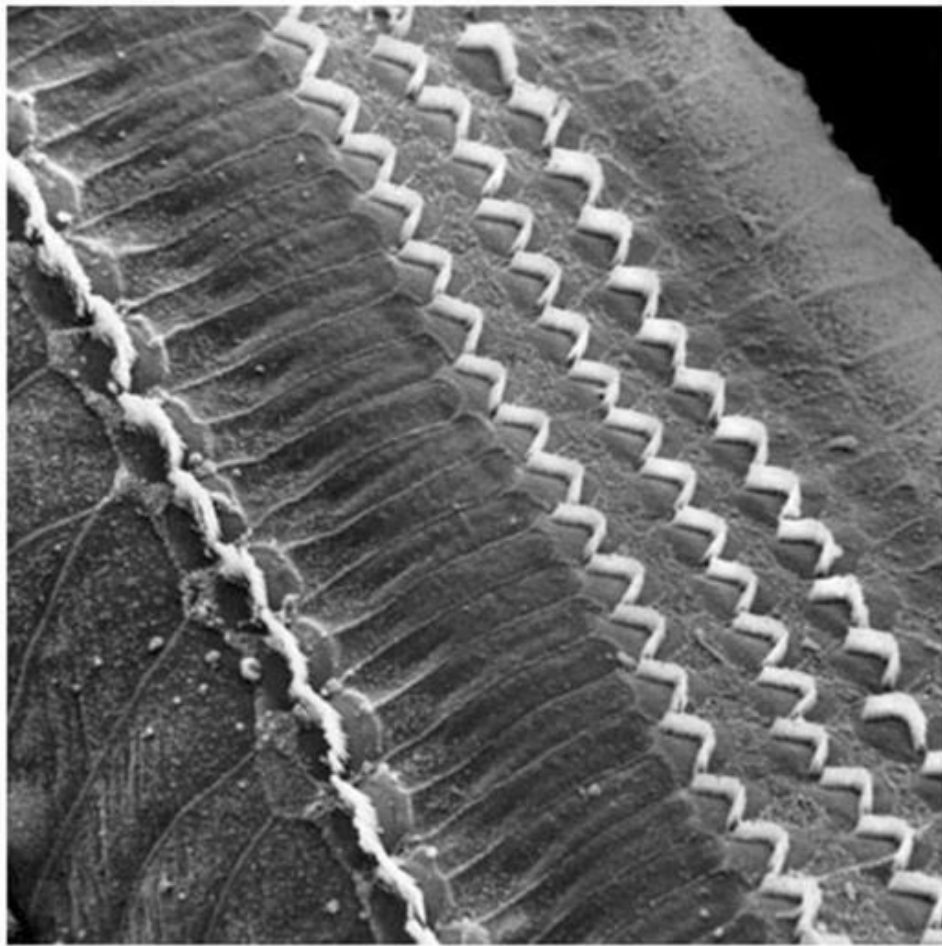
Una de las funciones principales del oído es la de convertir las ondas sonoras en vibraciones que estimulen las células nerviosas, para ello el oído tiene tres partes claramente identificadas. Estas secciones están interconectadas y son el oído externo, el medio y el interno. Cada parte tiene funciones específicas dentro de la secuencia de procesamiento del sonido.





Líquido interior del Oído: Endolinfa



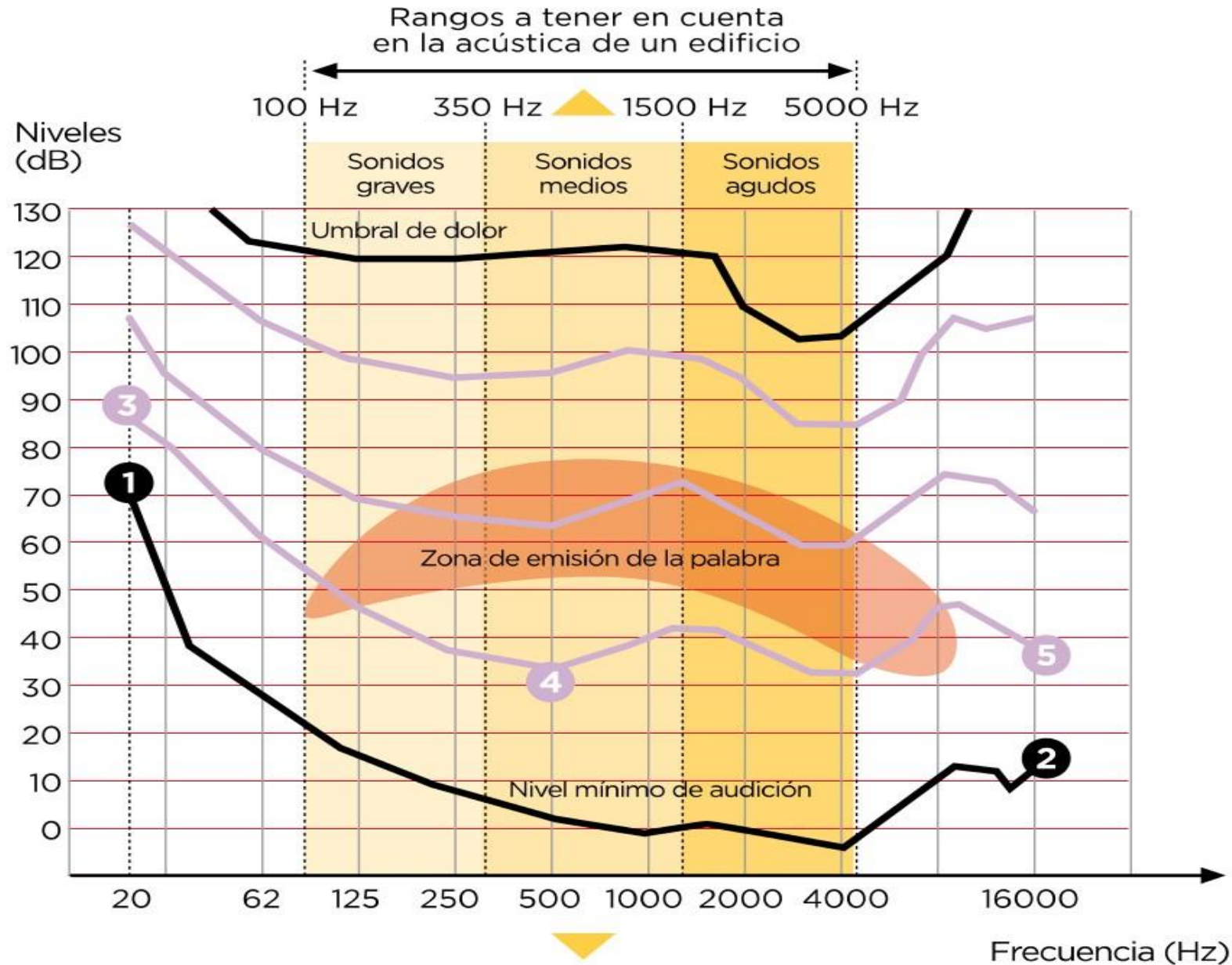


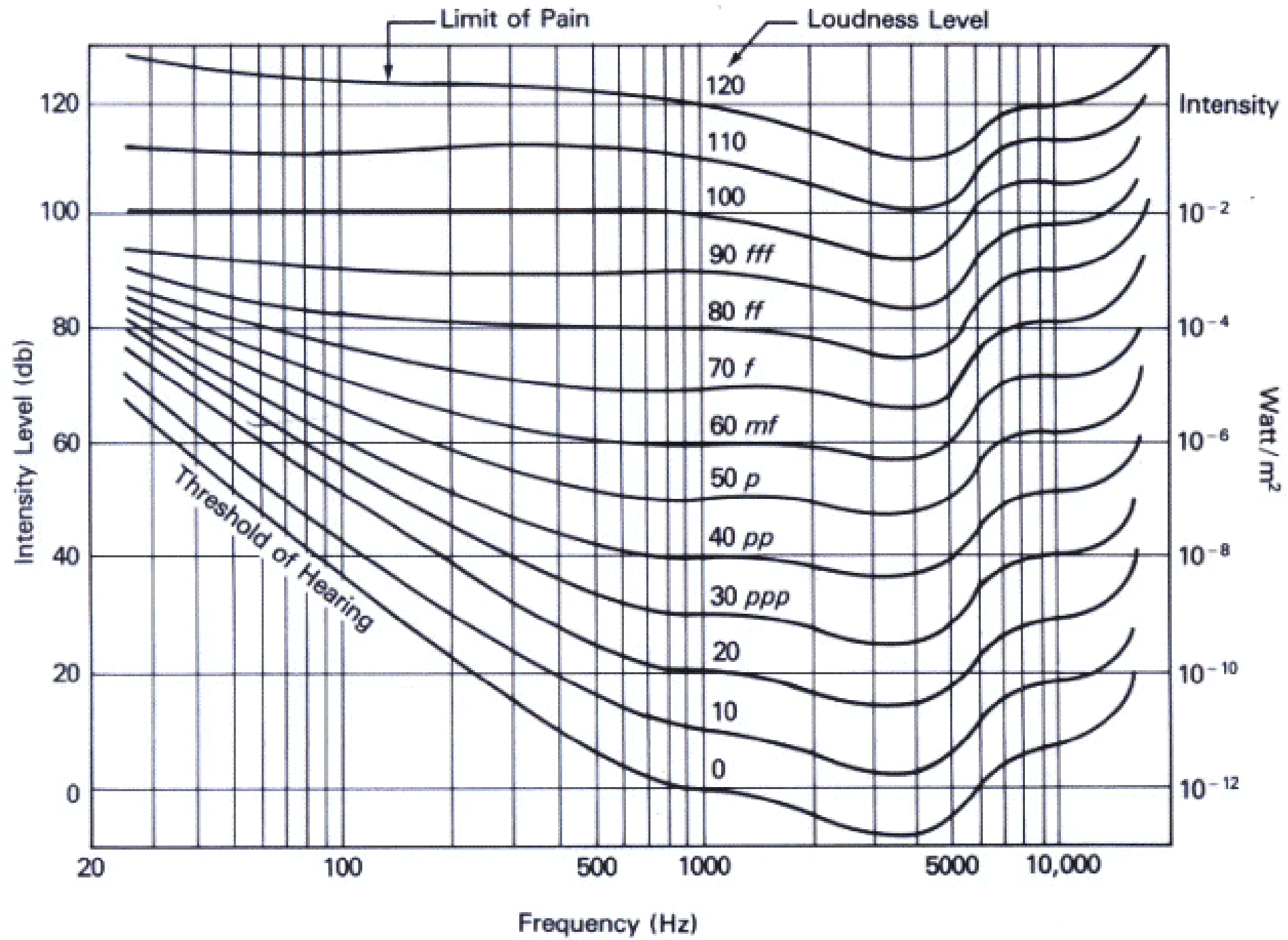
Intact cochlea



Damaged cochlea

Curvas de Fletcher y Munson





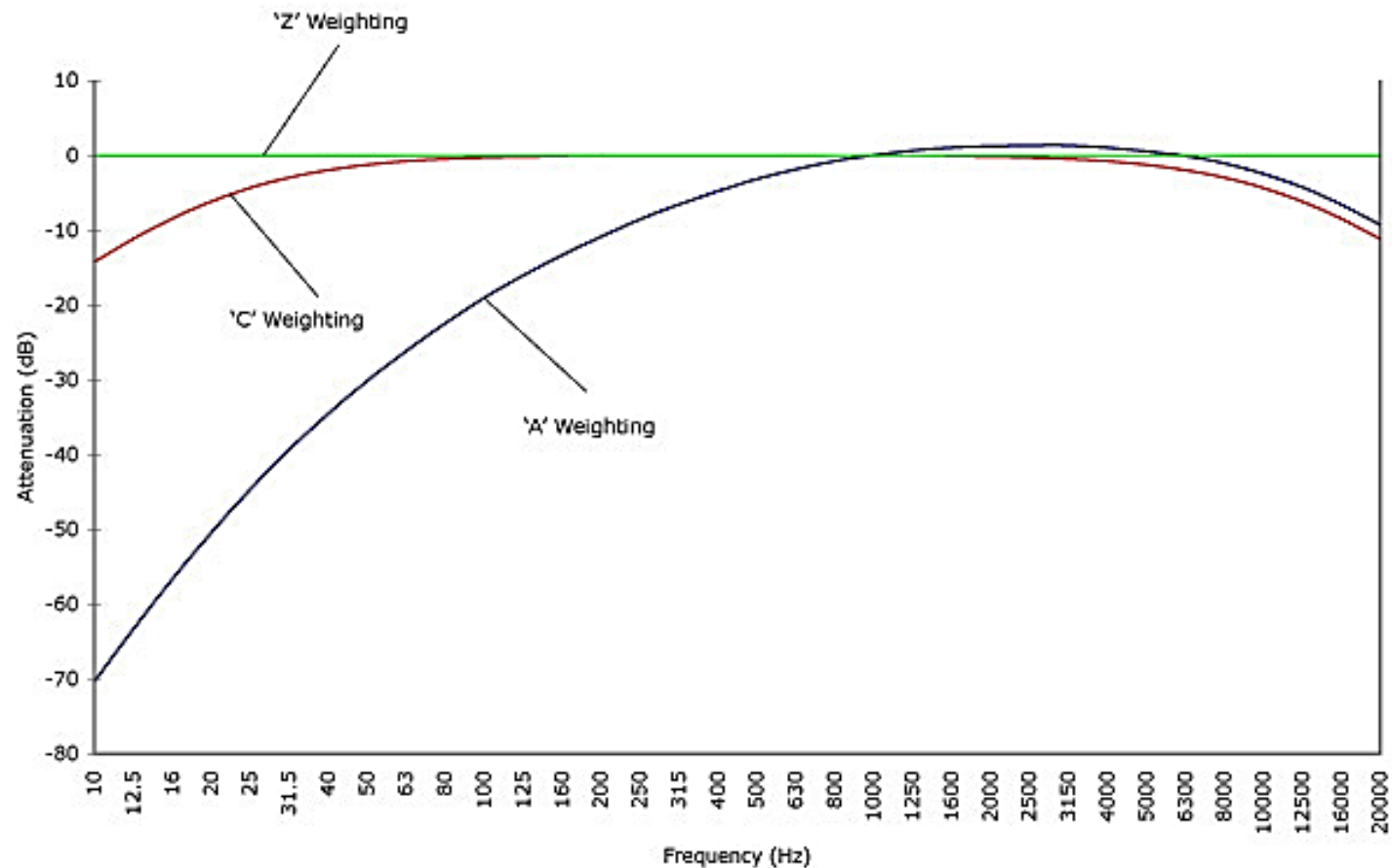
Mediendo Decibeles

El Sonómetro

Instrumento analógico o digital que mide el nivel de intensidad o presión sonora



Ponderación del Sonómetro

[illegible]

Control de Ruido

Limite deseable
de Ruido:
70dB(A)






Contaminación Acústica



Shin-ichi SATO

Efectos en el Organismo

→	A partir de 30 dB	Dificultad para conciliar el sueño.	
→	A partir de 40 dB	Probable interrupción del sueño.	
→	A partir de 45 dB	Malestar diurno moderado.	
→	A partir de 50 dB	Malestar diurno intenso.	
→	A partir de 55 dB	Comunicación verbal extremadamente difícil.	
→	A partir de 80 dB	Pérdida de oído a largo plazo.	
→	A partir de 110-130 db	Pérdida de oído a corto plazo.	

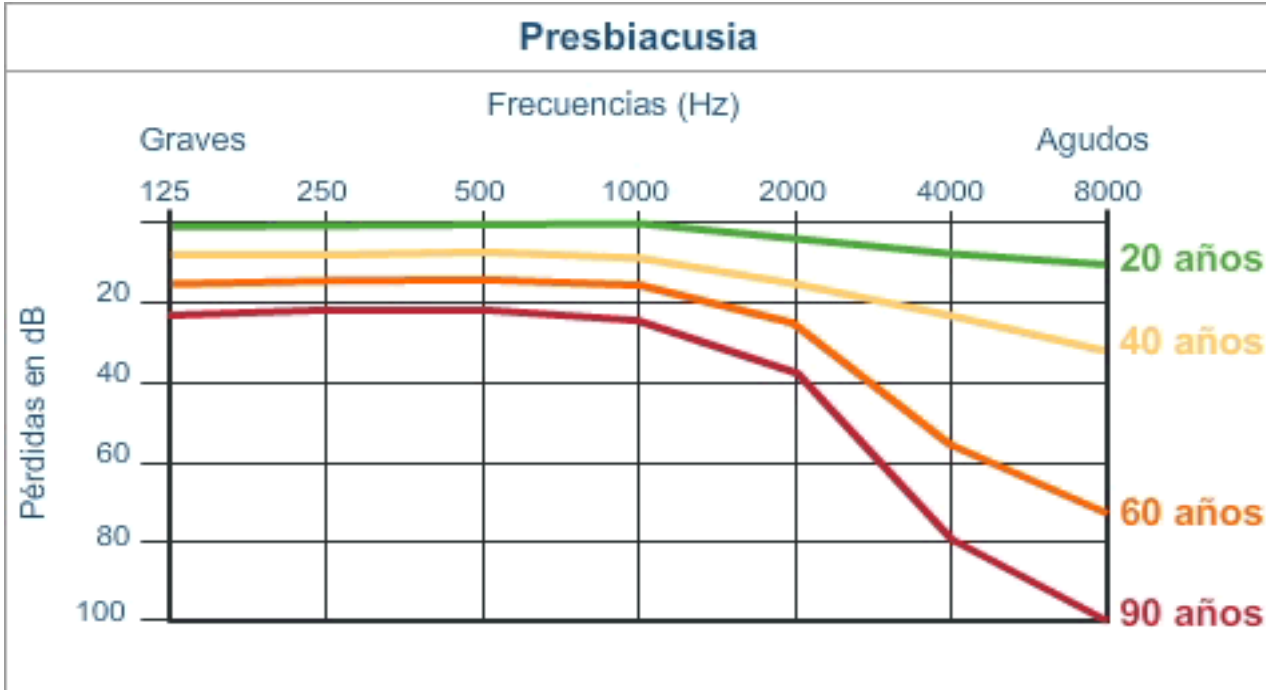
Patologías del Oído

Exposición a Intensidades superiores a 65db

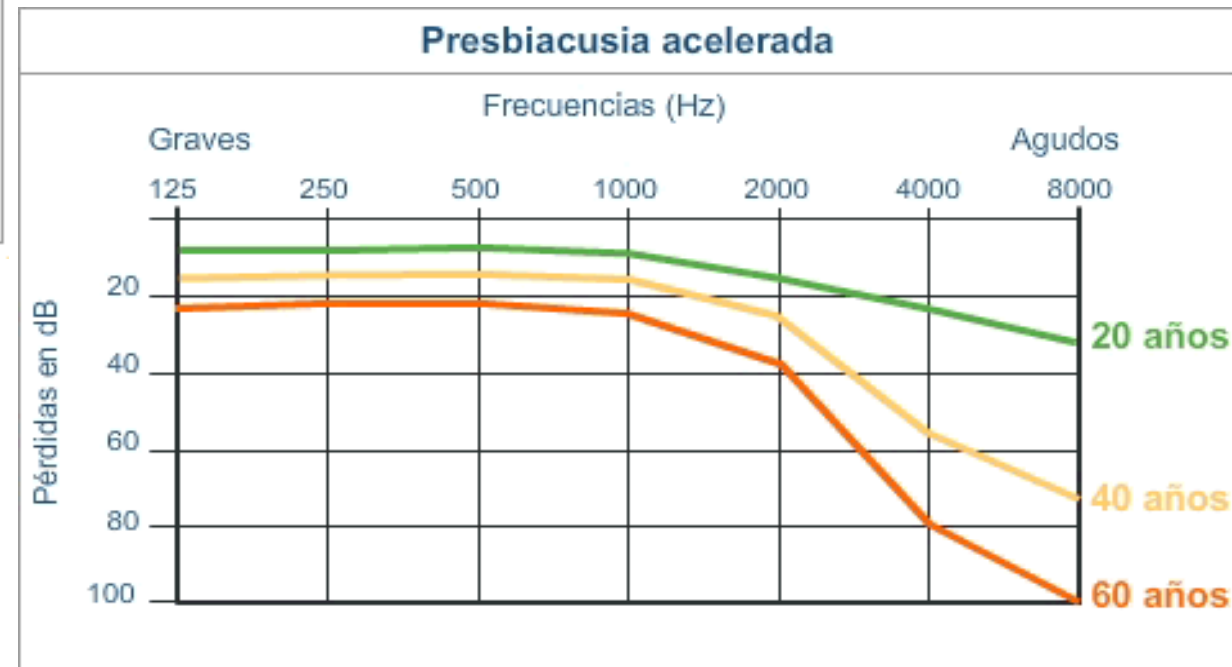


- | | |
|--------------------------|---|
| ➤ Alteraciones físicas | alteraciones del ritmo cardiaco
hipertensión arterial
aumento de la secreción de adrenalina
alteraciones gástricas |
| ➤ Alteraciones psíquicas | estrés
irritabilidad y agresividad
dificultad de concentración
disminución del rendimiento |
| ➤ Tinítus | sonido sibilante y persistente por horas |
| ➤ Hiperacusia | muerte de algunas células ciliadas
células restantes trabajando al máximo |

Ruidos y Presbiacusia



- Normal con la edad (60 años o más)
- Acelerada por condiciones laborales y otras exposiciones a altas intensidades
- Muy acelerada por exposición excesiva a ruidos/sonidos intensos de más de 90 dB



Control de Ruido

Métodos de Medición del Ruido presión sonora en dB(A)

Leq: Nivel promedio de presión sonora de un ruido fluctuante en un periodo de tiempo

SEL: Nivel de exposición de sonido, cuantas veces se supera el nivel de ruido tolerado.

LAMAX: Máximo nivel de presión sonora continuo, con ponderación A

LK_{eq,T} Leq, discriminado por fuente, carácter (impulsivo/tonal) y periodo (dia/noche)

LDN Nivel equivalente Dia/Noche, Leq que se produce en 24 horas

- OMS establece que los niveles de ruido no deben exceder los 50 decibeles (dB) durante el día y los 45 dB por la noche.
- Ruido nocturno: se penaliza con 10 dBA a los ruidos que se producen entre las 10 de la noche y las 7 de la mañana

Control de Ruido

Deterioro Auditivo Voluntario

Socioacusia



Exposición a un nivel de sonido excesivo en forma prolongada

Control de Ruido

Consecuencias

Desplazamiento temporal del umbral de audición (TTD)

- Recuperación total después de un periodo
- Se produce durante la 1er hora de exposición
- Dilatación de pupilas, fatiga, Dolor de cabeza

Desplazamiento permanente del umbral de audición (PTD)

- Someterse a varios TTD durante largos periodos
- Recuperación mas lenta y dificultosa hasta volverse irreversible
- Sordera

Control de Ruido

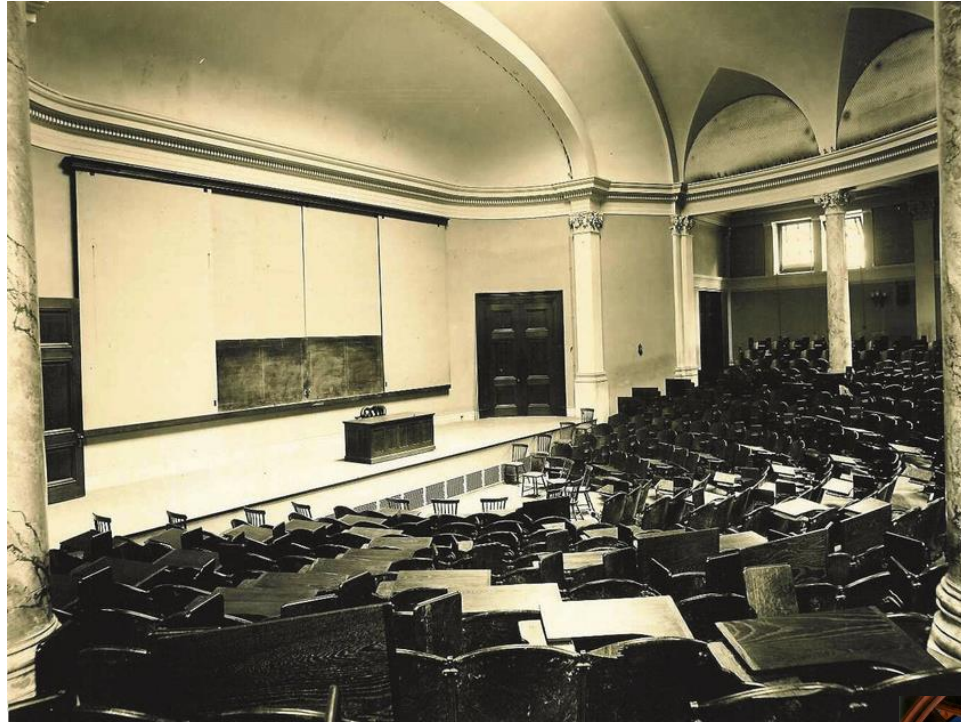
Interferencia en la comunicación verbal

- El oído no discrimina entre fuentes de ruido
- La voz humana esta en el rango de 100Hz a 10.000Hz
 - La información verbal 200Hz a 6.000Hz
 - La inteligibilidad de la palabra esta entre 500Hz y 2.500Hz

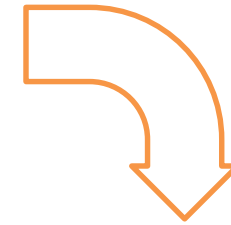


Wallace Sabine

1868–1919



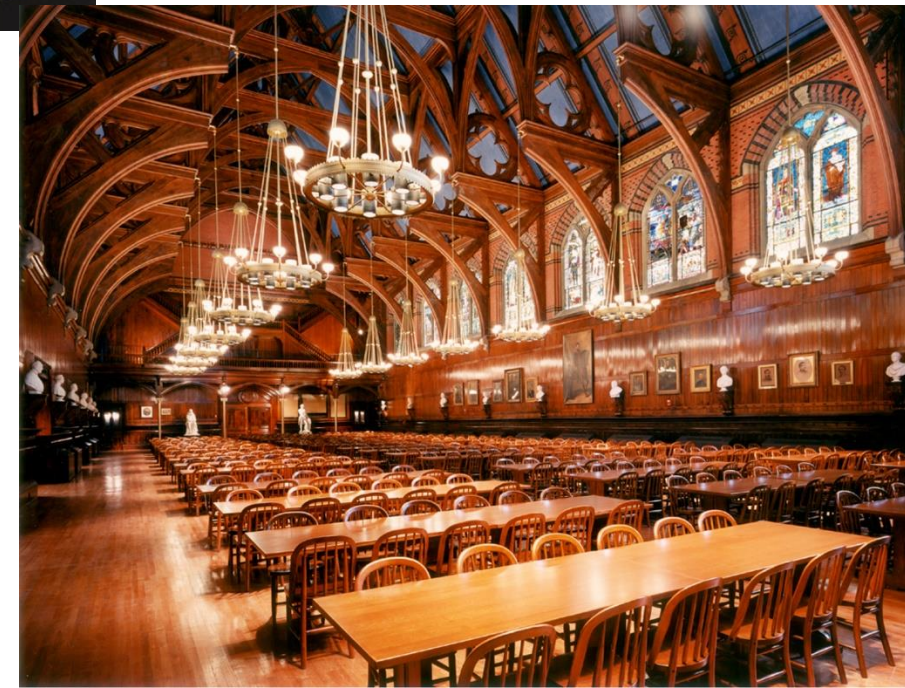
En 1895, se le encomendó
la mejora acústica de la sala
Fogg Lecture Hall



Sanders Theater



Órgano de tubos



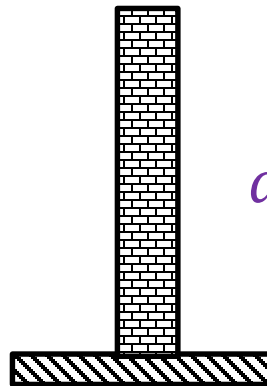
Formula de Wallace Sabine - RT60

$$Tr = R_{T_{60}} = 0.161 \frac{V}{\alpha S}$$

Volumen de la Sala m^3

Superficie o Área de absorción m^2

$$R_{T_{60}}[s] = 0.161 \frac{V}{\alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \alpha_3 S_3 + \dots + \alpha_n S_n} = 0.161 \frac{V}{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i}$$

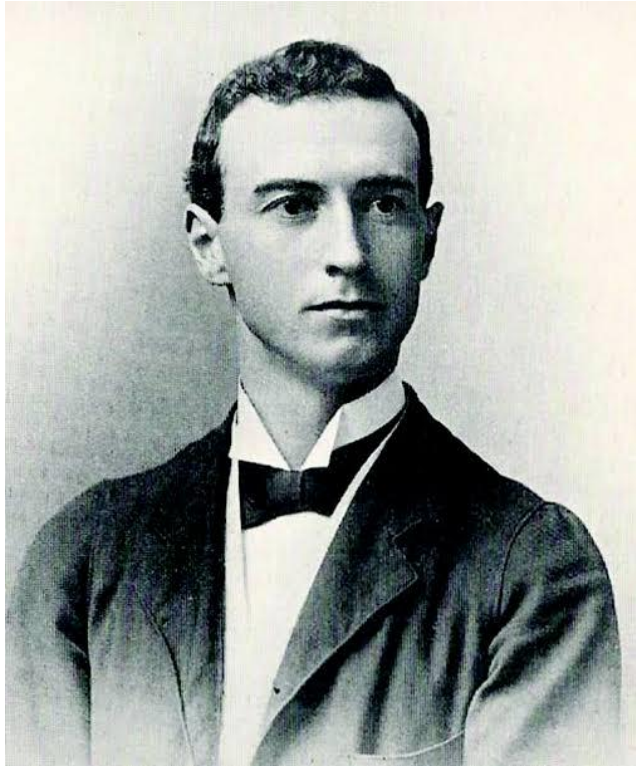


$$\alpha = 0,02$$



$$\alpha = 0,3$$

Wallace Sabine - RT₆₀



$$R_{T_{60}} = 0.161 \frac{V}{\alpha S}$$



1900 – Boston Symphony Hall

Filarmónica de Berlín

Hanz Scharoun (1963)



RT60: 2.2s



Teatro Nacional de Cataluña

Ricardo Bofill(1996)



RT60: Adaptable



Palacio de Las Artes
Reina Sofía
Santiago Calatrava(2005)



Exceso de materiales
reflectantes
Y falta de materiales
difusores

RT60: deficiente



Royal Festival Hall
Robert Matthew y
John Leslie Martin (1951)



RT60: 1s
“seco”

Remodelado
en 2000

