A collection of approximately 15 squares in three shades of blue and grey, scattered across the top half of the slide.

Acústica fisiológica y psicoacústica

Ivana Rossell
ivana@salleurl.edu
acustica@ivanarossell.com

Acústica fisiológica

1. Introducción
2. Anatomía del oído
3. Sensibilidad auditiva
4. Causas de pérdida auditiva

Introducción

En Acústica ambiental es fundamental conocer la reacción humana para poder valorar y minimizar el impacto sonoro de cualquier situación. Para ello debemos conocer el funcionamiento nuestro mecanismo de audición y de nuestra percepción sonora.

OBJETIVOS:

- Conocer el funcionamiento básico del sistema auditivo humano
- Estudiar sus características como sensor
- Determinar su respuesta a estímulos sonoros
- Determinar los umbrales absolutos y relativos de percepción

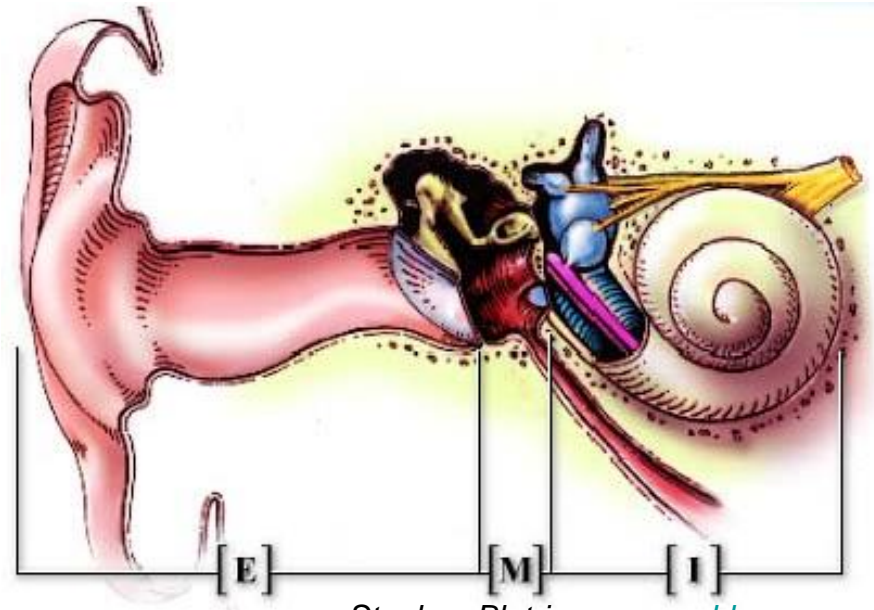
Anatomía del oído

El oído humano detecta las variaciones de presión acústica (Pascales) que provoca una onda sonora.

El margen frecuencial audible (estadístico) abarca desde los 20 Hz a los 20000Hz (para un oído sano y joven) y el margen dinámico audible va desde los 20 μ Pa a los 200Pa (0 dB - 140 dB).

El oído está compuesto por:

- Oído externo
- Oído Medio
- Oído Interno



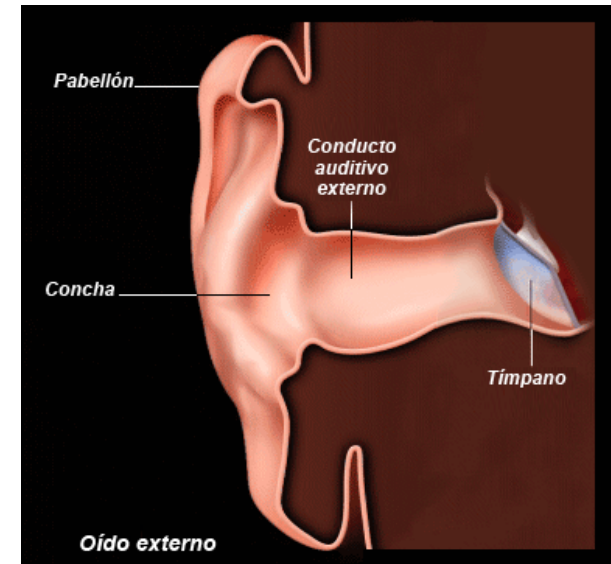
Stephan Blatrix, www.cochlea.eu

Anatomía del oído

Oído externo

Formado por:

- El **pabellón auditivo**, cuyas funciones son:
 - Permitir la localización de fuentes en el espacio.
 - Protección parcial del conducto auditivo.
- El **canal auditivo**:
 - Conducto de unos 23 mm que dirige las ondas sonoras al tímpano.



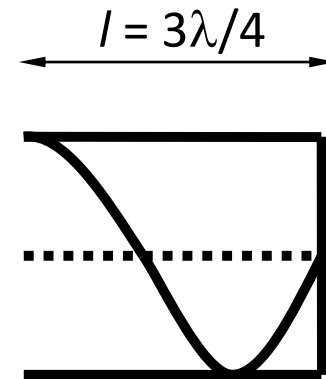
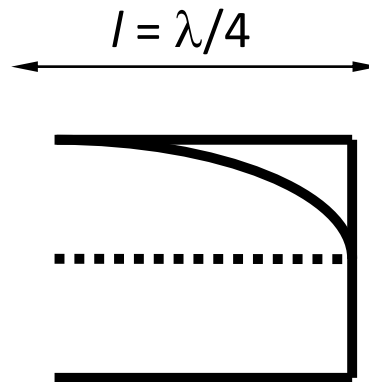
Stéphan Blatrix, www.cochlea.eu

Anatomía del oído

Resonancias del conducto auditivo:

Todo conducto (o tubo) presenta resonancias acústicas:

$$\frac{(2n+1)\lambda}{4} = l$$



$$\rightarrow \lambda/4 = 0.023m \rightarrow \lambda_1 = 0.092m \Rightarrow f_1 = c/\lambda_1 = 3.700\text{Hz}$$

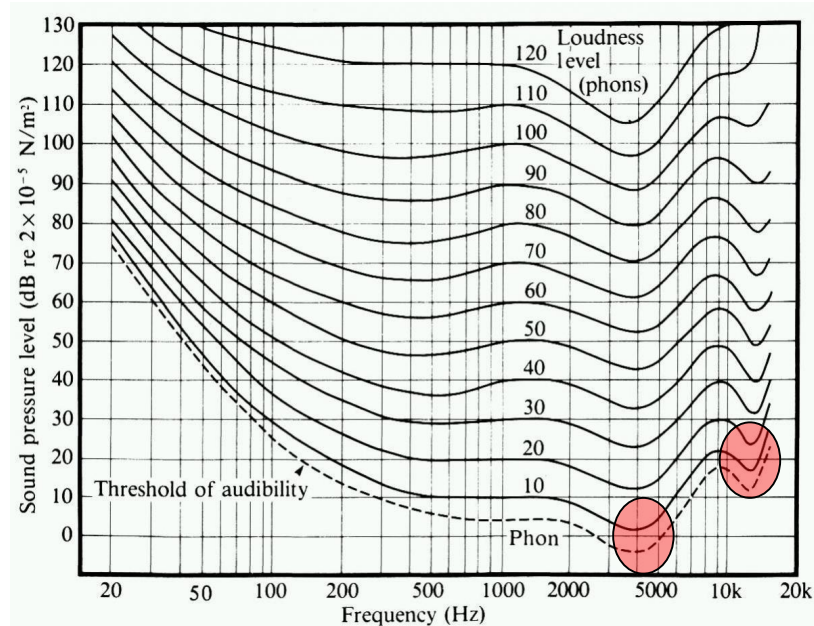
$$\rightarrow 3\lambda/4 = 0.023m \rightarrow \lambda_2 = 0.030m \Rightarrow f_2 = c/\lambda_2 = 11.200\text{Hz}$$

Anatomía del oído

¿Qué implican estas resonancias? Implican zonas de más sensibilidad acústica, es decir, zonas donde el umbral auditivo baja. (sombreadas en rojo en el gráfico).

Las curvas de Robinson y Datson (1956) muestran los puntos de igual sonoridad (percepción sonora) en función de la frecuencia y el nivel de presión sonora. La curva de menor nivel corresponde al umbral de audición.

El oído humano no responde por igual a todas las frecuencias ni tampoco responde igual con todas las intensidades (o nivel de presión). (Para más información ver capítulo 3)



Curvas
Isfónicas de
Robinson y
Datson

Anatomía del oído

Oído medio

El oído medio está formado por:

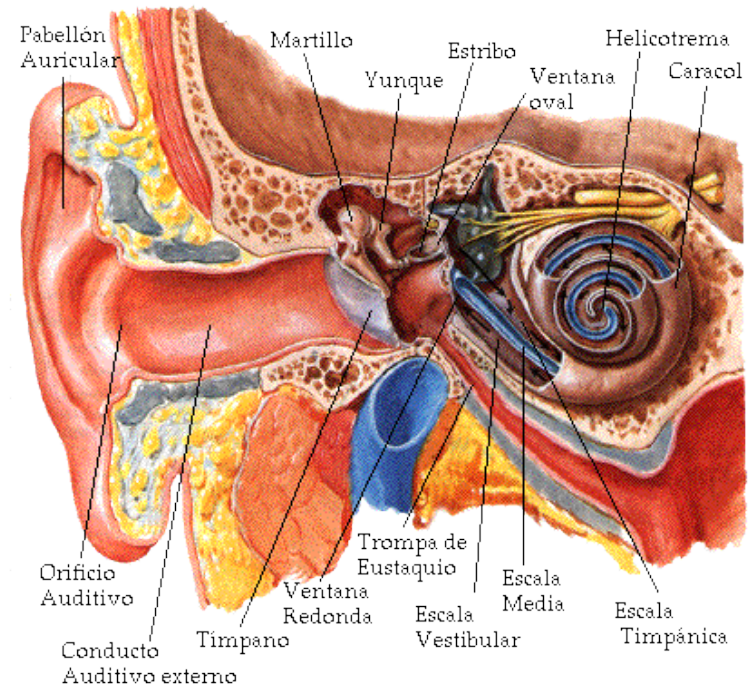
- Tímpano (o membrana timpánica)
- Cadena Osicular: Martillo, Yunque y Estribo.

El estribo está en contacto con la membrana oval (mucho menor al tímpano) que comunica con la cóclea (membrana basilar).

- Cavidad Timpánica

Las funciones del oído medio son:

- Adaptación de impedancias
- Transmisión del sonido
- Amplificación



<http://www.info-ab.uclm.es/labeled/Solar/Otros/Audio/html/audicion.html>

Anatomía del oído

El oído medio adapta las impedancias entre el medio fluido (aire) del oído externo y el medio líquido de la cóclea. Además, aporta una ganancia importante de energía:

Toda la presión que llega a la membrana timpánica se transmite por la cadena osicular (que aporta una pequeña ganancia por efecto palanca) y llega a la ventana oval, de superficie mucho menor al tímpano. Si consideramos que la fuerza se mantiene, la presión aumenta mucho ($P=F/S$).

Sin oído medio: $\frac{Z_{aire}}{Z_{c\acute{o}clea}} = 0.001 \rightarrow \text{Ganancia} = -30dB$

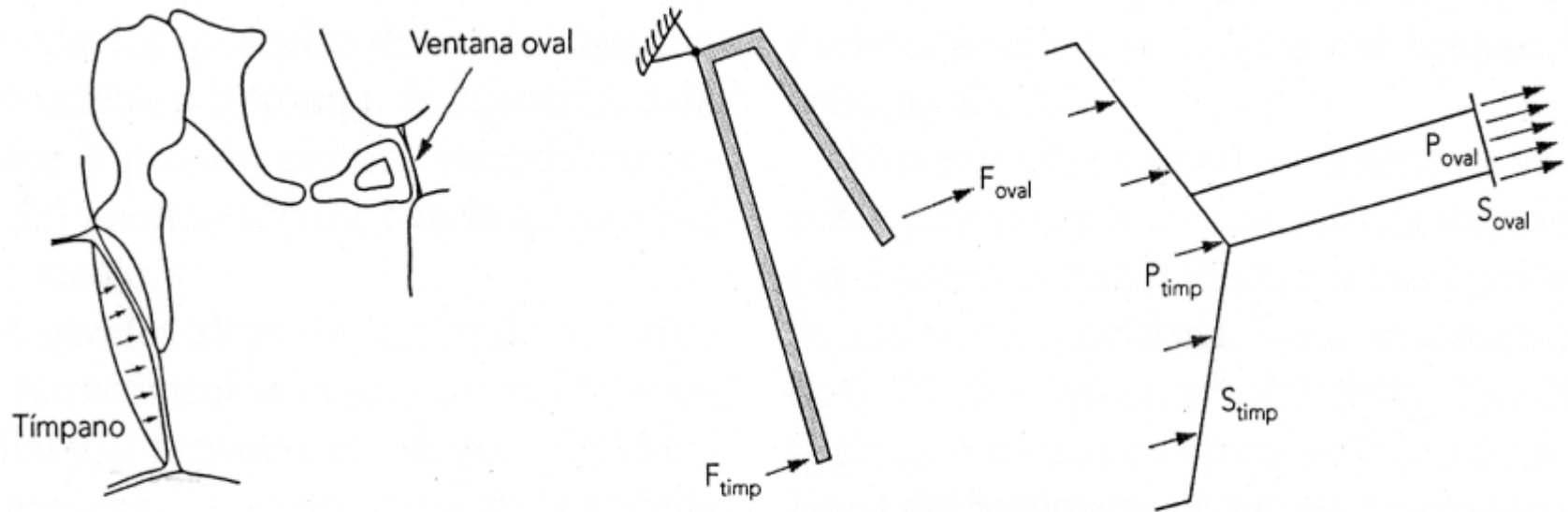
Con oído medio:

- Relación de áreas: $\frac{A_{t\acute{i}mpano}}{A_{oval}} = \frac{85mm^2}{3,1mm^2} \approx 27$

- Cadena osicular (co) provoca una ganancia por efecto palanca: $G_{co} \approx 1,3$

Ganancia total : $GT \approx 20\log(27 * 1,3) \approx 30dB$

Anatomía del oído



$$F_{oval} : F_{timp} = 1,3 ; \quad \frac{P_{oval}}{P_{timp}} = \frac{F_{oval}}{S_{oval}} : \frac{F_{timp}}{S_{timp}} = 1,3 \times \frac{S_{timp}}{S_{oval}} = 1,3 \times 26,5 \rightarrow 30,7 \text{ dB}$$

E.Salesa, E.Perelló , Alfred Bonavida. Tratado de Audiología.

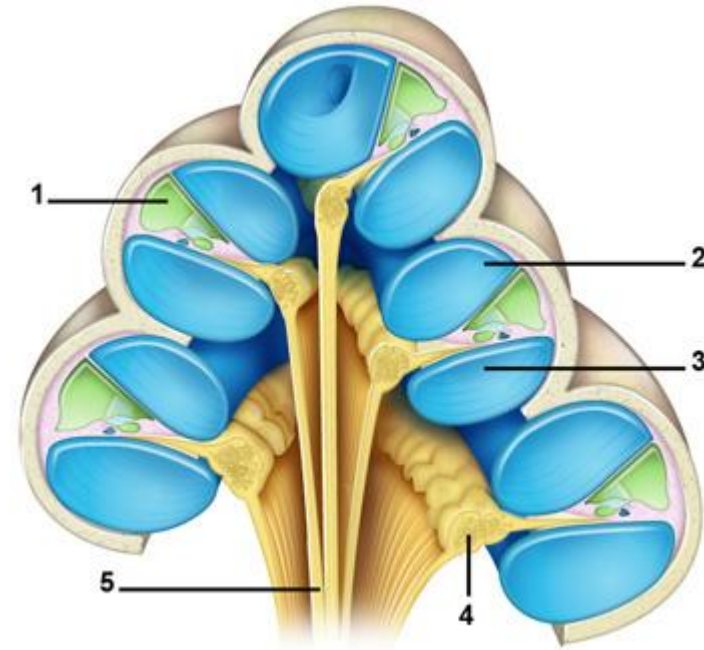
Anatomía del oído

Oído interno

Está formado por la Cóclea o canal coclear, que alberga los receptores sensitivos (células ciliadas) en una estructura llamada órgano de Corti.

Existen dos tipos de células ciliadas (CC):

- Las internas: CCI (transmiten impulsos al nervio auditivo)
- Las externas: CCE



Estructura de la cóclea: www.cochlea.eu
Ilustración: Stephan Blatrix

La cóclea está dividida en tres tubos enrollados en espiral alrededor de un eje óseo, el modiol. Estos tubos se denominan: la rampa timpánica (3), la rampa vestibular (2) y el conducto coclear, o rampa media (1). La rampa timpánica y la rampa vestibular contienen perilinfa (azul) y se comunican entre sí a través de una pequeña abertura en el vértice de la cóclea que se denomina helicotrema. El conducto coclear, de forma triangular, situado entre la rampa vestibular y la timpánica contiene endolinfa (verde). Entre el conducto coclear y la rampa timpánica se encuentra el órgano de Corti. Los elementos nerviosos (coloreados en amarillo en el dibujo) son ganglio coclear (4) y el nervio auditivo (5) que se encuentran en el eje modiolar.

Anatomía del oído

Dimensiones:

35mm de longitud

1,5mm de diámetro

2,75 ciclos

Está formado por tres conductos:

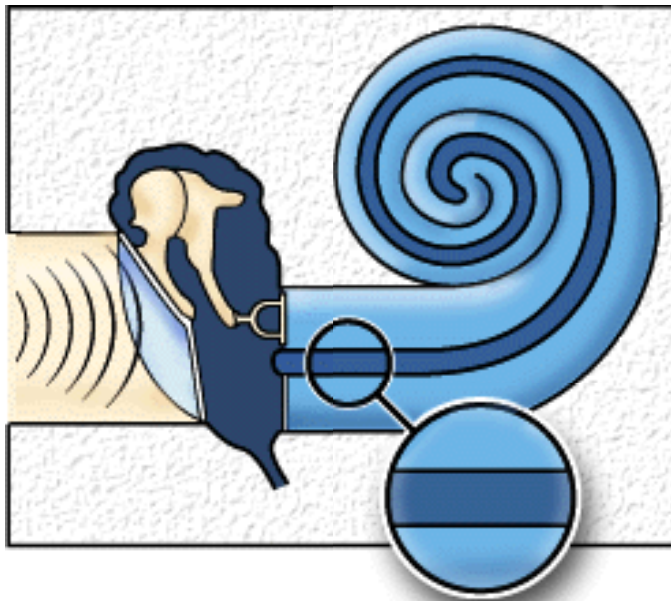
Escala vestibular

Escala media

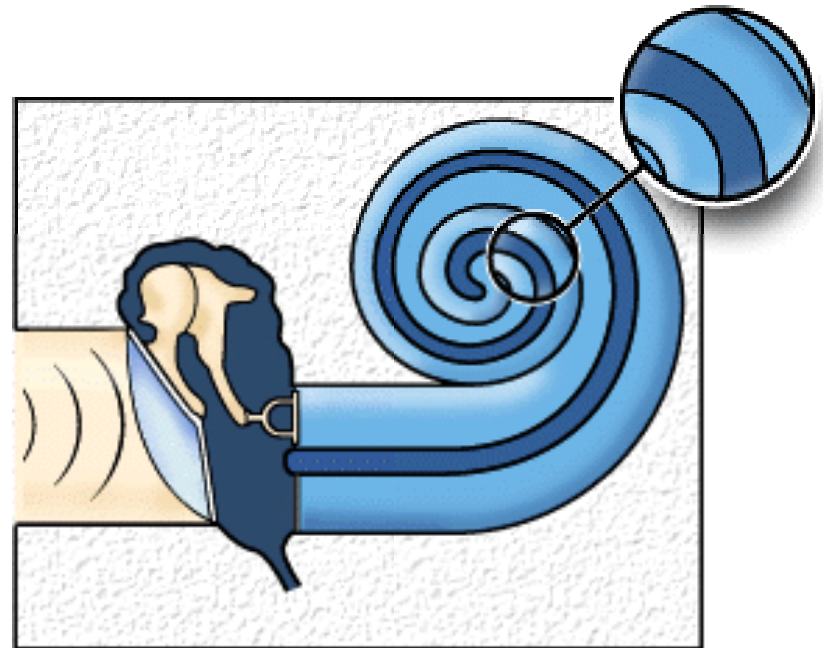
Escala timpánica

Anatomía del oído

Funcionamiento a frecuencias altas



Funcionamiento a frecuencias bajas

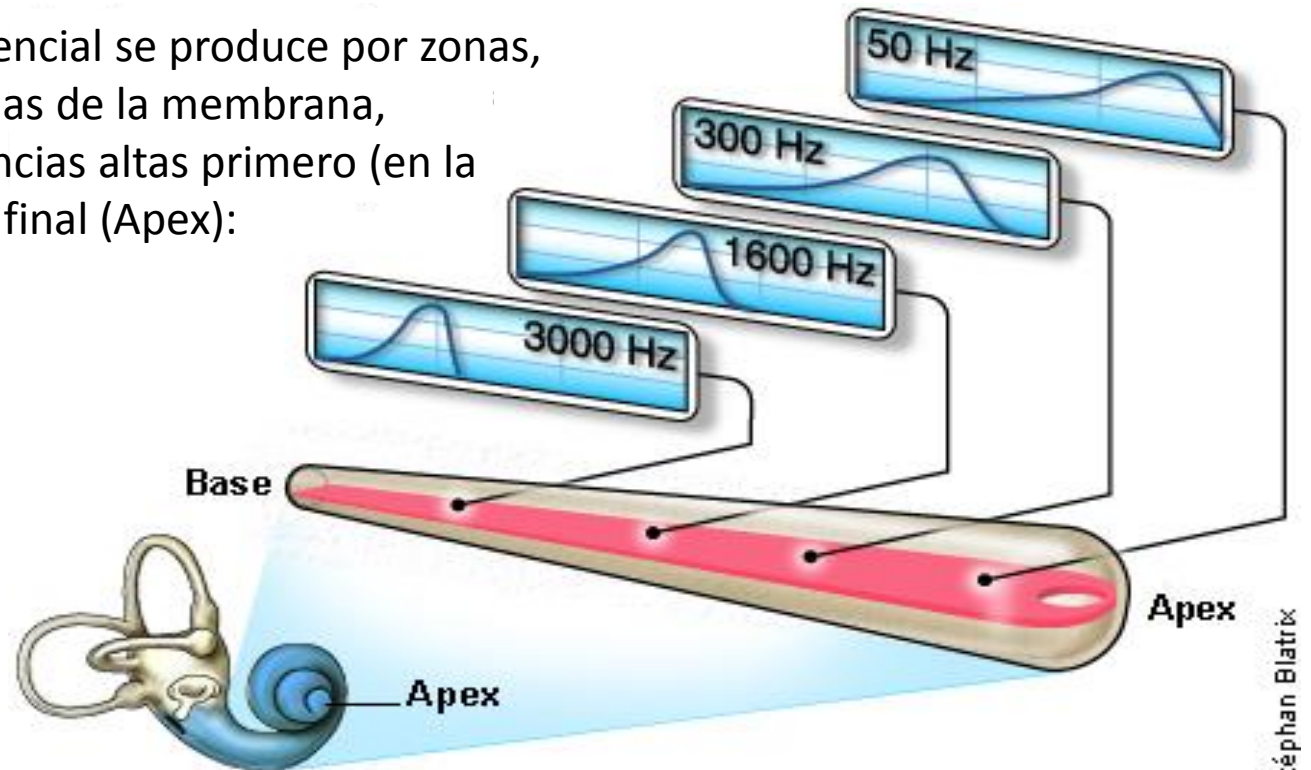


Animación: Stéphan Blatrix concebida por G. Rebillard
Ver: <http://www.cochlea.eu/es/coclea/funcionamiento>

Anatomía del oído

El sonido traspasa la ventana oval y hace vibrar la membrana basal.

La detección frecuencial se produce por zonas, en las células ciliadas de la membrana, estando las frecuencias altas primero (en la base) y las bajas al final (Apex):



Sensibilidad y percepción auditiva

Introducción

Un sonido puro lo caracterizaremos por dos magnitudes físicas:

La frecuencia → tono o sensación de agudeza

La amplitud → sonoridad o sensación de intensidad

La sensibilidad auditiva no es la misma:

Para la misma amplitud

Para todas las frecuencias

El oído humano responde de forma diferente aportando percepciones auditivas diferentes a iguales niveles de intensidad recibida.

Sensibilidad y percepción auditiva

Sonoridad

Es importante encontrar una relación entre magnitudes objetivas (nivel de presión sonora, frecuencia) y las magnitudes subjetivas (sonoridad, percepción sonora).

La sonoridad (*loudness*) expresa el nivel de percepción sonora (sonido flojo, fuerte, muy fuerte, etc). Es una magnitud subjetiva que se mide en FONIOS (*phons*)

Por este motivo, se definen las curvas isofónicas. Son curvas con la misma sonoridad (*loudness*) expresada en fonios.

Sensibilidad y percepción auditiva

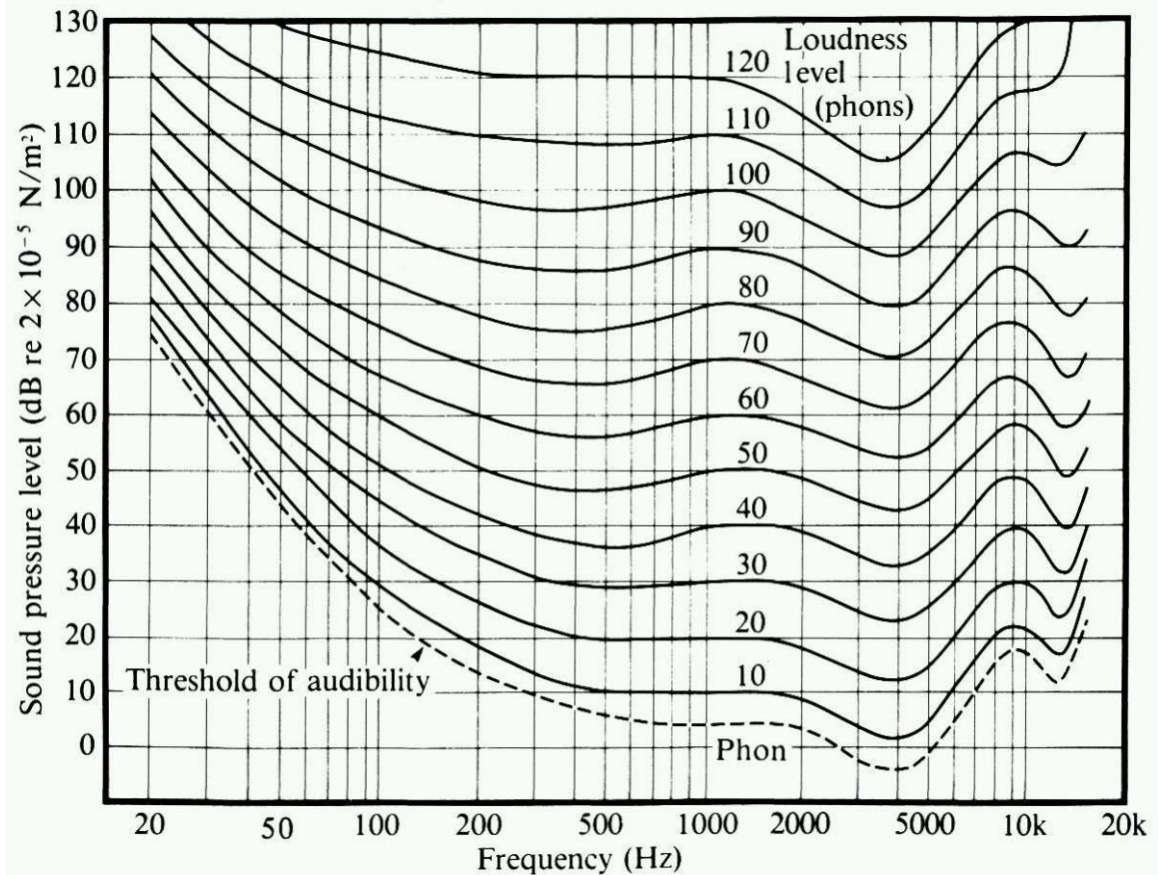
El nivel de sonoridad en fonios de una señal acústica cualquiera, se asocia al valor numérico del nivel de presión sonora en dB_{SPL} de un tono de frecuencia de 1000Hz que tenga la misma sonoridad que la señal

Por ejemplo un tono de 1000Hz y de nivel de presión sonora de 60 dB_{SPL} , tiene un nivel de sonoridad de 60 fonios, un tono de 100Hz y 60 dB_{SPL} tiene un nivel de sonoridad de 50 fonios. Para igualar la sonoridad (60 fonios) debería ser de unos 68 dB_{SPL} . (Ver gráficas de Robinson y Datson).

Sensibilidad y percepción auditiva

Curvas isofónicas de Robinson y Datson para tonos puros

Cada curva de igual sonoridad se dice que tiene un valor de sonoridad en fonios equivalente al número de dB_{SPL} de la señal de 1000Hz a la que es equivalente

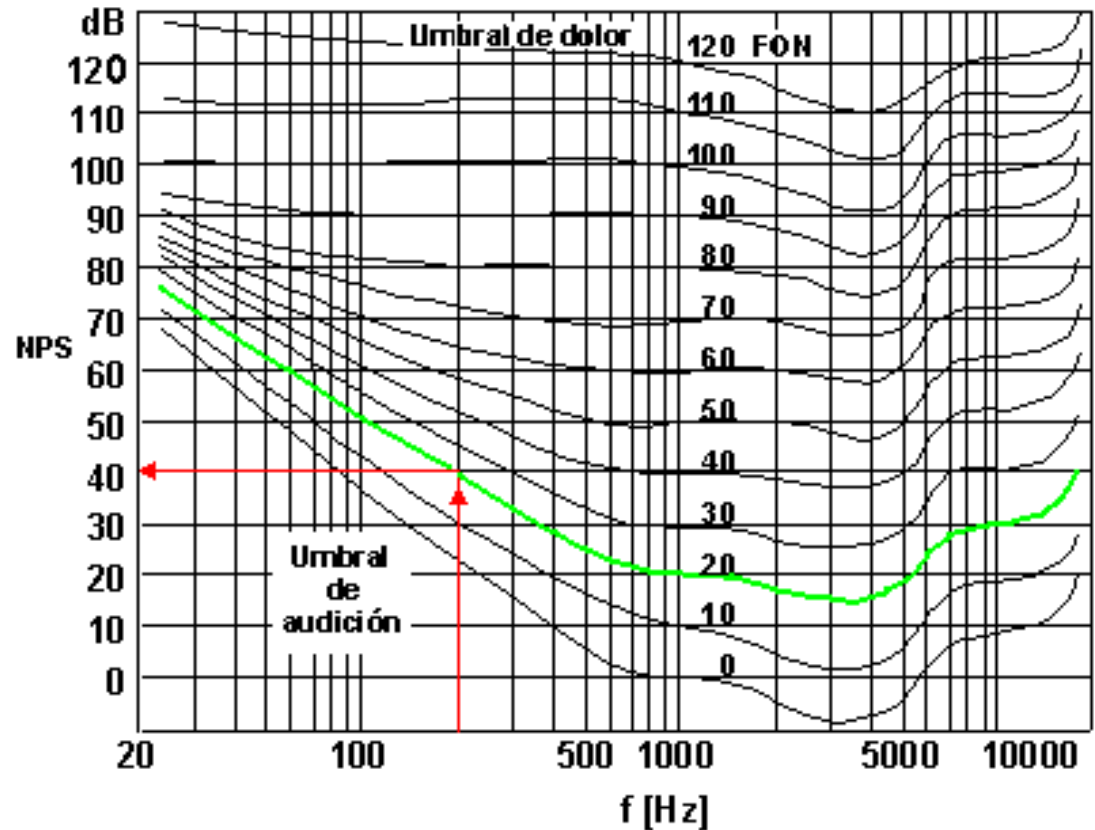


Curvas Isofónicas de Robinson y Datson

Sensibilidad y percepción auditiva

Para conseguir una sonoridad de 20 fonios:

- A 1000Hz \rightarrow 20 dB_{SPL}
- A 200Hz \rightarrow 40 dB_{SPL}



Curvas Isofónicas de Robinson y Datson

Sensibilidad y percepción auditiva

Pero la valoración subjetiva sigue siendo complicada:

Un sonido de p.ej. 80 fonios no es el doble de sonoro que uno de 40 fonios

Por lo que se creó una nueva unidad de medida que reflejara esta proporción → El SON

El son se define como la sonoridad de un tono de 1000Hz a 40 dB_{SPL} (es decir, equivalente a 40 fonios). 2 sonios se perciben con el doble de sonoridad que 1 sonio.

La relación entre ambas unidades es:

$$Sonio = 2^{\frac{fonio-40}{10}}$$

Por lo que un incremento de 10 fonios, equivale a duplicar la sonoridad real (en sonios)

Sensibilidad y percepción auditiva

Métodos de Cálculo de la Sonoridad

- I) **Tonos puros**: consulta curvas isofónicas y conversión a Sonios
- II) **Sonidos complejos**: existen dos métodos para evaluar su sonoridad
 - **Método de Stevens** (ISO 532A)
 - **Método de Zwicker** (ISO 532B)

Sensibilidad y percepción auditiva

Método de Stevens (1961) – Método Mark VI

1º) Análisis del sonido complejo en bandas de octava / tercio de octava.

2º) Consulta del valor de cada banda en las curvas de igual sonoridad.

3º) Cálculo de la sonoridad global como:

$$\text{Loudness} = S_{\max} + k \left(\sum_{i=1}^n S - S_{\max} \right)$$

donde **S**: sonoridad obtenida en cada banda

S_{max}: sonoridad de la banda de mayor valor

k: 0.3 si se analiza por octavas

0.1 si se analiza por tercios de octava

Sensibilidad y percepción auditiva

Método de Zwicker (1975)

1º) Análisis del sonido complejo en bandas críticas (*frequenzgruppen*)

2º) Cálculo del valor global mediante nomogramas.

- Incorpora el enmascaramiento en el cálculo

El método de Zwicker es una *Valoración más realista de la sensación producida por el estímulo pero el cálculo es más complejo.*

Sensibilidad y percepción auditiva

Altura tonal

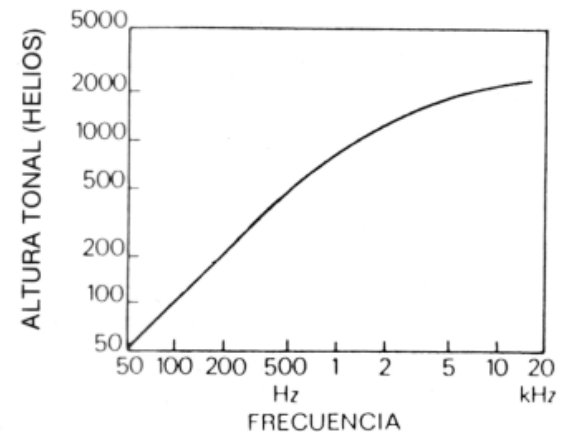
Es la sensación de frecuencia que nos permite ordenar los sonidos en una escala que va desde los graves hasta los agudos.

La tonalidad depende principalmente de la frecuencia pero también de la intensidad sonora.

La unidad de valoración es el Mel.

Por ejemplo: Un sonido de 2 KHz corresponde a una altura de 1800 Mels.

Un aumento de la intensidad incrementa la tonalidad de los agudos y de los graves considerable.



Para frecuencias medias, entre 800 y 3 KHz, la altura tonal no se altera.

Sensibilidad y percepción auditiva

Redes de ponderación

Debido a nuestra sensibilidad auditiva en función de la frecuencia se crearon unas redes de ponderación que adecuaran los niveles medidos con los subjetivos

Esta red de ponderación tendría que corregir las bajas y las muy altas frecuencias, dejando las medias casi inalteradas, para conseguir el comportamiento habitual del oído humano

Pero también debería tener en cuenta que en función del nivel, la sensación auditiva obtenida es diferente

Sensibilidad y percepción auditiva

Redes de ponderación

De las curvas isofónicas podemos observar:

- Tenemos muy poca sensibilidad a frecuencias bajas (graves).
- El rango de frecuencias de 1000 a 4000Hz es el más sensible.
- La curva de sensibilidad cambia con el nivel del sonido:

sonidos fuertes: curva más plana

sonidos flojos: curva más acentuada

Por lo tanto, lo que capta un micrófono (respuesta plana a cualquier señal), debería corregirse o ponderarse para asimilarlo a la respuesta auditiva humana.

Sensibilidad y percepción auditiva

Redes de ponderación

Por este motivo, se definieron 3 redes de Ponderación distintas, para utilizarlas en los casos adecuados:

Red de ponderación A → Adecuada para niveles de 40 fonios

Red de ponderación B → Adecuada para niveles de 70 fonios

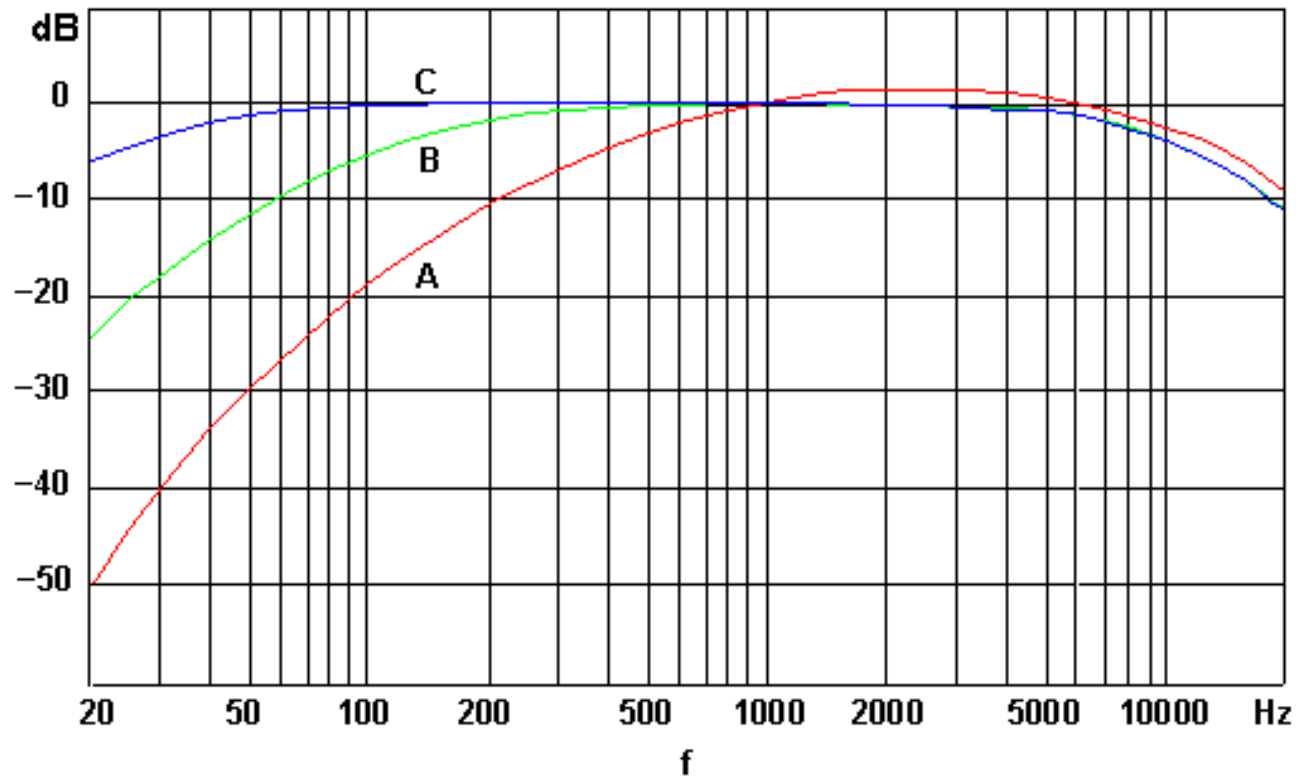
Red de ponderación C → Adecuada para niveles de 100 fonios

Posteriormente se definió también la red de ponderación D, especialmente para ruido de aviones

El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en **decibelios A**, abreviados **dB(A)** o también **dBA**, y análogamente para las otras

Sensibilidad y percepción auditiva

Redes de ponderación



Causas de pérdida auditiva

Hipoacusia

Disminución de la capacidad auditiva

Se caracteriza por tres factores:

- **la intensidad** (leve o moderada)
- **la lateralidad** (uni o bilateral)
- **la precocidad** (edad o aparición)

La hipoacúsia producida por el envejecimiento se denomina PRESBIACUSIA.
La hipoacúsia completa en un oído se denomina COFOSIS y en ambos oídos SORDERA.

Causas de pérdida auditiva

Hiperacusia

Es el trastorno caracterizado por la presencia de una audición superior a la normal, aunque no existe como tal, pues es común que haya personas con más agudeza auditiva que otras

Puede llegar a ser un problema debido a que puede provocar una sensación dolorosa ante la presencia de un sonido cuya intensidad no alcanza el umbral del dolor en individuos normales

Causas de pérdida auditiva

Acúfenos

Los acúfenos o tinnitus son percepciones sonoras que aparecen en ausencia de estímulo sonoro exterior.

Pueden ser de frecuencias agudas (pitidos) o graves (zumbidos) o incluso señal de banda ancha.

Se suelen apreciar más por las noches, cuando el ruido de fondo es menor.

Los acúfenos son una consecuencia de causa o causas que aún no se sabe determinar. Algunas veces son temas de irrigación, otros de funcionamiento coclear... Es una enfermedad que afecta a un porcentaje elevado de la población (en formato moderado o leve) y a un porcentaje bajo, pero importante, en forma severa. Al ser molesto afecta también a la conducta psicológica del paciente.

Causas de pérdida auditiva

Diploacusia

Hace referencia a una alteración en la percepción de la frecuencia de los sonidos

Puede mostrarse como:

- Una audición doble por un mismo oído (percibiendo un sonido y un ruido al mismo tiempo).
- O cuando un mismo sonido, presentado simultáneamente a ambos oídos, se percibe con distinta frecuencia por cada uno de ellos.

Causas de pérdida auditiva

Pérdida por exposición al ruido

- Trauma acústico

Es un daño inmediato del oído por excesiva energía sonora. Producido por una exposición única o relativamente pocas exposiciones a niveles muy altos de presión sonora. P.ej. Una explosión cercana al oído

- TTS (Desplazamiento temporal del umbral)

Recuperación total del umbral auditivo. “*Nivel - tiempo de exposición*” Causas del TTS: exceso de ruido, nivel de sonido excesivamente elevado. (discotecas, bares, auriculares, etc.).

- PTS (Desplazamiento permanente del umbral)

Causas: Niveles de presión excesivamente elevados (120-140 dB) o exposición continuada de ruido elevado (85dBA, 90 dBA, diariamente durante años).

Las señales impulsivas son menos peligrosas que una señal continua con el mismo nivel máximo.

Causas de pérdida auditiva

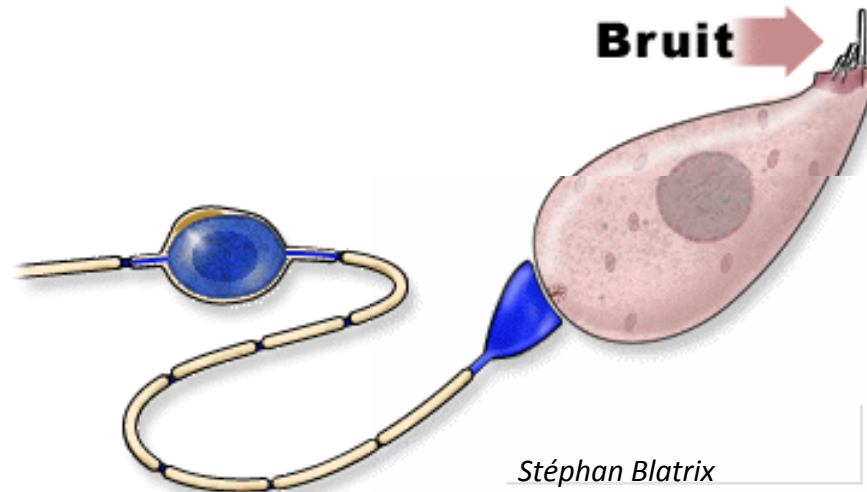
TTS (Desplazamiento temporal del umbral)

La CCI sobre-estimada libera glutamato.

Explota la conexión post sináptica.

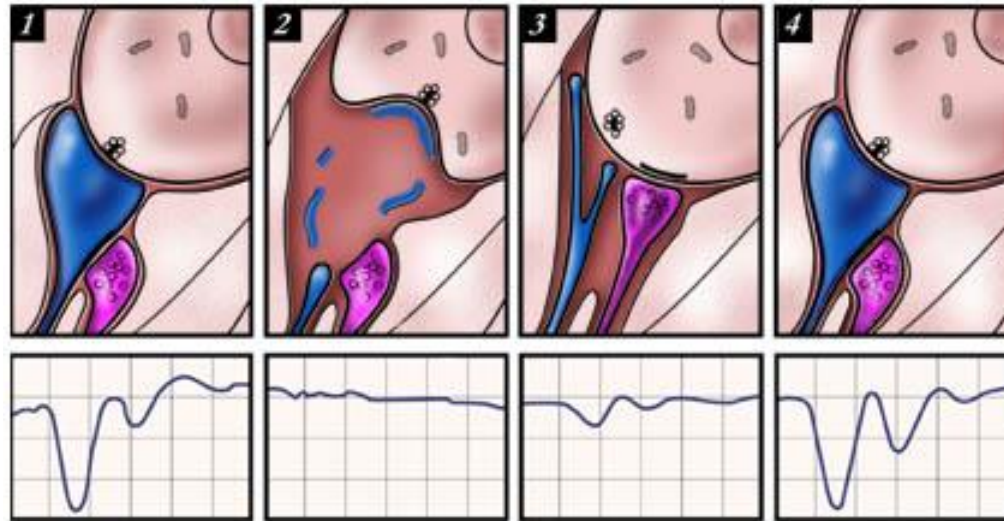
Es posible la recuperación del terminal nervioso. (1 o 2-3 días)

En caso de repetición reiterada tendremos la pérdida irreparable.



Causas de pérdida auditiva

Reparación sináptica después de un trauma acústico



Stéphan Blatrix

1. Situación normal sin ningún traumatismo
2. Inmediatamente después del impacto acústico. Se observa que únicamente queda la parte posterior del nervio y algunos residuos
3. 1 día después: la dendrita se ha reconstruido parcialmente y contacta con la CCI
4. 5 días después: la recuperación es prácticamente total

Causas de pérdida auditiva

Relación entre la exposición al ruido y la pérdida de la capacidad auditiva

La disminución de la capacidad auditiva se produce, generalmente, en el oído interno

La afectación depende de la intensidad y la frecuencia del sonido

A mayor número de células ciliadas afectadas, mayor grado de sordera

→ Influencia sobre las altas frecuencias

A mayor tiempo de exposición, mayor posibilidad de pérdidas auditivas

PSICOACÚSTICA

1. Introducción
2. Respuesta del sistema auditivo
 - Atributos físicos y psicológicos
3. Percepción binaural
4. Parámetros psicoacústicos
5. Efectos del ruido sobre las personas

INTRODUCCIÓN

Psicoacústica:

Estudia la relación existente entre el estímulo de carácter físico y la respuesta de carácter psicológico que el mismo provoca.

Relación entre las propiedades físicas del sonido y la interpretación que hace de ellas el cerebro.

Caracteriza:

- La respuesta de nuestro sistema auditivo. Relación “Sensación – Estímulo”.

- El umbral de la sensación (absoluto).

- Mínima variación de el estímulo perceptible (diferencial).

- Simultaneidad de estímulos.

- Carácter temporal del estímulo (variación).

INTRODUCCIÓN

FENÓMENO ACÚSTICO:

EXCITACIÓN

CUERPOS QUE VIBRAN



RESPUESTA

PERCEPCIONES
REACCIONES
SENSACIONES

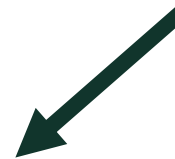
INTRODUCCIÓN

PROPIEDADES DEL SONIDO

SONORIDAD
EVOLUCIÓN TEMPORAL
ESTRIDENCIA
RUGOSIDAD

RESULTADOS SENSORIALES

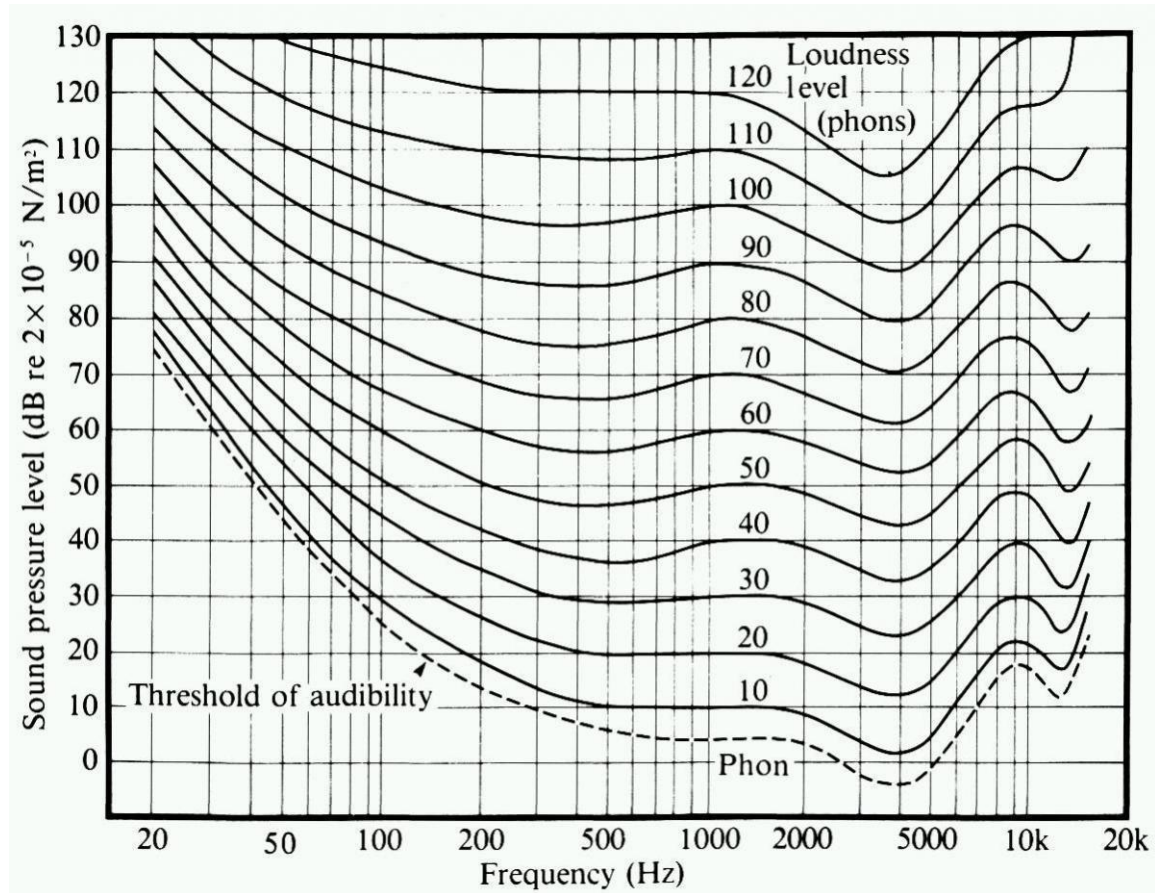
CONFORT
AGRADABLE
ESPERADO ...



PSICOACÚSTICA

RESPUESTA DEL SISTEMA AUDITIVO

Ponderación frecuencial y percepción de sonoridad:



Curvas Isofónicas de Robinson y Dattson

RESPUESTA DEL SISTEMA AUDITIVO

Procesado de señales complejas del cerebro:

- La cóclea analiza los componentes armónicos de la señal acústica.
- El córtex, analiza los armónicos para obtener la sensación de tonalidad.(No se perciben todos los armónicos).
- Podemos escuchar un sonido (fundamental + armónicos) y después eliminar la fundamental y seguir percibiéndola: el cerebro restituye la “fundamental perdida” porque está implícita en la relación de armónicos (la diferencia entre armónicos es igual a la fundamental).

Presentando dos tonos simultáneos: uno de 400 Hz y uno de 500 Hz, y también percibimos uno de 100 Hz:

Restitución de la fundamental.

RESPUESTA DEL SISTEMA AUDITIVO

Bandas críticas

Surgen de la observación de que la distinción tonal lineal no es lineal en frecuencia, si no en longitud de la membrana basilar.

La banda crítica es la mínima banda de frecuencias alrededor de una frecuencia determinada que activan la misma zona de la membrana basilar.

Se definen bandas críticas representadas por 1.3 mm de longitud de membrana basilar = 1bark.

Hay 24 bandas críticas (24 barks) en el espectro audible, es decir, el oído se comporta como un analizador armónico de 24 bandas asociadas a 24 parcelas o barks de 1.3 mm de la membrana basilar.

RESPUESTA DEL SISTEMA AUDITIVO

$20\text{Hz} < f < 400\text{Hz} \rightarrow Bw = \text{cte} = 100\text{Hz}$

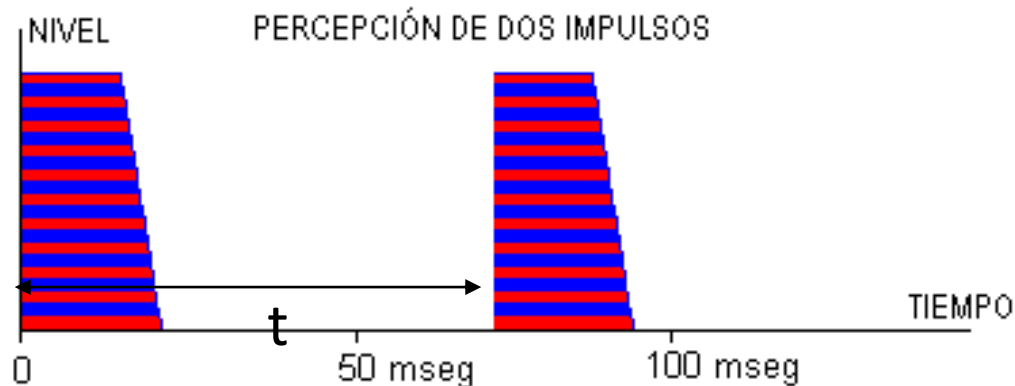
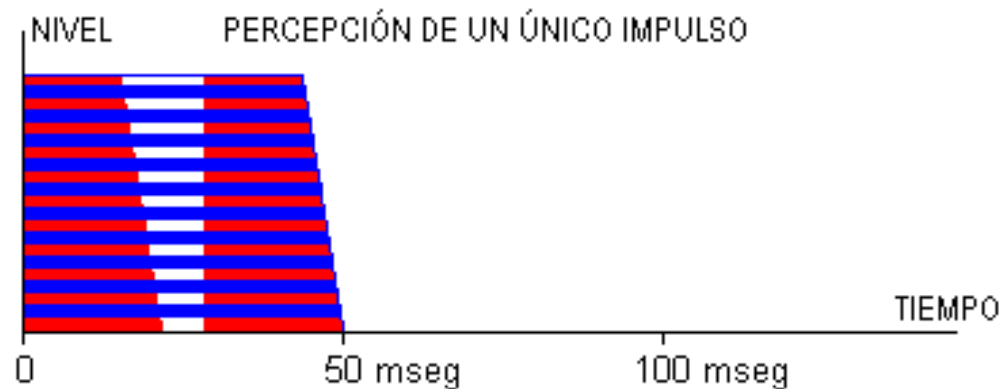
$f > 400\text{Hz} \rightarrow Bw \neq \text{cte} \propto 1/3 \text{ oct}$

número	frecuencia central (Hz)	banda crítica (Hz)	frecuencia de corte inferior (Hz)	frecuencia de corte superior (Hz)
1	50	-	-	100
2	150	100	100	200
3	250	100	200	300
4	350	100	300	400
5	450	110	400	510
6	570	120	510	630
7	700	140	630	770
8	840	150	770	920
9	1000	160	920	1080
10	1170	190	1080	1270
11	1370	210	1270	1480
12	1600	240	1480	1720
13	1850	280	1720	2000
14	2150	320	2000	2320
15	2500	380	2320	2700
16	2900	450	2700	3150
17	3400	550	3150	3700
18	4000	700	3700	4400
19	4800	900	4400	5300
20	5800	1100	5300	6400
21	7000	1300	6400	7700
22	8500	1800	7700	9500
23	10500	2500	9500	12000
24	13500	3500	12000	15500

RESPUESTA DEL SISTEMA AUDITIVO

Discriminación temporal

El oído integra todas las señales dentro de un intervalo de 50ms. Es el intervalo mínimo de discriminación frecuencial.



RESPUESTA DEL SISTEMA AUDITIVO

Discriminación frecuencial: Enmascaramiento

Al estimular el oído con dos tonos puros de frecuencia distinta, pueden ocurrir distintos efectos sonoros en función de la frecuencia de los mismos:

- Las sonoridades de dos señales de distinta frecuencia se pueden sumar si están suficientemente separadas, es decir, si están en bandas críticas distintas.
- En el caso de encontrarse en la misma banda, una influencia parcialmente sobre la otra y la sonoridad global es inferior.

Se produce **EL EFECTO DE ENMASCARAMIENTO**.

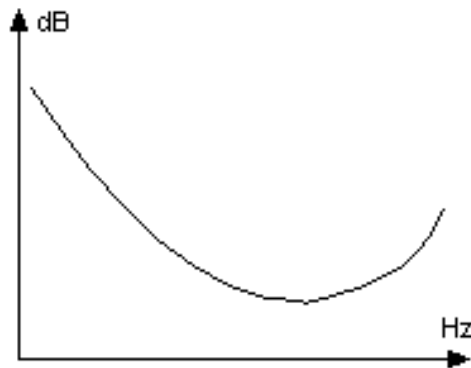
Enmascaramiento:

La cantidad de dB en que aumenta umbral de audición de un sonido enmascarado en presencia del otro (denominado máscara).

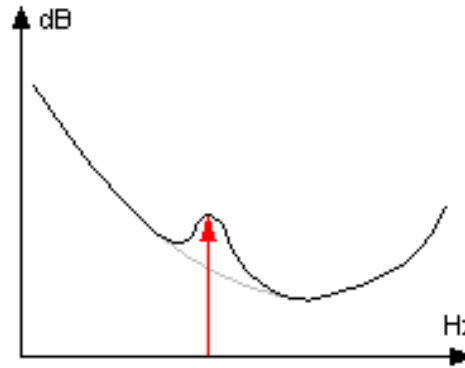
Se produce una pérdida de sonoridad de una señal como consecuencia de la presencia simultánea de un segundo estímulo.

RESPUESTA DEL SISTEMA AUDITIVO

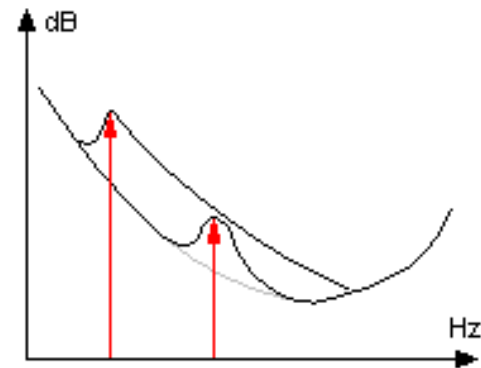
El enmascaramiento afecta más a las frecuencias superiores de la máscara que a las inferiores: "Frecuencias altas quedan enmascaradas por las bajas".



Umbral de percepción auditiva



Tono de 250 Hz percibido



Tono de 180Hz percibido que enmascara el tono de 250Hz (no percibido). La curva de percepción se modifica

PERCEPCIÓN BINAURAL

Percepción binaural implica:

- Detección del sonido con los dos oídos.
- Interpretación del mensaje acústico.
- Proceso de captación del sonido y decodificación.

Percepción binaural permite:

- Localización de fuentes acústicas en el espacio.
- Cancelación del ruido ambiental.
- Identificación / discriminación de los hablantes.

PERCEPCIÓN BINAURAL

Grabación binaural:

Proceso en el cual se graba el sonido tal cual es percibido por el hombre.

Se basa en:

- Utilizar siempre 2 canales. (tomas estéreo).
- Situar los micrófonos en una cabeza artificial.

☒ Ventajas:

- Registro muy próximo a la realidad.

☒ Inconvenientes:

- Mayor complejidad.

PERCEPCIÓN BINAURAL

Reproducción sonido binaural:

Audición dicótica: canales independientes: auriculares

- Más inmune al ruido, auriculares cerrados.
- La sala no afecta a la reproducción.
- Simetría fácil.



Audición dicótica
(intra-craneal)

Audición diótica: canales que se mezclan: altavoces

- Más realismo (sonido extra-craneal).
- Influencia del ruido ambiental.
- Dificultad en la simetría, hay múltiples fuentes.



Audición diótica
(extra-craneal)

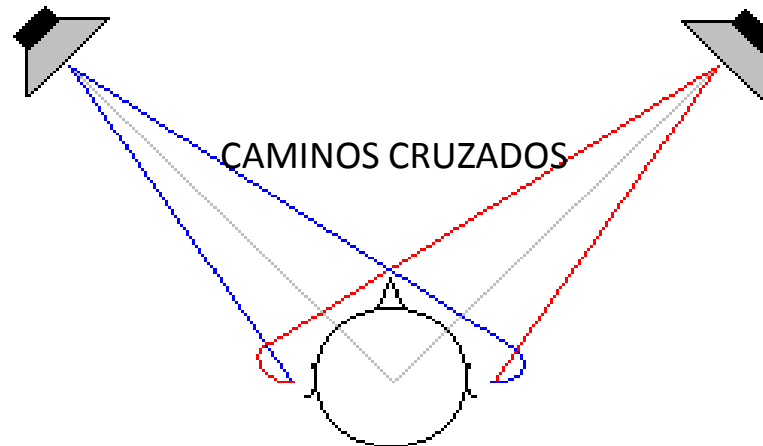
PERCEPCIÓN BINAURAL

Escucha binaural vía altavoces o vía auriculares:

Una señal binaural tiene información diferente para cada canal (L y R). Si la escucha de la grabación se realiza mediante auriculares, se mantiene fiel la señal a cada oído, si la escucha se realiza mediante altavoces, se produce lo que se llama caminos cruzados y parte de la señal L va al canal R y viceversa. Por lo tanto, el resultado final no tendrá la información 3D intacta y será menos realista.

Este efecto de los caminos cruzados puede eliminarse por procesamiento si altavoces y receptor están siempre en el mismo sitio.

Por otro lado, cuando la escucha es con auriculares, la profundidad sonora disminuye y la imagen sonora se mueve cuando movemos la cabeza.



PERCEPCIÓN BINAURAL

LOCALIZACIÓN DE FUENTES EN EL ESPACIO: ITD y IID

El hecho de tener dos oídos implica que la señal acústica llegará con diferencias de tiempo y de nivel a cada uno. Las diferencias son nulas en el caso de que la fuente se encuentre en el plano medio (igual distancia de los dos oídos).

ITD (diferencia interaural de tiempo)

ILD (diferencia interaural de intensidad o nivel (Level))

PERCEPCIÓN BINAURAL

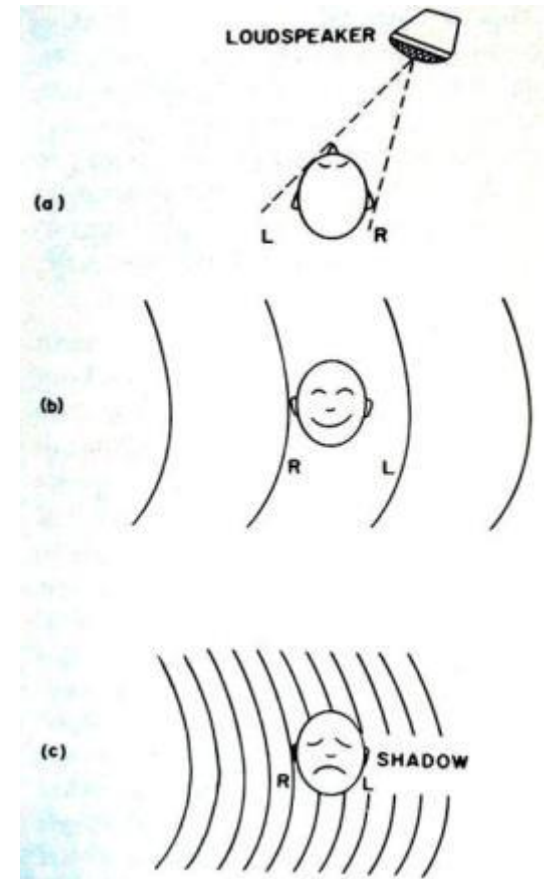
LOCALIZACIÓN DE FUENTES EN EL ESPACIO: ITD y IID

Las ITD son importantes en la localización de las bajas frecuencias:

$f < 1500$ Hz (fase), ITD.

Las ILD son importantes en la localización de las altas frecuencias:

- $f > 1500$ Hz (nivel), IID.



Jens Blauert, Spatial Hearing

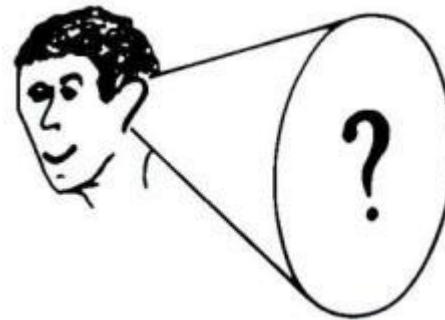
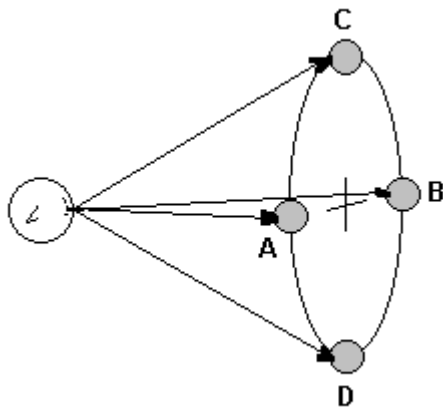
PERCEPCIÓN BINAURAL

CONO DE CONFUSIÓN: Zona donde se pierde la agudeza de localización de elevación

Las IID y ITD no son suficientes: cono de confusión.

Importancia del movimiento de la cabeza.

Sonidos con procedencia lateral



Jens Blauert, Spatial Hearing

Necesitamos la HRTF (Head Related Transfer Function)

PERCEPCIÓN BINAURAL

HRTF: “Head (and torso) Related Transfer Function”

Es la función que describe el efecto de filtrado temporal-espectral provocado por el conjunto cabeza-hombros-pabellón auditivo. Es el filtro que introduce una persona a la señal antes de entrar en su canal auditivo.

¿Qué permite una HRTF?

Conocer los patrones que tiene el cerebro para localizar una fuente sonora en el espacio.

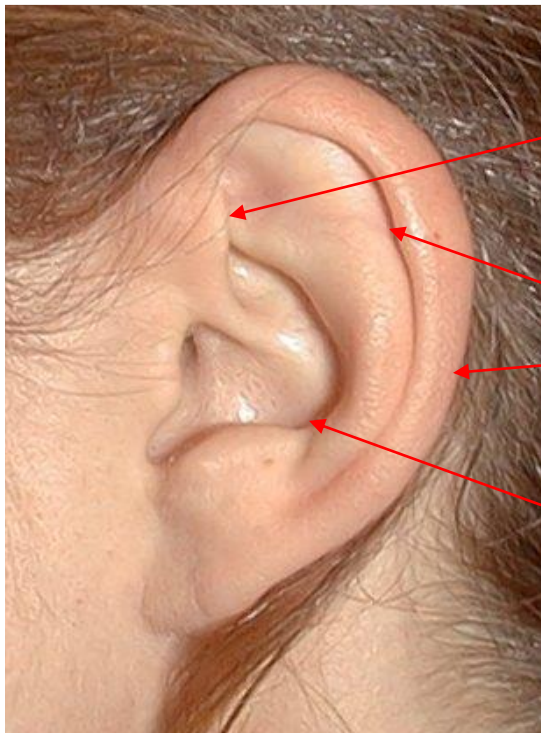
Usar esta función para efectos de audio 3D:

Si se obtiene esta función, se puede usar para crear efectos de sonido tridimensional en aplicaciones de videojuegos, cine, música, etc.:

Una señal grabada en una cámara anecoica, filtrada con la función HRTF, permite situarla en el punto del espacio correspondiente a la HRTF usada.

PERCEPCIÓN BIAURAL

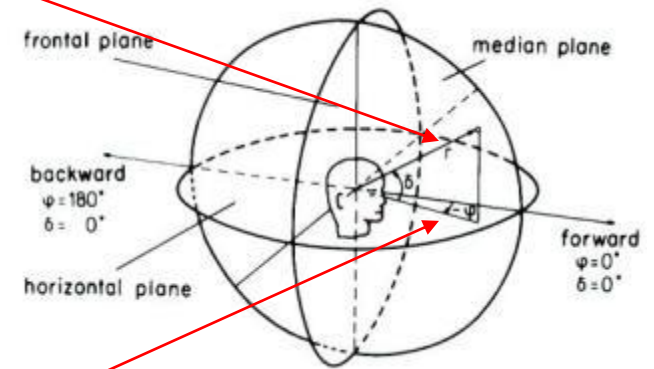
PABELLÓN AUDITIVO: Detección de fuentes en el espacio



Detección de la elevación

Doble difracción para
detección de distancias

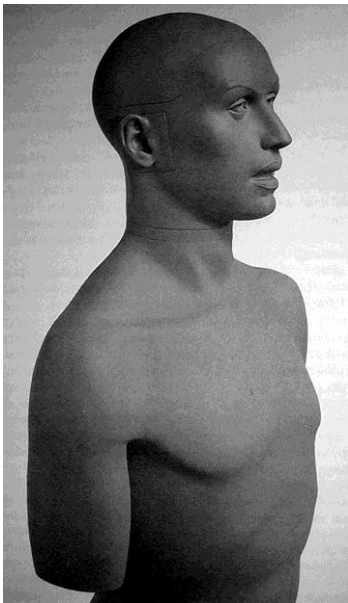
Detector de azimut



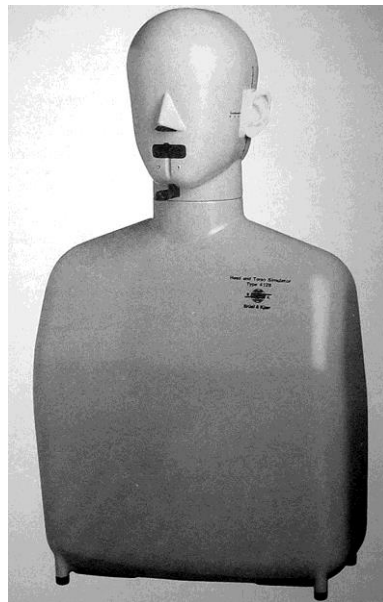
PERCEPCIÓN BINAURAL

GRABACIÓN DE SEÑALES BINAURALES

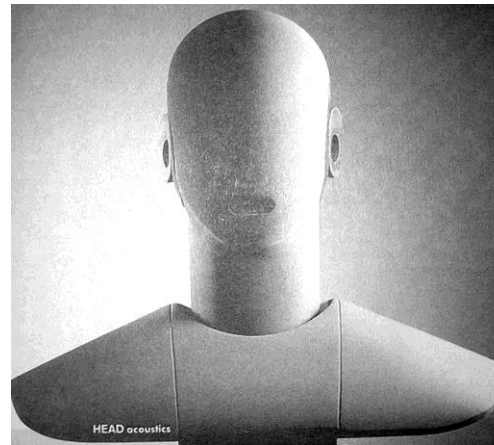
Ejemplos de algunos Dummies o HATS (Head and Torso Simulator)



KEMAR



B&K 4128



HEAD acoustics



**Maniquí casero
(muy eficaz)**

PERCEPCIÓN BINAURAL

PARTY EFFECT

La exposición durante un periodo de tiempo largo a un sonido provoca una adaptación: Estudio sobre ruido de tráfico. El grado de insatisfacción disminuye mientras que el de ruido no. (Griffiths & Raw, 1989).

Efecto “Party Effect”

Después de cierto tiempo de exposición a un determinado nivel de ruido el oído se adapta a esta nueva situación y su sonoridad aparente disminuye.

El grado de adaptabilidad llega a ser de 30 dB.

Oído R con un nivel de XdB durante 10 minutos.

El paciente iguala niveles en el oído L, para igualar la misma sonoridad.

PERCEPCIÓN BINAURAL

COCKTAIL PARTY EFFECT

Reconocimiento de sonidos:

Nuestro cerebro es capaz de realizar funciones imposibles de implementar con los medios técnicos actuales.

“Cocktail - Party effect”

Podemos seguir una conversación independientemente de otras conversaciones próximas a nosotros que parece que “pisan” y se superponen a la conversación deseada. (relación S/N muy mala).

Seguimiento temporal-frecuencial de la señal acústica deseada.

PARÁMETROS PSICOACÚSTICOS

Claridad / definición: capacidad de reproducir de forma nítida cualquier sonido.

Sharpness / Hardness: estridencia del sonido, presencia, desequilibrio en altas frecuencias.

Sharpness: Estridencia acústica. Presencia de altas frecuencias (transiciones). Unidades: Acums.

Roughness: Rugosidad acústica.

Aplicación: estudio de máquinas rotativas o con engranajes que causan modulaciones. Relacionado con las modulaciones en amplitud. Unidades: Asper

Tonalidad: Percepción de componentes tonales en una señal. Las tonales generan molestia. Componente tonal: cuando una frecuencia sobresale energéticamente respecto el resto.

Fluctuación: Cuando las fluctuaciones del sonido tienen frecuencias de modulación <de 20 Hz, se perciben cambios de nivel del sonido. Señales fluctuantes son más molestas.

Unidades: 1 Vacil = 1 KHz a 60 dB modulado a 4 Hz al 100%.

PARÁMETROS PSICOACÚSTICOS

Brillo: sensación de agudos.

Espacioso: amplitud, separación de sonidos.

Próximo: reflexiones, relación directo-reverberante.

Excepción: Sonido cuchicheado da sensación de proximidad

Plenitud del sonido: sonoridad, suena fuerte o bajo.

Aumenta con el nivel, disminuye con la frecuencia.

Ponderación: A, B, C o D: De hecho las redes de ponderación son parámetros que intentan emular la respuesta subjetiva de percepción sonora, así pues, los dBA, dBB, dBC o dBD pueden considerarse como unos de los parámetros subjetivos más usados. El dBA es la unidad más usada actualmente aunque ella por sí sola no puede expresar el grado subjetivo de molestia o afectación de un ruido o sonido.

PARÁMETROS PSICOACÚSTICOS

MÉTODO DE KRYTER: Evaluación de la molestia: Cálculo de la RUIDOSIDAD

A partir de la Cuantificación de la magnitud física

- Nivel de Presión Sonora
- Frecuencia

Se realiza la Cuantificación de la sensación subjetiva

- Curvas de Ruidosidad Percibida (realizadas por K.Kryter)

Es un método usado (en algunos países) en la certificación de ruido de aeronaves.

EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LAS PERSONAS

Efectos auditivos (comentados en capítulo anterior)

Efectos fisiológicos

Pérdida temporal o permanente de la capacidad auditiva.

Efectos no auditivos

Efectos fisiológicos

Afectación de diversos órganos y sentidos del cuerpo

Efectos psíquicos

Cambios de comportamiento, angustia, estrés, etc.

EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LAS PERSONAS

EFFECTOS NO AUDITIVOS DEL RUIDO

(Algunos efectos que el ruido puede provocar en situaciones extremas):

Efectos sobre el sistema nervioso central.

Alteraciones sobre los ritmos alfa

Niveles del orden de 130 dB modifican las corrientes cerebrales (muy parecido a los estados de angustia)

Exposición a un ruido entre 95 y 105 dB produce alteraciones del riego en algunas zonas del cerebro

Efectos sobre el sistema cardiovascular. (Kent, von Gierke & Tolan, 1986).

El ruido altera el ritmo cardíaco

Algunos estudios apuntan a la posibilidad de que personas sometidas a ruidos entre 85 y 95 dB, sean como personas con 10 años más a efectos de enfermedades coronarias

A partir de los 90 dB se hallan alteraciones en la presión arterial.

Cansancio del cuerpo

Cuadro de extrema fatiga se observa con señales de gran amplitud infrasónicas. (Mohr, Cole, Guild & von Gierke, 1965)

No existe una relación sencilla entre ruido y fatiga. (Matsui & Sakamoto, 1971)

EFFECTOS DEL RUIDO SOBRE LAS PERSONAS

Efectos sobre el aparato respiratorio

Aumento de la frecuencia respiratoria. (incluido en individuos durmiendo)

Efectos sobre el aparato digestivo

Alteraciones ácidas del estómago.

Efectos sobre el sistema sanguíneo

Aumento de la viscosidad de la sangre

Efectos sobre el equilibrio

Se necesitan niveles muy elevados (>110 dB) para provocar vértigo, vómitos, etc.

Efectos sobre la visión

Niveles elevados (>110 dB) provocan un estrechamiento del campo visual

Dilatación de las pupilas

Bibliografía

-Kryter, K. "The effects of noise on man", Academic Press, 1970. ISBN-10: 1483242048
ISBN-13: 978-1483242040

-Blauert, J. "Spatial hearing", The MIT Press, 1997 Massachusetts. ISBN: 9780262024136

-E.Salesa, E.Perelló , Alfred Bonavida. "Tratado de Audiología". 2005 Masson, S.A. ISBN
84.458.1554.7

-Anatónia del oído humano, Ilustraciones: Stéphan Blatrix:

<http://www.cochlea.eu/es/oído>

-Proceso de audición:

<https://www.youtube.com/watch?v=PuC1BDFUq2I>

-Estructura del oído:

<https://www.youtube.com/watch?v=3nmi4ZSLQIQ>