

A collection of small squares in light blue, medium blue, and grey, scattered across the top half of the slide.

1.3.

La medida del ruido e índices evaluadores

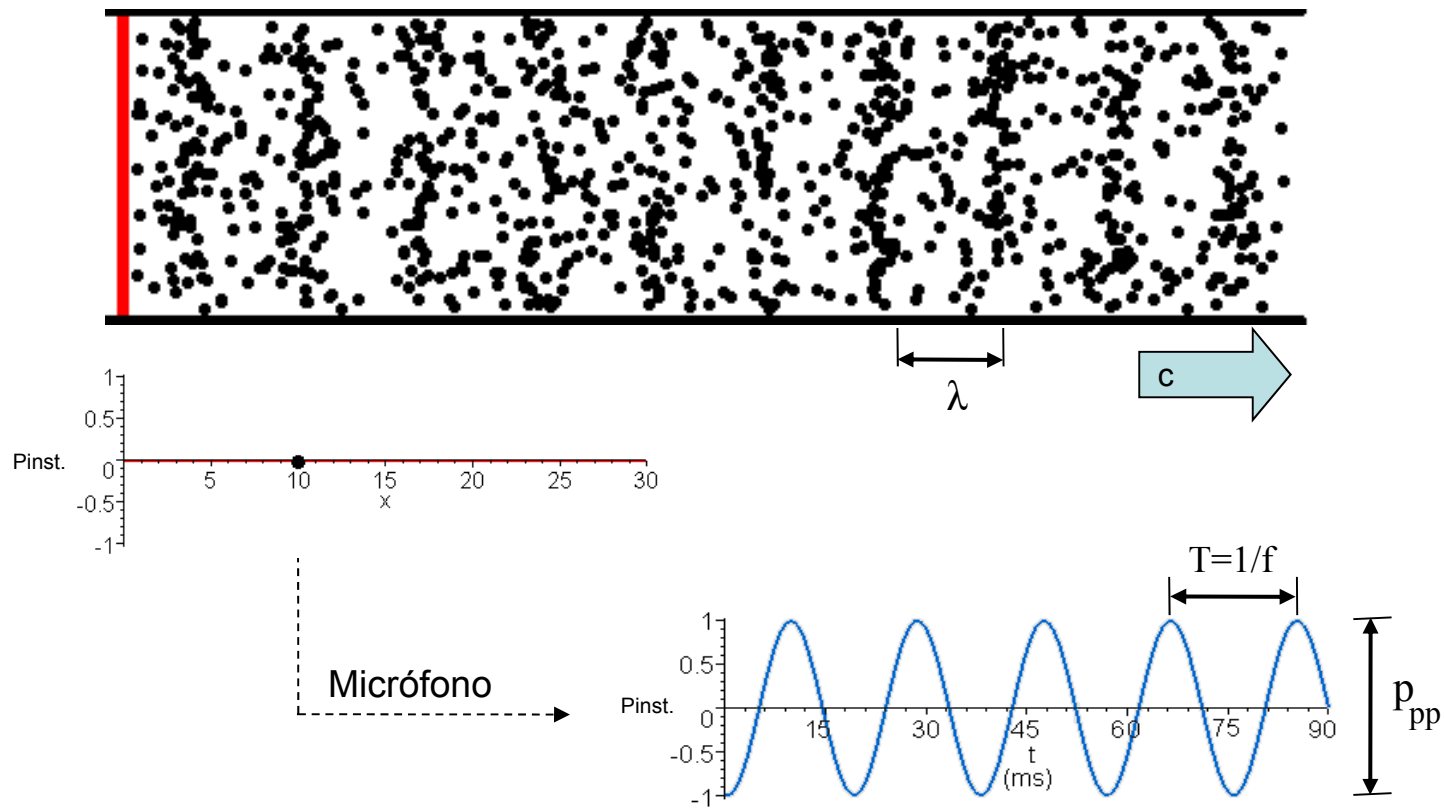
Sergi Soler Rocasalbas
AUREA ACUSTICA SL
Sergi@aurea-acustica.com

La medida del ruido

LA MEDIDA DEL RUIDO

¿Que medir?

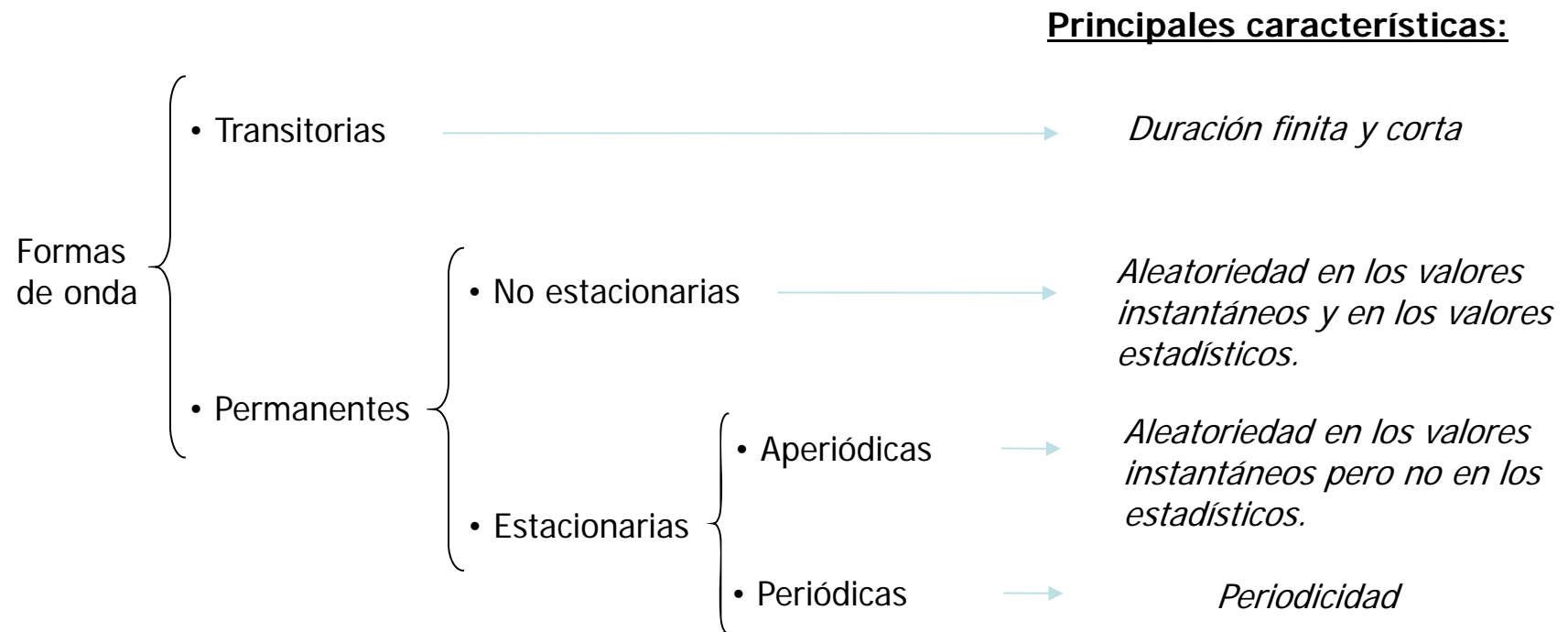
Animation courtesy of Dr. Dan Russell, Grad. Prog. Acoustics, Penn State



- Forma de onda -

FORMAS DE ONDA

Clasificación de las posibles formas de onda:



Parámetros medibles sobre las formas de onda:

Cada tipo de forma de onda, y cada caso en particular, tendrán unos parámetros mensurables de cara a la caracterización del sonido asociado.

Ejemplos de parámetros mensurables sobre la forma de onda:

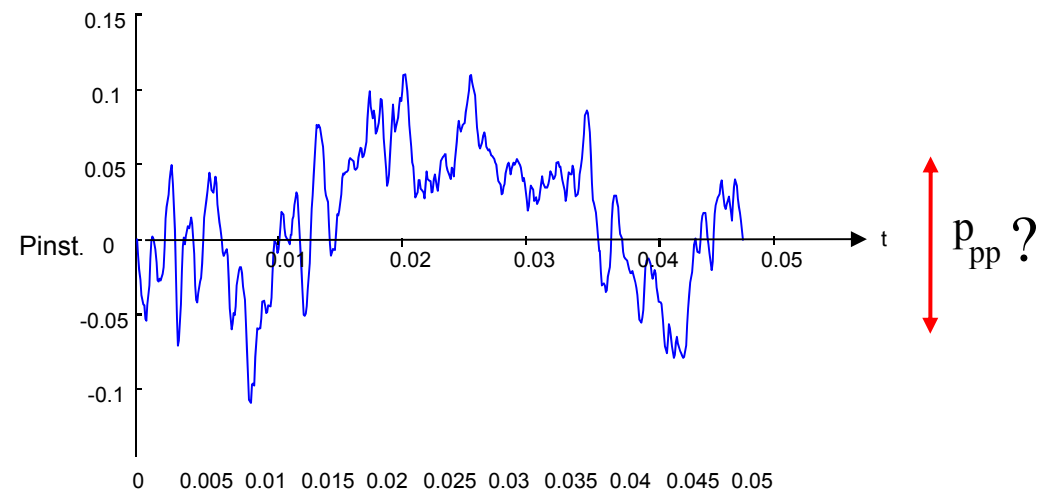
- La Amplitud.
 - La frecuencia o el contenido espectral.
 - Estadísticas sobre la amplitud: Leq, LE, percentiles,...
 - Evolución temporal del espectro (espectrograma)
 - Extinción del sonido en un recinto: ecograma i reverberación.
 - La distribución espacial: Mapas sónicos, holografía,...
 - Dirección del frente de onda: Intensimetría,...
- } Pueden necesitar más de una forma de onda.

. . .

Los resultados obtenidos pueden, a demás, ponderarse para adquirir un carácter más fisiológico.

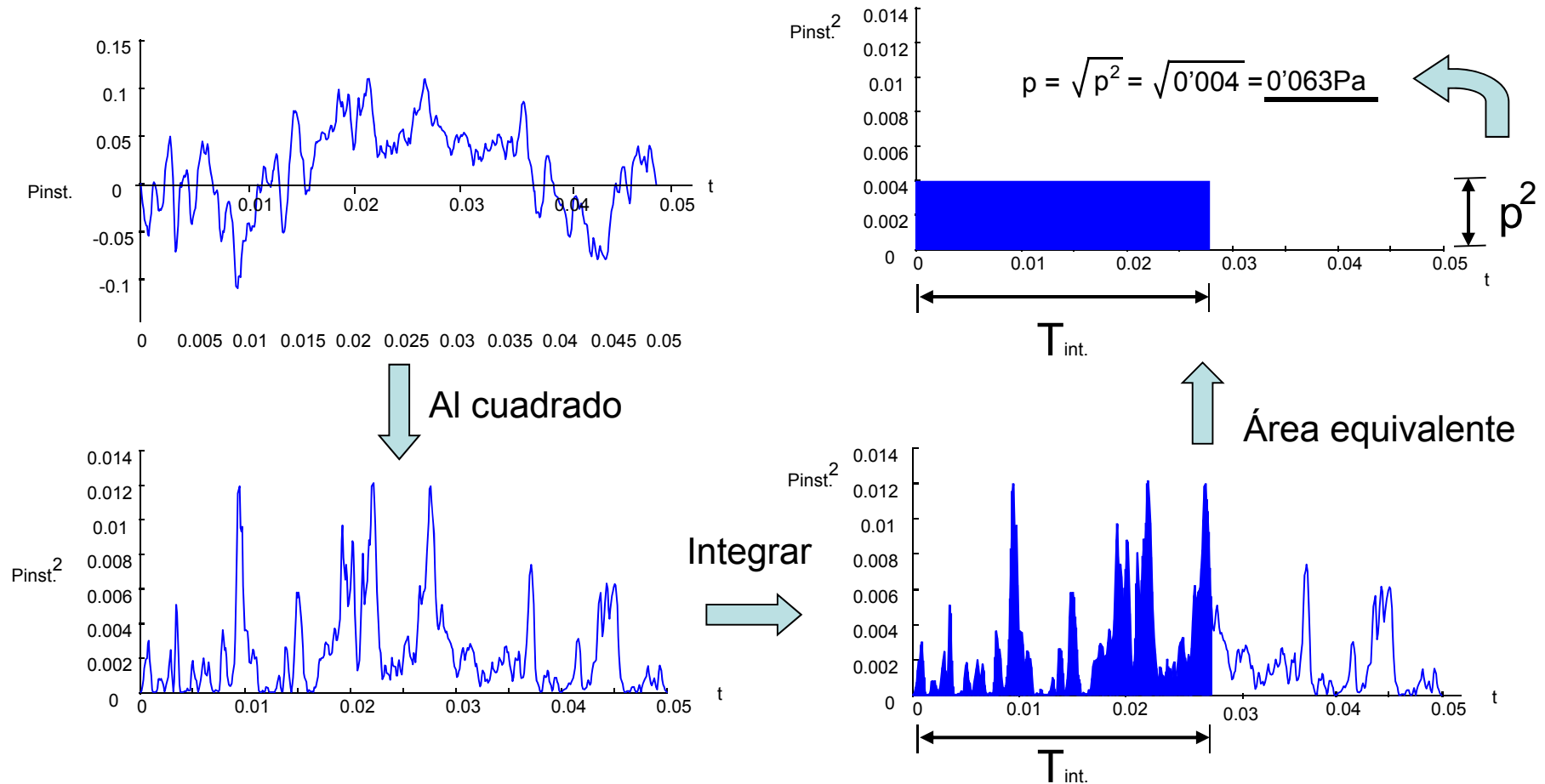
MEDIDA DE LA AMPLITUD

Medida de la amplitud global:



MEDIDA DE LA AMPLITUD

El valor eficaz (o valor cuadrático medio): *Definición gráfica*



MEDIDA DE LA AMPLITUD

El valor eficaz (o valor cuadrático medio): *Definición matemática*

$$p = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{int.}}} \int_{T_{\text{int.}}} p_{\text{inst.}}^2 \cdot dt} \quad \xrightarrow{\text{dB}} \quad L_p = 10 \cdot \log \frac{p^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2}$$

Este valor numérico es instantáneo y representativo de los valores de la forma de onda en los últimos $T_{\text{int.}}$ segundos.

El valor eficaz (p) evoluciona continuamente en el tiempo !

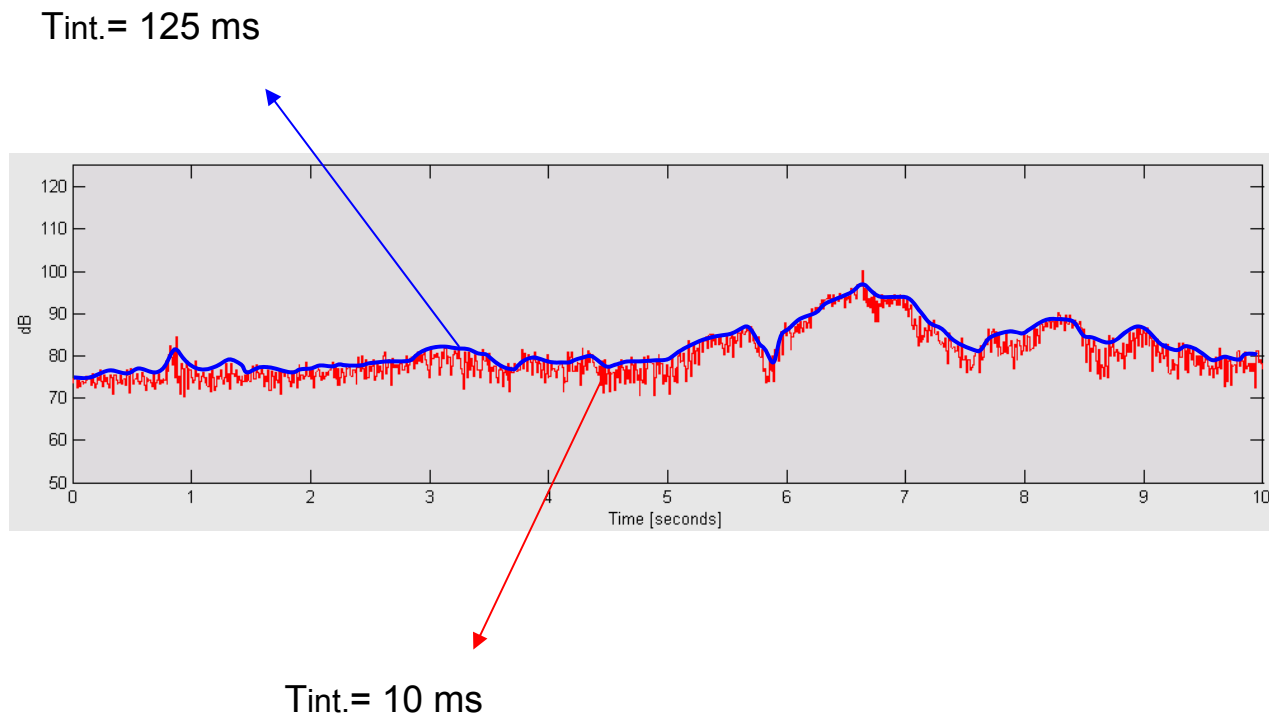
No confundir con el nivel equivalente L_{eq} .

2 consideraciones prácticas sobre los resultados de las medidas de L_p :

- 1.- Efecto del tiempo de integración.
- 2.- Efecto del eje de amplitud logarítmico (dB).

MEDIDA DE LA AMPLITUD

1.- Efecto del tiempo de integración sobre el Lp resultante:



MEDIDA DE LA AMPLITUD

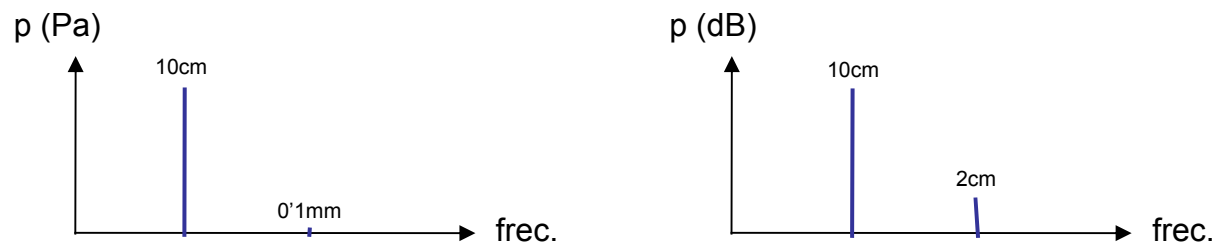
2.- Efecto del eje de amplitudes logarítmico (los dB):

Se utilizan los dB y no los Pa (lineales) ya que estas unidades logarítmicas siguen mejor la respuesta fisiológica humana.

Doblar la sonoridad equivale a sumar aproximadamente 10dB

A efectos prácticos, y de cara a las medidas, los dBs comprimen gráficamente los niveles de amplitud mayores y hacen una expansión gráfica de los niveles bajos (como lo hace nuestro oído).

ex. THD:



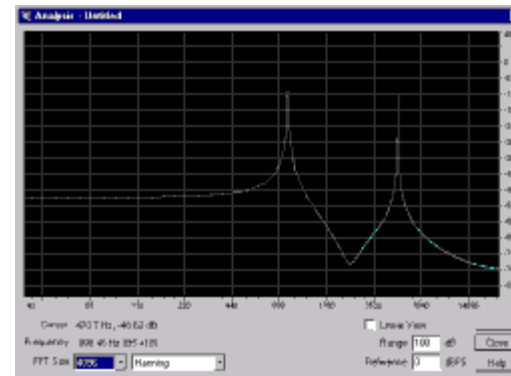
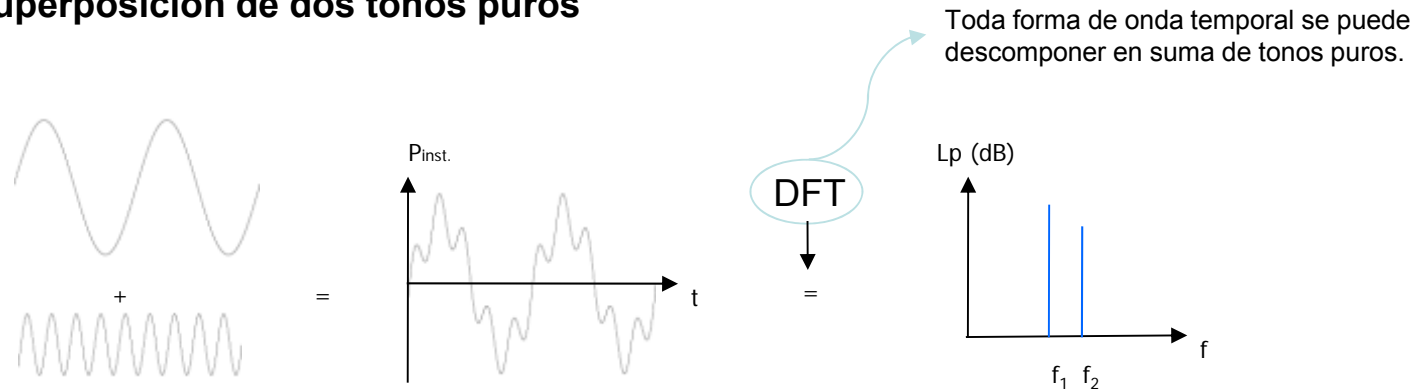
A demás, resultan valores numéricos más manejables:

0.00002 - 100 Pa
0 – 130 dB

MEDIDA DEL CONTENIDO ESPECTRAL

La visión frecuencial de una señal temporal:

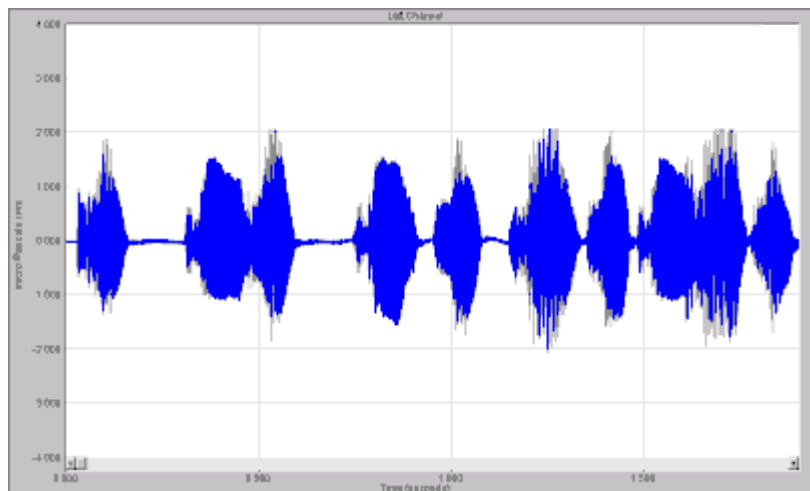
Ejemplo: Superposición de dos tonos puros



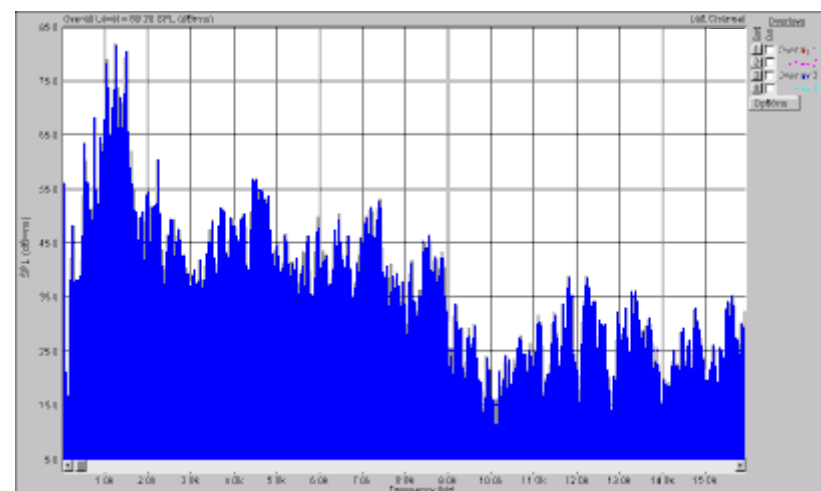
MEDIDA DEL CONTENIDO ESPECTRAL

La visión frecuencial de una señal temporal:

Ejemplo: Voz humana



- Forma de onda temporal -



- Espectro frecuencial -



Característico de todo el periodo temporal de la izquierda.
Podría analizar la forma espectral de una palabra sílaba a sílaba...
y obtendríamos espectros más representativos.

MEDIDA DEL CONTENIDO ESPECTRAL

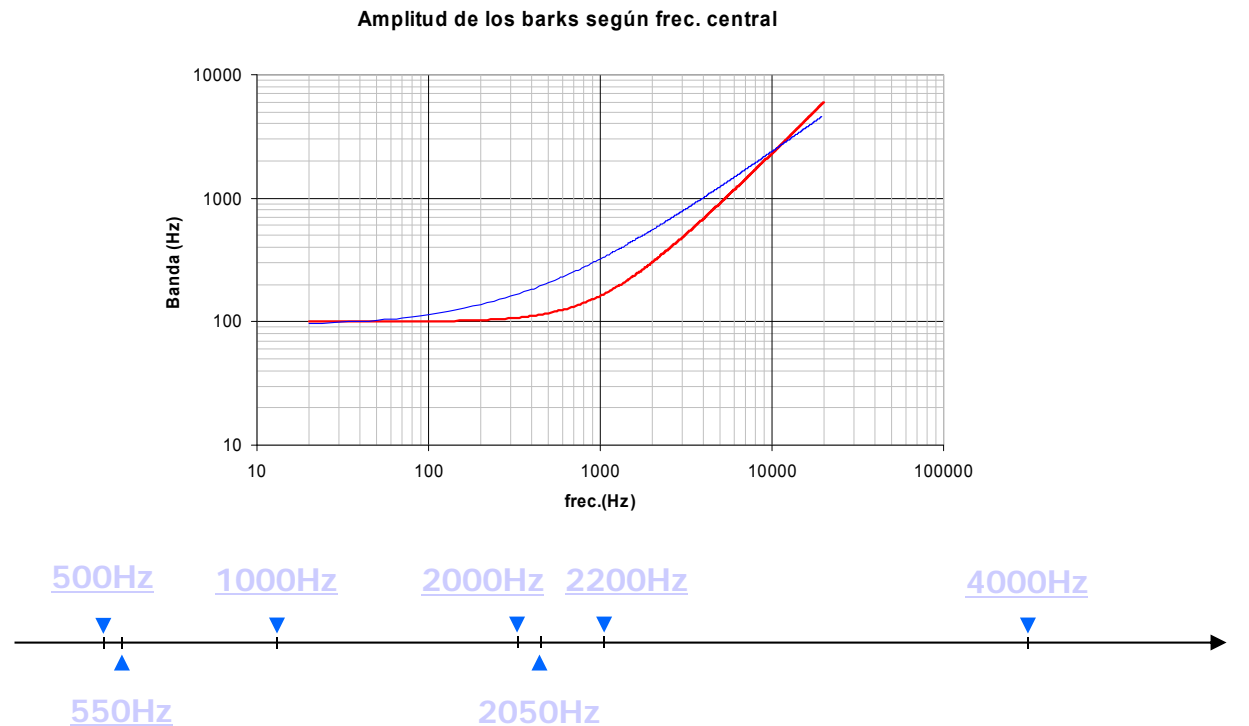
El espectro en frecuencia:

- Determina el contenido energético de cada frecuencia que contiene la forma de onda.
- Da idea de lo grave o agudo que es un ruido.
- Los valores energéticos son valores RMS calculados en el intervalo temporal analizado ($T_{int.}$).
- La suma (integración) de todas las componentes frecuenciales es el valor global.

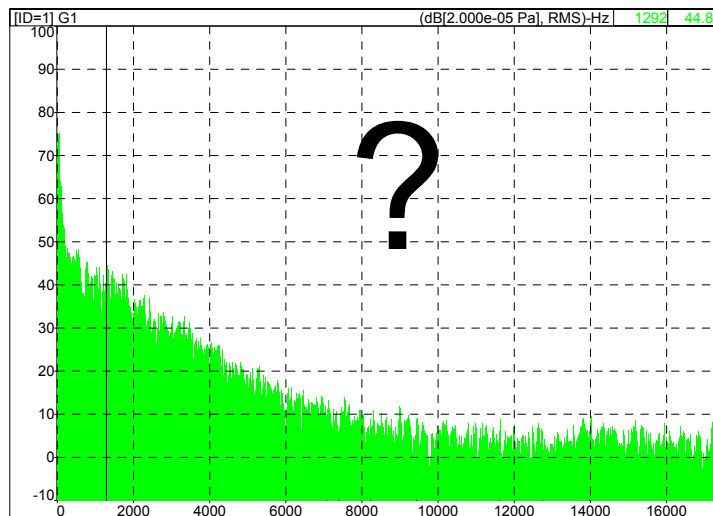
MEDIDA DEL CONTENIDO ESPECTRAL

El eje frecuencial logarítmico:

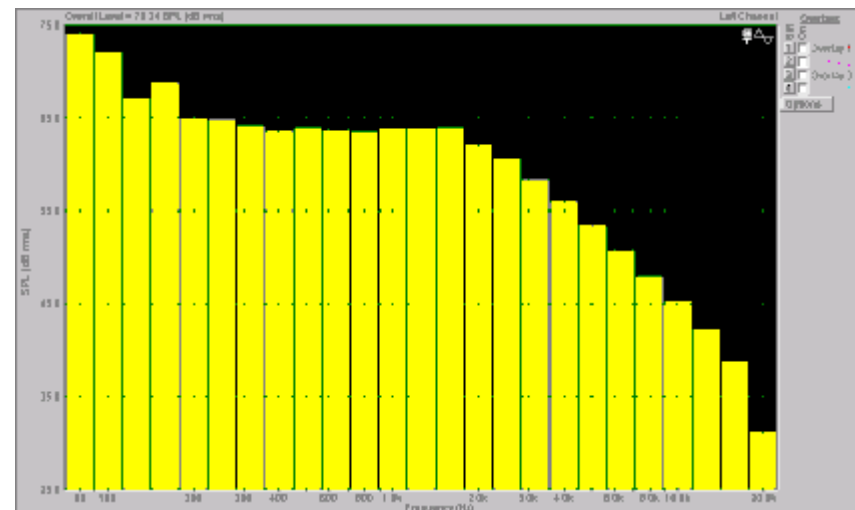
La amplitud de las bandas críticas del oído sigue una función no lineal que se acerca a un filtro de porcentaje constante (CPB) de 1/3 Octava. Por eso el eje frecuencial se hace logarítmico.



MEDIDA DEL CONTENIDO ESPECTRAL



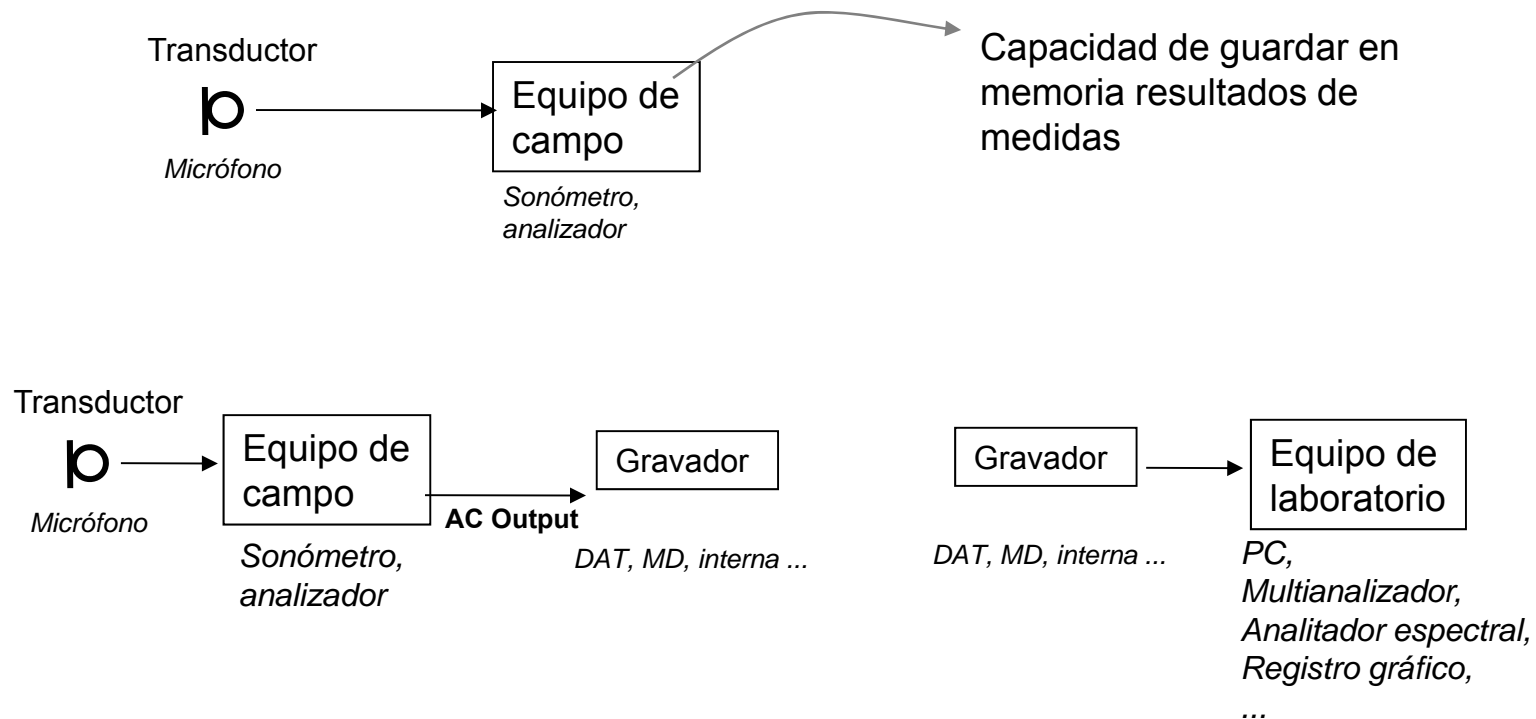
- Espectro (FFT) con el eje frecuencial lineal -



- Espectro en CPB (1/3 Oct) -

Valor global dB: 79'2 dB
 Valor global dBA: 73'3 dBA

Posibles configuraciones:



LA CADENA DE MEDIDA

LA CALIBRACIÓN:

CAUSAS:

- 1.- Todos los transductores y equipos tienen derivas, estas derivas afectan a los resultados.
- 2.- Al hacer grabaciones intermedias la señal se amplifica o atenúa modificando los niveles resultantes.

SOLUCIÓN:

La calibración consiste en poner un tono de 1KHz i 94 dB (1Pa) a la entrada de la cadena de medida para:

- 1.- Verificar que las lecturas son correctas y corregirlas si se tiene competencia legal para ello.
- 2.- Ajustar la sensibilidad de entrada de los equipos de medida post-grabación para que los resultados sean correctos.

LA CADENA DE MEDIDA

LA CALIBRACIÓN:

A LA PRÁCTICA:



Verificamos la correcta calibración antes y después de cada medida.

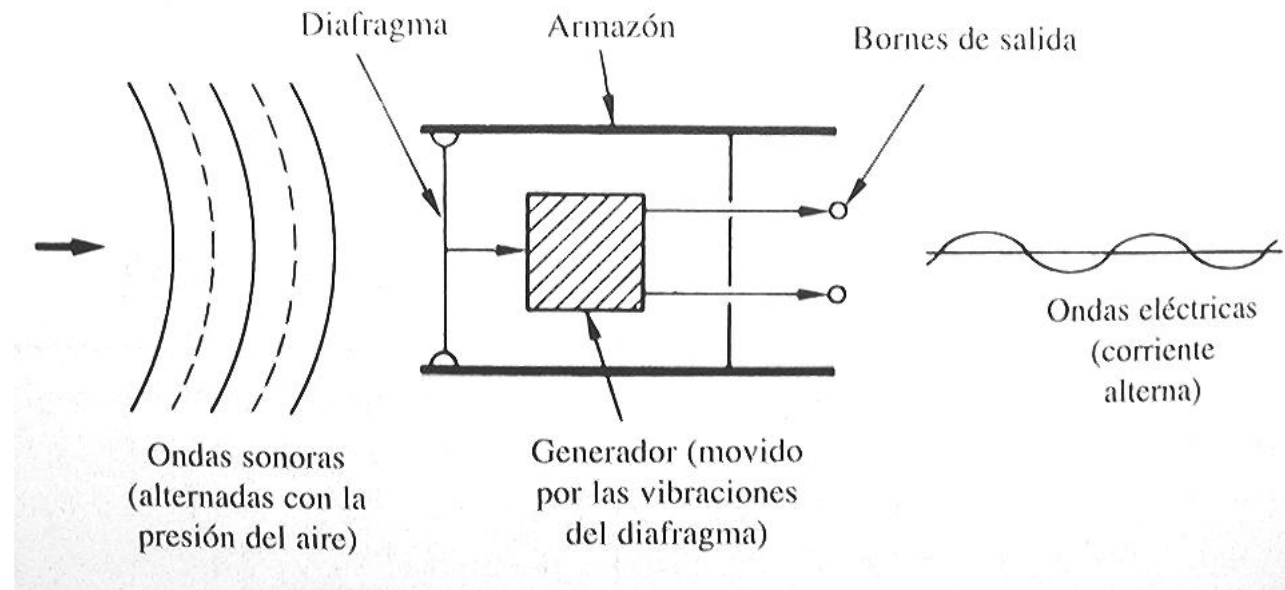
Típicamente se toleran desviaciones de hasta ± 0.5 dB (clase 1). Si se superan hay que tomar medidas correctoras:

- a.- Si son medidas legales (administración, juicios,...) hay que llevar a hacer la calibración a un centro homologado.
- b.- Si no son medidas legales (solo orientativas) y se tiene la absoluta seguridad de que el calibrador no está descalibrado, lo puedes calibrar tu mismo.

Hay medidas relativas que conceptualmente no necesitan calibración. p.e. el TR60.

El transductor acústico: EL MICRÓFONO.

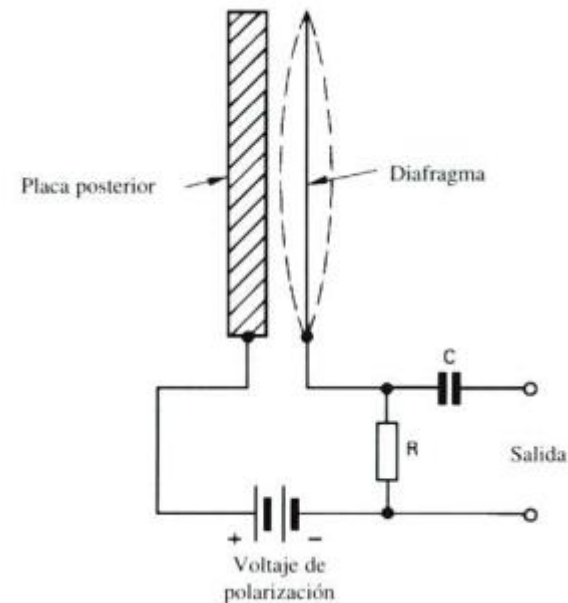
- Transforma la presión de las partículas del aire en señales eléctricas.



EL MICRÓFONO DE MEDIDA

Para la transducción mecánico-eléctrica, del tipo condensador:

- Basado en el efecto condensador formado por la membrana metálica (parte móvil) i el electrodo fijo.
- Calidad excepcional.
- Elevada sensibilidad.
- Los hay prepolarizados o con polarización externa.
- Son delicados a los golpes.
- Sensibles a la humedad.
- Muy estables con la temperatura..



EL MICRÓFONO DE MEDIDA

Para la transducción mecánico-eléctrica, del tipo condensador:

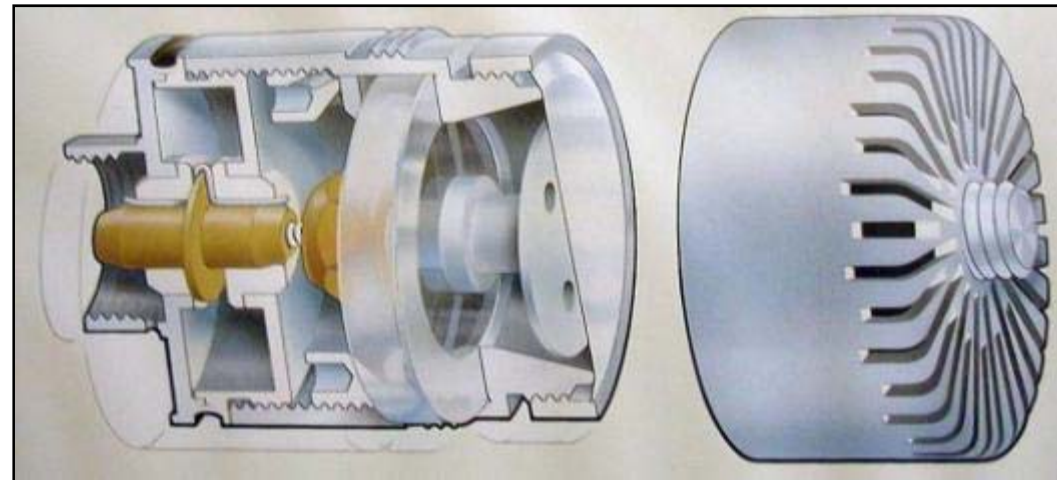
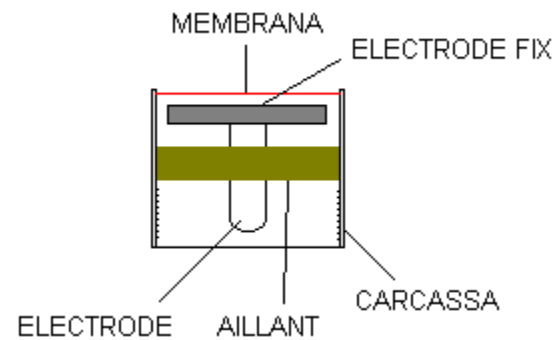
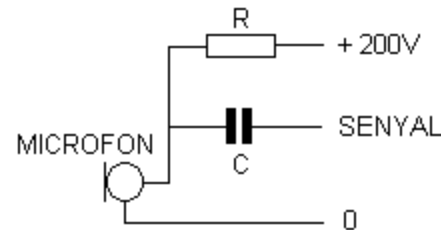


Imagen cortesía de Brüel & Kjaer

POLARIZACIÓN DEL MICRÓFONO (de condensador).

- **MICRÓFONO DE CONDENSADOR POLARIZADO.**

Normalmente la polarización se hace con una tensión de 200V.



ATENCIÓN: No es recomendable quitar un micrófono de un equipo cuando está en funcionamiento.

- **MICRÓFONO DE CONDENSADOR PRE-POLARIZADO.**

- No hace falta alimentar el micrófono.
- El grado de fidelidad es el mismo. Evita problemas con la humedad por trabajar a tensiones menores.
- Ideal para sistemas portátiles para ganar en autonomía.

ASPECTOS PRÁCTICOS:

Respuesta frecuencial inversamente proporcional al diámetro del micrófono.

Ruido residual inversamente proporcional al diámetro del micrófono.

Gran impedancia de salida.

Normalmente se hace una preamplificación en el propio micrófono. Puede necesitar otra alimentación.

Algunos preamplificadores se calientan cuando funcionan, para eliminar la humedad.

Cuidado con las bajas frecuencias, pues pueden saturar la señal.

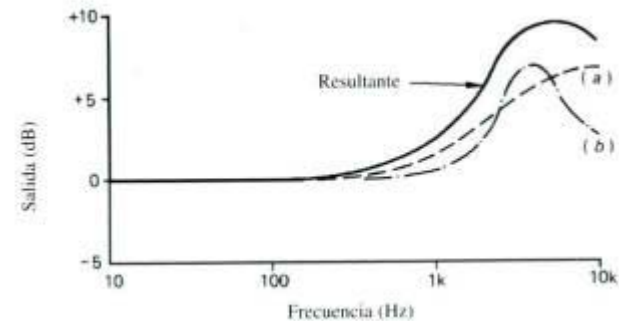
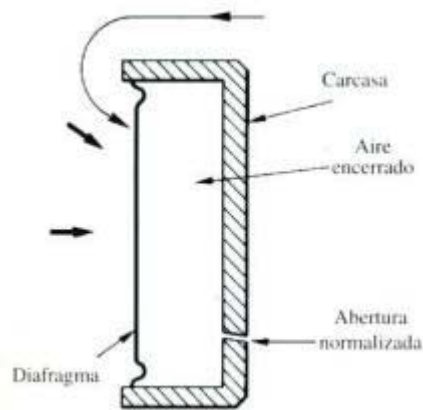


DIÁMETRO MIC.	Sensibilidad	Dinámica	Frec.
	mV/Pa	dB	+ - 2dB
1/8"	1	76 - 168	6,5 Hz - 140 KHz
1/4"	1,6 - 4	59 - 172	3,9 Hz - 70 KHz
1/2"	12,5 - 50	29 - 160	0,01 Hz - 40 KHz

EL MICRÓFONO DE MEDIDA

Para la transducción acústico-mecánica es del tipo cápsula de presión:

Formados por una cavidad cerrada (con una pequeña apertura) i un diafragma.



Efectos de alta frecuencia:

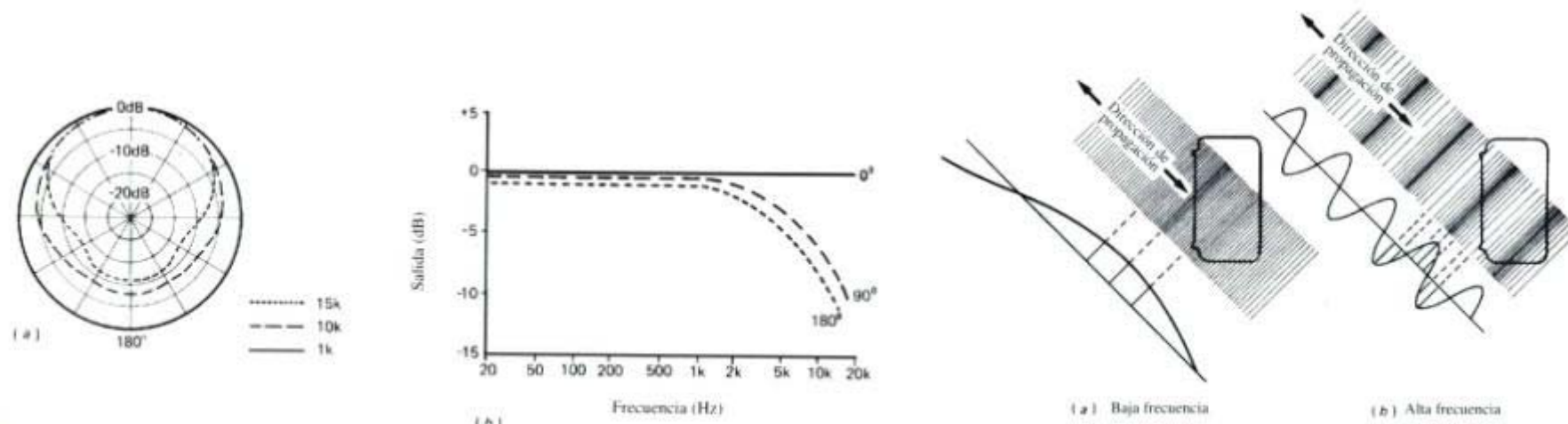
- a) Reflexión (duplicar presión)
- b) Resonancia de la cavidad.

Imágenes cortesía de Brüel & Kjær

EL MICRÓFONO DE MEDIDA

Para la transducción acústico-mecánica es del tipo cápsula de presión:

Comportamiento omnidireccional hasta una determinada frecuencia.



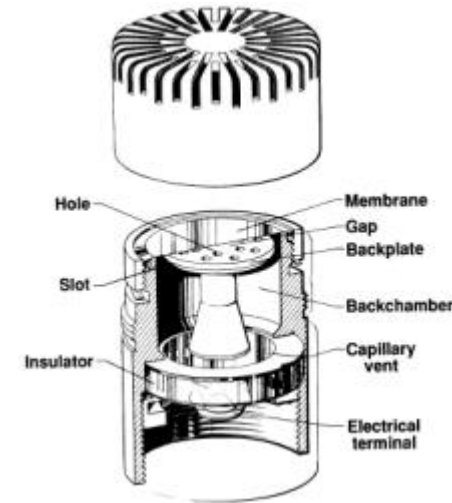
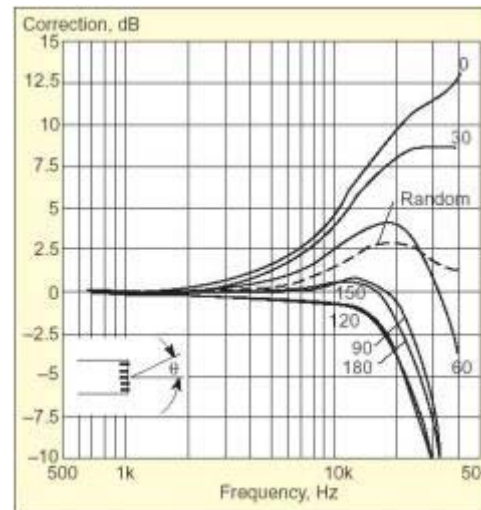
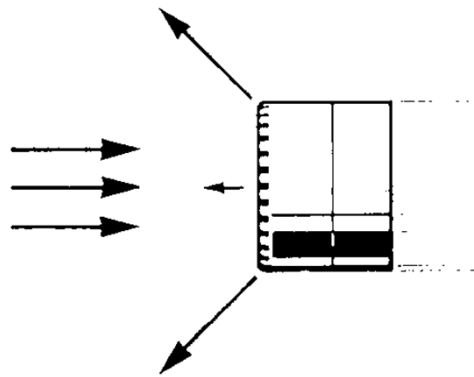
Cancelación parcial a altas frecuencias.

Imágenes cortesía de Brüel & Kjaer

ADAPTACIÓN AL CAMPO ACÚSTICO:

El problema

- Vimos que la cápsula de presión tiene una respuesta frecuencial irregular a alta frecuencia y variante con el ángulo de incidencia (directividad).
 - A demás, el micrófono no deja de ser una objeto y por lo tanto afecta al campo acústico con las reflexiones que en él se producen.
- Esto ha llevado a tener que hacer unas correcciones a altas frecuencias según como sea la incidencia de la onda en el micrófono:



Imágenes cortesía de Brüel & Kjaer

ADAPTACIÓN AL CAMPO ACÚSTICO:

Posibles campos acústicos

Campo libre:

Es ese en el que la única variación de la presión de una onda emitida es su propia divergencia (-6dB/dd en esféricas).



Campo reverberante o difuso:

Cuando la onda se refleja en las paredes y los objetos de la sala ocasionando interferencias en todos los puntos del espacio. El campo resultante es estadísticamente aleatorio y presenta un carácter casi homogéneo en nivel.



ADAPTACIÓN AL CAMPO ACÚSTICO:

Tipos de micrófonos

Según como se realiza esta corrección definimos:

Micrófonos de campo libre: Hacen la corrección para incidencia frontal (0°) en campo libre.

Micrófonos de campo difuso: Hacen la corrección para incidencia aleatoria.

Micrófonos de presión: No hacen ninguna corrección.

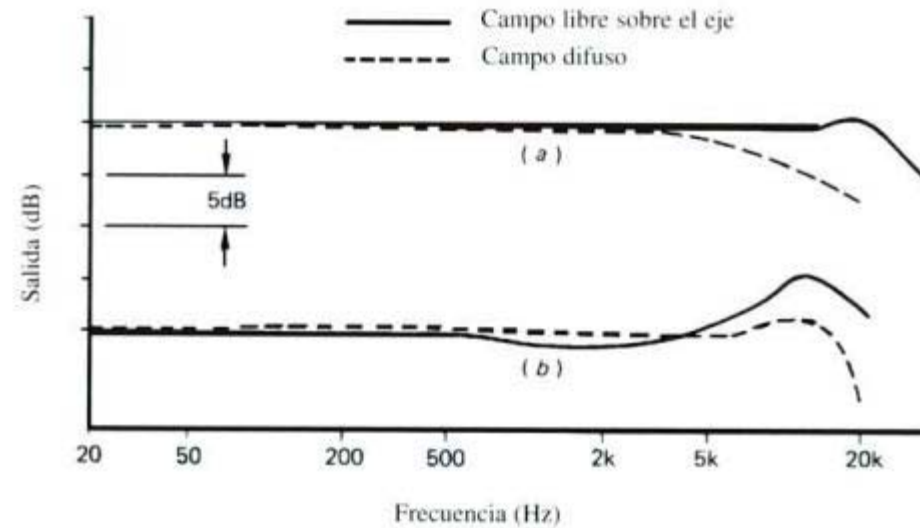
Se ha impuesto el uso de micrófonos de campo libre para casi todas las aplicaciones.
Justificaciones:

- En medidas de recintos cerrados no acostumbramos a superar los 8KHz.
- Por debajo de los 8KHz las correcciones son pequeñas.
- Las medidas en exteriores se acercan más a un campo libre que a un campo totalmente difuso.

ADAPTACIÓN AL CAMPO ACÚSTICO:

Tipos de micrófonos

Error que cometemos:



(a) Micrófono de campo libre

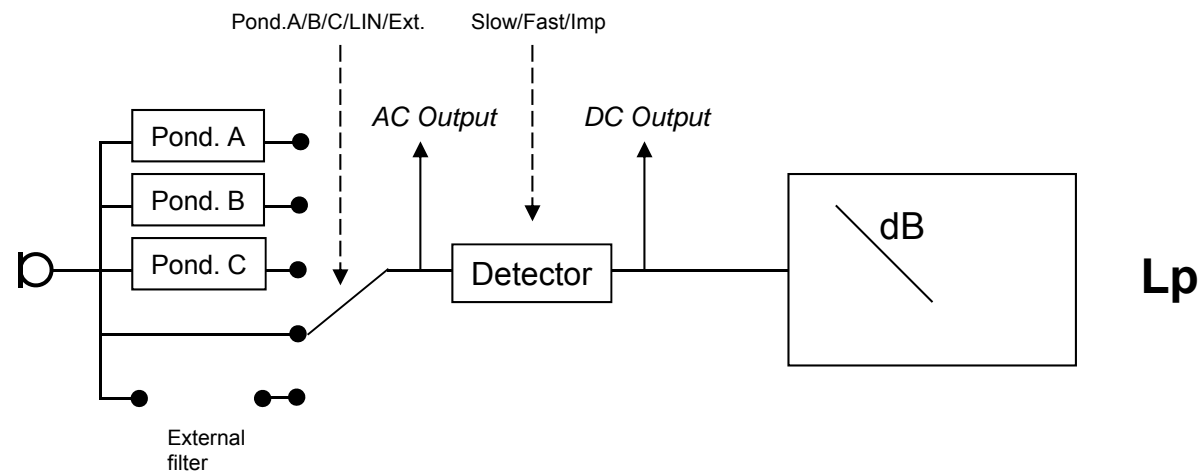
(b) Micrófono de campo difuso

SONÓMETROS:

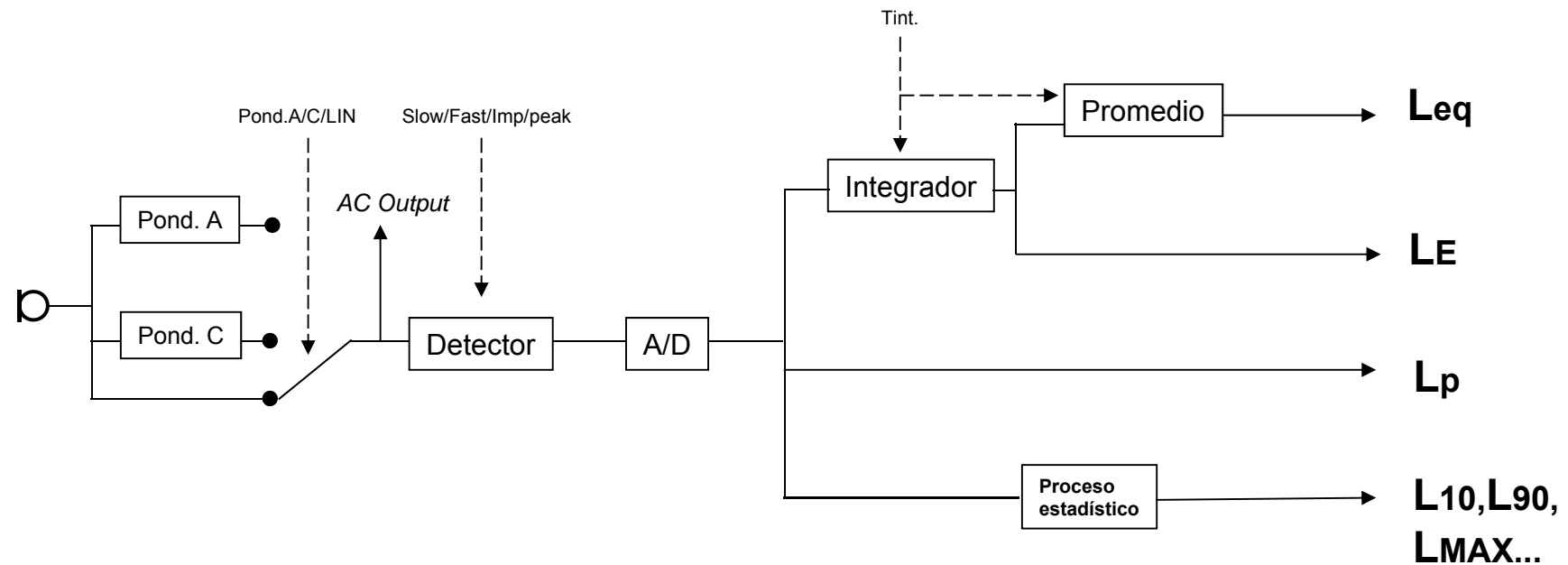
- Los primeros sonómetros eran analógicos y solo medían los valores de L_p .
- Posteriormente se hicieron digitales y se les incorporó procesados como el L_{eq} y los percentiles.
- Actualmente hay sonómetros reprogramables para diferentes funciones, con análisis espectral incorporado y memoria interna para grabar resultados.



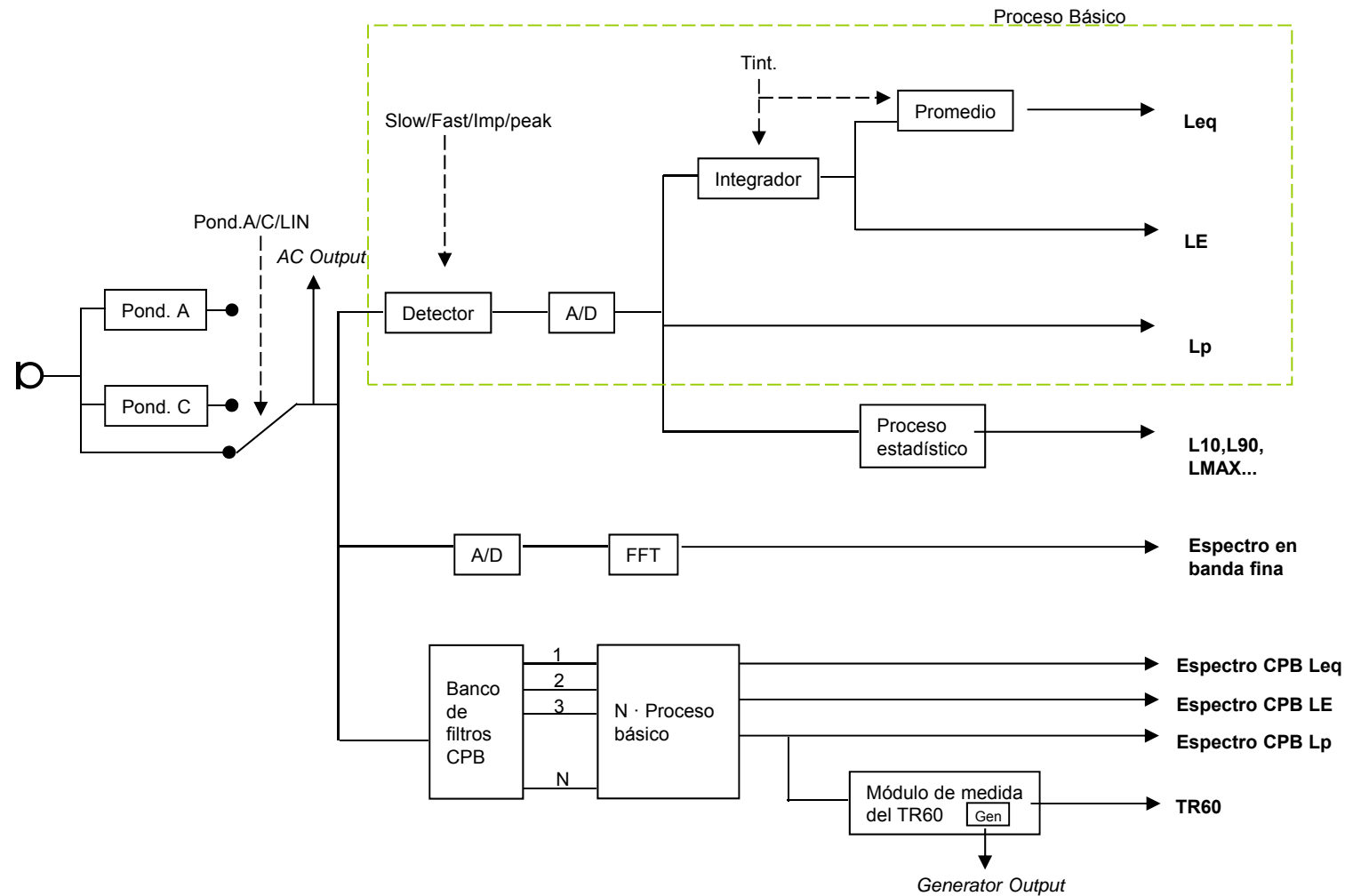
SONÓMETROS DE 1ª GENERACIÓN:



SONÓMETROS DE 2ª GENERACIÓN:



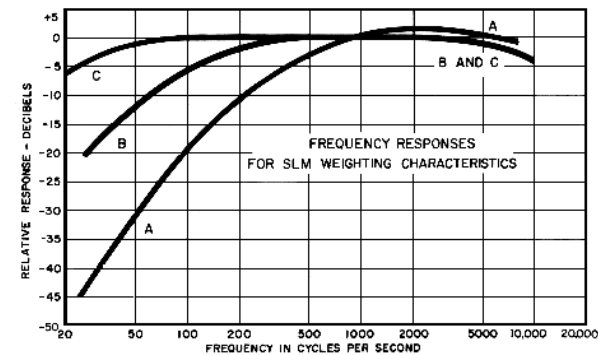
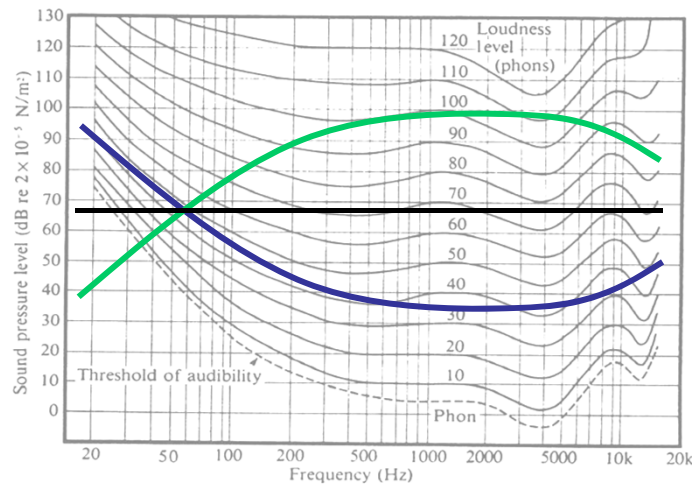
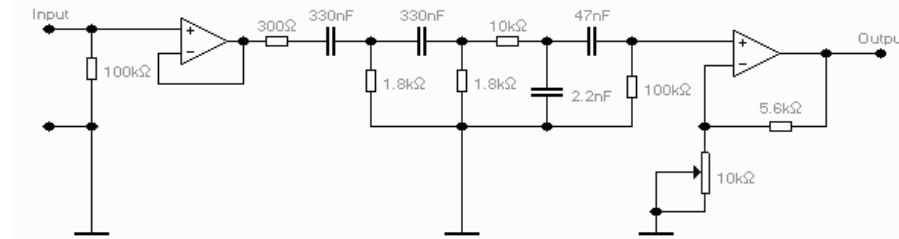
SONÓMETROS DE 3ª GENERACIÓN:



LA PONDERACIÓN:

Consiste en un filtro electrónico con una respuesta frecuencial igual a la curva de la ponderación que queremos aplicar:

Filtro de ponderación A:



EL DETECTOR:

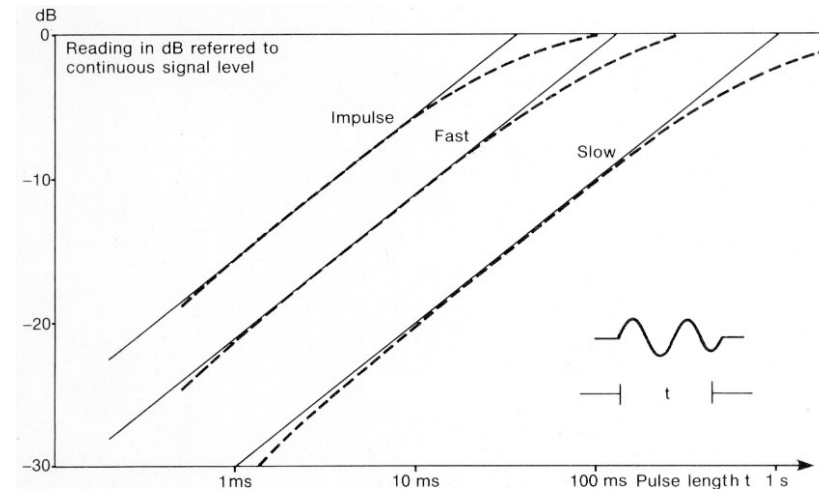
Es el circuito encargado de obtener el valor eficaz de la forma de onda de entrada.

Electrónicamente se compone de un rectificador y un filtro analógico pasa bajos con tiempo de integración seleccionable:

	t subida	t bajada
Slow	1 s	1 s
Fast	125 ms	125ms
Imp	35 ms	1'5 s
10ms	10 ms	10 ms
Pic	< 0,1 ms	-

↑
"Ponderación temporal"

$$L_{F,S} = 20 \cdot \log \left(\frac{\frac{1}{\tau} \cdot \sqrt{\int_{-\infty}^t p^2(\zeta) \cdot e^{\frac{-(t-\zeta)}{\tau}} \cdot d\zeta}}{p_0} \right)$$



EL INTEGRADOR:

Es el circuito encargado de obtener los valores L_{eq} y/o LE a partir de la evolución temporal de L_p .

El cálculo se hace digitalmente:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right) , \quad \text{donde } L_{p_i} \text{ es la muestra } i \text{ de } L_p.$$

Y equivale al concepto analógico:

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_{inst.}^2(t)}{p_0^2} dt \right)$$

T es el tiempo de integración y N el número de muestras que el equipo tiene de este intervalo temporal.

El valor de T se especifica en las normativa de medida (ex: 10 min)

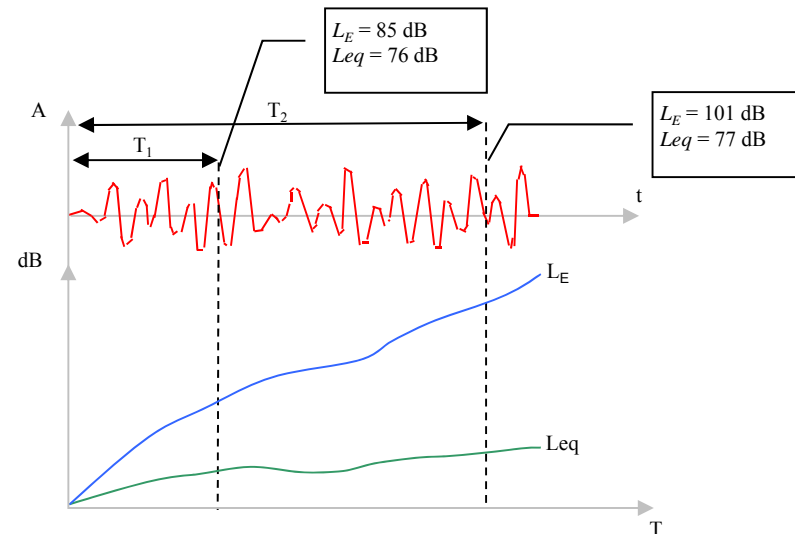
EL INTEGRADOR:

El bloque digital integrador también puede calcular el nivel de exposición:

$$L_E = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{p_i}}{10}} \right)$$

que cumple:

$$L_E = L_{eq} + 10 \log T$$



EL ANÁLISIS EN FRECUENCIA DE LOS SONÓMETROS:

Hay tres modos de análisis en frecuencia en los sonómetros:

1.- MODO SECUENCIAL:

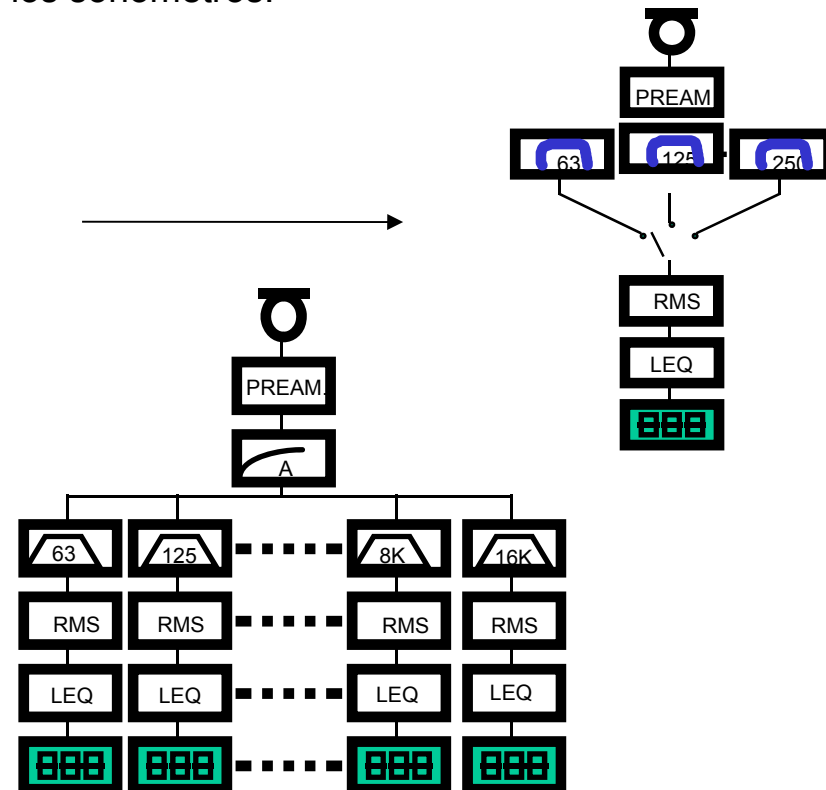
Manual o automáticamente hay que ir conmutando la frecuencia central de la banda a analizar.

Pueden calcular el Leq por octavas o tercios.

2.- EN TIEMPO REAL:

Capaz de calcular todas las bandas a la vez.

También pueden calcular el Leq por octavas o tercios.



EL ANÁLISIS EN FRECUENCIA DE LOS SONÓMETROS:

3.- EN TIEMPO REAL MEDIANTE FFT:

Se utiliza cuando se necesita una mayor resolución frecuencial que la proporcionada por los filtros CPB.

Calcula el espectro usando el algoritmo FFT con el que obtiene 2^N líneas de resolución espectral. (ex: 1024)

El eje frecuencial es lineal. Perdemos el carácter fisiológico de la CPB.

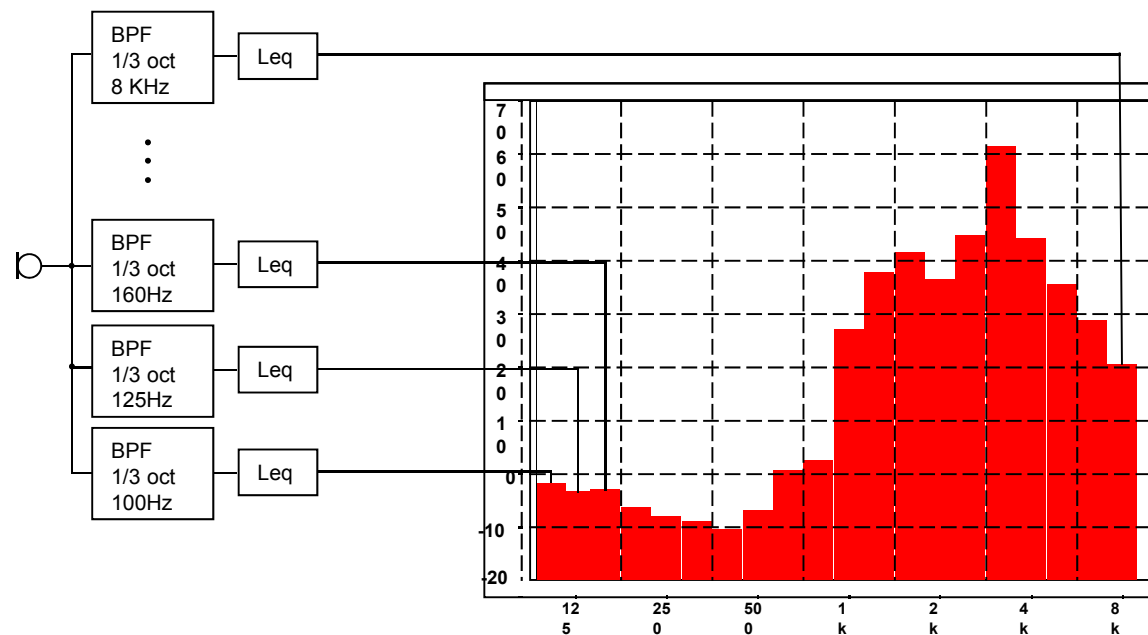
El interés desde el punto de vista acústico es que permite detectar y cuantificar objetivamente las componentes tonales.

Más utilizado para medir vibraciones.



TECNOLOGÍAS DE ANALIZADORES ESPECTRALES:

1.- ANALIZADORES CPB:



TECNOLOGÍAS DE ANALIZADORES ESPECTRALES:

1.- ANALIZADORES FFT:

Su funcionamiento consiste en adquirir muestras digitalmente, hacer su FFT y visualizar el resultado por pantalla gráfica.

Este proceso es casi instantáneo con lo que se puede hacer el análisis en tiempo real y representaciones de la evolución del espectro en el tiempo (Espectrogramas).

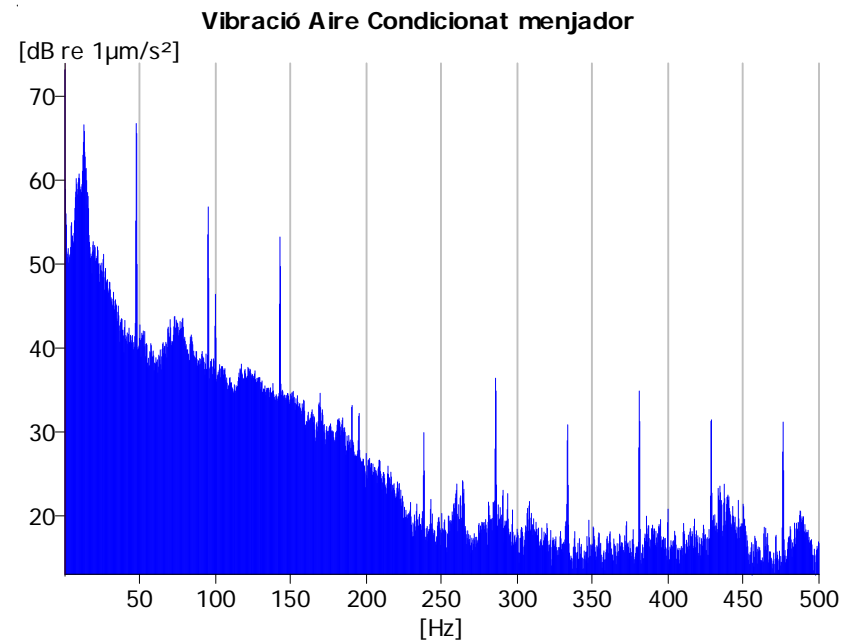
Muchos modelos se componen de front-end + software.

La exportación para post-procesado de datos es directa.



TECNOLOGÍAS DE ANALIZADORES ESPECTRALES:

1.- ANALIZADORES FFT:



Índices evaluadores

LA MEDIDA DEL RUIDO

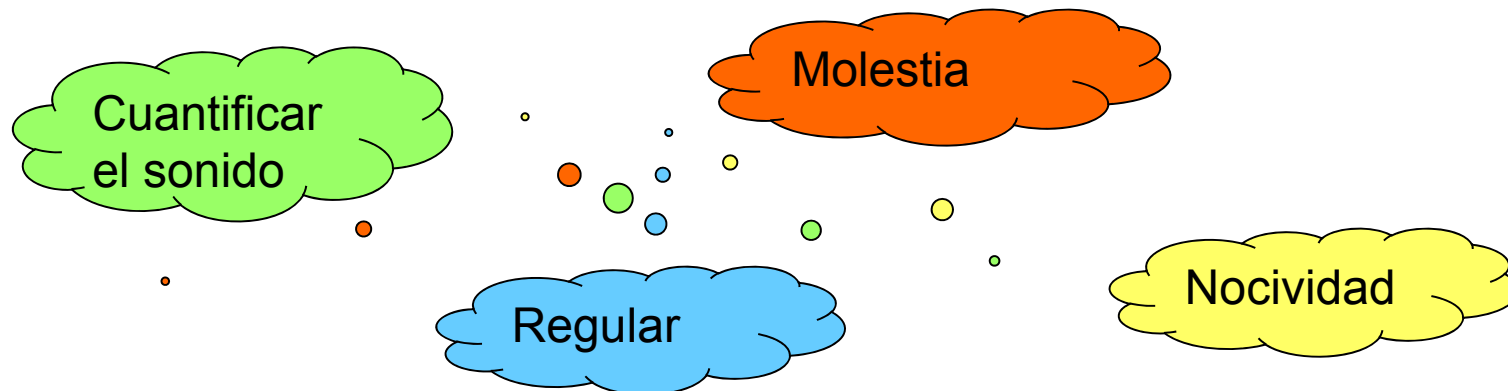
- La medida del ruido:

El hombre es la medida de todas las cosas.

Protágoras (s.V.a.c.)

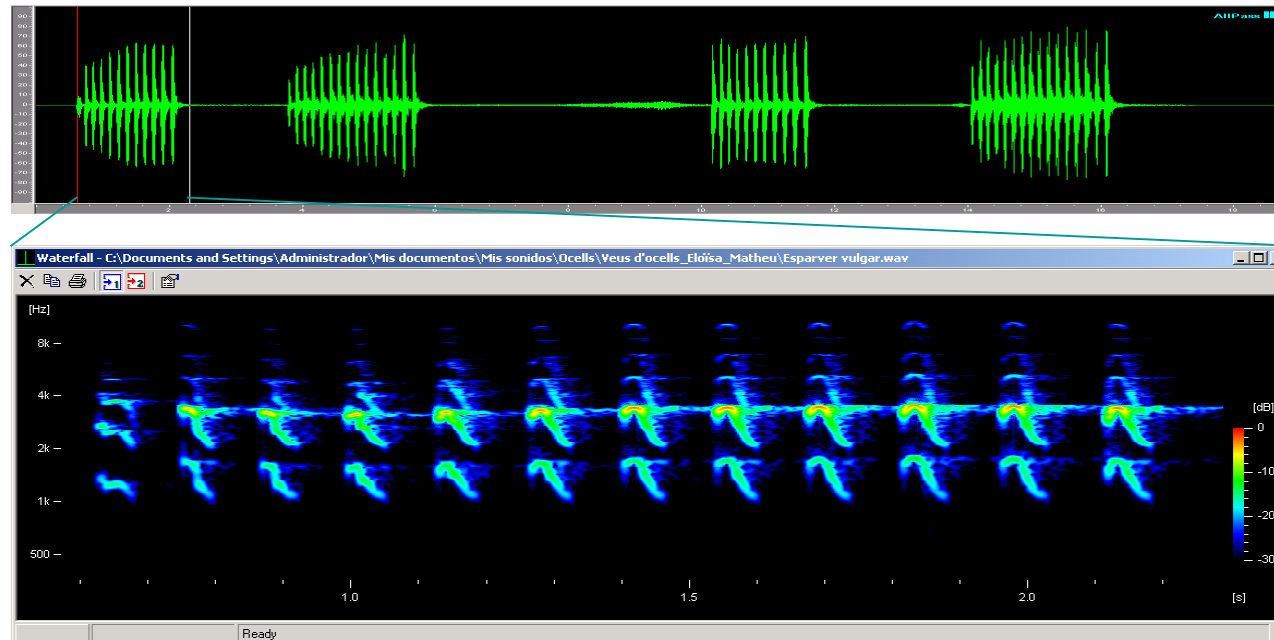


¿Por que medimos?



FORMAS DE ONDA

Ejemplo:



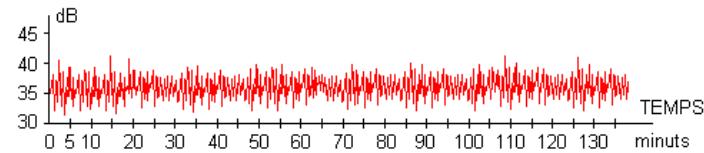
~~$\text{Leq}_{10''} = 64'2 \text{ dB}$~~

~~$\text{Leq}_{10''} = 65'1 \text{ dBA}$~~

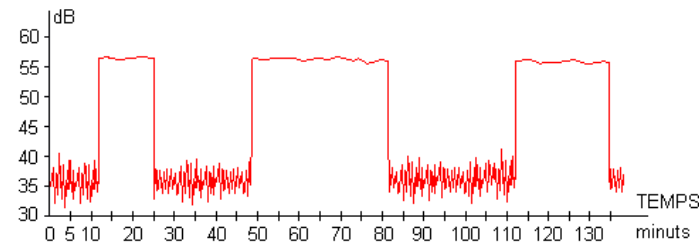
→ ¿Qué 10" ?

Clasificación de los ruidos: *Según su evolución temporal*

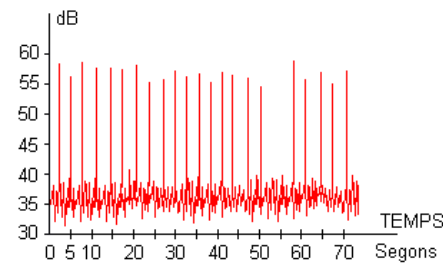
- Contínuo



- Intermitente

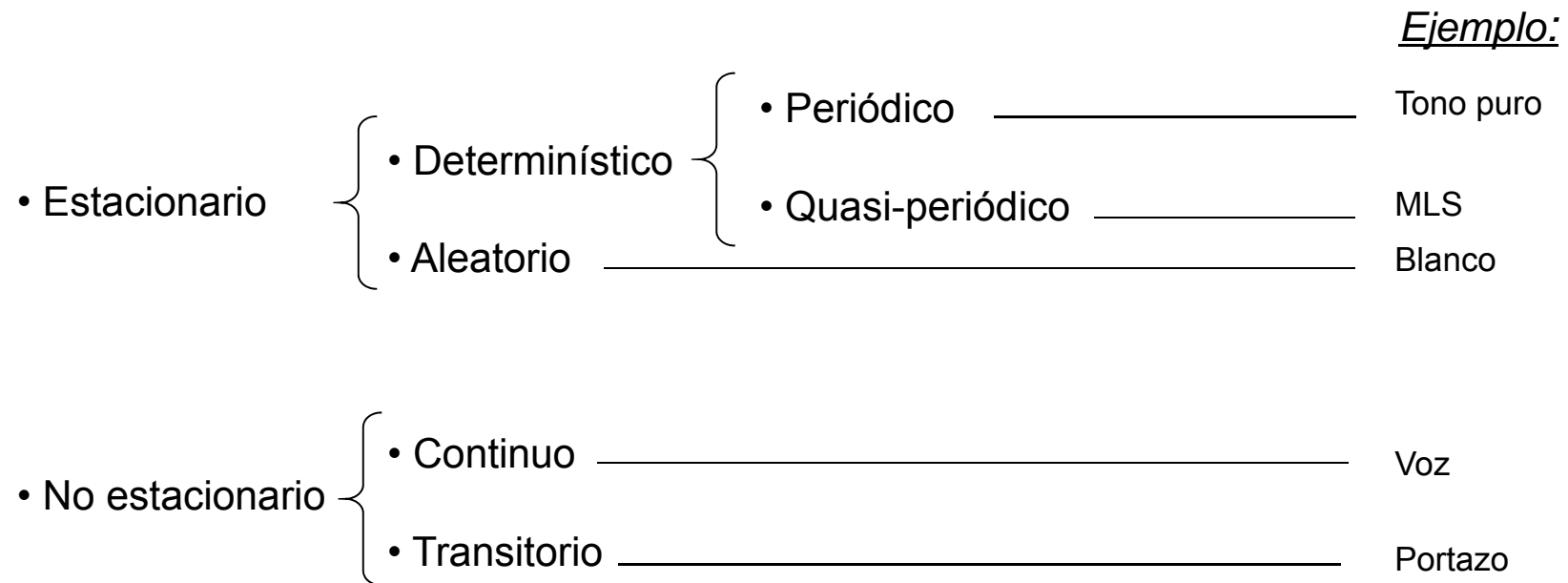


- Impulsional



TIPOS DE RUIDO

Clasificación de los ruidos: *Según su comportamiento espectral*



¿El tráfico donde se clasifica? Depende: *Moto sola, autopista muy transitada ...*

LOS INDICADORES DEL NIVEL ACÚSTICO:

- **Diferentes ruidos tienen distinto carácter temporal y espectral.**
- **La medida del ruido puede querer evaluar diferentes aspectos.**
- **Cada tipo de ruido debe cuantificarse de forma distinta para obtener indicadores representativos.**
- **Los indicadores más utilizados son:**

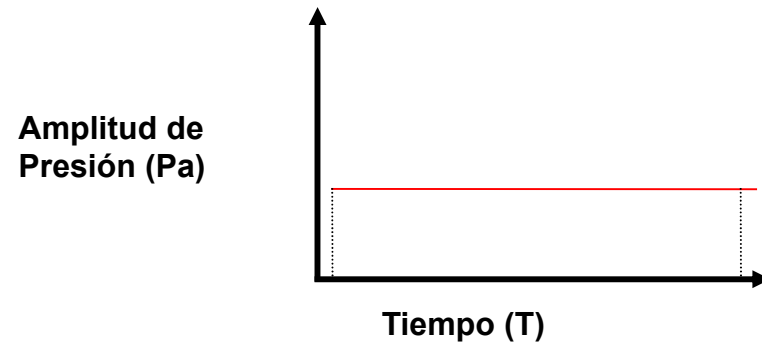
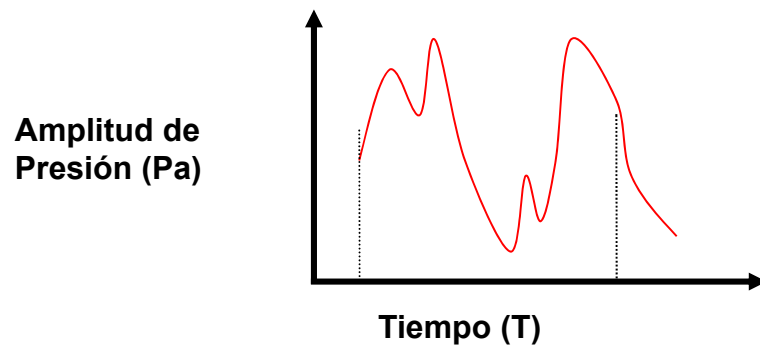
Leq	LSEL	L%	TNI	
NPL	Ldn	CNEL	HNEL	LDEN

¡ Pero no todo termina aquí !

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– NIVEL EQUIVALENTE L_{eq} :

- Es la equivalencia que tiene un ruido variable en el tiempo si fuera continuo durante el tiempo de análisis. Da una idea de la energía media que llega en el punto de recepción.
- Es el parámetro más utilizado actualmente en acústica.
- La legislación lo utiliza mucho, sobretodo aplicándole la ponderación A.



INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– NIVEL EQUIVALENTE L_{eq} :

– Analíticamente sería:

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

Serie continua

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Serie discreta

- La norma **ISO R-1996** (2007) considera el L_{eq} en dBA como un criterio para evaluar la exposición de la comunidad al ruido.
- La norma **ISO R-1999** (1990) para evaluar la capacidad auditiva.

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– NIVEL EQUIVALENTE L_{eq} :

– Limitaciones:

- Su representatividad del ruido real es limitada.
- El hecho de promediar en el tiempo difumina el peso real del ruido dando valores poco representativos de la molestia causada. Sobre todo en ruidos impulsivos.
- Se aconseja utilizarlo siempre con algún dato más que permita valorar la naturaleza del ruido con un buen criterio técnico.

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– NIVEL EQUIVALENTE Leq :

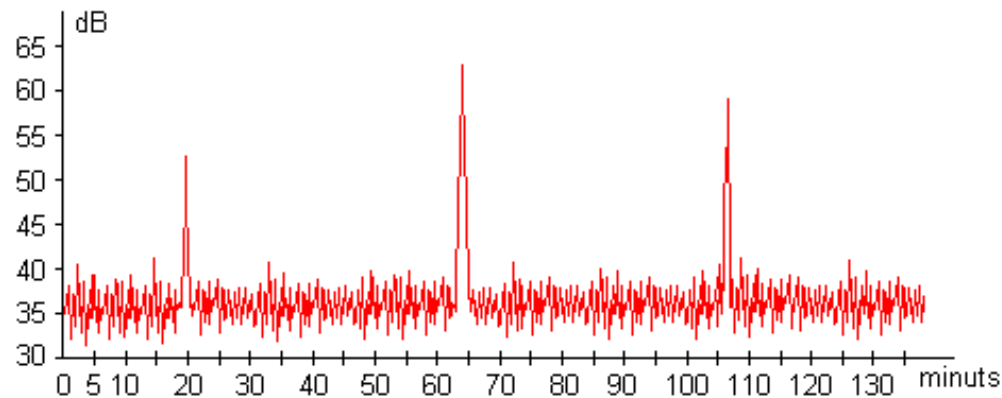
– Ejemplo de mal uso:

✓ Nivel de ruido de fondo $Leq = 36,8$ dBA

✓ Nivel de aviones $Leq = 53,7$ dBA

✓ Nivel del ruido total $Leq = 39,6$ dBA

✗ Nivel de los aviones* $Leq = 32,6$ dBA



* Cálculo erróneo:

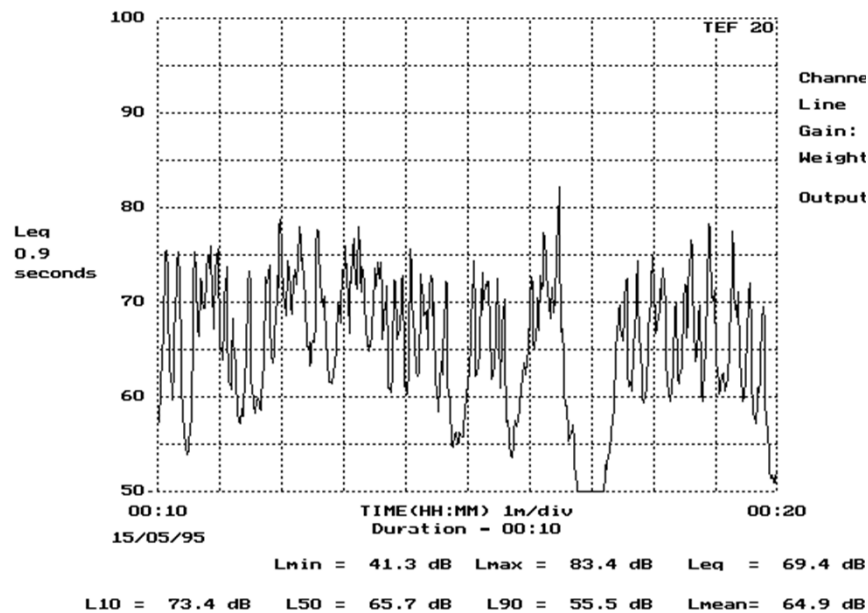
Han repartido en los
150min de medida

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

- NIVEL EQUIVALENTE Leq :
- Hay ruidos en los que es mas representativo que en otros:

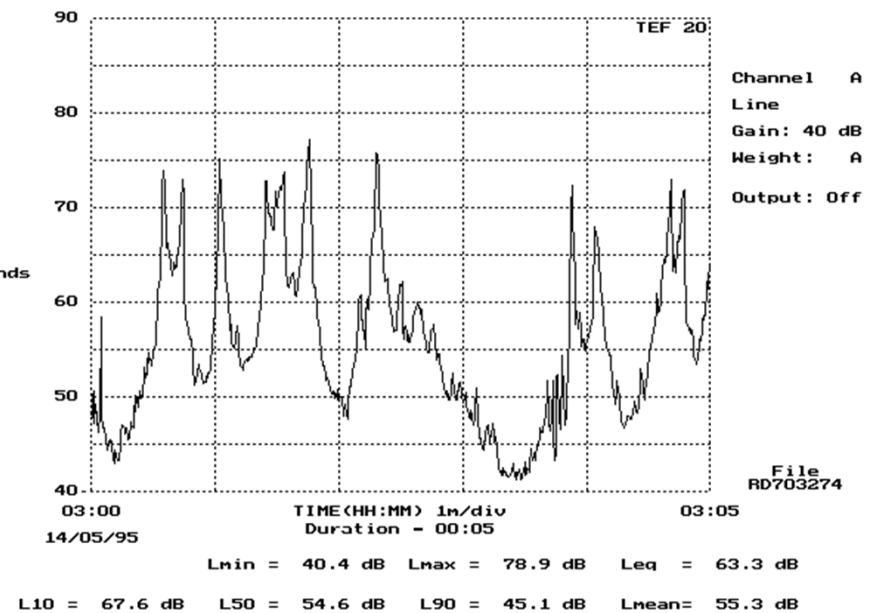
$Leq = 69'4 \text{ dB(A)}$

Ronda de Dalt (Sortida 7)



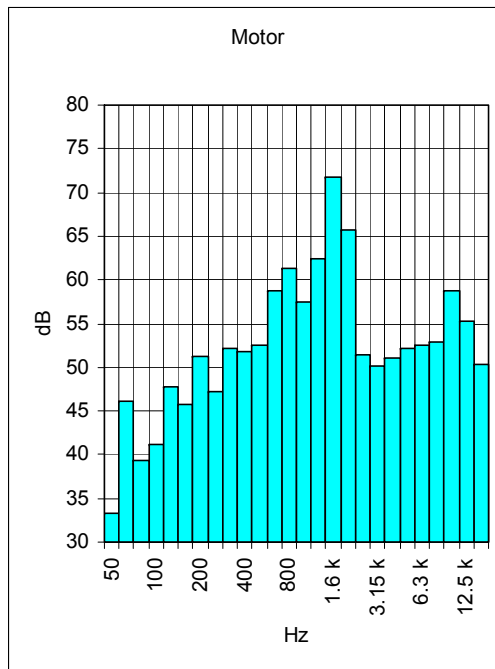
$Leq = 68'9 \text{ dB(A)}$

Ronda de Dalt (Sortida 7)

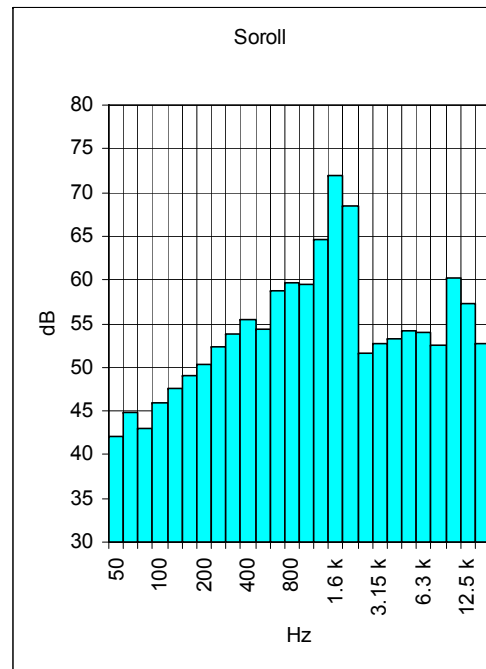


INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

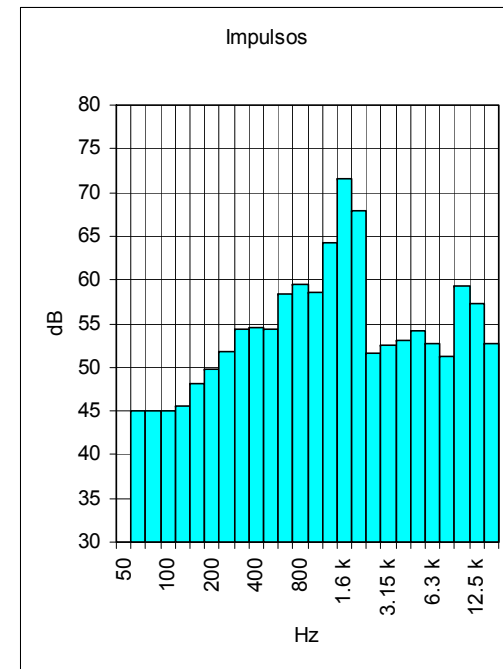
Ejemplo de señales con igual L_{eq} y espectro:



74,7 dBA



75,6 dBA



75,2 dBA

LA MOLESTIA NO SE CUANTIFICA SOLO CON UN NIVEL Y ESPECTRO.

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– SOUND EXPOSURE LEVEL, SEL:

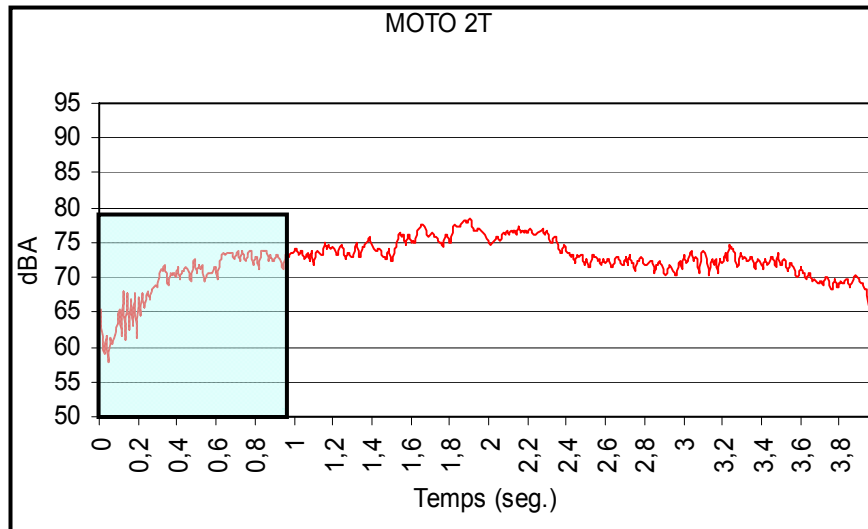
- Single event Sound Exposure Level. Pensado para evaluar eventos acústicos simples, de corta duración.
- Similar al Leq pero concentrando toda la energía medida en 1 s ($T_{ref}=1s$).
- Más útil para ruido de carácter impulsivo.

$$SEL = 10 \log \frac{1}{T_{ref}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[p_A(t)]^2}{(20 \mu P)^2} dt \text{ dBA}$$

- El paso de SEL a Leq i viceversa es directo:

$$L_{Aeq,T} = SEL - 10 \log \left(\frac{T}{T_{ref}} \right)$$

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

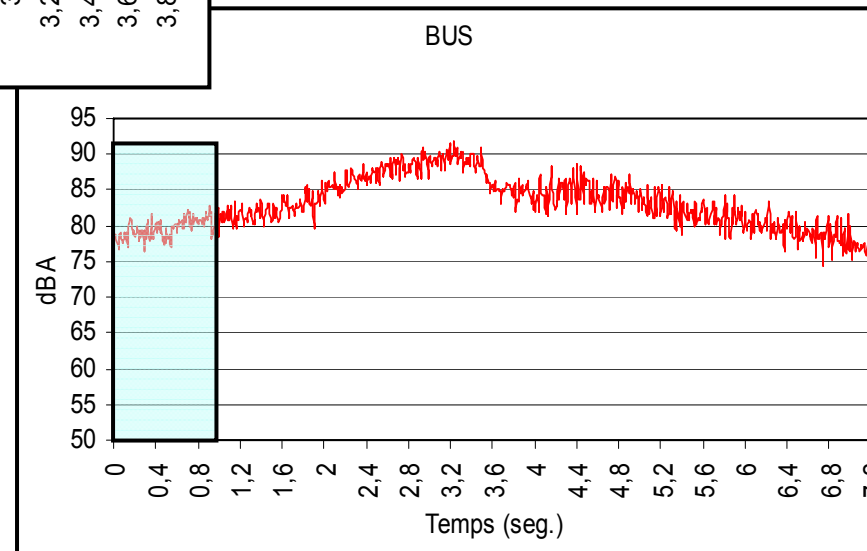


$Leq = 73,5 \text{ dBA}$

$SEL = 79,5 \text{ dBA}$

$Leq = 84,3 \text{ dBA}$

$SEL = 92,9 \text{ dBA}$



INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

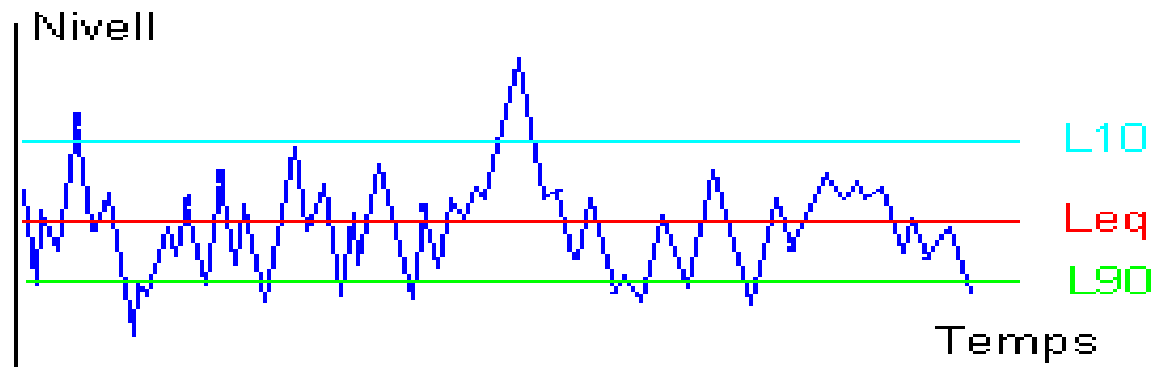
– NIVELES PERCENTILES, L_n :

- Se define el percentil L_n como el valor de presión sonora (en dB o dBA) que ha sido superado durante el $n\%$ del tiempo de medida.
- El L_{10} , indica el nivel superado el 10% del tiempo.
- El L_{90} , indica el nivel superado el 90% del tiempo.
- También se utilizan otros percentiles como el L_{95} , L_5 y L_{50} .

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

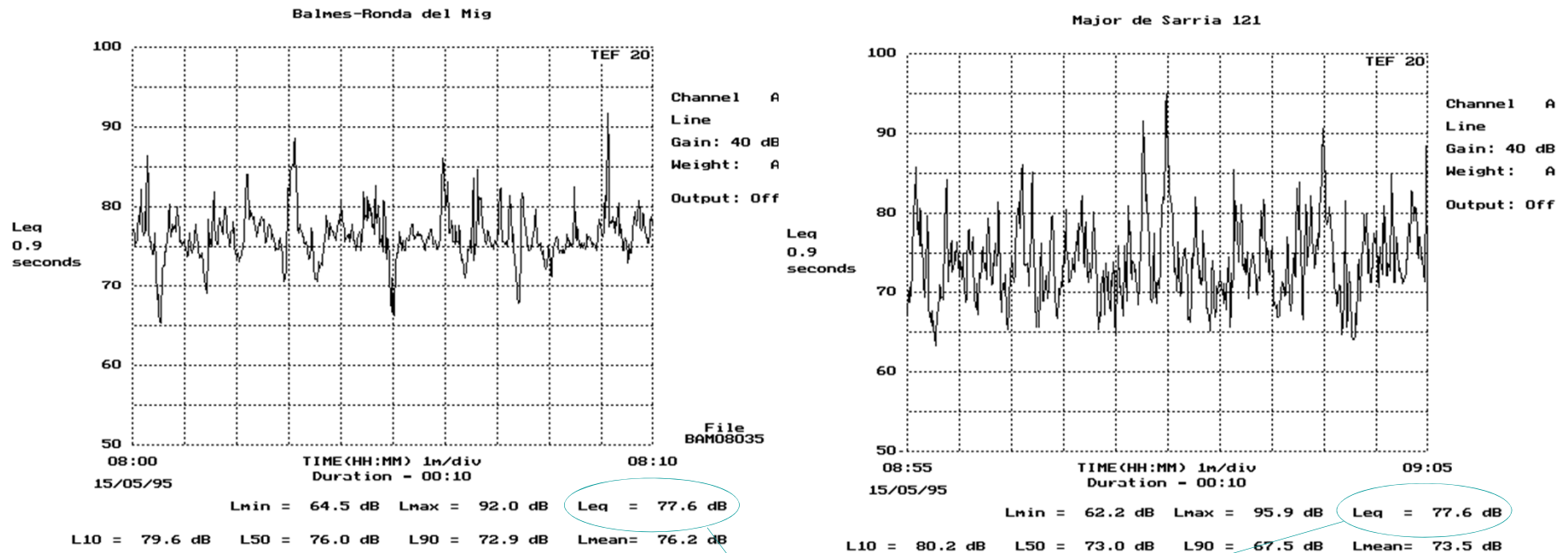
– NIVELES PERCENTILES, L_n :

- Permiten complementar la información aportada por el L_{eq} .
- Comparando L_{10} y L_{90} tenemos una idea de si el ruido es fluctuante o continuo.
- Se define el clima de ruido: $L_{10} - L_{90}$



INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– NIVELES PERCENTILES, L_n :



MISMO NIVEL SPL

DIFERENTE GRADO DE MOLESTIA

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

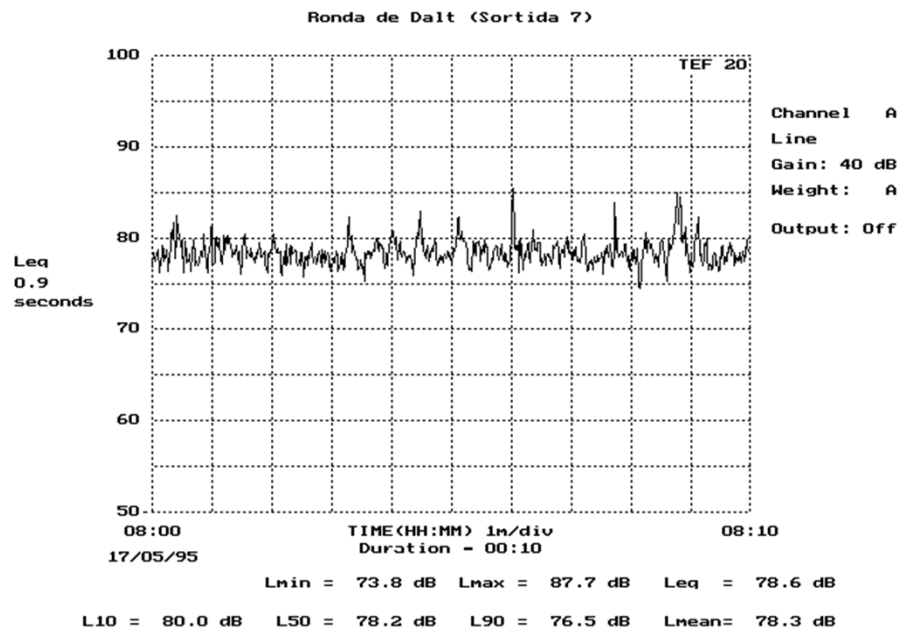
– TRAFFIC NOISE INDEX, TNI :

- Elaborado por Griffiths y Langdon (1968).
- Intenta correlar el grado de insatisfacción ciudadana i el ruido de tráfico.
- Cuanto mayor es L_{10} - L_{90} más insatisfacción.
- Se define como:

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

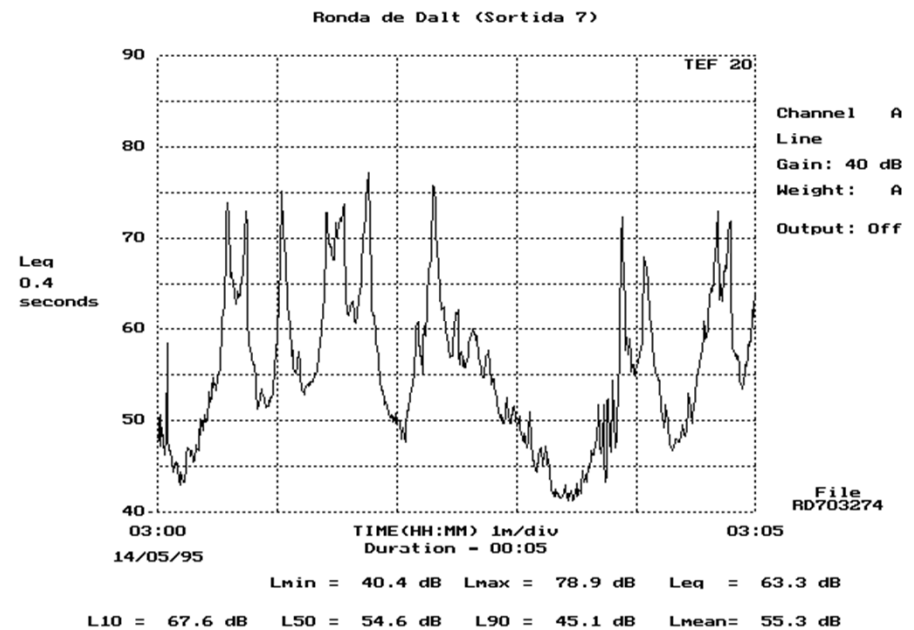
INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– TRAFFIC NOISE INDEX, TNI :



TNI = 69,7 dBA

Leq A = 78'6



TNI = 88,3 dBA

Leq A = 63'3

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– NOISE POLLUTION LEVEL, NPL :

- Robinson (1969). Intento de reunificar criterios:

$$NPL = L_{eq} + (L_{10} - L_{90})$$

- Modificación de Beranek y Robinson:

$$NPL = L_{eq} + (L_{10} - L_{90}) + \frac{(L_{10} - L_{90})^2}{60}$$

- Te puede obtener a partir de la desviación std. de las muestras del nivel de presión:

$$NPL = L_{eq} + 2,56 \cdot \sigma$$

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– NIVEL DIA-NOCHE, L_{dn} :

- EPA (Agencia Americana de Protección del Medio Ambiente) 1972.
- Incorpora la división horaria para penalizar la noche.
- Es el Leq de 24h ponderando de forma diferente la noche que el día.

$$L_{dn} = 10 \log \left(\frac{1}{24} \left(15 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 9 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right)$$

- Valoración del Leq 24h, con distinción día - noche.
 - L_d : Leq día: 7h a 22h.
 - L_n : Leq noche: 22h a 7h.

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– CNEL :

- Nivel equivalente de exposición al ruido de la comunidad.
- Hace una nueva división por la tarde, entre las 19h i las 22h.

$$CNEL = 10 \log \left(\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_t+3}{10}} + 9 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right)$$

- No es aplicable a todas las culturas, especialmente países mediterráneos.

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– HNEL :

- Variante de CNEL.

$$HNEL = 10 \log \left(\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 3 \cdot 10^{\frac{L_t+5}{10}} + 9 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right)$$

Ld: de 7 a 19:00h

Lt: de 19:00 a 22:00h

Ln: de 22:00 a 7:00h

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– L_{DEN} :

- Utilizada en la Directiva Europea:

$$L_{DEN} = 10 \log \left(\frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_d}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_e+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right)$$

L_d : de 7 a 19:00h

L_e : de 19:00 a 23:00h

L_n : de 23:00 a 7:00h

INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

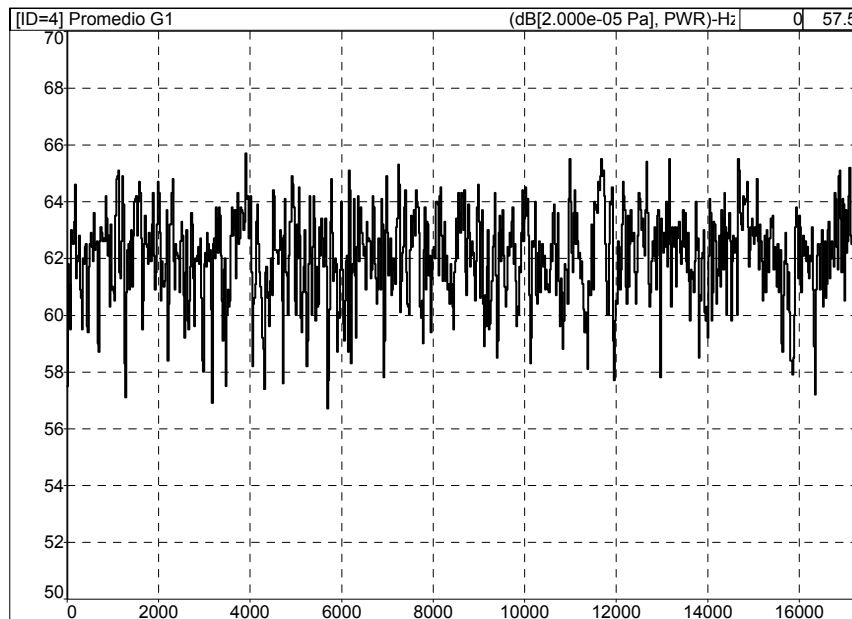
– OTROS ASPECTOS IMPORTANTES:

- El resultado de la evaluación de un ruido nunca debería ser un único número.
- Hay que tener en cuenta otras informaciones:
 - Espectro promediado.
 - Distribución estadística.
 - Componentes tonales.
 - Impulsividad.
 - Ruido de fondo.
 - Hora del día.
 - Intervalo de medida.
 - Psicoacústicos.

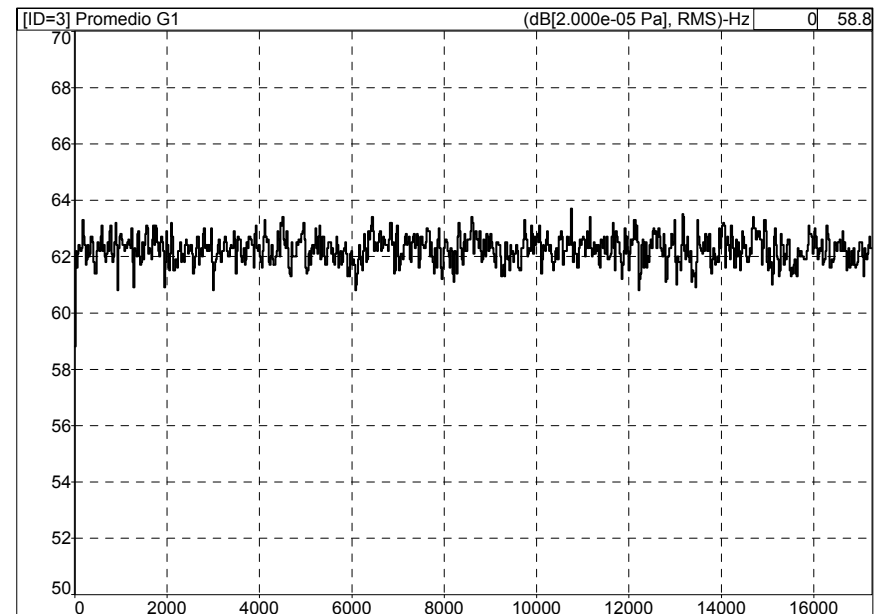
INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– EL ESPECTRO TEMPORAL PROMEDIADO :

- Ejemplo sobre ruido blanco:



Menos tiempo de promediado

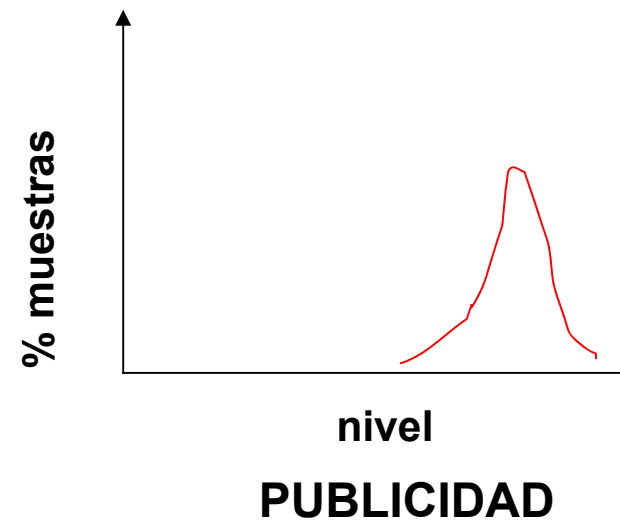
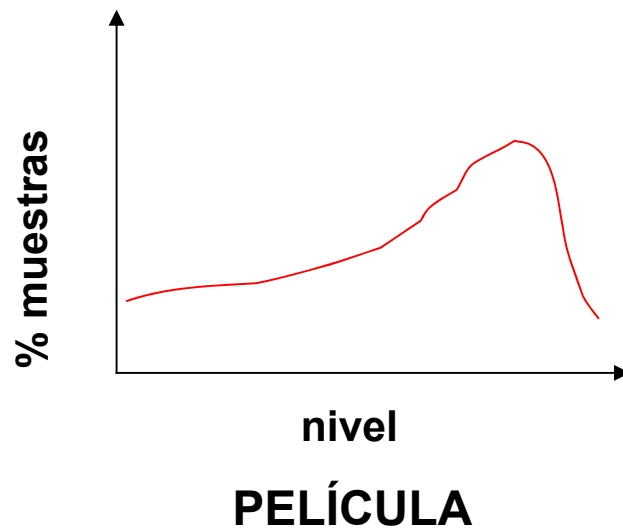


Mas tiempo de promediado

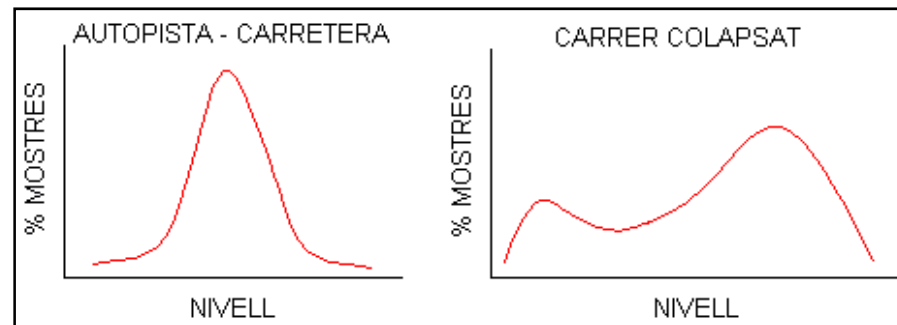
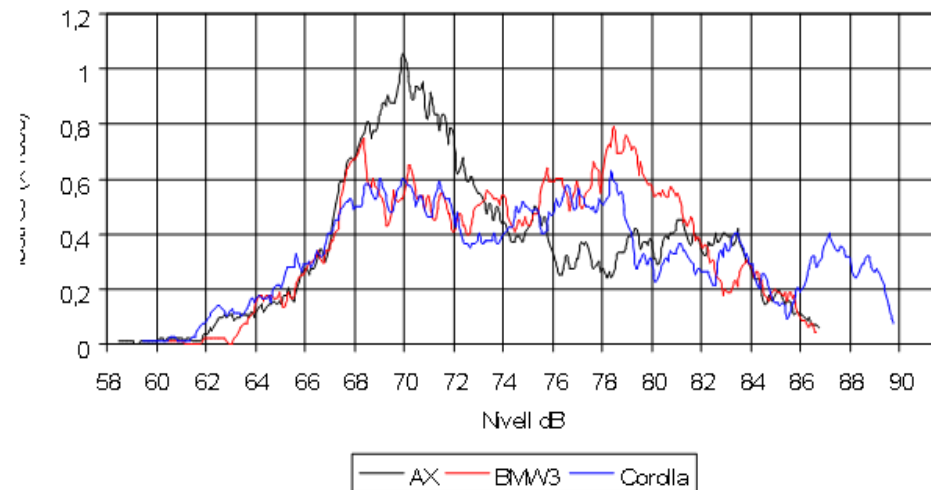
INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO

– DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA DE LA SEÑAL :

- Da información muy valiosa sobre la nocividad del ruido.
- Consiste en un cómputo de cuantas muestras hay de cada nivel de señal:



INDICADORES DE NIVEL ACÚSTICO



ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL



Veremos:

- El procedimiento de medida
- Ubicación del micrófono
- El operario
- Número y tiempo de medida
- El ruido de fondo y residual

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

. PROCEDIMIENTO DE MEDIDA:

- Comprobar el **funcionamiento del equipo**.
 - . Evitar soplar sobre el micrófono.
 - . Comprobar el margen dinámico de medida (según el **ruido de fondo** del lugar)
 - . Verificar que las pilas o baterías están bien cargadas.
- Antes y después de realizar la medida verificar la **calibración** del equipo.
- Anotar todos los **datos identificativos** del lugar de medida y de las **fuentes de ruido** existentes.
- Anotar todas las **incidencias**.
- Ir con cuidado con: Posición del micrófono, influencia del operario, método y tiempo de medida.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– LA SUBJETIVIDAD AL HACER MEDIDAS :



Hay que ser concientes de nuestra subjetividad.

Al hacer una medida estas pensando en lo que ves y quieres medir, pero puede haber Muchos mas ruidos que estamos discriminando.

Hay que identificar las otras fuentes acústicas.

Son las que nos diferenciarian el ruido residual del ruido de fondo.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– POSICIÓN DEL MICRÓFONO : EN INTERIORES

- Alejarlo de las paredes, superficies u objetos reflejantes.
- Evitar situarse cerca de aparatos ruidosos.
- Desconectar dispositivos que no se estudien: TV, radio,...
- Altura: 1'2 a 1'5m.
- Orientación: 45°.
- El sonómetro se debe aguantar sobre un trípode sin que lo toque nadie.
- Se utiliza el filtro para-viento como protección.
- Cuantas menos persona haya en el recinto mejor.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– POSICIÓN DEL MICRÓFONO : EN EXTERIORES

- Altura de 1'2 a 1'5m.
- En zonas no construidas se mide a una altura entre 3 y 11m, y sobre la supuesta línea de fachada.
- El sonómetro se ha de aguantar sobre un trípode sin que lo toque nadie.
- Se utiliza el filtro para-viento.
- Hay que mantenerse alejado del sonómetro.
- Ubicar el sonómetro lejos de toda fuente tipo A.C. (A no ser que queramos medirlo...)

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

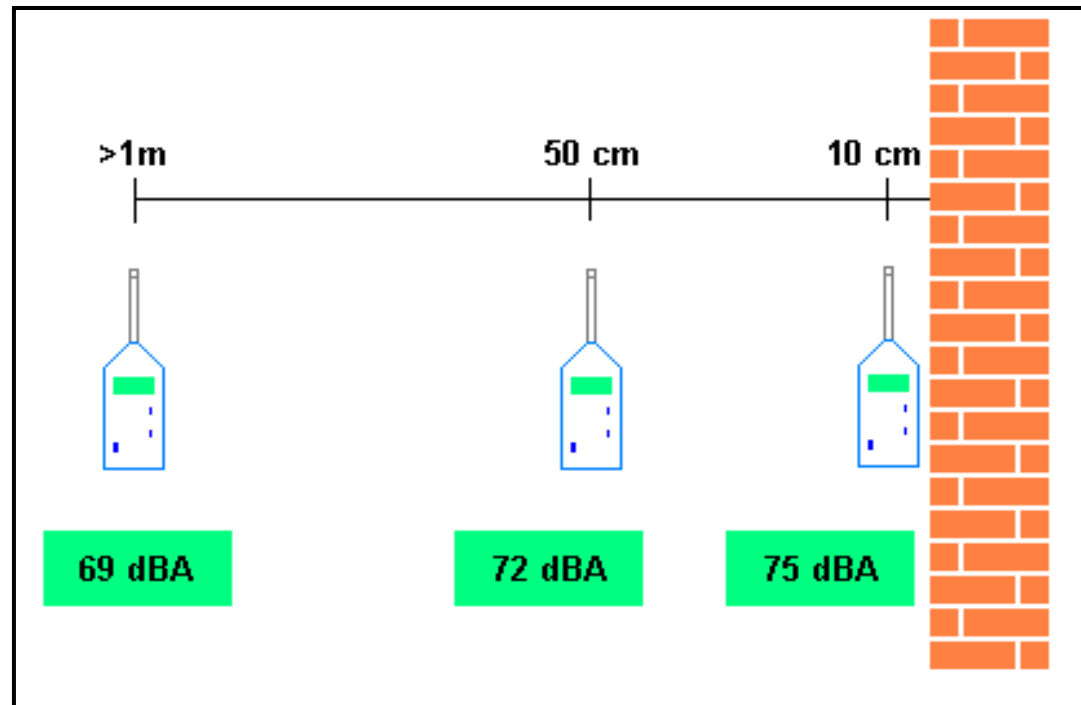
– POSICIÓN DEL MICRÓFONO : EN EXTERIORES

- No hacer ninguna medida con viento superior a 5m/s, ni suelo mojado.
- Fijarse mucho en las condiciones acústicas del punto de medida.
- Hacer las medidas en las condiciones climáticas habituales de la zona y en días laborables representativos.
- Apuntar detalladamente las condiciones urbanísticas del entorno.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– POSICIÓN DEL MICRÓFONO :

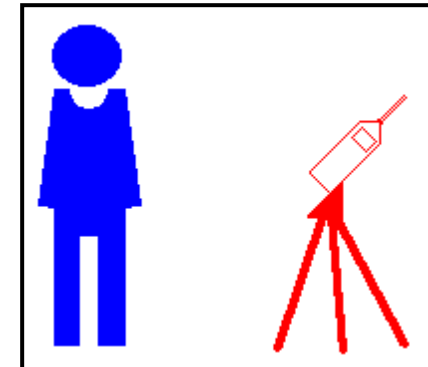
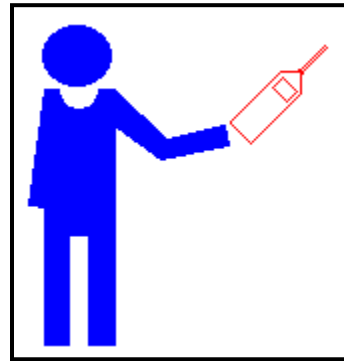
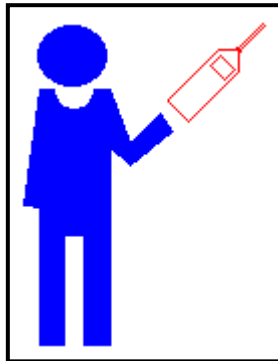
En el peor de los casos, puede suceder:



ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– INFLUENCIA DEL OPERARIO :

- Evitar acercarse al micrófono.
- Mejor estar inmóvil.
- No hablar, ni que sea flojo.
- Mejor apagar el teléfono móvil. Su radiación puede interferir al sonómetro, y sonando puede destrozarse una medida larga.



ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– NUMERO Y TIEMPO DE MEDIDA :

Variación temporal	Máxima variación del nivel		
	10dB	10 - 30dB	>30dB
Contínuo*	2 minutos		
Fluctuante	5 minutos	15 minutos	30 minutos
Intermitente	Minimo 10 sucesos	Minimo 10 sucesos	Minimo 10 sucesos
Impulsivo	Minimo 10 sucesos	Minimo 10 sucesos	Minimo 10 sucesos
Muy impulsivo	3 ciclos ON/OFF	3 ciclos ON/OFF	3 ciclos ON/OFF
* se aconseja un minimo de 3 repeticiones.			

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– RUIDO DE FONDO :

- Es el ruido remanente cuando cesa toda actividad: la que queremos medir y las demás.
- Cuanto más diferencia de nivel hay entre la actividad y el ruido de fondo, más molesta es ésta.

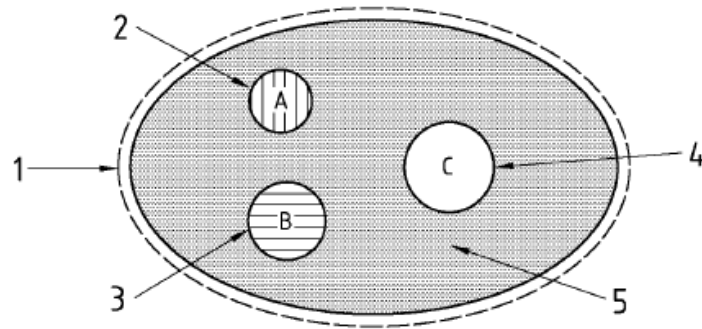


– RUIDO RESIDUAL :

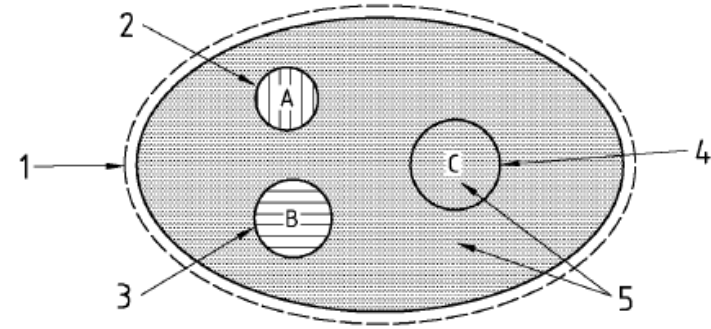
- Es el ruido remanente con la actividad a medir parada, pero con el resto de actividades en funcionamiento.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– Como lo explica UNE-ISO 1996-1/2005:



a) Tres ruidos específicos en estudio, el ruido residual y el ruido total



b) Dos ruidos específicos A y B en estudio, el ruido residual y el ruido total

Leyenda

- 1** ruido total
- 2** ruido específico A
- 3** ruido específico B
- 4** ruido específico C
- 5** ruido residual

NOTA 1 – El nivel acústico residual más bajo se obtiene cuando se suprimen todos los ruidos específicos.

NOTA 2 – La zona de puntos indica el ruido residual cuando se suprimen los ruidos A, B y C.

NOTA 3 – En el apartado b), el ruido residual incluye el ruido específico C ya que éste no es tenido en cuenta.

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA MEDIDA DEL RUIDO AMBIENTAL

– Magnitudes definidas en UNE-ISO 1996-1/2005:

Magnitud	Símbolo
Nivel de presión sonora ponderado en frecuencia y promediado en el tiempo	L_{pAF}
Nivel de presión sonora máximo ponderado en frecuencia y promediado en el tiempo	$L_{AFmáx}$
Nivel percentil	L_{AFNT}
Nivel de presión acústica de pico	L_{Cpeak}
Nivel de exposición sonora	L_{AE}
Nivel de presión sonora continuo equivalente	L_{AeqT}
Nivel de evaluación de exposición sonora	L_{RE}
Nivel de evaluación continuo equivalente	L_{ReqT}

La evaluación del ruido ambiental considera las diferentes fases de ruido (dentro del periodo evaluado) así como penalizaciones por carácter tonal, impulsivo o de baja frecuencia.