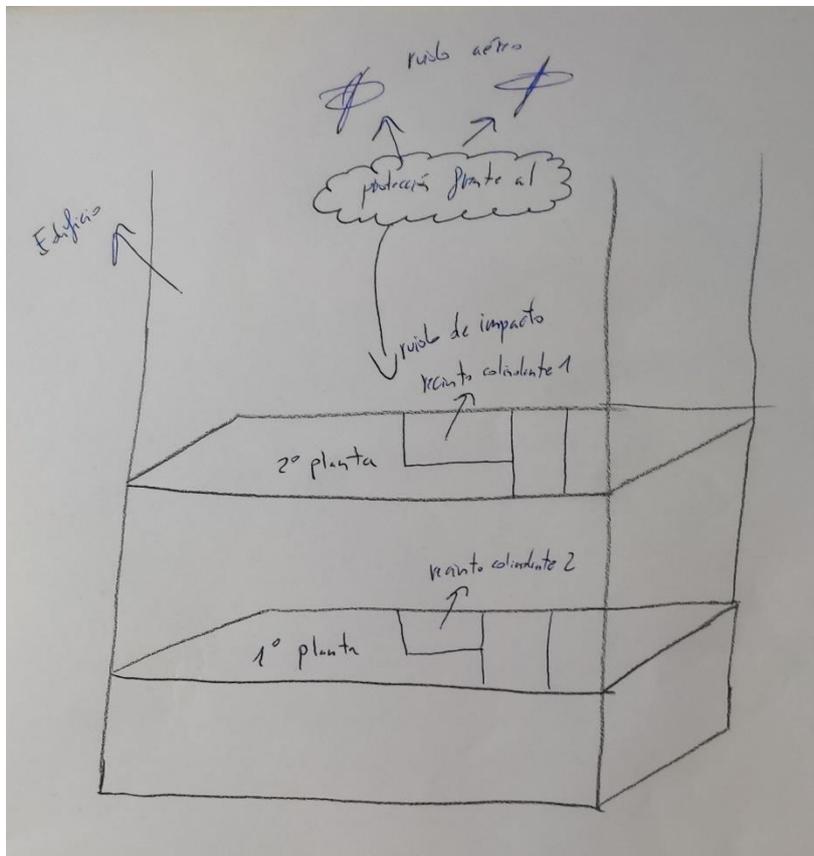


ESTUDIO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO



Ejemplo del Edificio del Banco de España de Palma, Mallorca, Islas Baleares, España:



Dos tipos:

- 1) Protección frente al ruido aéreo.
- 2) Protección frente al ruido de impacto.

El cliente solicita una batería de ensayos, donde se deben cumplir tres Normas:

- 1) La **ISO 16283-1** => es un estándar internacional para determinar el aislamiento acústico frente al ruido aéreo.
Se lleva a cabo en espacios entre $[10,250]$ m³ y cuyas frecuencias estén entre $[50,5000]$ Hz.

Los espacios pueden ser vacíos o llenos (con muebles), donde en ambos casos el campo sonoro puede ser difuso o no difuso.

- 2) La **ISO 16283-2** => es un estándar internacional para determinar el aislamiento acústico frente al ruido de impacto que actúa sobre el suelo, las paredes, las escaleras y/o cualquier objeto dentro de un espacio.

Se lleva a cabo en espacios entre [10,250] m³ y cuyas frecuencias estén entre [50,5000] Hz.

Los espacios pueden ser vacíos o llenos (con muebles), donde en ambos casos el campo sonoro puede ser difuso o no difuso.

- 3) El **CTE DB-HR** => es un documento básico de protección frente al ruido con reglas y procedimientos, recogido en el código técnico de la edificación y aprobado por el RD 1371/2007 de España el día 23 de octubre de 2007.

Dicho Decreto ha tenido las siguientes modificaciones:

- El día 20 de diciembre de 2007 => Su corrección de errores.
- El día 18 de octubre de 2008 => La redacción de su nuevo RD 1675/2008.
- El día 23 de septiembre de 2009 => Su corrección de errores.
- El día 20 de diciembre de 2019 => La redacción de su nuevo RD 732/2019.

Valores a tener en cuenta en los ensayos frente al ruido aéreo:

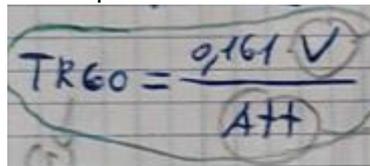
- 1) Valor de emisión (E): valor que emite una fuente sonora externa hacia el espacio donde se lleva a cabo el estudio acústico.
- 2) Valor de inmisión (I): valor que se emite en el propio espacio donde se lleva a cabo el estudio acústico.
- 3) Ruido de fondo (RF): ruido externo que afecta a la condición acústica del espacio.
- 4) Tiempo de reverberación (TR).

Sobre el **TR**: es la persistencia que tiene un sonido en una sala después de que la emisión de su fuente sonora finalizara.

Su cálculo se lleva a cabo mayormente cuando la caída es a 60 dB (TR60), sabiendo que los materiales se distribuyen de forma independiente y de acuerdo con la siguiente característica:

- Campo sonoro **difuso**: puede ser
 - Con uniformidad en los materiales: se pueden aplicar dos métodos:
 - **Método de Sabine**: si el coeficiente de absorción es menor o igual a 0,2.

El tiempo de reverberación se calcula así:


$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{Att}$$

Sabiendo que:

V es el volumen total del espacio en m³.

Att es la atenuación en dB.

0,161 es una cte.

TR60 es el tiempo de reverberación en seg para una caída de 60 dB.

- **Método de Eyring:** si el coeficiente de absorción es cualquiera salvo que sea extremadamente grande.

El tiempo de reverberación se calcula así:

$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \ln(1 - \alpha)}$$

Sabiendo que:

V es el volumen total del espacio en m³.

α es el coeficiente de absorción mencionado previamente.

0,161 es una cte.

S es la superficie total del espacio en m².

TR60 es el tiempo de reverberación en seg para una caída de 60 dB.

- Sin uniformidad en los materiales: se aplica el **Método de Millington-Sette**, teniendo en cuenta que:

El coeficiente de absorción puede ser cualquiera salvo que sea extremadamente pequeño.

El tiempo de reverberación se calcula así:

$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{-\sum_{k=1}^N S_k \ln(1 - \alpha_k)}$$

V (m³)

superficie parte a parte.

Sabiendo que:

V es el volumen total del espacio en m³.

0,161 es una cte.

- El sumatorio es la suma de las partes del espacio a partir de la multiplicación entre la superficie de una parte y el logaritmo neperiano de 1 – el coeficiente de absorción de dicha parte.
- TR60 es el tiempo de reverberación en seg para una caída de 60 dB.

- Campo sonoro **no difuso:** se aplica el **Método de Arau**, teniendo en cuenta:

Sin uniformidad en los materiales.

1º) Techo y suelo => SX = 2 x (Largo x Ancho) m².

2º) Paredes largo => SY = 2 x (Largo x Alto) m².

3º) Paredes ancho => SZ = 2 x (Alto x Ancho) m².

S total = SX + SY + SZ m².

V total = Largo x Ancho x Alto m³.

Coeficiente de absorción medio del techo/suelo: **ax**

Coeficiente de absorción medio de las paredes laterales del largo: **ay**

Coeficiente de absorción medio de las paredes laterales del ancho: **az**

NOTA: dichos coeficientes no pueden ser extremadamente pequeños. Y dentro de las paredes podría haber ventanas que tienen otro coeficiente de absorción diferente, entre otros casos.

Fórmula a tener en cuenta:

$$TR_{60} = \left(\frac{0.161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_x)} \right)^{S_x/S} \cdot \left(\frac{0.161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_y)} \right)^{S_y/S} \cdot \left(\frac{0.161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_z)} \right)^{S_z/S}$$

Valores a tener en cuenta en los ensayos frente al ruido de impacto:

- 1) Valor de inmisión (I): valor que se emite en el propio espacio donde se lleva a cabo el estudio acústico.
- 2) Ruido de fondo (RF): ruido externo que afecta a la condición acústica del espacio.
- 3) Tiempo de reverberación (TR).

Pasos a tener en cuenta en el estudio a llevar a cabo:

- Analizar los registros obtenidos para la caracterización frecuencial del aislamiento acústico frente al ruido aéreo entre recintos colindantes, calculando:
 - o DnT, A => es la diferencia de niveles estandarizados, en dBA, entre un recinto emisor y otro receptor => para interiores.
 - o D2m,nT, A => es la diferencia de niveles estandarizados, en dBA, entre un recinto emisor y otro receptor => para fachadas o cubiertas cuyo ruido exterior dominante es rosa o ferroviario.
 - o D2m,nT,Atr => es la diferencia de niveles estandarizados, en dBA, entre un recinto emisor y otro receptor => para fachadas o cubiertas cuyo ruido exterior dominante es de automóviles o aeronaves.
 - o LnT, w => es el nivel de intensidad sonora de protección frente al ruido de impacto.
- Calcular la **incertidumbre** asociada al ensayo. A la incertidumbre también se la conoce como **entropía** y se calcula así:

$$H(X) = \sum_i p_i \log_2 \frac{1}{p_i}$$

- Comparar los valores obtenidos con los valores límites de las normas oficiales.
- Redactar un informe y una declaración de conformidad.
- Guardar y proteger toda la información registrada y a disposición del cliente.
- Redactar consideraciones finales (conclusiones) y mejoras.

Tipos de zonas para estudio acústico:

Objectius de qualitat acústica pel renou aplicables a àrees urbanitzades existents				
Ld	Le	Ln		
65	65	55	A	Residencial
75	75	65	B1	Industrial
75	75	65	B2	Serveis Públics
73	73	63	C1	Hospedatje
73	73	63	C2	Oficines/Serveis
73	73	63	C3	Comercial
73	73	63	C4	Esportiu
73	73	63	C5	Recreatiu
75	75	65	D	Terciari distint a C
60	60	50	E1	Sanitari
60	60	50	E2	Docent
60	60	50	E3	Cultural

El edificio del ejemplo está situado en la zona Residencial – A.

Clases de **Sonómetros**:

Clase 0: sonómetros de laboratorio y profesionales, cuya precisión es máxima.

Clase 1: sonómetros para proyectos de ingeniería, cuya precisión es alta, pero no máxima.

Clase 2: sonómetros de uso general, utilizados en las Universidades, cuya precisión es media.

Clase 3: sonómetros de inspección, cuya precisión es baja. Clase eliminada en las últimas normativas.

Los **Calibradores**: generan una señal patrón, conocida como tono puro. Los rangos dinámicos de un calibrador están entre **0 y 140 dB** y **20 y 20000 Hz**. Un tono puro es de 94 dB de intensidad sonora y 1000 Hz de frecuencia.

Calibradores vs Sonómetros:

Clase 0:

- Calibrador: tiene un valor de tolerancia de +/- 0,15.
- Sonómetro: tiene un valor de tolerancia de +/- 0,4.

Clase 1:

- **Calibrador: tiene un valor de tolerancia de +/- 0,3.**
- **Sonómetro: tiene un valor de tolerancia de +/- 0,7.**

Clase 2:

- Calibrador: tiene un valor de tolerancia de +/- 0,5.
- Sonómetro: tiene un valor de tolerancia de +/- 1,5.

Nota: Si en una fuente sonora A la sensibilidad es mayor que en la B, quiere decir que la A es más resistente/robusta al ruido inherente.

Modelos de propagación empleados y oficiales para la medición de niveles de presión sonora:

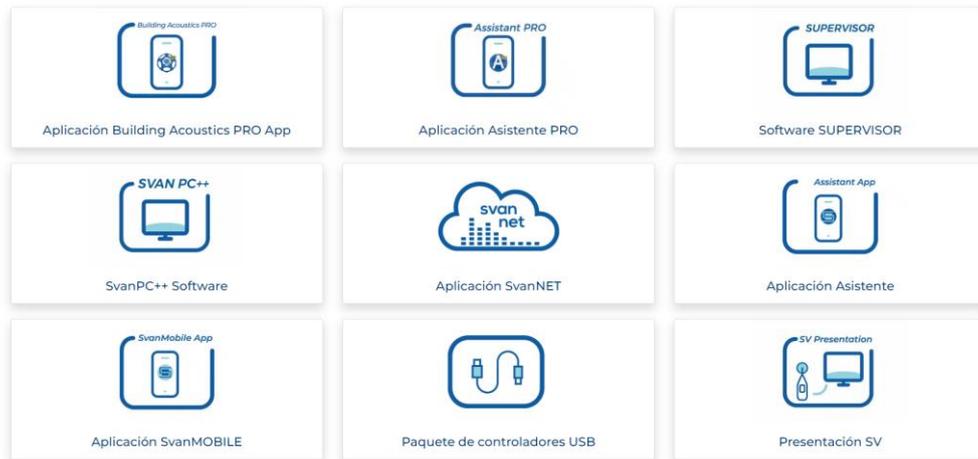
- 1) Para la industria o a nivel general: ISO 9613
- 2) Para las carreteras: NMPB96
- 3) Para los trenes: SRMII

Cálculo del nivel de presión sonora:

$L_p = 10 \times \log_{10}(\text{Pef}^2 / \text{Pref}^2)$, sabiendo que $\text{Pref} = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$.

Software usado para estudios acústicos:

SVANTEK



VI. VERIFICACIÓN DE LA SENSIBILIDAD DE LA CADENA DE MEDIDA

Se verifica al inicio y final del ensayo, la sensibilidad de la cadena de medida. Se toma una medida de un ruido generado por un calibrador sonoro, a un nivel de 114 dB a la frecuencia de 1 kHz. La lectura registrada ha de estar dentro de un rango de $\pm 0.3 \text{ dB}$, para que el ensayo sea válido.

	Nivel inicial dB	Nivel final dB
Sonómetro SVAN 977W Calibrador SV31 (08/10/2021)	113.7	113.8
Validez	Si	Si

La lectura registrada en el calibrador ha de estar dentro de un rango de $\pm 0,3 \text{ dB}$ para que el ensayo sea válido.

II. NIVELES DE RUIDO DE FONDO OBTENIDOS

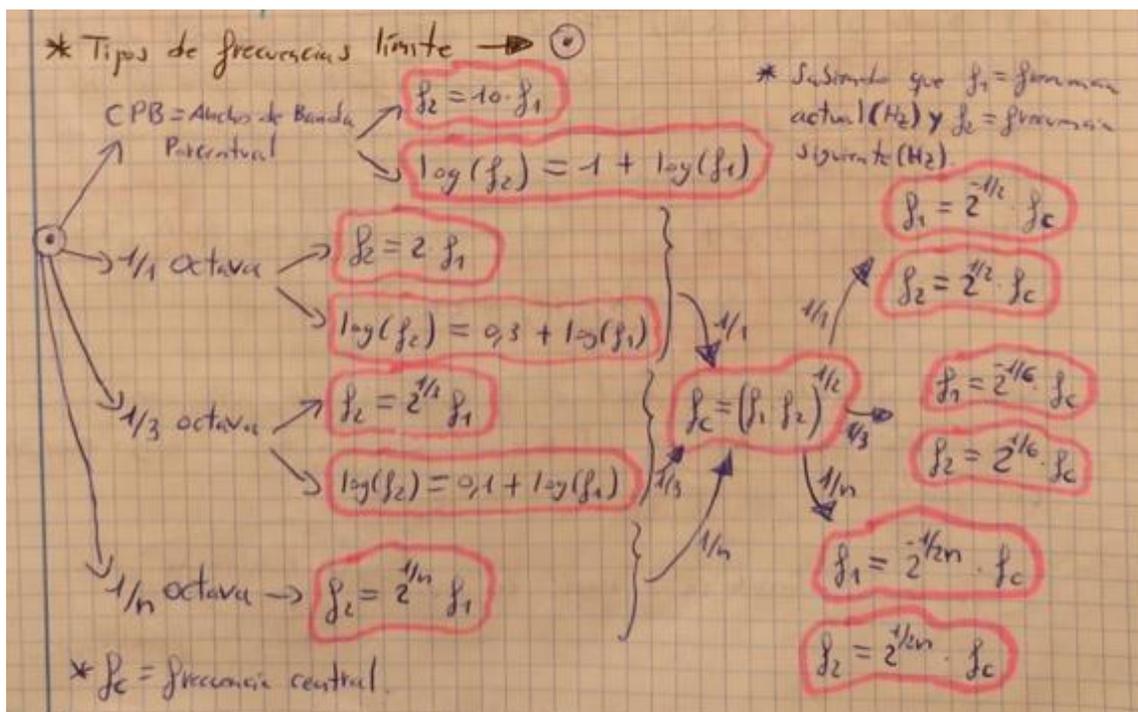
	Fuentes en Evaluación	Niveles Obtenidos LAeq,Ti dB(A)
Punto I1	Ruido de Fondo Recinto Receptor 08/10/2021	30.4
Punto I2		27.9
Punto I3		31.8
Punto I4		27.9
Punto I5		25.3

Se lleva a cabo por estas dos fórmulas:

$$L_{AeqT} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{\frac{L_{PA}(t)}{10}} dt \right)$$

$$L_{AeqT} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{PAi}}{10}} \right)$$

Tipos de frecuencias límite:



III. AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO

Se expone a continuación la contrastación de los niveles de aislamiento acústico obtenidos respecto a lo establecido en los documentos normativos de aplicación y niveles de referencia mostrados en el punto 3.

Elemento Separador	Recinto Emisor	Recinto Receptor	Ensayo ISO 16283-1	Valor mínimo dB(A)	Contrastación
Forjado entre Planta 1ª y 2ª	Planta 2ª	Planta 1ª	DnT,A 47 ± 2 dB(A)	CTE DB-HR 50	FAVORABLE*
Tabique entre viviendas 1ª y 1ª 3ª	Planta 1ª	Planta 1ª	DnT,A 61 ± 2 dB(A)	CTE DB-HR 50	FAVORABLE

*Según especifica el CTE DB-HR en el punto 3 del epígrafe 5.3 Control de Obra Terminada: "Para el cumplimiento de las exigencias de este DB se admiten tolerancias entre los valores obtenidos por mediciones in situ y los valores límite establecidos en el apartado 2.1 de este DB, de 3 dBA para aislamiento a ruido aéreo, de 3 dB para aislamiento a ruido de impacto..." Por tanto los valores obtenidos se consideran favorables.

Aquí si en el ensayo de la planta 2º como emisor y la planta 1º como receptor fuera de 46 dBA, la contrastación sería desfavorable porque el valor límite mínimo establecido en el CTE DB-HR debe ser de 50 dB con una tolerancia de +/- 3 dBA.

Evaluación acústica de una planta de tratamiento de residuos

La evaluación acústica debe ser: diurna, vespertina y nocturna (mañana, tarde y noche) y hay que cumplir los valores de las normas: **ISO 14001**, **ISO 9001** y la Autorización Ambiental Integrada (**AAI**), definida en el **Boletín Oficial de las Islas Baleares** (nº 52 del día 08/04/2006).

La ISO 14001 es una norma de sistemas de gestión ambiental que sistematiza, de forma sencilla, aspectos ambientales que se generan en cada una de las actividades a desarrollar, que promueve la protección ambiental y que previene la contaminación acústica desde un punto de vista de equilibrio con los aspectos socioeconómicos.

La ISO 9001 es una norma de certificación de calidad.

α coeficiente de absorción medio.

TR

Tiempo de Reverberación

Def: es la persistencia que tiene un sonido en una sala, después de que cesaba la emisión de la fente sonora.

Se puede calcular por cuatro métodos:
(Solo todo para TR con caída a 60 dB \rightarrow TR60)

Método de Sabine

Características:

- 1) Campo sonoro difuso.
- 2) $\alpha \leq 0,2$
- 3) Los materiales se distribuyen de forma independiente.

Su fórmula:

$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{A + \alpha}$$

(V) Volumen (m³) / (A) Absorción (dB)

Característica:

- 4) Uniformidad de los materiales.

Método de Eyring

Características:

- 1) Campo sonoro difuso.
- 2) $\alpha =$ cualquiera, excepto si tiende a ser muy grande.
- 3) Los materiales se distribuyen de forma independiente.

Su fórmula:

$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha)}$$

(S) Superficie de cada parte (m²)

- 4) Uniformidad de los materiales.

Su fórmula:

$$TR_{60} = \left(\frac{0,161 \cdot V}{-S_x \cdot \ln(1 - \alpha_x)} \right)^{S_x/S} \cdot \left(\frac{0,161 \cdot V}{-S_y \cdot \ln(1 - \alpha_y)} \right)^{S_y/S} \cdot \left(\frac{0,161 \cdot V}{-S_z \cdot \ln(1 - \alpha_z)} \right)^{S_z/S}$$

(S) Superficie total (m²)

Método de Millington-Sette

Características:

- 1) Campo sonoro difuso.
- 2) $\alpha =$ cualquiera, excepto si tiende a ser muy pequeño.
- 3) Los materiales se distribuyen de forma independiente.
- 4) No uniformidad de los materiales.

Su fórmula:

$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{-\sum_{k=1}^N S_k \cdot \ln(1 - \alpha_k)}$$

(S) Superficie parte a parte (m²)

Método de Arau

Características:

- 1) Campo sonoro no difuso.
- 2) $\alpha =$ cualquiera, excepto si tiende a ser muy pequeño.
- 3) Los materiales se distribuyen de forma independiente.
- 4) No uniformidad de los materiales.

Su fórmula:

Como los partes del medio o del campo se dividen en tres:

- x \Rightarrow techo y suelo.
- y \Rightarrow paredes largo
- z \Rightarrow paredes ancho.

* Se calcula superficie de cada parte

S_x S_y S_z

- * Largo la S = superficie total (m²).
- * V = volumen (m³).
- * $\alpha \rightarrow$ para cada parte $\begin{matrix} x \\ y \\ z \end{matrix}$

Definición:

Campo difuso

Características:

Es un campo, medio o lugar, donde sus reflexiones, en cada pto, son igual de probables, pero con distinta dirección. La energía total se obtiene, sumando de forma aritmética los valores medios de energía de las reflexiones en cada pto. Todos los sonidos en cada pto son incoherentes. Y misma densidad de energía en todos los pto en el tiempo (t).

- 1) La uniformidad en la distribución de los materiales, excepto si el α (coeficiente de absorción medio) tiende a ser muy grande, en cuyo caso, pasamos a la No Uniformidad.
- 2) Misma material en todas las superficies límite (incluido dentro de las límites).
- 3) Cuenta con varias fuentes.
- 4) Cada una de las superficies de dicho campo (incluido los límites) pueden tener coeficientes de absorción medio (α):

Absorción del recinto

hay cuando:

- 1) El campo sonoro es difuso.
- 2) Hay un equilibrio energético.

su área se calcula a través de la Att (atenuación):

$$Att = \sum_{k=1}^N \alpha_k S_k$$

iguales diferentes

hay tres partes → A → techo y suelo → 2
 → B → paredes largas → 2
 → C → paredes anchuras → 2
 3 partes de 2 componentes cada una
 ↓
 6 en total //

$$(2 \cdot b_A \cdot a_A \cdot \alpha_A) + (2 \cdot b_B \cdot a_B \cdot \alpha_B) + (2 \cdot b_C \cdot a_C \cdot \alpha_C)$$

Att (dB) //

potencia incidente = P_i
 intensidad incidente = I_i
 S = superficie

$$S = \frac{P_i}{I_i}$$

$$J = \frac{P_{absor}}{P_{inci}}$$

$$J = \frac{E_{absor}}{E_i}$$

$$f_c = 2000 \cdot \sqrt{\frac{TK60}{V}}$$

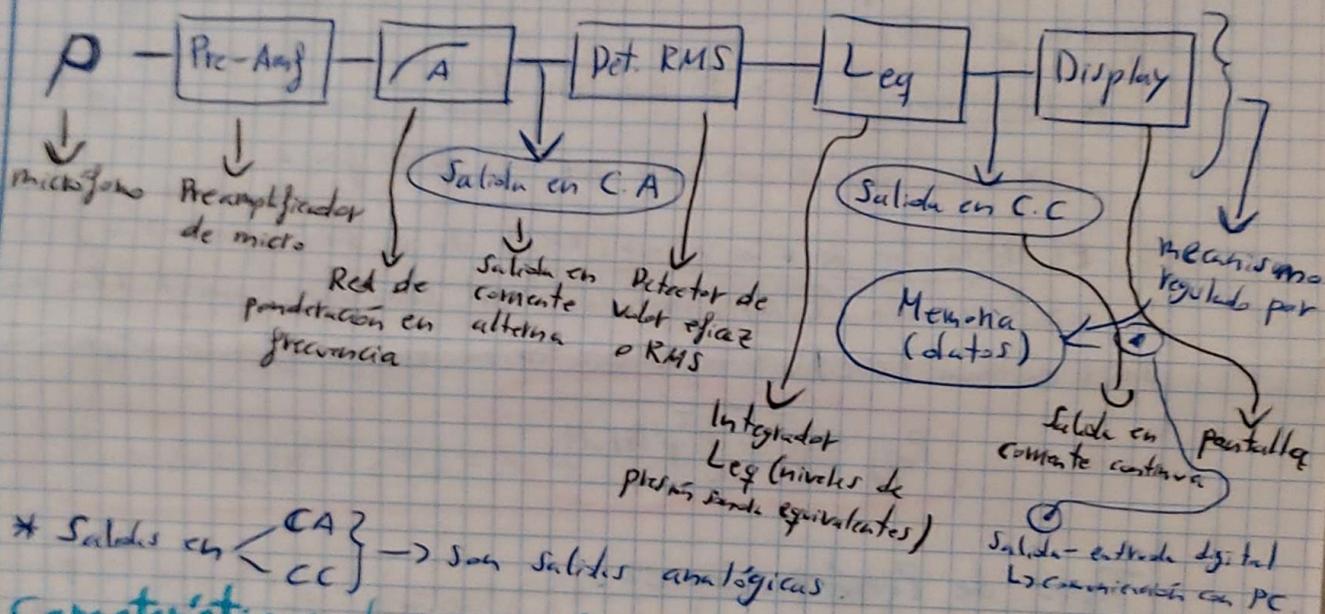
Bloque II: Introducción a la Instrumentación Acústica.

Tema 3: Instrumentación de medida.

Definiciones importantes:

- 1) Sonómetro → es un instrumento que es capaz de medir niveles de presión sonora. También, tiene la capacidad de medir sonido.
- 2) Sonómetro Integrador → es un instrumento que es capaz de medir niveles equivalentes.

Esquema de un sonómetro:



Características de los microfófonos de condensador.

- 1) Su respuesta en frecuencia es plana, es decir, se mide para un ángulo de incidencia de 0° , entre 20 Hz y 12500 Hz.
- 2) Es omnidireccional (dirección única) y, por eso, en alta frecuencia pierde propiedades debido a cavidad.
- 3) Cuenta con un Rango dinámico suficiente → 20 a 140 dB.
- 4) Es estable en el tiempo, es decir, es duradero. Por tanto, la humedad y la temperatura le afectan poco.
- 5) Tiene sensibilidad, que indica la tensión de salida (mV) que entrega el micro-fófono, por unidad de presión sonora (1 Pa). Esto está relacionado con el tamaño del micro-fófono.

$$S = \frac{V}{P}$$

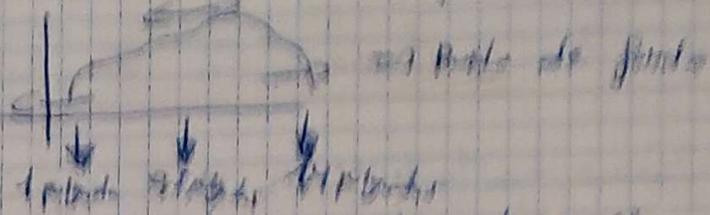
V → tensión de salida o voltaje (mV)
 P → presión sonora (1 Pa)
 S → sensibilidad (mV/1Pa)

Rango de la sensibilidad (S)

$$[1 - 50 \frac{mV}{1Pa}]$$

6) Tomar en cuenta el nivel de fondo, que es un nivel de energía generada equivalente a unos 10-20 dB, dependiendo de la intensidad del micrófono.

El nivel de 95 ph de fondo
 más niveles de:
 20-40 dB



7) Incorporar una pastilla antiruido, que refleja al micrófono los ruidos y reduce el nivel debido al fluj de aire que está dentro del oído.

8) Gracias a una de sus características, en su interior, el preamplificador de micrófono, puede reconstruir la señal que le llega, adaptando sus características.

9) La Red de predicción de un simetra \Rightarrow trata de simular la respuesta del oído.

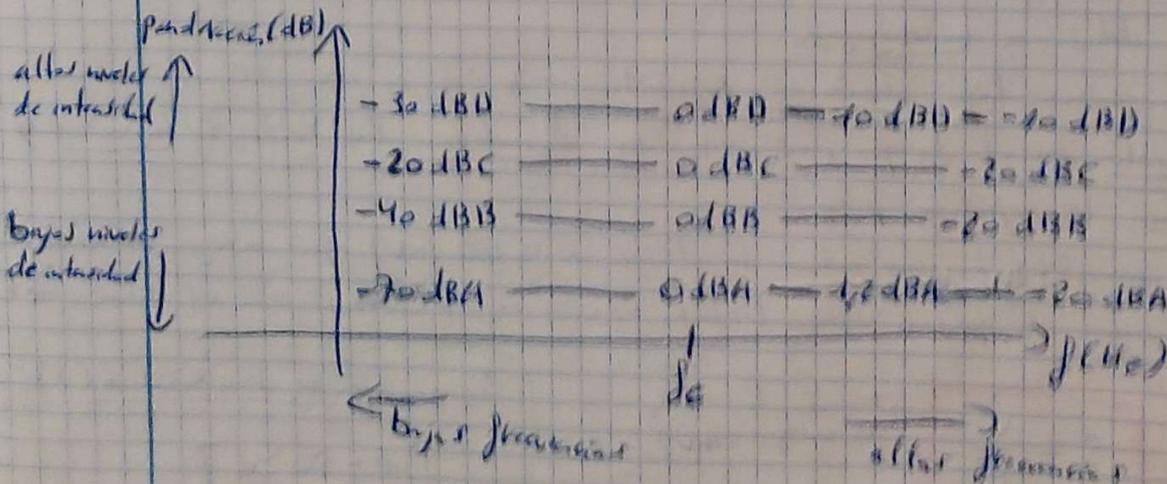
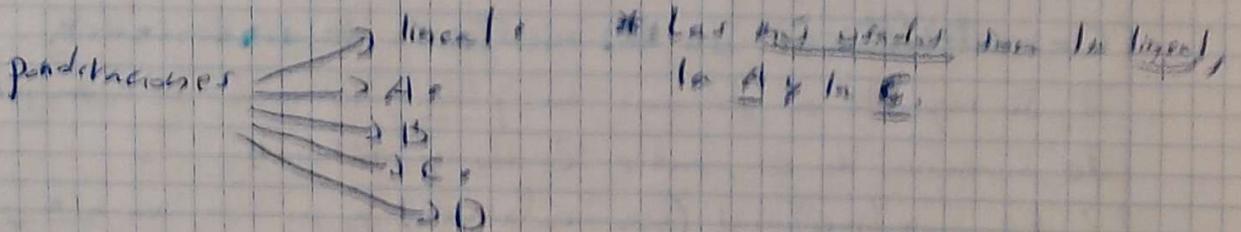
* ponderación A \Rightarrow Se mide en 1BA

* Dicha respuesta \Rightarrow nivel del oído \Rightarrow 40 fonos

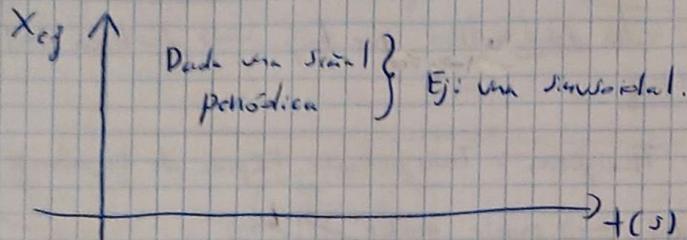
10) El Detector de valor eficaz (RMS) de un simetra \Rightarrow se realiza sobre la señal alterna (C.A) procedente del micrófono, convirtiéndola en una señal continua (C.C). Esto se realiza en la siguiente expresión:

$$P_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}$$

Tipos de Ponderaciones.



Detector de RMS.



al principio el RMS crece bastante en función para el tiempo el RMS se va manteniendo cte.

$$L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{ef}^2}{P_{ef}^2} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{\frac{1}{T} \int_0^T p^2(t) dt}{P_{ef}^2} \right)$$

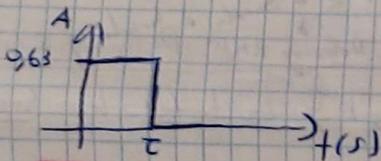
$$L_p(\tau) = 10 \log_{10} \left(\frac{\frac{1}{\tau} \int_0^\tau p^2(u) e^{-\frac{(\tau-u)}{\tau}} du}{P_{ef}^2} \right)$$

$\tau = cte$ en el tiempo (s)

$$\tau = \frac{1}{2\pi f_c}$$

$$\frac{e^{kt} (e)}{\text{denominador} (\sigma)} = \sqrt{1 - e^{-t/\tau}}$$

FPB: $r(t) = A(1 - e^{-t/\tau})$

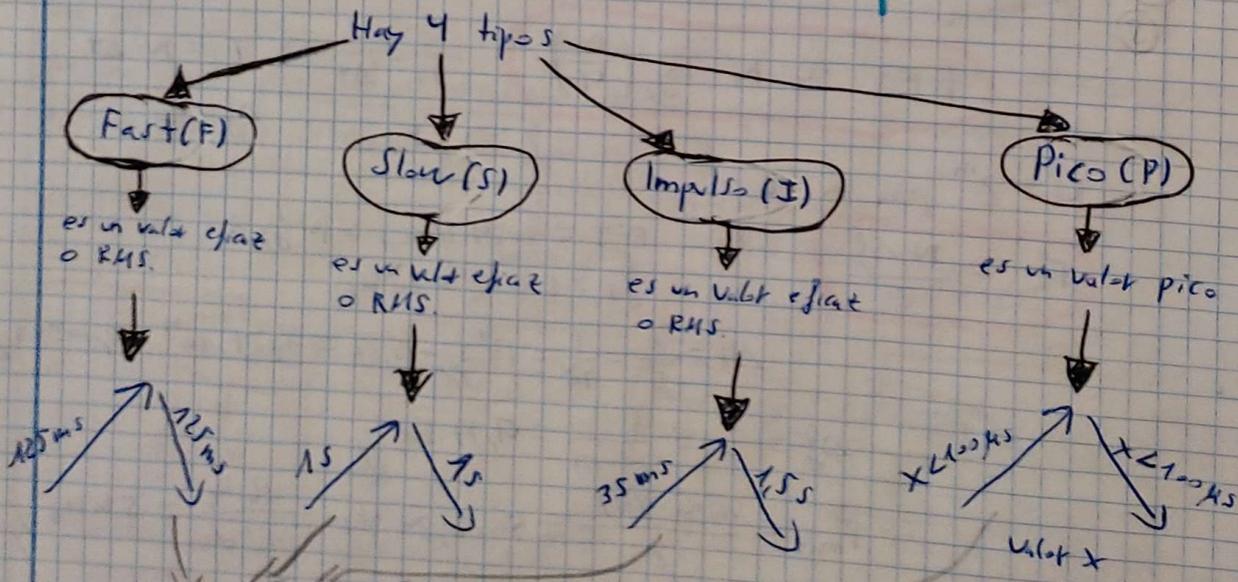


$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2}}$$

$$\frac{E}{\sigma} = 20 \log_{10} (\sqrt{1 - e^{-t/\tau}}) = 10 \log_{10} (1 - e^{-t/\tau})$$

Ej: $\tau = 1s$
 $t = 0.5s$ } $\frac{E}{\sigma} = 10 \log_{10} (1 - e^{-0.5}) = -4 \text{ dB}$

Tipos de ponderación exponencial y temporal.



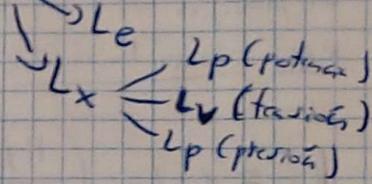
Las flechas indican el tiempo que tarda en subir o bajar (s).

Cuestiones importantes.

* Dentro de los tipos de sonómetros que hay \rightarrow destaca el sonómetro analizador en FFT.

FFT = Fast Fourier Transform = Transformada Rápida de Fourier = TRF //

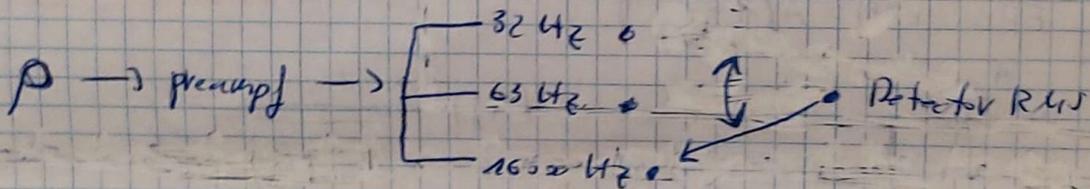
* Un sonómetro integrador \rightarrow puede medir \rightarrow L_{eq}



Tipos de Sonómetros.

Los sonómetros se diferencian por su red de parámetros en frecuencia, que puede ser:

1) Secuencial \rightarrow realiza bandas en frecuencia, analizando la señal banda a banda.



2) En tiempo real \rightarrow analiza la señal espectral a tiempo real y en todas las bandas de frecuencia.

3) Mediante FFT \rightarrow la resolución en frecuencia es cte \rightarrow Nunca porcentual.

\downarrow consigue mayor resolución en frecuencia. \downarrow calcula el espectro mediante FFT.

$$FFT \approx N \cdot \log_2 \left(\frac{N}{4} \right)$$

$$f_s = \frac{1}{\Delta t} \Rightarrow T = N \cdot \Delta t$$

$$N = 2^m \text{ para } m \in \mathbb{Z}$$

$$f_s \gg 2 f_{max}$$

$$\Delta f = \frac{1}{T}$$

$$f_{max} = \frac{N \cdot \Delta f}{2}$$

Ej: $FFT = 1024 \text{ bins} = N$
 $f_s = 10 \text{ kHz} = 10^4 \text{ Hz}$

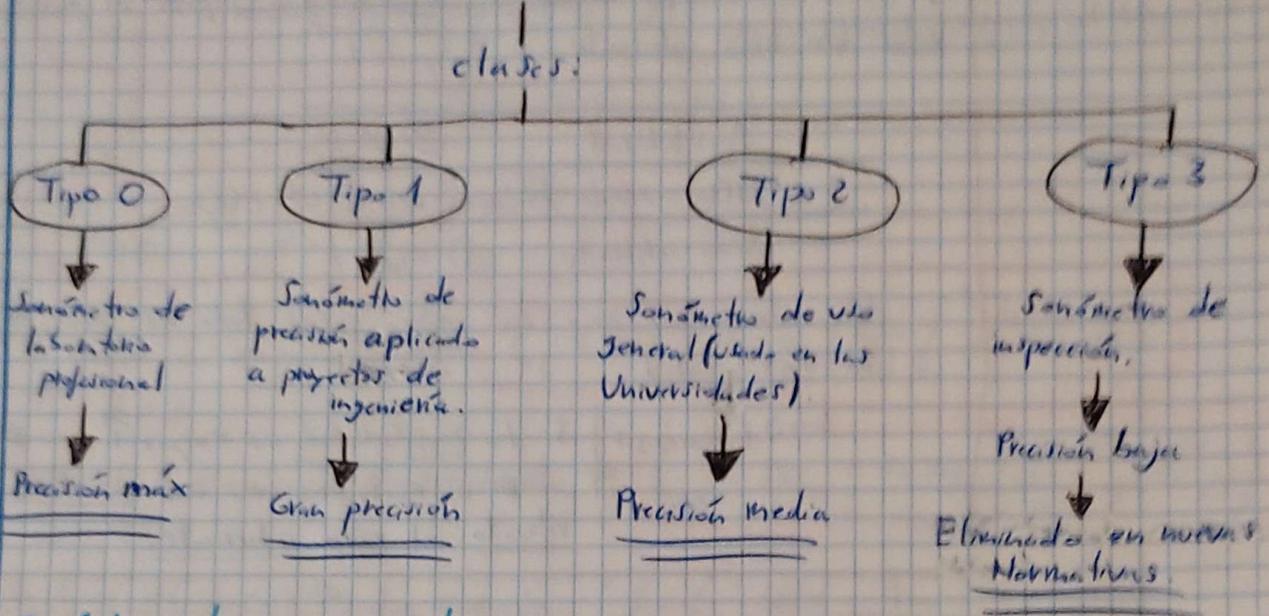
$$\Delta t = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{10^4} = 10^{-4} \text{ s} \Rightarrow T = 1024 \cdot 10^{-4} = 0,1024 \text{ s}$$

$$\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,1024} = 9,77 \text{ Hz}$$

$$f_{max} = \frac{1024 \cdot 9,77}{2} = 5002,24 \text{ Hz} \approx \frac{10 \text{ kHz}}{2} = 5 \text{ kHz}$$

Clases de sonómetros.

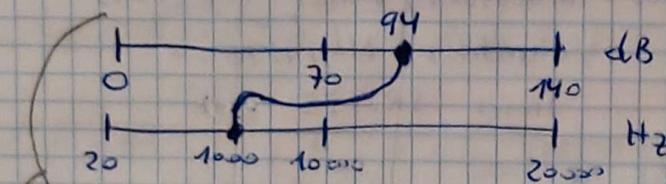
Los sonómetros se clasifican en cuatro clases según la precisión.



Calibradores acústicos.

Un calibrador acústico genera una señal pitón, que es conocida, de forma general, como Tono puro.

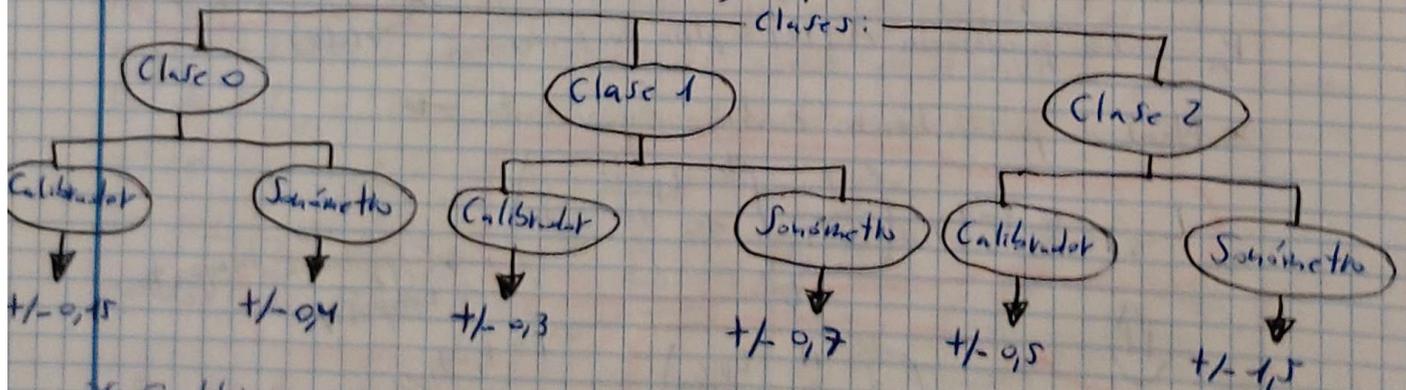
* Conociendo los dos rangos dinámicos más importantes → $[0, 140]$ dB
 → $[20, 20000]$ Hz



Por lo general, el Tono Puro es de 94 dB $f = 10000$ Hz.

Calibradores vs Sonómetros.

La instrumentación acústica se puede ordenar en tres tipos de clases, en función de la precisión o tolerancia de los equipos, que está expresada en \pm un valor de tolerancia (cerca de 0):



* Calibrador es más preciso que el Sonómetro (simple).

Nota:

Respecto a la sensibilidad, si tenemos dos sensores de presión sonora con diferentes sensibilidades, pero el mismo valor de ruido inherente:

Sensibilidad	① ≠ ②
$MD_Q =$ Magnitud Dinámica del Q	① = ②
Ruido inherente	① = ②

En este caso, como en ambos casos todo es igual, excepto la sensibilidad.

↳ Entonces: Si la sensibilidad es mayor ↑ → el micrófono es más resistente o robusto al ruido inherente.

Nota:

La realización de simulaciones acústicas implica, el empleo de modelos de propagación teóricos, para la predicción de niveles de presión. Para ello, los modelos empleados en la configuración europea común básica (CEUCB), también conocida como EU-Interim, en la que, se incluye a todo el territorio español.

↳ Son: Industrial / General: 150 9613.
Carreteras: NMP1396.
Trenes: SRMII.

Formulario importante.

* Niveles de presión sonora → $L_p = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{ef}^2}{P_0^2} \right)$ → estándar

L_p = nivel de presión sonora (dB).

P_0 = presión de referencia = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

P_{ef} = presión eficaz (Pa)

* Nivel de presión sonora ponderada A →

P_A = presión ponderada A (Pa) = filtro de ponderación.

$$L_{pA} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_A^2}{P_0^2} \right)$$

→ (dB) → ponderado A

* Nivel de presión sonora continua equivalente →

$$L_{eqT} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \frac{L_p(t)}{10} dt \right)$$



$$L_{eqT} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{L_{pi/10}}{10} \right)$$

→ L_p promedio respecto al tiempo (s).

→ $T = t_2 - t_1$

→ L_p promedio como cte.

* Nivel de presión sonora continua equivalente ponderada A →

$$L_{AeqT} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} \frac{L_{pA}(t)}{10^{\frac{L_{pA}(t)}{20}}} dt \right) \rightarrow L_{pA} \text{ promedio respecto al tiempo (s)}$$

$T = T_2 - T_1 //$

$$L_{AeqT} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{pA_i}}{20}} \right) \rightarrow L_{pA} \text{ promedio como cte.}$$

* Nivel de exposición →
 $T_0 = 1s //$

$$L_E = SEL = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T_0} \int_{T_1}^{T_2} \frac{L_p(t)}{10^{\frac{L_p(t)}{20}}} dt \right)$$

* Nivel de exposición ponderada A →
 $T_0 = 1s //$

$$L_{AE} = SEL_A = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T_0} \int_{T_1}^{T_2} \frac{L_{pA}(t)}{10^{\frac{L_{pA}(t)}{20}}} dt \right)$$

* L_{eq} vs L_E →

$$L_E = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T_0} \int_{T_1}^{T_2} \frac{L_p(t)}{10^{\frac{L_p(t)}{20}}} dt \right) =$$

$$= 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T} \cdot \frac{1}{T_0} \int_{T_1}^{T_2} \frac{L_p(t)}{10^{\frac{L_p(t)}{20}}} dt \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_{T_1}^{T_2} \frac{L_p(t)}{10^{\frac{L_p(t)}{20}}} dt \cdot \frac{T}{T_0} \right) =$$

$$= \underbrace{10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \int_{T_1}^{T_2} \frac{L_p(t)}{10^{\frac{L_p(t)}{20}}} dt \right)}_{L_{eq}} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \Rightarrow L_E = L_{eq} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) -)$$

→ y si a esta ecuación le añadimos el lnº de sucesos sobre el nivel de exposición L_E → (n) →

$$L_E + 10 \log_{10}(n) = L_{eq} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

* L_{Aeq} vs L_{AE} →

$$L_{AE} + 10 \log_{10}(n) = L_{Aeq} + 10 \log_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

Nota:

L_{AE} es siempre mayor a L_{Aeq} .
 L_E es siempre mayor a L_{eq} .

n = eventos sonidos iguales.

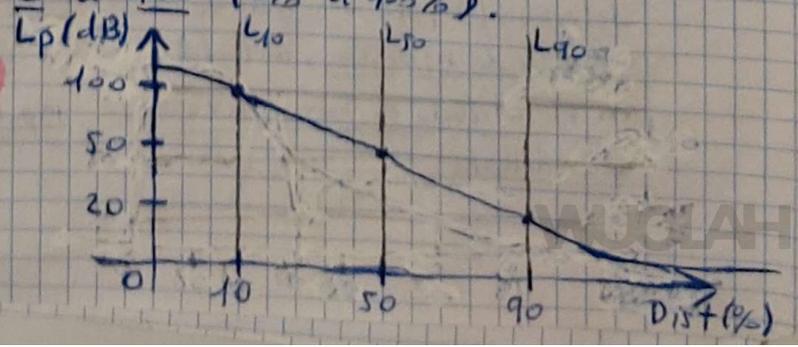
Cuestiones importantes.

* De los niveles estadísticos o percentiles, cuánto mayor es el porcentaje de nivel estadístico o percentil → entonces, mayor es el nivel de presión sonora.
 Por otro lado, cuánto menor es el porcentaje de nivel estadístico o percentil → entonces, mayor es el nivel de presión sonora.

Los niveles percentiles van de 0 a 100 (0% a 100%).

siendo: $L_{10} > L_{50} > L_{90}$

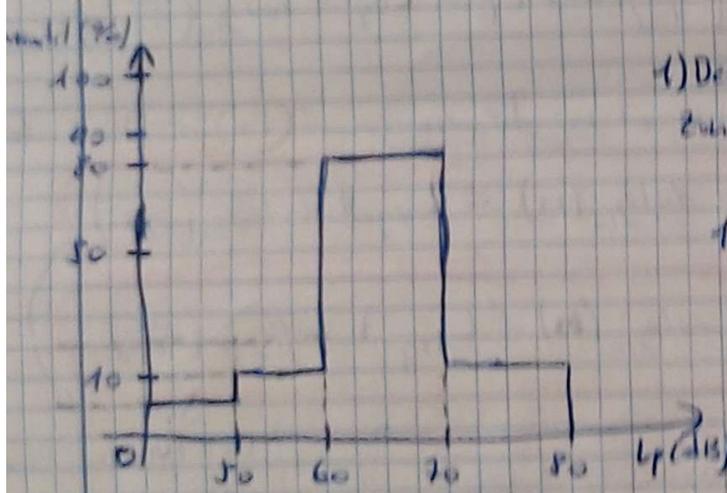
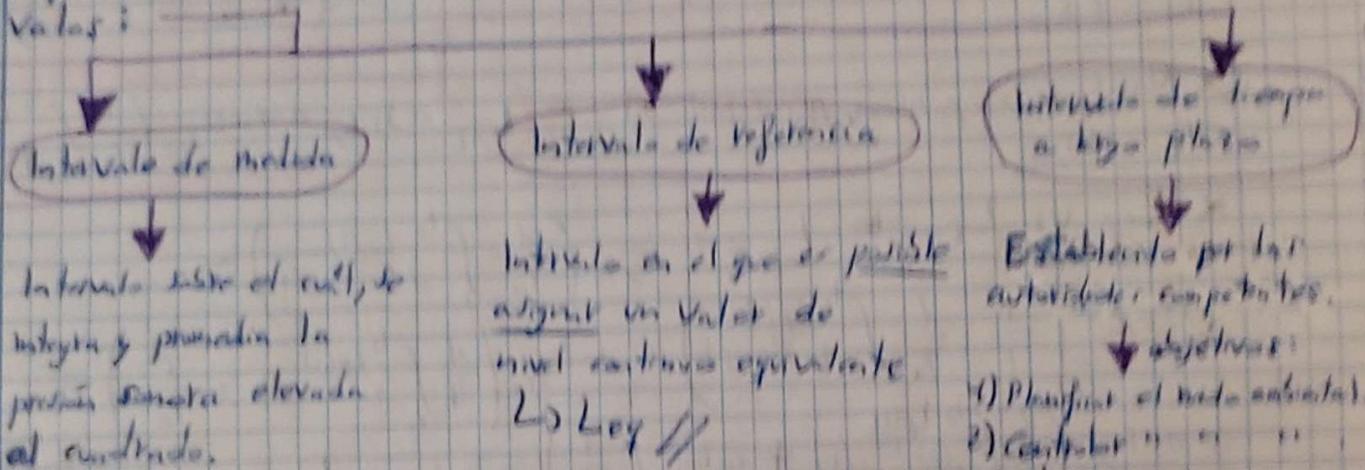
Ej: durante el despegue de un avión.



* L_{50} y L_{50} \rightarrow tipo receptor considerado

* Dado L_{50} y L_{50} \rightarrow puede haber dos opciones (una o la otra, misma $L_{50} = L_{50}$):
 opción 1 $\rightarrow L_{50} \geq L_{50}$
 opción 2 $\rightarrow L_{50} < L_{50}$ } en ambas opciones L_{50} que opara el L_{50} y el L_{50}

* Pero aun así, podemos ajustar el sonómetro a cada situación, para que cuando llegue a 120 dB, en donde, en cierta medida, no supera los 60 dB. Para ello, podemos destacar tres tipos de intervalos:



* Después, destacan los indicadores de nivel sonoro:

Intervalo de tiempo a largo plazo

Es el nivel promedio de los niveles continuos equivalentes, determinados para una serie de intervalos de referencia, incluidos en el intervalo a largo plazo considerado.

Intervalo de tiempo a largo plazo

Es el nivel continuo equivalente (L_{50}) obtenido para un determinado intervalo de referencia, con los ajustes correspondientes al carácter tonal, de tipo preservación, impulsive u otros del ruido ambiental.

Criterios generales del intervalo de medida

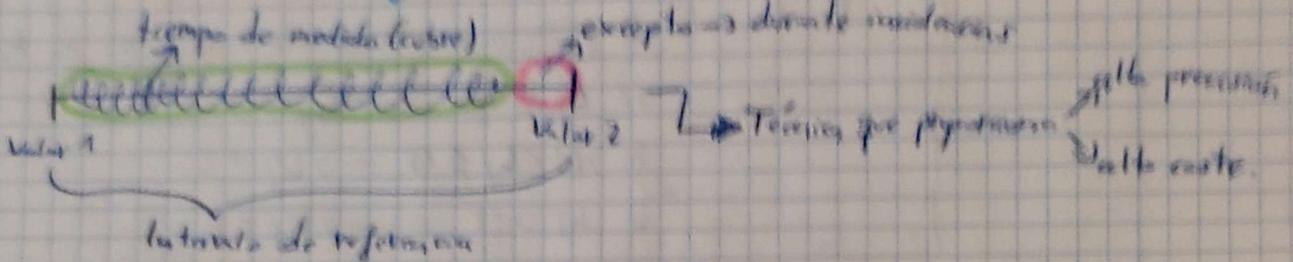
1. Nivel suficiente para que pueda determinarse con una precisión aceptable.

2. Si un cambio de medida → → debe ser → → cada completa

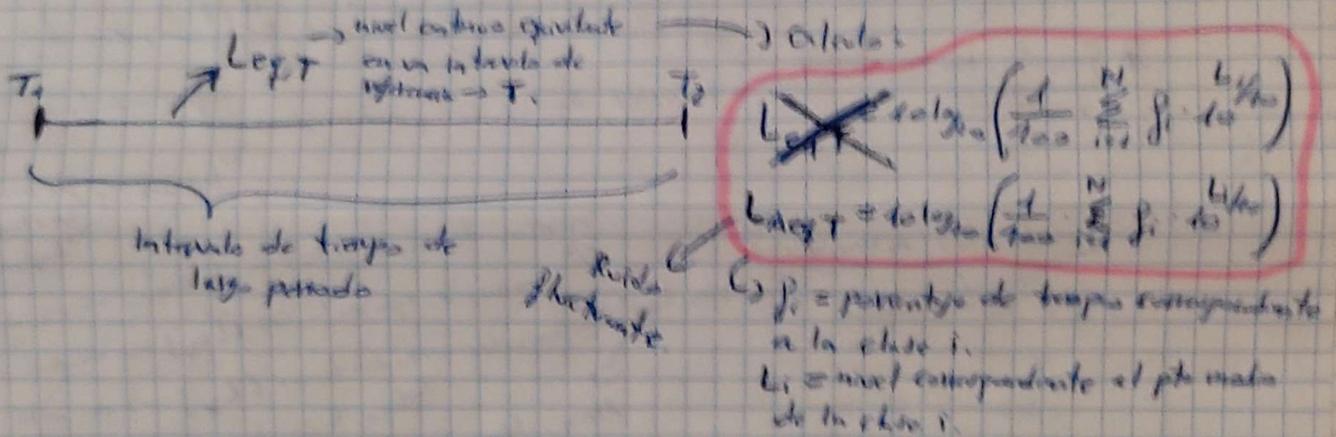
3. La variación de los niveles → niveles de forma escalonada → → Los que los niveles de medida se elija de forma que se valore el nivel de cada período suceso.

4. Si un cambio de tipo → → debe ser de grado de forma que pueda determinarse el $L_{aq,T}$ de cada momento.

Criterios en la Integración continua.



Criterios en las técnicas de muestreo.



Nota: × Nivel de evaluación = nominal → designado por → $L_{aq,T}$ = nivel relativo puntual A respecto a un intervalo de referencia, donde se producen sonidos impulsivos → se distinguen dos tipos:

- 1) Sonidos impulsivos → identificados y medidos como eventos multivaluados dentro del intervalo de referencia.
- 2) Sonidos impulsivos → no medidos como eventos individuales dentro del intervalo de referencia.

Nota: × Indicadores o índices básicos:

⊙ $L_{aq,T} = \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N L_{aq,T_i} \right)$ ⇒ índice de nivel del período temporal T.

⊙ $L_{eq,T} = \log_{10} \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N T_i \cdot \frac{L_{aq,T_i}}{f_{i0}} \right)$ ⇒ índice de nivel equivalente del período temporal T.

Nota:

$$L_{ceq,T} = L_{Aeq,T} + K_f + K_g + K_i$$

Nota:

* Para elegir los niveles de evaluación o nominales:

L de medición \rightarrow las ponderaciones $\begin{cases} A \rightarrow dBA \\ C \rightarrow dBC \end{cases}$

\rightarrow de selección $\rightarrow L_g = L_{ceq,T} - L_{Aeq,T}$

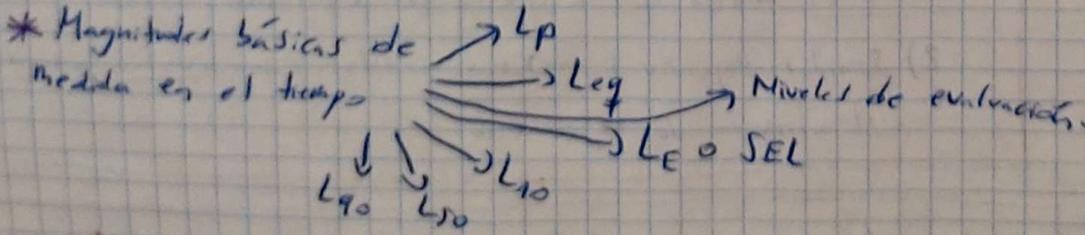
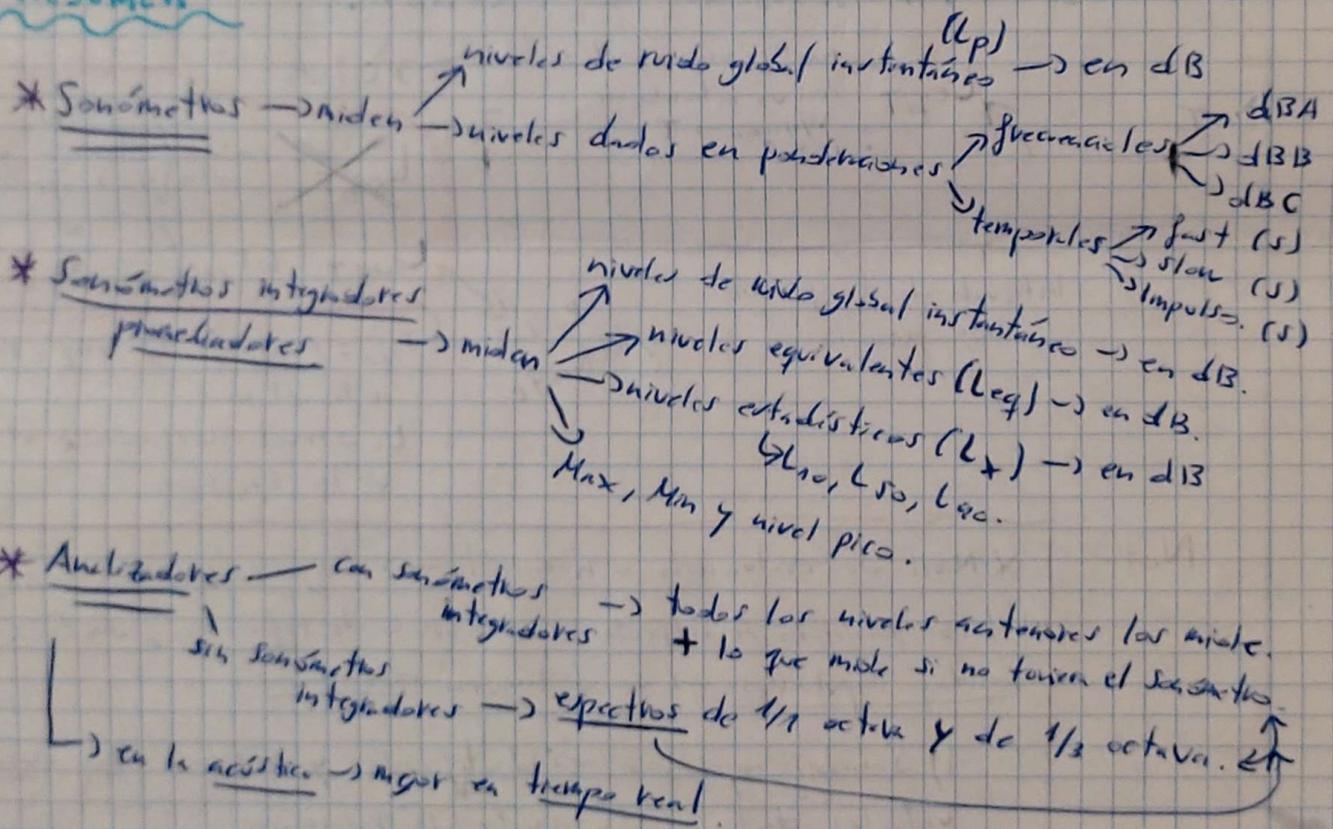
\rightarrow de cubrir la presencia o ausencia de componentes en de frecuencia

si $L_g \leq 10 \rightarrow K_g = 0$

si $10 < L_g \leq 15 \rightarrow K_g = 3$

si $L_g > 15 \rightarrow K_g = 6$

Resumen:



Nota:

Intervalos de medida \neq intervalos de referencia.