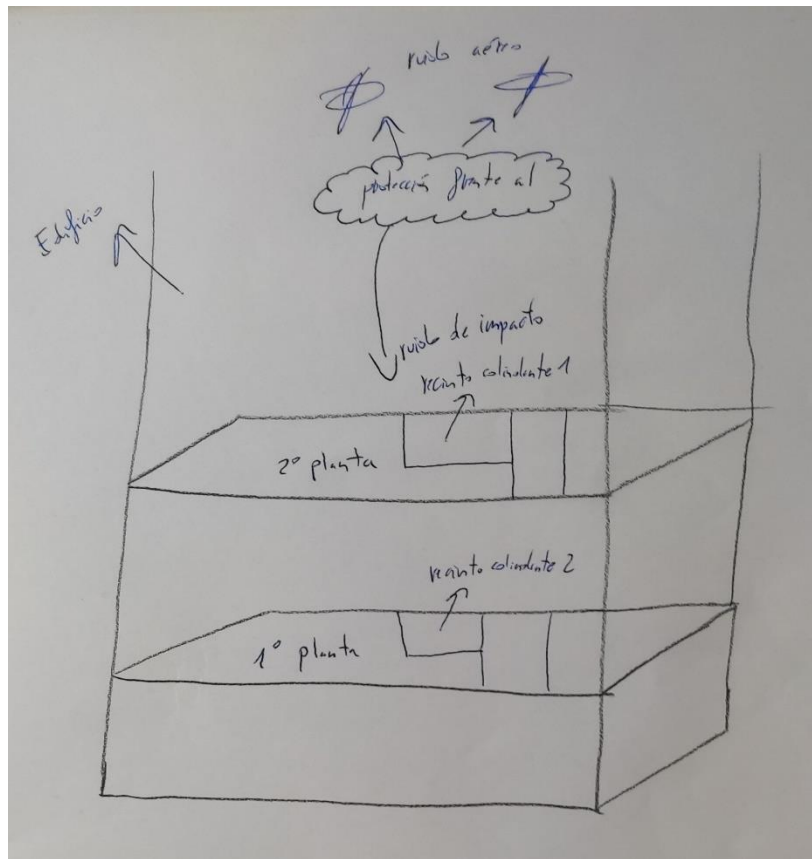


ESTUDIO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO



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:

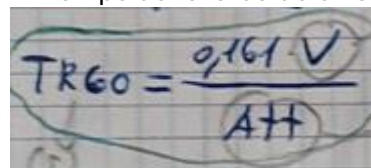
- 1) Valor de emisión (E): valor que emite una fuente sonora externa hacia el espacio donde se lleva a cabo el estudio acústico.
- 2) Valor de inmisión (I): valor que se emite en el propio espacio donde se lleva a cabo el estudio acústico.
- 3) Ruido de fondo (RF): ruido externo que afecta a la condición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


$$TR_{60} = \frac{0,161 \cdot V}{A + 1}$$

Sabiendo que:

V es el volumen total del espacio en m³.

A 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:

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

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: **α_x**

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

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

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:

$$TR_{60} = \left(\frac{0.161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_x)} \right)^{S_x/5} \cdot \left(\frac{0.161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_y)} \right)^{S_y/5} \cdot \left(\frac{0.161 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_z)} \right)^{S_z/5}$$

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 aereonaves.
 - 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	Hospedatge
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:

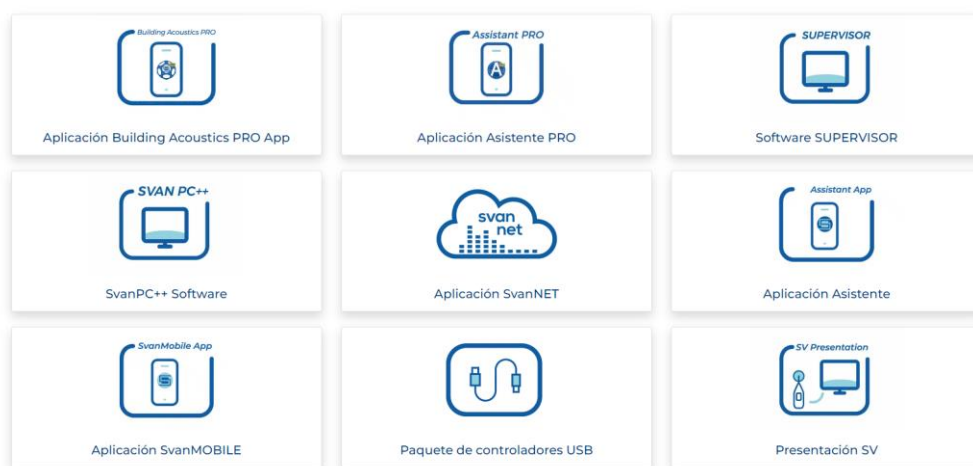
- 1) Para la industria o a nivel general: ISO 9613
- 2) Para las carreteras: NMPB96
- 3) Para los trenes: SRMII

Cálculo del nivel de presión sonora:

$L_p = 10 \times \log_{10}(P_{ef}^2 / P_{ref}^2)$, sabiendo que $P_{ref} = 2 \times 10^{-5}$ 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 ± 0.3 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 ± 0.3 dB para que el ensayo sea válido.

II. NIVELES DE RUIDO DE FONDO OBTENIDOS

	Fuentes en Evaluación	Niveles Obtenidos L _{Aeq,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

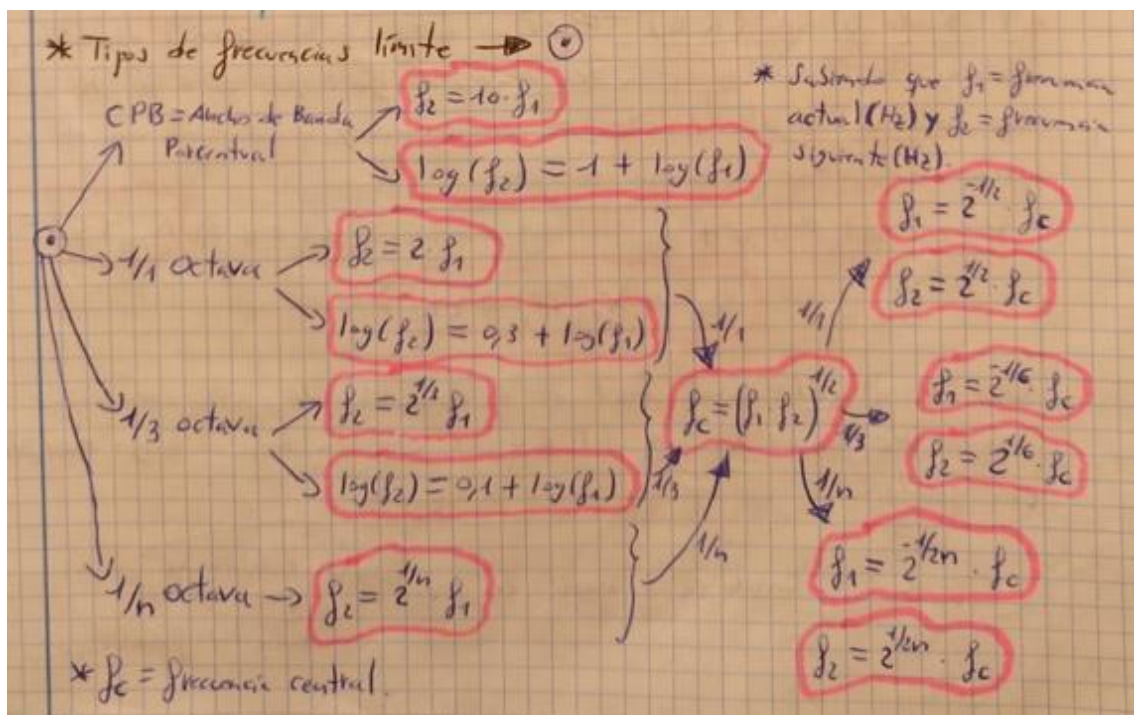
Se lleva a cabo por estas dos fórmulas:

Handwritten formulas for calculating equivalent noise level (L_{AeqT}):

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

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

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 2ª 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.