

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

MÉTODOS DE CONTROL DE RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL

MÁSTER EN PREVENCIÓN DE RIESGO LABORALES



CARLOS ANDREU CONESA
01/09/2012



INDICE

1. OBJETO DEL TRABAJO.....	4
2. LEGISLACIÓN SOBRE RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL.....	5
3. APARATOS DE MEDIDA.....	9
3.1. SONOMETROS NO INTEGRADORES.....	9
3.2. SONOMETROS INTEGRADORES.....	10
3.3. DOSÍMETROS.....	10
4. EL RUIDO Y SUS AFECCIONES.	11
4.1. La estructura del oído humano.	11
4.2. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES.....	12
5. CONCEPTOS GENERALES.....	13
5.1. PARAMETROS A USAR EN EL AMBIENTE LABORAL.	17
6. ASPECTOS FÍSICOS DEL RUIDO.	18
6.1. PROPAGACIÓN DEL SONIDO.....	18
6.2. REFLEXIÓN DEL SONIDO.....	19
6.3. ABSORCIÓN DEL SONIDO EN EL MEDIO FÍSICO.....	20
6.4. REVERVERACIÓN.....	21
6.5. PROPAGACIÓN Y AMORTIGUACIÓN DEL SONIDO EN RECINTOS.	23
7. TÉCNICAS DE CONTROL DE RUIDO.....	25
8. TIPOS DE RUIDO EN EL AMBIENTE LABOAL.....	26
9. PROTECCIÓN COLECTIVA CONTRA EL RUIDO EN EL AMBIENTE DE TRABAJO.	27
9.1. MATERIALES POROSOS.	27
9.2. MATERIALES POROSO – RÍGIDOS.....	30
9.3. MATERIALES POROSO – ELÁSTICOS.	30
9.4. MATERIALES PARA ARGAMASA.	30
9.5. SISTEMAS DE PANELES PERFORADOS.....	30
9.6. SISTEMAS DE PANELES RÍGIDOS O MEMBRANAS RESONADORAS.	31
9.7. ABSORBENTES SUSPENDIDOS.	32
9.8. AISLAMIENTO DEL SONIDO TRANSMITIDO POR EL AIRE.	33
9.9. AISLAMIENTO DEL SONIDO TRANSMITIDO POR EL AIRE.	33
9.10. AISLAMIENTO DE PAREDES SIMPLES.....	35



9.11	AISLAMIENTO DE VIBRACIONES.....	37
9.12	ENCAPSULAMIENTO DE EQUIPOS.....	39
10.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL QUE PROTEGEN CONTRA EL RUIDO.....	43
10.1.	APLICACIÓN DE LA UNE-EN ISO 4869-2 PARA ESTIMAR EL NIVEL EN EL OÍDO CON EL EPI.....	43
10.2	SELECCIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO	48
10.3.	TIPOS DE PROTECTORES AUDITIVOS	49
10.4.	TIEMPO DE USO DE PROTECTORES AUDITIVOS.....	51
10.5.	SUSTITUCIÓN	53
	ANEXO. MATERIALES AISLANTES.....	54
	BIBLIOGRAFIA.....	61



1. OBJETO DEL TRABAJO

Con el estudio de los métodos de control de ruido en el ambiente laboral, lo que se pretende es analizar las características y propiedades de los mismos con el fin de seleccionar para cada situación laboral de exposiciones a ruido el sistema más adecuado para proteger la seguridad y salud de los trabajadores expuestos.

Para poder hablar de ruido, es necesario conocer la legislación vigente sobre el mismo.

En el RD. 286/2006 establece las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra riesgos para su seguridad y salud derivados o que puedan derivarse de exposiciones a ruido, en particular riesgos para la audición. Trata todos los aspectos a tener en cuenta para preservar la salud de los trabajadores; desde los límites de exposición a los que nunca puede estar sometido un trabajador, a los derechos y de los trabajadores, y las obligaciones del empresario, para disminuir los niveles de ruido y actuaciones que debe llevar a cabo.

Una vez vista la ley, se introducirán unos términos básicos referentes al ruido, para poder entender el contenido del trabajo; que se basa en el estudio de métodos de protección colectiva, los métodos de protección individual. Y en la manera en la que el ruido afecta a los trabajadores, para de alguna manera, poder concienciar a los mismos, de los peligros que supone estar expuesto a niveles altos de ruido.



2. LEGISLACIÓN SOBRE RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL

La seguridad y salud de los trabajadores es un aspecto esencial a tener en cuenta. Para poder desarrollar el presente estudio debemos de basarnos en la legislación vigente sobre el ruido y sus afecciones a los trabajadores en el ambiente de trabajo. La legislación básica sobre ruido, está recogida en el Real Decreto 286/2006, que tiene por objeto promover la seguridad y la salud de los trabajadores mediante la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos derivados de las exposiciones ruido en el trabajo.

Real Decreto 286/2006 sobre protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Art 1. ... el RD 286/06 establece las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido.

Art. 3. Este RD se aplicara a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados del ruido en el ambiente de trabajo.

Art 4. Disposiciones encaminadas a evitar o reducir las exposiciones.

- Eliminación de riesgos en su origen.
- Otros métodos de trabajo.
- Elección de equipos de trabajo adecuados.
 - Formación e información de los trabajadores.
 - Reducción técnica del ruido.
 - Mantenimiento.
 - Organización del trabajo.

4.2. Cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción (85 dB(A) o 137 dB(C)) el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y de organización que deberán integrarse en la planificación de la actividad preventiva de la empresa...

4.3. Los lugares de trabajo en que los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, serán objeto de señalización.

4.4. Cuando, debido a la naturaleza de la actividad, los trabajadores dispongan de locales de descanso bajo la responsabilidad del empresario, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad y condiciones de uso.



Art. 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

- Valores límite de exposición:

$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$, respectivamente;

- Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$, respectivamente;

- Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$, respectivamente.

5.2. Al aplicar los valores límite de exposición se tendrá en cuenta el efecto de atenuación de los equipos de protección.

5.3. El nivel de exposición semanal al ruido es de 87 dB(A)

Art 6. Evaluación de riesgos.

6.1. El empresario deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores.

6.2. Los métodos e instrumentos que se utilicen deberán permitir la determinación del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$), del nivel de pico (L_{pico}) y del nivel de exposición semanal equivalente ($L_{Aeq,s}$), y decidir en cada caso si se han superado los valores límite.

6.4. La evaluación y la medición mencionadas en el apartado 1 se programarán y efectuarán... como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

6.5. El empresario prestará particular atención a los siguientes aspectos:

- a. el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida la exposición a ruido de impulsos;
- b. la existencia de equipos de sustitución concebidos para reducir la emisión de ruido;
- c. los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en el artículo 5;
- d. en la medida en que sea viable desde el punto de vista técnico, todos los efectos para la salud y seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las sustancias tóxicas relacionadas con el trabajo, y entre el ruido y las vibraciones;
- e. todos los efectos indirectos para la salud y la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las señales acústicas de alarma u otros sonidos a que deba atenderse para reducir el riesgo de accidentes;
- f. la información sobre emisiones sonoras facilitada por los fabricantes de equipos de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa específica que sea de aplicación;



- g. cualquier efecto sobre la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles;
- h. la prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo bajo responsabilidad del empresario;
- i. la información apropiada derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible;
- j. la disponibilidad de protectores auditivos con las características de atenuación adecuadas.

Art 7. 1. Las protecciones individuales se usarán cuando:

- a. cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales;
- b. mientras se ejecuta el programa de medidas a que se refiere el artículo 4.2 y en tanto el nivel de ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán protectores auditivos individuales;
- c. los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.

Art. 8. Limitación de exposición.

8.1. En ningún caso la exposición del trabajador, determinada con arreglo al artículo 5.2, deberá superar los valores límite de exposición.

8.2. Si se comprobaran exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario deberá:

- a. tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición;
- b. determinar las razones de la sobreexposición,
- c. corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;
- d. informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

Art. 9. Información y formación a los trabajadores.

El empresario velará porque los trabajadores que se vean expuestos en el lugar de trabajo a un nivel de ruido igual o superior a los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y/o sus representantes reciban información y formación relativas a los riesgos derivados de la exposición al ruido.

Art 10. Consulta y participación de los trabajadores.

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes, se basa en:

- a. la evaluación de los riesgos y la determinación de las medidas que se han de tomar.



- b. las medidas destinadas a eliminar o reducir los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- c. la elección de protectores auditivos individuales.

Art 11. Vigilancia de la salud.

Cuando de la evaluación de riesgos se ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá de llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores.



3. APARATOS DE MEDIDA.

El método de controlar las exposiciones a ruido de los trabajadores en el medio laboral, es realizar mediciones de los niveles de ruido en todas las zonas de la empresa, y más concretamente en aquellas que sean muy ruidosas.

Estas mediciones se realizan con unos equipos dedicados a tal fin, y denominados sonómetros.

Los sonómetros deberán ajustarse, como mínimo, a las especificaciones de la norma UNE-EN 60651:1996 para los instrumentos de *clase 2* (disponiendo, por lo menos, de la característica SLOW y de la ponderación frecuencial A) o a las de cualquier versión posterior de dicha norma y misma clase.

3.1. SONOMETROS NO INTEGRADORES.

El sonómetro es un aparato de medida diseñado para determinar la presión acústica del ruido.

Generalmente el sonómetro puede medir el nivel de presión acústica en dB y en diversas escalas de ponderación.

Está limitado su uso a la existencia de un ruido estable, que posea diferencias entre valores máximos de 5 dB.

Los sonómetros “no integradores-promediadores” podrán emplearse únicamente para la medición de Nivel de presión acústica ponderado A (L_{pa}) del ruido estable. La lectura promedio se considerará igual a Nivel de presión acústica continuo equivalente A ($L_{Aeq,T}$).

El Nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$) se calculará con las expresiones dadas en el punto 4 del anexo 1.

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

Donde “T” es el tiempo de exposición medido en horas/día. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos.

Si un trabajador está expuesto a “m” distintos tipos de ruido y, a efectos de la evaluación del riesgo, se ha analizado cada uno de ellos separadamente, el nivel de exposición diario equivalente se calculará según las siguientes expresiones:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{L_{Aeq,d}}{10}}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{L_{Aeq,d}}{10}}$$



Donde $L_{Aeq,T}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A correspondiente al tipo de ruido “i” al que el trabajador está expuesto, “Ti” horas por día, y ($L_{Aeq,D}$) es el nivel diario equivalente que resultaría si solo existiese dicho tipo de ruido.

3.2. SONOMETROS INTEGRADORES.

El sonómetro integrador es un aparato destinado a la medición del nivel de presión acústica continuo equivalente, a diferencia de los no integradores, este puede medir cualquier sonido.

Según el RD 286/06, los sonómetros integradores promediadores podrán usarse para la medición del Nivel de presión acústica continuo equivalente.

Si un trabajador está expuesto a distintos niveles de ruido durante diferentes periodos de tiempo, el Nivel Diario Equivalente puede obtenerse por una de las dos expresiones siguientes.

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{L_{Aeq,d}}{10}}$$

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=n} 10^{\frac{L_{Aeq,d}}{10}}$$

3.3. DOSÍMETROS.

Un dosímetro es un aparato de medida que está destinado a medir dosis de ruido recibida por un trabajador durante parte o toda su jornada de trabajo.

La dosis máxima 100% corresponde a un Nivel Diario Equivalente de 87 dB(A).

El dosímetro puede utilizarse con cualquier tipo de ruido y su lectura en % de DOSIS, se convertirá a $L_{Aeq,d}$.

4. EL RUIDO Y SUS AFECCIONES.

Antes de hablar del ruido y de los problemas que este provoca, es necesario describir la estructura del oído humano.

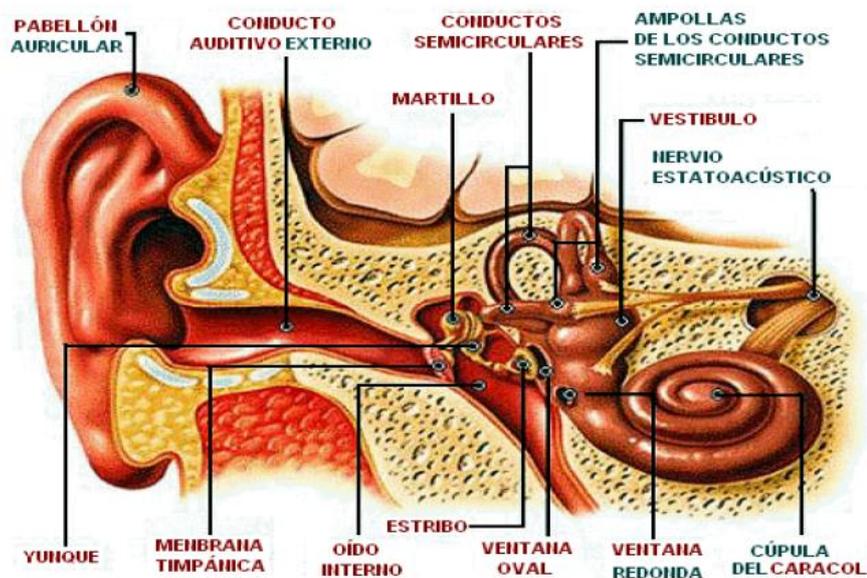
4.1. La estructura del oído humano.

Cuando las ondas sonoras llegan al oído, se transforman en señales enviadas al cerebro a través de tres partes diferentes del oído. El oído externo, el oído medio, y el oído interno.

El oído externo. Está diseñado para recibir las ondas sonoras, y éstas a su vez excitan al tímpano poniendolo en movimiento, dichas vibraciones se transmiten a través de los huesecillos que son él: martillo, yunque y el estribo.

El oído medio es donde las ondas sonoras se transforman en vibraciones mecánicas. Compuesto por el tímpano que es el encargado de transmitir las vibraciones a la cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) que sirve de medio de transmisión cara al oído interno.

El oído interno está formado por el caracol, que es el lugar donde la energía sonora, las ondas, se transforman en energía eléctrica, los denominados impulsos nerviosos.



Sistema general del oído humano.

El sonido entra por la ventana oval que es la que da paso al sonido desde el estribo al caracol, aquí las ondas sonoras entran en contacto con un líquido que al vibrar entra en contacto con las denominadas células ciliadas. Estas células son las encargadas de transformar las ondas sonoras en impulsos eléctricos para que posteriormente recorran el nervio auditivo.



4.2. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES.

La exposición a ruido en el trabajo está demostrado que es perjudicial para la salud de los trabajadores, siendo el efecto más conocido la pérdida de audición. Sin embargo también puede aumentar el estrés y multiplicar un riesgo de sufrir un accidente laboral. Los efectos más conocidos del ruido en el ámbito de trabajo son:

-Disminución de la capacidad auditiva. Puede ser causada por un bloqueo mecánico de la transmisión del sonido al oído interno.

-Pérdida de audición provocada por el ruido. Este efecto es el que denominamos hipoacusia y que está incluido dentro del cuadro de enfermedades profesionales. Esta pérdida suele ser producida por exposiciones prolongadas a ruidos intensos. Este fenómeno se suele presentar en los dos oídos, y sus consecuencias son irreversibles.

-Acufenos. Son sensaciones como de timbre, zumbido o explosión que se siente en los oídos.

LOS NIVELES ALTOS DE RUIDO PUEDEN CAUSAR
Pérdida del oído temporal o permanente.
Dolores de cabeza
Mareos
Presión alta/ enfermedades de corazón
Ansiedad y fatiga
Nerviosismo y estrés, que pueden causar úlceras e insomnio
Falta de concentración
Accidentes si las advertencias o alarmas no se escuchan.



5. CONCEPTOS GENERALES.

El ruido es una de las fuentes de contaminación ambiental. El control de ruido, y en su caso, la reducción de ruido, es un problema tecnológico de cierta envergadura, por la complejidad temporal, frecuencial y espacial que presenta.

El ruido produce molestias, distracciones, perturbaciones, e incluso si la exposición es muy prolongada, puede producir daños irreversibles para los trabajadores expuestos, en el órgano de la audición. El efecto más observable que existe del ruido sobre los trabajadores es la aparición de hipoacusia. La distracción producida por el ruido es claramente manifiesta en los trabajadores expuestos a niveles muy altos de ruido durante un tiempo prolongado, a lo largo de su jornada laboral.

Para poder abarcar el problema del Ruido hay que tener conocimiento de algunos conceptos básicos.

SONIDO.

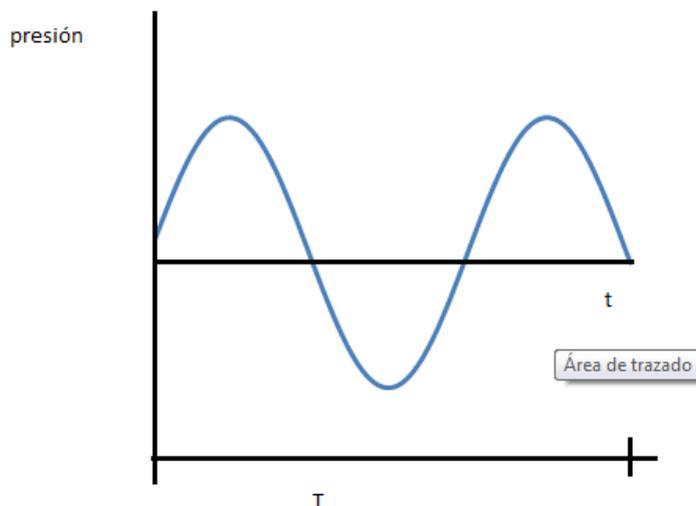
El sonido es una variación de la presión ambiental que se propaga en forma de ondas.

Pero más científicamente podemos decir, que es un fenómeno vibratorio que, a partir de una perturbación inicial del medio elástico donde se produce, se propaga, en ese medio, bajo una forma de variación periódica de presión.

PRESIÓN ACÚSTICA.

No toda variación periódica de la presión ambiental es perceptible como sonido.

Esta variación de presión ambiental es lo que se denomina *presión acústica (p)*.



Con la siguiente ecuación se puede determinar la presión acústica.

$$p(t) = P \text{sen } \omega t$$

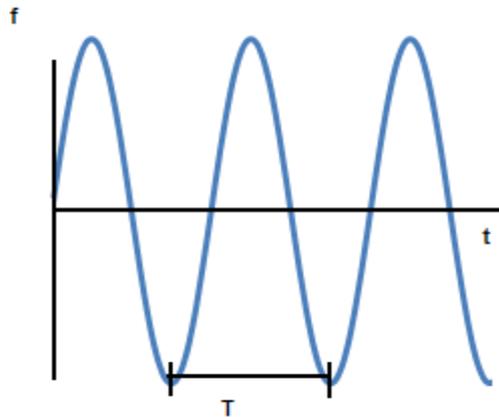


PERIODO Y FRECUENCIA.

El periodo (T) es el tiempo que una onda tarda en realizar un ciclo completo. Y la frecuencia (f) es el número de oscilaciones que se realizan en un segundo.

Entonces la relación que existe entre estos dos términos es:

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



LONGITUD DE ONDA.

La distancia que recorre una onda sonora en el tiempo de un periodo es lo que se llama longitud de onda (λ). Por lo tanto la longitud de onda dependerá de su velocidad de propagación (c) y del periodo (T), o su inversa, la frecuencia.

$$C = f * \lambda$$

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

Donde:

-V= Velocidad (m/seg)

-f= frecuencia (Hz)

-T= periodo (seg)



IMPEDANCIA ACÚSTICA.

Cada medio, sólido, líquido o gaseoso, ofrece una facilidad más o menos grande para la propagación del sonido. Por analogía con la corriente eléctrica, se dice que el medio posee una impedancia acústica (z).

La impedancia se define como el cociente entre la presión acústica (P) y la velocidad propia del movimiento vibratorio, es decir.

$$z = \frac{P}{v} \text{ [Rais, (Pa * s)/m]}$$

SUSTANCIA	IMPEDANCIA CARACTERISTICA	
	g (s*cm ²)	(Pa * s)/m
SÓLIDOS		
hierro fundido	270*10 ⁴	270*10 ⁵
Hierro forjado	400*10 ⁴	400*10 ⁵
Cinc	240*10 ⁴	240*10 ⁵
Acero	390*10 ⁴	390*10 ⁵
mármol	99*10 ⁴	99*10 ⁵
LÍQUIDOS		
Agua	144*10 ⁴	144*10 ⁴
Agua salda	155*10 ⁴	155*10 ⁴
GASES		
Aire a 0°C	42,7	427
Aire a 20 ° C	41,4	414
Vapor de agua	23,5	235

DECIBELIO

El símbolo dB, es la unidad relativa empleada en acústica, electricidad, telecomunicaciones y otras especialidades para expresar la relación entre dos magnitudes: la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.

El decibelio, símbolo dB, es una unidad logarítmica y es la décima parte del belio, que sería realmente la unidad, pero que no se utiliza por ser demasiado grande en la práctica.

Nivel de Intensidad del Sonido	
140 dB	Umbral de dolor
130 dB	Avión en despegue
120 dB	Motor avión en marcha
110 dB	Concierto
100 dB	Perforación eléctrica
90 dB	Tráfico
80 dB	Tren
70 dB	Aspiradora
50/60 dB	Aglomeración de gente
40 dB	Conversación
20 dB	Biblioteca
10 dB	Respiración tranquila
0dB	Umbral de audición



ARMÓNICOS.

Son sonidos puros formados por el que corresponde a la frecuencia dominante y los múltiplos enteros de la misma.

Los armónicos son los componentes de un sonido que se define como las frecuencias secundarias que acompañan a una frecuencia fundamental o generadora.

Los sonidos armónicos son producidos por la naturaleza, al recibir cuerpos capaces de hacer vibrar las ondas sonoras que emiten un sonido fundamental al espacio.

El armónico de una onda es un componente sinusoidal de una señal, y su frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental.

ESPECTRO DE FRECUENCIAS DEL RUIDO.

El ruido tiene una estructura compleja y está compuesto por numerosas frecuencias, de forma que un análisis adecuado del mismo revelaría cada una de las frecuencias que intervienen y el nivel de presión acústica de cada una de ellas.

No obstante no podemos realizar un análisis de frecuencias del ruido de forma continua. Así pues se agrupan las frecuencias en torno a unas centrales constituyendo lo que es conocido como las bandas de frecuencia.

El espectro audible está comprendido por las frecuencias desde 20 a los 16.000 Hz, pero un sonómetro no puede seleccionar una determinada frecuencia, por lo que se ha llegado al acuerdo internacional de dividir el espectro audible en “bandas de frecuencia”(intervalos), siendo las principales las denominadas “octavas, o tercios de octava”.

Banda Hz	22	44	88	177	355	710	1420	2480	5680	11360
F_n, F_{n+1}	44	88	177	355	710	1420	2480	5680	11360	22720
Valor central, Hz F_c	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Atenuación, dB	-39,4	-26,2	-16,2	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1	-1,1	-6,6

La diferencia entre cada una de ellas es el ancho de banda.

La banda de octava es un grupo de frecuencias en torno a una central que cumple la siguiente relación.

$$f_2 = 2 * f_1$$

$$f_c = \sqrt{f_1 * f_2}$$

Las frecuencias centrales toman valores normalizados y se deduce que:



5.1. PARAMETROS A USAR EN EL AMBIENTE LABORAL.

- Nivel de intensidad sonora en cada instante.

$$L_1 = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad I_0 = (10^{-12} \text{w/m}^2)$$

- Nivel de ruido continuo equivalente de la jornada laboral referida a 8 horas.

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

Ejemplo. Un trabajador que a lo largo de su jornada laboral está expuesto a diferentes niveles de ruido. Durante 2 horas está sometido a un ruido producido por una cinta transportadora de 87 dB(A), y 4 horas está sometido, por el cambio de tarea a un nivel de 96 dB(A).

$$L_{Aeq,D} = 10 \log \left[\frac{1}{8} (10^{8,7} * 2 + 10^{9,6} * 4) \right] = 93.25 \text{ dB (A)}$$

Este trabajador está sometido a un ruido durante su jornada laboral de 93,25 dB(A), y según el Art 5 del RD 286/2006, el trabajador está expuesto a un nivel de ruido mayor del que está establecido; por lo que el empresario debe de tomar una serie de medidas destinadas a disminuir ese nivel de ruido.

Y a una revisión anual, para ver si después de implantadas las medidas de control, se ha conseguido disminuir el ruido inicial.



6. ASPECTOS FÍSICOS DEL RUIDO.

6.1. PROPAGACIÓN DEL SONIDO.

Normalmente se entiende como sonido solamente el que se propaga en gases, especialmente en el aire. Evidentemente también es posible la propagación de sonidos en líquidos y sólidos.

Como la propagación en gases y en líquidos obedece a las mismas leyes físicas, se puede estudiar conjuntamente, y luego, por separado en sólidos.

1) En gases y líquidos.

Aquí, la propagación del sonido no puede ser objeto de tensiones transversales, y las ondas sonoras son ondas de densidad de movimiento longitudinal. Esta propagación se puede caracterizar con dos magnitudes: la presión sonora (p) y la velocidad del sonido (c)

2) En sólidos.

En este caso, además de las ondas longitudinales, el sonido también se puede propagar mediante ondas transversales. La propagación mediante unos tipos u otros de ondas depende, en parte, de la geometría del cuerpo sólido considerado.

Existen varios tipos de ondas según tengan componente longitudinal, transversal, o ambos.

-Longitudinales: Ondas de densidad.

-Transversales: Ondas transversales y ondas de torsión.

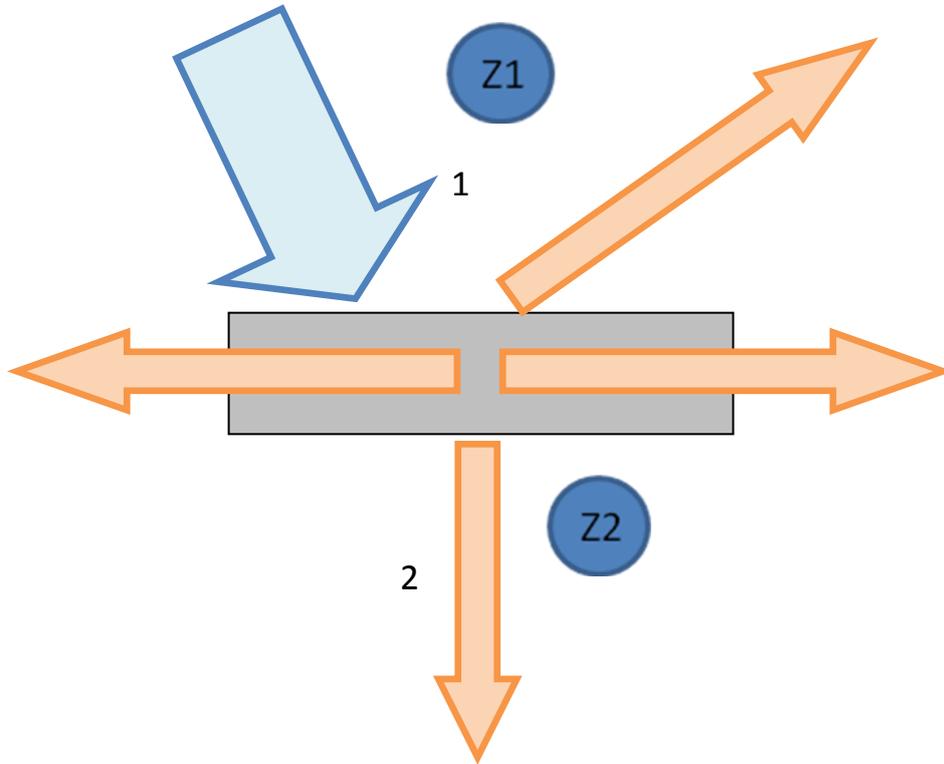
-Longitudinales-transversales: Ondas de alargamiento, ondas superficiales y ondas de flexión.

Las más importantes desde el punto de vista del aislamiento acústico son las ondas de flexión. La particularidad de este tipo de ondas es que su velocidad de propagación "c", al contrario que en los otros tipos de ondas, no es constante, si no que es proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia.

	Velocidad y propagación del sonido
Aire	340 m/s
Agua	1.460 m/s
Madera	1.000 a 5.000 m/s
Cemento	4.000 m/s
Acero, hierro	4.700 a 5000 m/s
Vidrio	5.000 a 6.000 m/s
Plomo	1.320 m/s
Caucho	40 a 150 m/s

6.2. REFLEXIÓN DEL SONIDO.

Onda incidente



En esta figura aparecen dos medios 1 y 2 cuyas impedancias son, respectivamente, z_1 y z_2 . Consideramos una onda incidente “i” que va del medio 1 al 2. Al llegar al límite, parte de la energía sonora se refleja mediante una onda reflejada “r” y otra parte se transmite al medio 2 mediante una onda transmitida “t”.

- Factor de transmisión:

P_t = Potencia sonora transmitida

$$t = \frac{P_t}{P_i} = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

P_i = potencia sonora incidente

Z_1 = impedancia del medio 1

- Factor de reflexión:

Z_2 = impedancia del medio 2

$$r = \frac{P_r}{P_i} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Grado de absorción.

Generalmente, en lugar del factor de reflexión “r” se emplea el grado de absorción “α”, que se define como la fracción de energía de onda incidente que no es reflejada.

$$\alpha = 1 - r^2 \quad \alpha = \text{Grado de absorción.}$$

r=factor de reflexión que depende del medio en el que estemos.

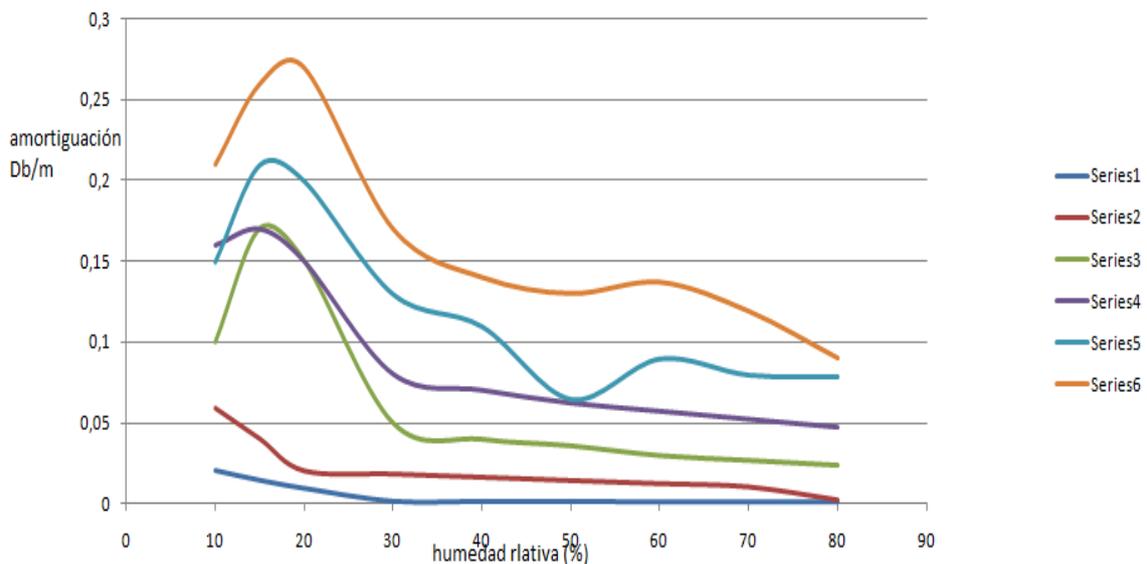
6.3.ABSORCIÓN DEL SONIDO EN EL MEDIO FÍSICO.

La propagación del sonido no se realiza nunca sin pérdidas, sino que está supeditada a una mayor o menor amortiguación; es decir, la presión o la velocidad disminuyen al aumentar la distancia al foco sonoro. Para esta amortiguación existen diferentes causas que dependen de las características del medio físico y de las características del sonido.

- Amortiguación clásica. Incluye el efecto de roce interno de las partículas excitadas por la vibración; y el efecto de la transmisión del calor generado por el roce de las partículas, dependiente de los coeficientes de transmisión.
- Amortiguación por relajación molecular térmica, debido a las necesidades de energía para el retorno a la posición de equilibrio de las partículas excitadas por vibraciones. Esta vibración es complementaria a la clásica.

Por ser el aire el medio de propagación habitual, digamos que la amortiguación en dicho medio depende de la frecuencia del sonido considerado, de la humedad relativa y de la temperatura. Los sonidos de alta frecuencia son amortiguados en mayor medida que los de baja frecuencia. Pero por otra parte la humedad relativa influye de manera importante en la amortiguación.

En esta figura podemos observar cómo influye la humedad relativa en la amortiguación. El máximo de amortiguación se obtiene para un aire muy seco.





COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE SABINE						
MATERIAL	FRECUENCIA (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Ventana abierta	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hormigón	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Madera	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02
Filtro asbesto(1cm)	0,35	0,30	0,23	...
Filtro de pelos y asbestos	0,38	0,55	0,46	...
Filtro sobre pared (3cm)	0,13	0,41	0,56	0,69	0,65	0,49
Corcho (3cm)	0,08	0,08	0,30	0,31	0,28	0,28
Corcho perforado y pegado a la pared	0,14	0,32	0,95	0,9	0,72	0,65
Tapices	0,14	0,35	0,55	0,75	0,70	0,6
Ladrillo visto	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
Enlucido de yeso sobre ladrillo	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
Enlucido de yeso sobre enlucido de cemento	0,04,0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,03
Enlucido de cal	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Paneles de madera	0,1	0,11	0,1	0,08	0,08	0,11
Alfombra sobre cemento	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,1
Vidrio	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02
Placas perforadas de material poroso	0,44	0,57	0,74	0,93	0,75	0,75

6.4.REVERBERACIÓN.

Los sonidos que se generan en un recinto no se extinguen instantáneamente, sino que durante un cierto tiempo se reflejan en las paredes interiores hasta que se atenúan. Se denomina “Tiempo de reverberación” (Tr) al periodo de tiempo durante el cual se sigue percibiendo un sonido después de que se haya extinguido la fuente, correspondiéndose con una disminución de 60 dB(A).

El tiempo de reverberación se puede determinar mediante la fórmula de Sabine, que indica, que el tiempo de reverberación es proporcional al volumen del recinto, e inversamente proporcional a la absorción del recinto.

$$T = \frac{0,161 * V}{A}$$

-T= tiempo de reverberación (seg)

-A= área del recinto (m²)

-V=volumen del recinto (m³)

Donde:

$$A = \sum Si * \alpha i$$

α_i = Coeficiente de absorción.

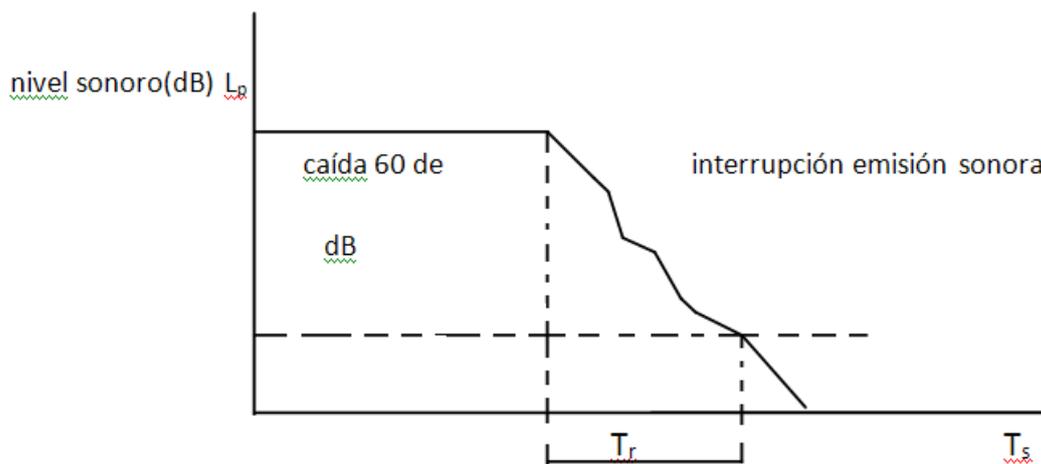
El cálculo de esta reducción de la presión sonora puede obtenerse igualmente, partiendo de los tiempos de reverberación antes y después de la aplicación de los materiales absorbentes, según la relación:

$$\Delta L_p = 10 \log \frac{T_1}{T_2}$$

Donde:

- T_1 = Tiempo de reverberación antes de aplicar material absorbente.
- T_2 = Tiempo de reverberación después de aplicar material absorbente.

En la siguiente gráfica podemos observar perfectamente cómo se reduce en 60 dB el nivel de presión sonora después de aplicar a un recinto, una capa de material absorbente, ya que con ello, conseguimos reducir el tiempo de reverberación, y la reflexión del sonido.



La Ecuación de Sabine es aplicable a recintos no muy grandes, donde las superficies que los limitan posean un coeficiente de absorción uniforme y cuyo valor no sea superior a 0.2.

Para valores de coeficiente de absorción mayor y siempre que exista una cierta uniformidad entre los mismos, es más conveniente usar la ecuación de Eyring.

$$Tr = \frac{0,161 * V}{-S * \log(1 - \alpha_m)}$$

Donde:

- V = Volumen del local (m^3)
- S = Suma de las superficies que limitan el local.
- α_m = Coeficiente de absorción medio de las superficies que limitan el local.

Ejemplo: calcular el tiempo de reverberación de un recinto de 60 m², con un techo a 3 m de altura, y donde hay trabajadores expuestos a un ruido continuo generado por varios motores de combustión interna alternativos.

$$Tr = \frac{0,161*180}{-60*\log(1-0,012)} = 92.14 \text{ seg} \quad \text{ABSORCION AIRE A 2000Hz}=0,012$$

Y después del recubrimiento con la fibra de vidrio, que tiene a 2000 Hz un nivel de absorción de 0,99, es:

$$T = \frac{0,161*180}{-60*\log(1-0,99)} = 0,2415 \text{ seg}$$

El tiempo se va reducido considerablemente, por lo que podemos observar, que la fibra de vidrio consigue reducir el tiempo de reverberación, y proteger al trabajador del exceso de ruido en ese recinto.

6.5. PROPAGACIÓN Y AMORTIGUACIÓN DEL SONIDO EN RECINTOS.

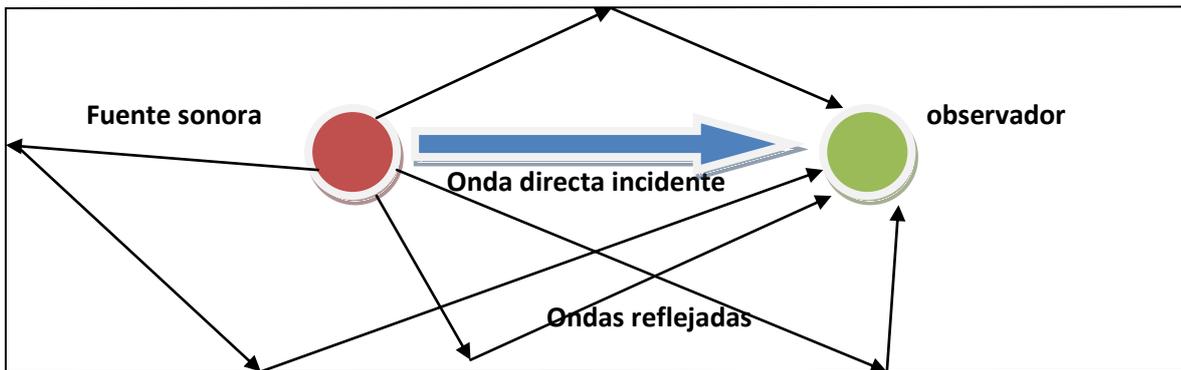
En un recinto o local cerrado, las ondas emitidas por una fuente determinada chocan con las superficies que limitan el local, dando origen a ondas reflejadas, las cuales a su vez se reflejan nuevamente, repitiéndose el fenómeno multitud de veces.

La presión acústica que existe en un punto determinado del recinto, después de haberse producido varias reflexiones del sonido, es la resultante de las presiones incidentes emitidas en distintos momentos y que en el instante de la observación se cruzan en el punto considerado. Dicho de otro modo, la presión en dicho punto es el resultado de la presión del campo directo (ondas que se han propagado desde la fuente sin chocar) y del campo reverberado (ondas que han chocado una o varias veces contra las superficies que limitan el local)

En e la siguiente figura se puede observar que un trabajador expuesto a un ruido en el campo abierto, solo está sometido a ese ruido sin que existan reflexiones del mismo.



Pero, si a ese mismo trabajador y a la tarea que realiza los introducimos dentro de un recinto, el ruido soportado por el trabajador se ve incrementado, debido a las reflexiones del sonido en las paredes del recinto, como se puede observar claramente en la siguiente figura.



Por tanto, el nivel de presión acústica en un punto, depende en gran medida de la absorción acústica de las superficies que limitan el local y que en definitiva definen la absorción global del mismo o área absorbente local.

Considerando una fuente de propagación omnidireccional, el nivel de presión sonora viene determinado por la expresión:

$$L_p = L_v + 10 \log \left(\frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4}{A} \right)$$

Donde :

- L_p = Presión sonora (dB(A))
- L_v = presión sonora medida con sonómetro (dB(A))
- A = Área absorción del recinto (m^2)

La reducción media de la presión sonora en el campo reverberado, en un recinto donde se aplican materiales absorbentes, viene dada por la siguiente ecuación.

$$\Delta L_p = 10 \log \frac{A_1}{A_2}$$

Por lo que hay que tener muy claro, en la fase de proyecto, el fin para el cual se va a concebir el local, para de este modo evitar las reflexiones del ruido, y que el trabajador no se vea expuesto a él.



7. TÉCNICAS DE CONTROL DE RUIDO.

Las técnicas de control de ruido en el entorno laboral la podemos clasificar en cuatro grandes apartados.

- Técnicas pasivas.
- Técnicas pasivas adaptativas.
- Técnicas activas.
- Técnicas híbridas pasivas-adaptativas.

Los sistemas de control pasivo aprovechan las propiedades absorbentes de algunos materiales y no añaden energía adicional al sistema. Pueden absorber energía o cambiar la impedancia del medio para dificultar la propagación del campo acústico. Los métodos pasivos incluyen absorbentes superficiales, resonadores, etc. Las técnicas pasivas se encuentran en un estado muy maduro, y existen soluciones a frecuencias altas y bajas, con un coste no excesivamente elevado.

Los sistemas pasivos adaptativos usan elementos pasivos optimizados en un cierto margen de condiciones. Existen soluciones muy efectivas para problemas de banda estrecha. Algunos ejemplos son los resonadores de Helmholtz adaptativo, cuyo volumen interior puede variar de acuerdo a unas condiciones predeterminadas. También se puede aplicar esta solución a problemas de banda ancha

Los sistemas activos introducen energía externa a la situación de ruido, que se aprovecha para generar, a través de alguna fuente secundaria, un campo de ondas en contra fase con el campo primario. En condiciones de linealidad, los campos primario y secundario interfieren destructivamente, resultando en una reducción neta del campo residual. Existen aplicaciones desarrolladas para el control de ruido de baja frecuencia en conductos, en recintos, ruido estructural, ruido difractado y en la cavidad auditiva.

Los sistemas pasivos están recomendados en el margen de frecuencias medias y altas, y los sistemas activos están limitados al margen de las bajas frecuencias. Por tanto, un sistema que pretenda controlar una banda ancha de frecuencias, incluyendo las bajas, ha de ser necesariamente un sistema híbrido pasivo-activo. En realidad, la mayor parte de los sistemas activos usan algún elemento pasivo para complementar el margen de frecuencias cubierto por ambos.

8. TIPOS DE RUIDO EN EL AMBIENTE LABOAL.

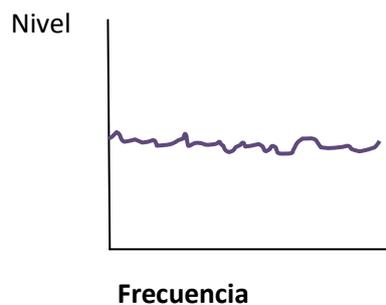
Cuando nos referimos a ruido en el ámbito de trabajo, y por lo tanto el ruido que afecta a la seguridad y salud de los trabajadores, en un primer momento podemos dividirlo en dos grupos diferenciados.

1-Ruido de la fuente: cuando es necesario cuantificar el ruido de una fuente aislada, midiendo en puntos bien definidos de la misma.

2-Ruido en el ambiente laboral.: cuando se mide para determinar el riesgo de pérdidas de la audición, o las molestias que puedan generar el ruido para los trabajadores en el ambiente laboral.

Dentro de estos grupos nos encontramos con diferentes tipos de ruidos en función de su duración y oscilaciones de nivel de presión sonora, que son:

Ruido continuo o estable: se considera un ruido como continuo, cuando su nivel varía en función del tiempo lentamente sobre márgenes inferiores a 5dB.

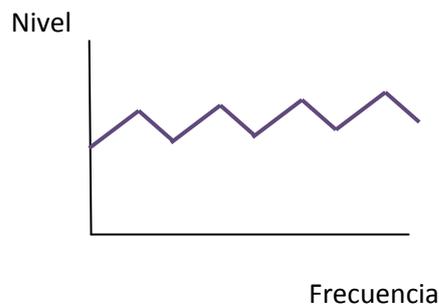


Ruido fluctuante: se considera un ruido como fluctuante, cuando el nivel, en función del tiempo, varía por encima de 5 dB.

Ruido fluctuante periódico: Es aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

Ruido fluctuante aleatorio: Es aquel cuya diferencia entre valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del tiempo.

Ruido de impacto: Se considera un ruido de impacto cuando su nivel varía bruscamente dentro de un periodo muy corto de tiempo.





9. PROTECCIÓN COLECTIVA CONTRA EL RUIDO EN EL AMBIENTE DE TRABAJO.

La protección colectiva, son un conjunto de métodos destinados a proteger la seguridad y la salud de los todos los trabajadores expuestos a ruido, consistente en el desarrollo y colocación de mecanismos o sistemas, destinados a disminuir los niveles de ruido de una forma general.

Materiales absorbentes.

Materiales para acondicionamiento acústico.

Los diversos materiales de uso común usados como absorbentes en el ambiente laboral, son:

Materiales porosos: disipan la energía acústica transformándola en calor. Su principal eficacia es para frecuencias medias y altas, donde las longitudes de onda coinciden con los espesores normales de los materiales utilizados (*fibra de vidrio, lana mineral, corcho...*)

Materiales para argamasa: son materiales acústicos que se aplican en estado húmedo con paleta o pistola para formar superficies continuas de un espesor deseado. Se conocen también como morteros acústicos.

Membranas resonadoras: convierten la energía sonora en mecánica al deformarse ondulatoriamente un panel al ser excitado por el sonido. Las absorciones máximas son para bajas frecuencias.

Resonadores de Helmholtz: la disipación de energía se produce al hacer oscilar las ondas sonoras del aire contenido en las pequeñas cavidades que presenta el material. Su coeficiente de absorción es muy elevado, pero abarca una banda de frecuencias muy estrecha, también en la zona de bajas frecuencias. Poniendo material poroso en el interior de las cavidades se amplía la anchura de la banda, pero disminuye el coeficiente de absorción.

9.1. MATERIALES POROSOS.

Los materiales porosos están constituidos por una estructura que configura una elevada cantidad de intersticios o poros, comunicados entre sí. Los materiales de estructura fibrosa se ajustan exactamente a esta configuración.

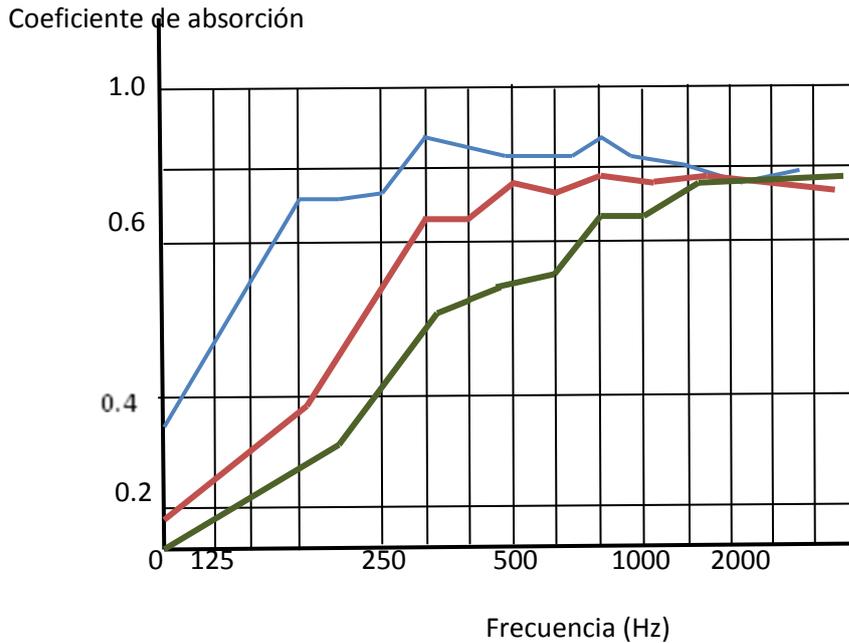
Al incidir una onda acústica sobre la superficie del material, un importante porcentaje de la misma penetra por los intersticios; haciendo entrar en vibración a las fibras, con lo que se produce una transformación en energía cinética de parte de la energía acústica.

Por otra parte, el aire que ocupa los poros entra en movimiento; produciéndose unas pérdidas de energía por el rozamiento de las partículas con el esqueleto, que se transforma en calor.

Como quiera que la sección de que dispone la onda acústica esté limitada por el esqueleto o elemento sólido; se comprende que el comportamiento del material dependerá de la porosidad del mismo.

Efectivamente, la elevada absorción acústica de los materiales constituidos por fibras de vidrio o roca es explicable a su elevada porosidad que puede rebasar el 99%.

No obstante, como quiera que los espesores de capa que normalmente se utilizan es muy limitada, por problemas de espacio y costo, la absorción acústica con materiales porosos es muy elevada a las altas frecuencias y limitada a las bajas. Efectivamente, para obtener un grado de absorción del 93%, es necesario un espesor de aislamiento para una determinada frecuencia; equivalente a un cuarto de la longitud de onda.



Es claramente observable que al aumentar el espesor del material absorbente, obtenemos una mayor atenuación del ruido.

Ejemplo.

Para una frecuencia de 500 Hz, para el espesor de 30 mm, tenemos una absorción de 0,62 pero para el espesor de 70 mm, nos da un valor de 1.

Se incorpora una tabla, donde están agrupados tipológicamente diversos materiales, indicando su comportamiento a diferentes frecuencias.



CARLOS ANDREU CONESA
MEDIOS DE CONTROL DE RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL.



NATURALEZ	ASPECTO	FORMAS DE COLOCACIÓN	PROCESO DE ABSORCIÓN	OBSERVACIONES
-lana de roca - lana mineral	Placas rígidas con superficie uniforme o fisurada o ranurada	Encoladas	La absorción es debida a la porosidad de las placas	Estos materiales son imputrescibles y no combustibles. Pueden encolarse sobre paramentos verticales. No es conveniente pintar estas placas.
		Suspendidas	Al efecto de la porosidad se añade un efecto de diafragma que aumenta la absorción de los graves	
Lana de vidrio	Placas semirrígidas auto portantes	Suspendidas	La absorción es debida a la porosidad y al efecto diafragma de la placa suspendida. La película plástica moderada la absorción de los agudos a favor de los medios	Poder absorbente casi uniforme. Imputrescibles y no combustibles.
-Fibra de madera -Fibra de caña de azúcar -Paja, caña.	Superficie uniforme fisurada, estirada, ranurada o perforada	Encoladas	La absorción debida a la porosidad	Es un material combustible. Es conveniente no pintarlas. Pueden encolarse sobre paramentos verticales.
		Suspendidas	La absorción es debida a la porosidad y al efecto del diafragma	
Placas de fibra de madera	Fibras de madera aglomeradas con cemento. El aspecto es poco decorativo si queda a cara vista.	Encoladas o clavadas	La absorción es debida a los grandes poros del material	El poder absorbente aumenta con el espesor. Solo pueden aplicarse sobre paramentos planos. Es un material combustible
		Suspendidas	La absorción aumenta por el efecto del diafragma	
Enrejados o tejidos		Suspendidos o fijados sobre madera	Se obtiene el resultado que corresponde al material que recubren. Una placa de lana de vidrio colocada sobre tejido de gran malla da el resultado de la lana de vidrio.	Pueden ser colocados en revestimientos de muros con materiales combustibles, pero pueden ignifugarse.
Poliestireno expandido	Placas blancas	Encoladas	Las células están cerradas y la porosidad tiene poco efecto	Solo el poliestireno cortado mecánicamente tiene una ligera eficacia. Es un materia combustible
		suspendidas	Efecto de membrana ligera	
Proyección de fibras minerales	Superficie rugosa irregular		Absorción por porosidad	El revestimiento es bastante frágil, se debe proyectar sobre superficies para poder efectuar reparaciones.



9.2 MATERIALES POROSO – RÍGIDOS.

Se usan como yesos absorbentes sonoros con una estructura granular o fibrosa de tela o esterilla hecha con material orgánico o lana artificial, o de losetas acústicas y bloques comprimidos de fibras con aglutinantes. Los yesos absorbentes sonoros son resistentes y se montan con facilidad siempre que la superficie que los recibe esté preparada.

La disminución en el espesor del material causa la disminución del coeficiente de absorción al reflejarse parte de la energía sonora en la superficie rígida de soporte y volver al interior del recinto. Esto ocurre sobre todo a las frecuencias de 250, 500 y 1.000Hz. Si se montan dejando un espacio de aire entre el material y la pared, aumenta la absorción sobre todo a 250Hz y algo a 125Hz, disminuyendo algo a 500Hz.

Estos materiales suelen presentarse en forma de paneles o tableros acústicos de fácil instalación. Una de sus ventajas principales es su fácil adaptación tanto en edificios nuevos como en los ya construidos.

9.3 MATERIALES POROSO – ELÁSTICOS.

Si el material absorbente presenta un esqueleto no rígido sino elástico, dicho esqueleto estará sujeto a vibraciones al igual que el aire contenido en los poros. Estos sistemas se suelen instalar como sistemas de dos capas con la formación capa de material absorbente-aire-capa de material-aire-pared.

9.4 MATERIALES PARA ARGAMASA.

Estos materiales se forman por una mezcla de ingredientes secos, a los que se les añade un aglutinante líquido. Estos morteros acústicos se aplican normalmente a una capa de cemento o sobre cualquier otro material. Se puede aplicar en dos o más capas usando métodos normales de fratasado o con pistola. La mayoría de los morteros están formados por un agregado de perlita o vermiculita y aglutinante (normalmente yeso). Los huecos entre las partículas dan la porosidad necesaria para la absorción sonora.

Sus coeficientes de absorción suelen ser del orden de 0,3-0,4 hasta frecuencias de 500Hz, aumentando a partir de ahí de manera importante, presentando los valores más altos para frecuencias a partir de los 1000Hz con coeficientes alrededor de 0,8-0,9.

9.5 SISTEMAS DE PANELES PERFORADOS.

Estos sistemas consisten en paneles separados que rompen la impresión de continuidad de la superficie en el tratamiento decorativo de las paredes del recinto en que se aplican. El tipo más usado es el de panel metálico perforado con relleno de fibra mineral. Suelen ser paneles de 60x30cm de acero o aluminio perforado y relleno de lana mineral envuelto en papel ligero ignífugo para prevenir pequeños desprendimientos del relleno.

El tipo más simple de resonador absorbente es el de Helmholtz. Consiste en un pequeño volumen de aire dentro de una cavidad en contacto con el aire del recinto a través de una pequeña abertura que es el cuello del resonador. Una onda acústica, al incidir sobre el cuello, hace que el aire vibre transmitiendo esta vibración a la cavidad donde sufre compresiones y enrarecimientos sucesivos. Presentan un coeficiente de absorción muy localizado en una banda estrecha de frecuencias, pero con valores muy altos, cercanos a la unidad. El resonador



se puede diseñar específicamente para atacar una banda de frecuencias determinada. Si se amortigua el resonador forrando la cavidad y el cuello con un material poroso, entonces el resonador amplía la banda de frecuencias en que es eficaz, pero disminuyendo el valor máximo que presenta de coeficiente de absorción a casi la mitad.

Los resonadores de Helmholtz se suelen emplear donde existe una gran reverberación a una determinada frecuencia, para reducir este valor sin afectar al resto de frecuencias en la reverberación.

La frecuencia de resonancia de un resonador, viene dada por la siguiente ecuación:

$$f_0 = \frac{C}{2\pi} \sqrt{\frac{\varepsilon}{l' * d}}$$

Donde:

- C= velocidad del sonido en el aire (m³)
- ε = radiación superficie perforada/ superficie total (m²/m²)
- l'= unidad efectiva del agujero (m)
- d= espesor de la capa de aire(m)

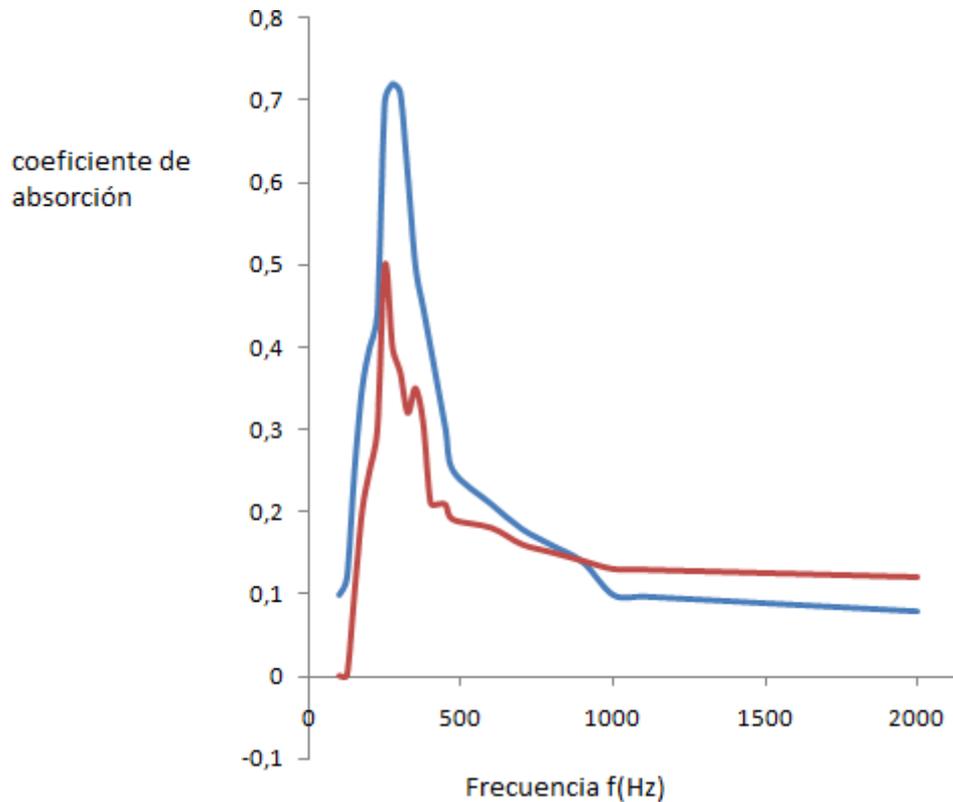
9.6 SISTEMAS DE PANELES RÍGIDOS O MEMBRANAS RESONADORAS.

Estos sistemas se basan en el hecho de que una onda acústica es parcialmente absorbida cuando encuentra en su camino cuerpos capaces de vibrar a su propio ritmo. Si el cuerpo que se encuentra tiene unos modos de vibración discretos, absorbe sólo algunas de las frecuencias y por tanto la absorción es selectiva. Como el panel tiene inercia y amortiguamiento, parte de la energía sonora incidente se convierte en energía mecánica y se disipa en forma de calor, por eso absorbe sonido. Pero al entrar el panel en vibración, él mismo actúa como radiador sonoro, por lo que en estos sistemas el coeficiente de absorción no suele ser superior a 0,5.

Se ha comprobado que un cambio en la distancia del sistema vibratorio a la pared rígida, como en los materiales porosos, tiene influencia en el valor del coeficiente de absorción y en su variación con la frecuencia (al aumentar la distancia, la frecuencia de resonancia disminuye).

Estos materiales tienen ventajas respecto a los porosos como son la resistencia a los golpes, duración y posibilidad de tratar o redecorar la superficie. Pueden barnizarse, pulirse o pintarse.

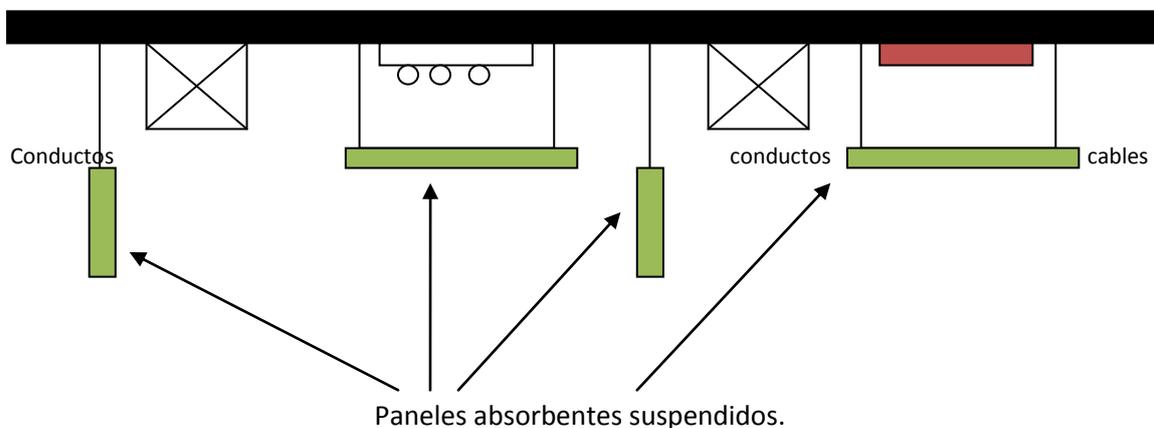
Coefficientes de absorción acústica de un panel contrachapado e 1,5 mm, con camara de aire de 60 mm



9.7 ABSORBENTES SUSPENDIDOS.

Bajo este epígrafe se agrupan materiales y estructuras acústicas que están suspendidas del techo del recinto como unidades individuales. Normalmente toman la forma de láminas planas o pantallas de material absorbente, colgadas verticalmente en hileras continuas, o bien unidades con forma de cajas vacías suspendidas del techo.

Estos tipos tienen su aplicación principal en zonas donde un tratamiento acústico del techo de tipo convencional es impracticable por algún motivo.





La absorción sonora de los absorbentes suspendidos se establece normalmente como los metros cuadrados de absorción suministrados por cada unidad. Este valor aumenta con el espaciado de los absorbentes y se aproxima a un valor constante con espaciados amplios.

La efectividad de los absorbentes suspendidos en una zona de techo en comparación con un tratamiento total de dicha zona, se puede determinar dividiendo el número de metros cuadrados suministrados por cada absorbente por el área de techo ocupada por el mismo. El coeficiente de absorción del techo equivalente que resulta de los absorbentes es una medida de la efectividad en la zona y es directamente comparable con el coeficiente de un tratamiento de techo continuo en la misma.

Un absorbente suspendido típico de tipo pantalla es un tablero de fibra mineral de 1.2x0.6m con un espesor de 3.8cm, cubierto con una membrana plástica lavable, delgada e impermeable, que transmite las ondas sonoras con buena eficacia en la mayor parte del espectro sonoro. El espaciado entre paneles varía entre 0.6m a 1.8m y las hileras pueden correr en una o dos direcciones. En la figura se observa el coeficiente de absorción equivalente de un absorbente suspendido tipo pantalla, en función de la frecuencia, para dos separaciones distintas.

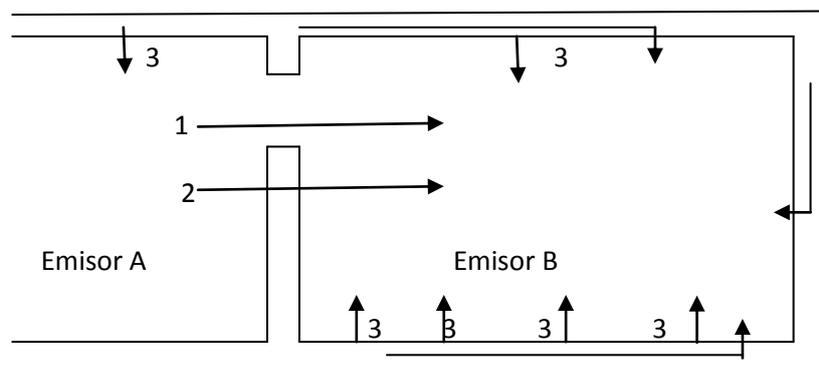
9.8 AISLAMIENTO DEL SONIDO TRANSMITIDO POR EL AIRE.

El aislamiento del sonido consiste en impedir su propagación por medio de obstáculos reflectores. Como ya se indicó en el apartado (Reflexión del sonido), siempre que se trata de lograr un gran factor de reflexión hay que interponer en el camino del sonido un medio cuya impedancia Z sea lo más diferente posible a la del medio que conduce el sonido; por tanto, es lógico tratar por un lado el aislamiento del sonido en el aire u otro medio gaseoso (baja impedancia) y, por otro, el aislamiento en sólidos (alta impedancia)

9.9 AISLAMIENTO DEL SONIDO TRANSMITIDO POR EL AIRE.

El sonido transmitido por el aire es lo que normalmente se llama ruido aéreo, y así lo denominaremos en adelante.

Si colocamos una barrera entre dos locales para conseguir un aislamiento al ruido aéreo, la transmisión del ruido de un local a otro se puede realizar por distintos caminos; como se ve en la figura.





- a) Por vía directa 2, que se puede descomponer en dos causas principales.
- La porosidad a través de fisuras e intersticios.
 - El efecto de diafragma, es decir, flexión bajo el efecto de la presión sonora, como en una membrana.
- b) Por vías indirectas, como conductos 1 y paredes adyacentes 3.

Medidas

Aislamiento acústico (D): Es la diferencia de niveles de presión acústica (L_1 y L_2) que existe entre el nivel acústico del local donde está la fuente (local emisor) y el del local donde se recibe el sonido (local receptor).

$$D = L_1 - L_2 \text{ dB}$$

Este valor puede corresponder a una sola frecuencia, a una banda de frecuencia o al espectro total de frecuencias.

Aislamiento acústico normalizado (D): Es la diferencia de niveles de presión acústica entre el local emisor y el receptor; pero teniendo en cuenta la influencia que, sobre el nivel, ejerce la reverberación. En el local receptor, si existe una reverberación elevada, el valor del nivel acústico L_2 es mayor que el que cabría esperar debido al aislamiento producido por la pared, con lo que el aislamiento acústico se reduce. Lo contrario ocurrirá en el caso de elevada absorción: baja reverberación.

Para tener en cuenta esta incidencia, se efectúa una corrección de los resultados considerando que una habitación con un amueblamiento normal posee un tiempo de reverberación de 0,5 segundos, o, según otra normativa, un área de absorción equivalente de 10 m².

Por tanto, el aislamiento acústico normalizado, para una frecuencia determinada entre dos locales, se calcula mediante la expresión:

$$D = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{0.5} = A_1 - A_2 + 10 \log \frac{10}{A}$$

Donde:

- D= Aislamiento normalizado.
- L_1 = nivel sonoro local 1.
- L_2 = Nivel sonoro local 2.
- T= Tiempo de reverberación del local receptor para la frecuencia considerada.
- A= área de absorción equivalente del local receptor para la frecuencia considerada.



9.10 AISLAMIENTO DE PAREDES SIMPLES.

Se entiende por pared simple la que no está formada por varias paredes independientes, es decir, no es necesario que sea una pared homogénea (de un solo material), sino que debe cumplir que los puntos situados sobre una misma normal no modifiquen su distancia mutua cuando la pared realice vibraciones.

Para obtener un buen aislamiento acústico, estas paredes se deben construir de acuerdo con los siguientes puntos:

- Suficientemente pesadas.
- Débilmente rígidas.
- Estancas de aire.

a) Aislamiento real de paredes simples.

La ley de masas sólo se cumple en un intervalo de frecuencias que está determinado por dos frecuencias características de una pared real y en el entorno de las cuales no se cumple la ley de masas, con una reducción notable del aislamiento acústico.

- La frecuencia natural del sistema (f_0) como un todo, que depende de la masa de la pared y de las sujeciones perimetrales de la hoja.
- La frecuencia crítica o de coincidencia f_c , en la cual las ondas incidentes coinciden en frecuencia con las ondas longitudinales de flexión de la pared.

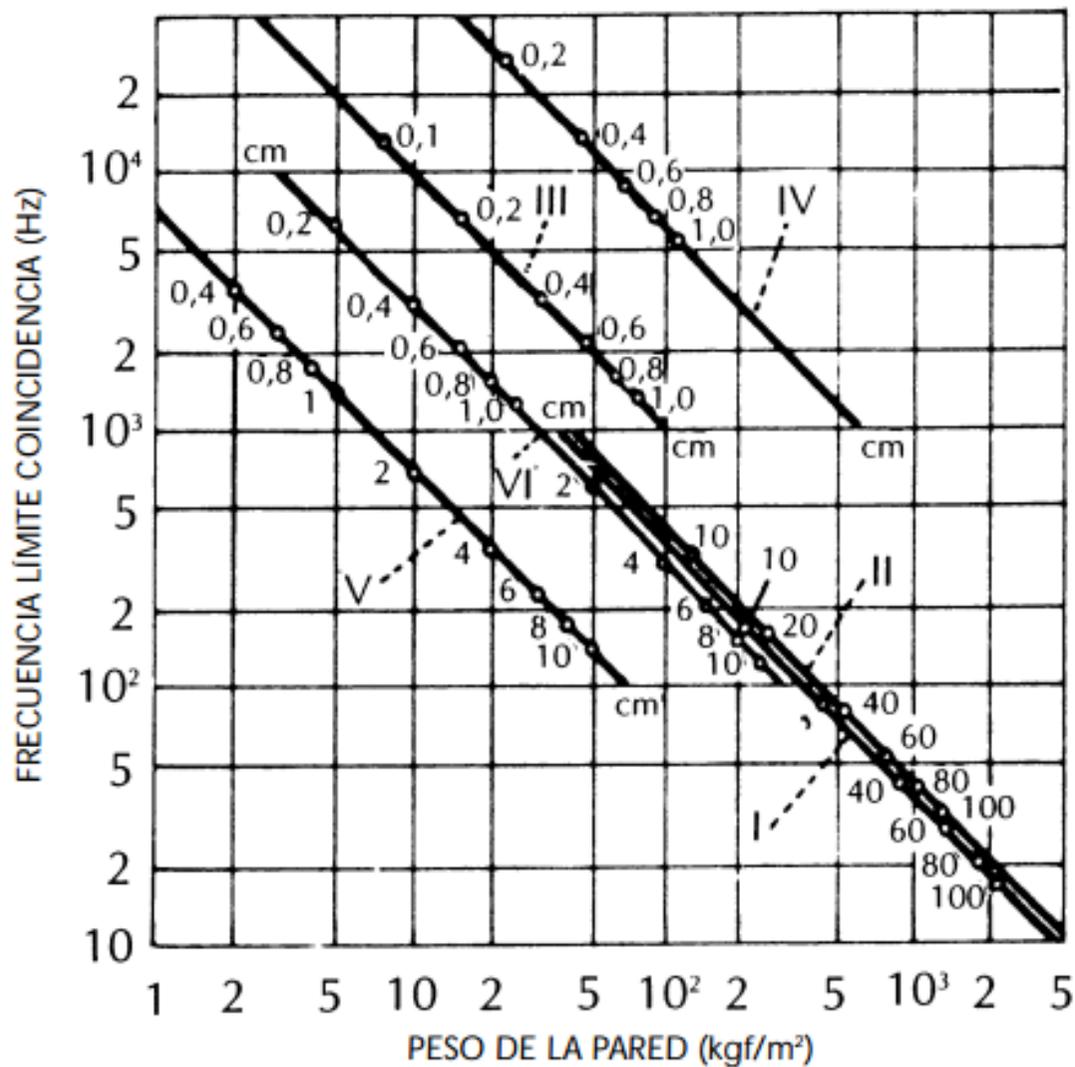
Esta frecuencia depende exclusivamente del material de la pared y de su espesor, según la expresión:

$$f_c = \frac{C^2}{2\pi d} \sqrt{\left(\frac{12 * \theta}{E}\right) * (1 - \mu^2)}$$

Donde:

- C =velocidad del sonido en el aire(m/seg)
- d =Espesor de la pared(m)
- θ = densidad del material de la pared(kg/m³)
- μ = coeficiente de Poisson
- E = modulo de Young(N/m²)

En la figura se indican los valores de las frecuencias críticas de los materiales más habituales en el ambiente laboral.



- I - HORMIGÓN
- II - LADRILLO
- III - ACERO
- IV - PLOMO
- V - MADERA CONTRACHAPADA
- VI - VIDRIO
- LAS CIFRAS INDICAN EL ESPESOR DE LA PARED EN cm

9.11 AISLAMIENTO DE VIBRACIONES

Todas las máquinas vibran y por tanto transmiten oscilaciones a las estructuras sobre las que descansan (pisos, paredes, tuberías...). Una parte del ruido estructural se convierte, por radiación, en ruido aéreo, ruido que de no ser controlado puede ocasionar graves problemas en la salud de los trabajadores expuesto. De manera que el correcto aislamiento de las vibraciones es una forma de atenuar los niveles de ruido, que es capaz de generar una máquina.

Con el aislamiento se pretende impedir que las vibraciones de una máquina pasen al suelo (y se propaguen), o visto desde otro punto, evitar que las vibraciones de otros equipos no se transmitan a alguna máquina sensible. El aislamiento es más efectivo cuando la estructura sobre la que descansa la máquina (y a la cual se quiere evitar que pasen las vibraciones), tiene suficiente masa, para evitar, en un caso, las resonancias, y en otro las deformaciones indeseables.

Otra de las cosas que se pretende con el aislamiento, y amortiguación de de las vibraciones producidas por las máquinas, es reducir el nivel de ruido que generan las mismas, para que los trabajadores no estén expuestos a niveles de ruido elevados.

Generalmente, para reducir la transmisión de vibraciones de la máquina a la base (o viceversa). Se puede aplicar a las siguientes acciones.

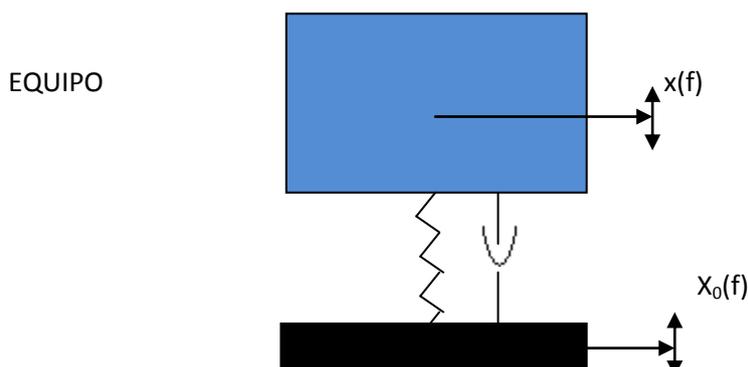
- Montaje de máquina sobre calzos anti vibratorios.
- Preparación de una base adecuada en cuanto a masa y rigidez.
- Utilizar juntas flexibles en los aislamientos de tuberías siempre que sea posible.

Un medio constituido por una masa, soportada por un elemento de características elásticas conocidas, tiene una frecuencia natural de vibraciones definida por la siguiente ecuación:

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{M}}$$

Donde:

- f_n = frecuencia natural (Hz)
- K = rigidez del elemento elástico (kg/seg²)
- M = masa (kG)





La rigidez del elemento elástico es la característica del elemento como muelle. Otra forma de establecer la frecuencia natural del sistema es la determinación de la flexión estática de la capa elástica bajo la carga de la masa "M".

La expresión en este caso es:

Siendo "d" el valor de la flexión estática en mm.

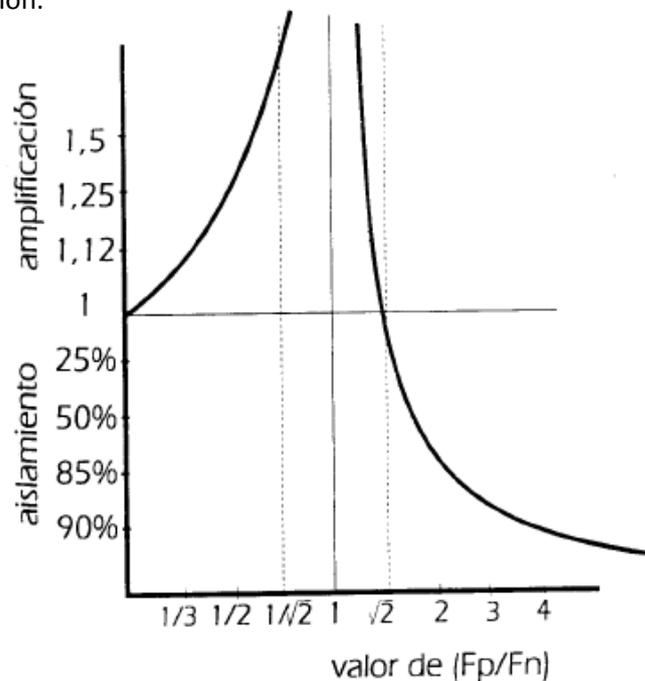
$$f_n = \frac{15.7}{\sqrt{d}} \text{ (Hz)}$$

Si el sistema constituido por la masa "m" y el muelle de rigidez dinámica "k", se le somete a una excitación de frecuencia perturbadora "f_p", la transmisión de energía de excitación es:

$$T = \frac{1}{\left(\frac{f_p}{f_n}\right)^2 - 1}$$

Donde:

- T= transmisibilidad de la energía de perturbación.
- La representación gráfica de la función anterior permite establecer:
 - Para $f_p/f_n < 1/2$, la transmisibilidad es igual que si no existiera unión elástica.
 - Para $1/2 < f_p/f_n < \sqrt{2}$, la transmisibilidad aumenta fuertemente por el efecto de la resonancia del sistema para $f=f_n$
 - Para valores de $f_p/f_n > \sqrt{2}$ la transmisibilidad empieza a reducirse de modo apreciable, de modo que para $f_p/f_n=3$, el valor transmitido es solo 16% de la energía de excitación.



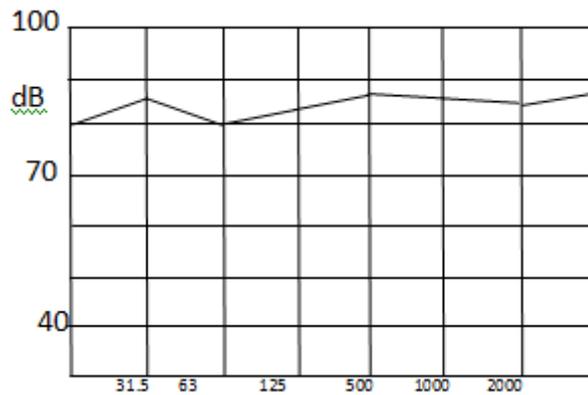
El valor práctico generalmente admitido es que deben utilizarse elementos estáticos con una f_n tal, que sea como mínimo $f_n=f_p/3$ siendo f_p Hz el valor de la frecuencia más baja capaz de excitar el sistema.

9.12 ENCAPSULAMIENTO DE EQUIPOS.

La solución idónea para equipos ruidosos es el encapsulamiento, construyendo un cerramiento total sobre la máquina o grupo de equipos.

Veamos ahora los diferentes tipos de configuraciones aplicables.

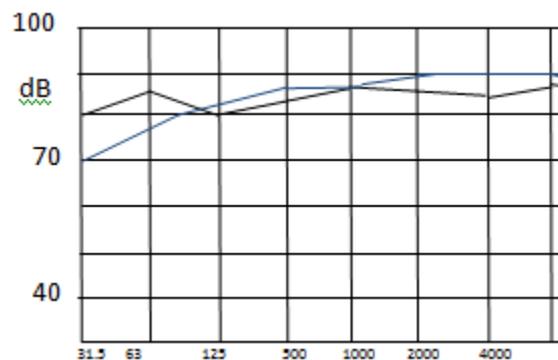
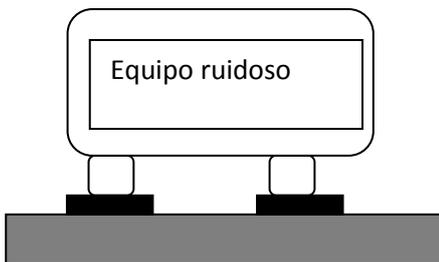
-a) Equipo ruidosos.



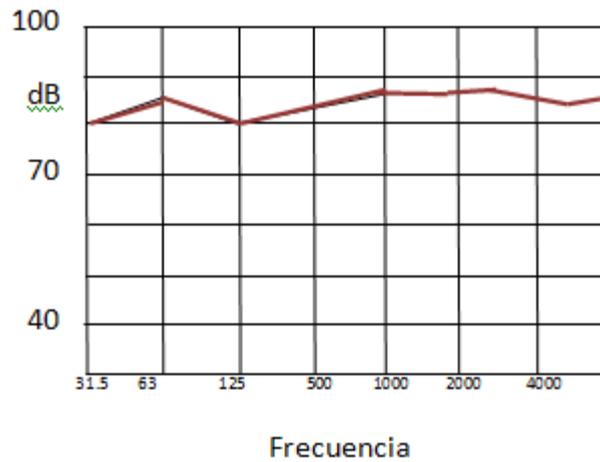
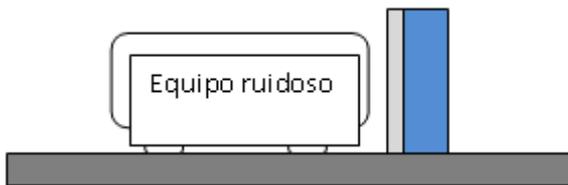
Un equipo ruidoso situado en el interior de un local presenta el espectro sonoro a ruido aéreo que se indica.

b) Tratamiento anti vibratorio.

El primer paso elemental para todo equipo con movimiento interno es la desolidarización del apoyo sobre cualquier elemento del edificio. La colocación de elementos antivibratorios adecuados proporciona, además de la reducción de la transmisión vía sólida, una reducción importante a ruido aéreo en el campo de las bajas frecuencias.



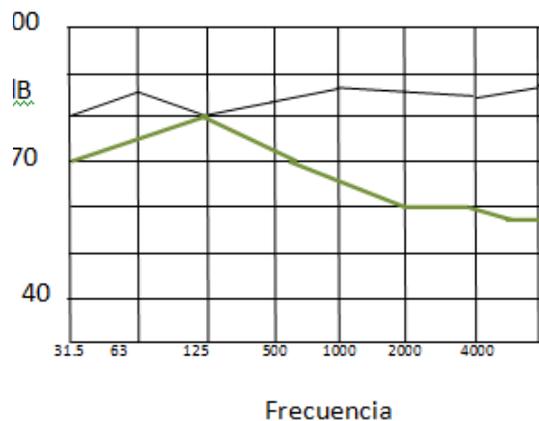
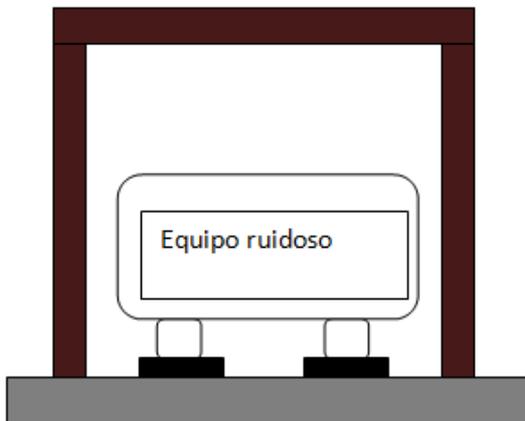
c) Apantallamiento de la fuente de ruido



Para tratar mejor, se analiza una solución complementaria a la anterior, que es el apantallamiento del equipo. Sin embargo, se comprueba que esta solución aporta poco aislamiento global. Se representa el efecto que se obtendría solamente con el apantallamiento del equipo, que solo es aceptable en las altas frecuencias.

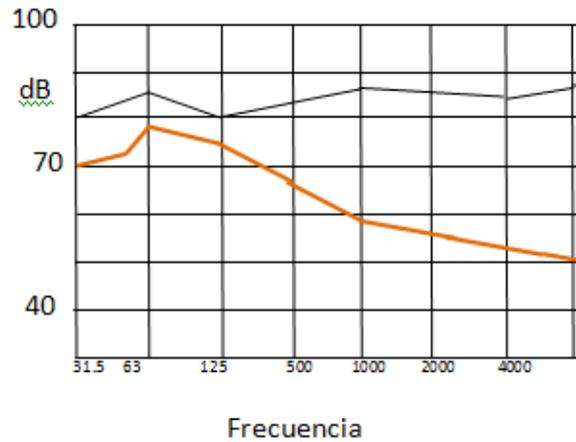
d) Cerramiento hermético y rígido con anti vibradores.

El siguiente paso será establecer un cerramiento envolvente del equipo, salvo el suelo, que presenta un aislamiento teórico de la membrana tan elevado como se desee. La reducción del nivel sonoro es evidente especialmente en el campo de las frecuencias altas y medias. No obstante, el cerramiento con materiales rígidos presenta una elevada componente en el campo reverberado ya que su coeficiente de absorción será muy bajo a cualquier frecuencia.



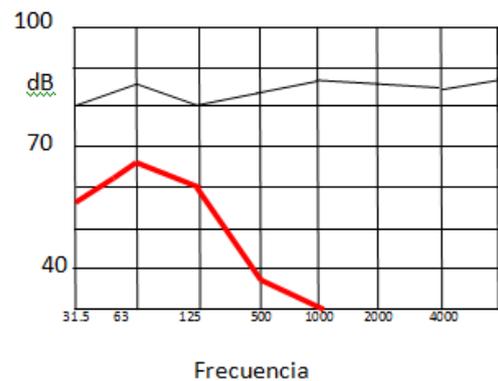
e) Cerramiento hermético y rígido con material absorbente y anti vibradores.

Puede disminuirse el nivel sonoro mediante la introducción de materiales fuertemente absorbentes, como son las lanas de vidrio o roca, que reducen el componente reverberado. Así se llega a la solución, en la que se reduce el nivel en todo el espectro. Normalmente los materiales absorbentes se presentan a la instalación con recubrimientos.



f) Doble cerramiento hermético y rígido con material absorbente y anti vibradores.

Si el nivel sonoro todavía resultara elevado para las exigencias técnicas previstas, la solución pasa por construir << una caja dentro de la caja >>, de acuerdo con lo propuesto en (e). En esta solución, el equipo instalado dentro de una envolvente completamente cerrada, desolidarizando todo lo anterior por elementos antivibratorios del suelo y situándolo en un cerramiento como el presentado en el caso anterior.





La reducción sonora es muy elevada y prácticamente es la única posible si se desean aislamientos in situ, superiores a 60-65 dB(A).

Los cerramientos a efectuar, no suelen presentar elementos simples y uniformes, sino que presentan con frecuencia elementos complejos para diversas funciones, como son:

- Elementos transparentes para la inspección visual.
- Elementos practicables de acceso y evaluación de personas y materiales (puertas, mirillas, cintas trans portadoras...)
- Tomas de aire y evacuación de gases.

Aunque existan partes en las que haya que disponer elementos transparentes para la inspección visual, tomas de aire.... El cerramiento de equipos es una solución muy aceptable para disminuir el ruido generado por las maquinas en el ambiente de trabajo, y que gracias al cerramiento se consiguen disminuciones muy drásticas del ruido.

Con el apantallamiento lo que conseguimos, es disminuir drásticamente el nivel de ruido al que estaba sometido un trabajador expuesto.

Hay veces que por problemas de espacio, no es posible, adoptar doble cerramiento hermético y rígido con material absorbente y anti vibradores, pero colocando una simple pantalla de material absorbente entre el trabajador y la maquina, conseguimos disminuir los niveles de ruido.



10. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL QUE PROTEGEN CONTRA EL RUIDO.

Los equipos de protección personal, son equipos destinados a proteger a los trabajadores frente a las exposiciones a ruido de manera individual.

Los Equipos de protección individual de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y salud que puedan originarse por la exposición al ruido, en particular, los riesgos para el oído están recogidos en el RD 286/2006, donde se establecen las disposiciones mínimas en esta materia .

Los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción, los podemos observar en la siguiente tabla.

Real decreto 286/2006	L_{Aeq,d}	L_{pico}
Valores límite de exposición	87dB(A)	140 dB8(C)
Valores superiores que dan lugar a una acción	85dB(A)	137 dB(C)
Valores inferiores que dan lugar a una acción	80 dB(A)	135 dB(C)

El nivel diario equivalente L_{Aeq,d} como promedio energético ponderado A del ruido en el tiempo; y el nivel pico, L_{pico}, como valor máximo de la presión acústica instantánea.

10.1. APLICACIÓN DE LA UNE-EN ISO 4869-2 PARA ESTIMAR EL NIVEL EN EL OÍDO CON EL EPI.

La norma UNE-EN ISO 4869-2 describe tres métodos de estimación del nivel efectivo de presión sonora ponderada A en el oído cuando se utilizan los protectores auditivos. El método más completo es el que utiliza el espectro de frecuencias del ruido, que sería el método de cálculo por bandas de octava. Sin embargo, si no se dispone del espectro de frecuencias, se puede acudir a dos métodos alternativos: el método HML y el método SNR.

Es necesario tener presente que los datos de atenuación del protector auditivo que suministra el fabricante, son las atenuaciones medias y desviaciones tipo por bandas de octava (A63 Y D63, A125 Y D125, A250 Y D250....) los parámetros H, M, L y el SNR; todo ello en unidades decibélicas dB.

Los protectores auditivos (orejeras o tapones) están sometidos a la normativa que regula tanto la fabricación y comercialización como el uso de los Equipos de Protección Individual (EPI). Según dicha normativa, para obtener la necesaria certificación de la Unión Europea (CE), y puesto que se trata de EPI de categoría 2ª, se debe garantizar el cumplimiento de ciertas prestaciones a través de ensayos en laboratorio establecidos en la correspondiente normativa armonizada, en lo que constituye el examen de tipo. La prestación más importante es la atenuación que proporcionan.



Esta atenuación, es un valor constante para cada banda de octava, pero la protección global es diferente según el espectro de frecuencias del ruido en cuestión, por lo que puede decirse que, para un mismo protector, la protección varía en cada situación. Los correspondientes datos sobre la atenuación, deben figurar en el folleto informativo que el fabricante adjunta al protector auditivo. A partir de ellos se puede calcular la protección que ofrecerá dicho protector en cada caso.

- Método de bandas de octava.

Requiere conocer los niveles de presión sonora, en bandas de octava, del ruido ambiental. Es el método más fiable.

Cuando se utiliza un protector auditivo se obtiene el valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A (LA'), aplicando la siguiente expresión

$$L_A = 10 \log \sum_{f=63\text{Hz}}^{f=800\text{Hz}} 10^{0.1*(L_f + A_f - APV_f)}$$

donde Af es la ponderación A en cada octava, y Lf el nivel de presión sonora por octava, sin ponderar. El valor resultante de LA' debe redondearse al entero más próximo.

Ejemplo:

Se desea conocer el nivel de presión sonora efectivo ponderado A, en un ambiente de trabajo cuando se utiliza un determinado protector auditivo. El nivel de presión sonora, por bandas de octava, del ruido ambiental y las características de atenuación del protector se indica en las tablas 2 y 3.

Espectro de frecuencias en bandas de octava del ruido

Frecuencia Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _f dB	96	98	92	97	98	93	85	93

Datos de atenuación del protector(datos del fabricante)

Frecuencia Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L _f dB	96	98	92	97	98	93	85	93
Ponderación A	-26.1	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1	-1.1
L _A	69.9	81.9	83.4	93.8	98	94.2	84	91.9
APVf	-12	-10	-9	-10	-7	-6	-8	-7
H=27 dB M=25dB L=20 dB SNR=32 dB								



CARLOS ANDREU CONESA
MEDIOS DE CONTROL DE RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL.



A continuación se aplica, por suma de los valores correspondientes, (ver tabla 5) la ponderación A (fila 2) al nivel de presión sonora en cada octava (fila 1) y a continuación se le restan los valores de la protección asumida también de forma vertical (fila 4). Los valores resultantes por octava se suman en horizontal (suma logarítmica). El resultado es el nivel de presión sonora efectivo, ponderado A (fila 5, final).

Así mismo por suma horizontal logarítmica de los valores de la fila 1 se obtiene el nivel lineal de presión sonora no ponderado y en la fila 3, el nivel de presión sonora ponderado A.

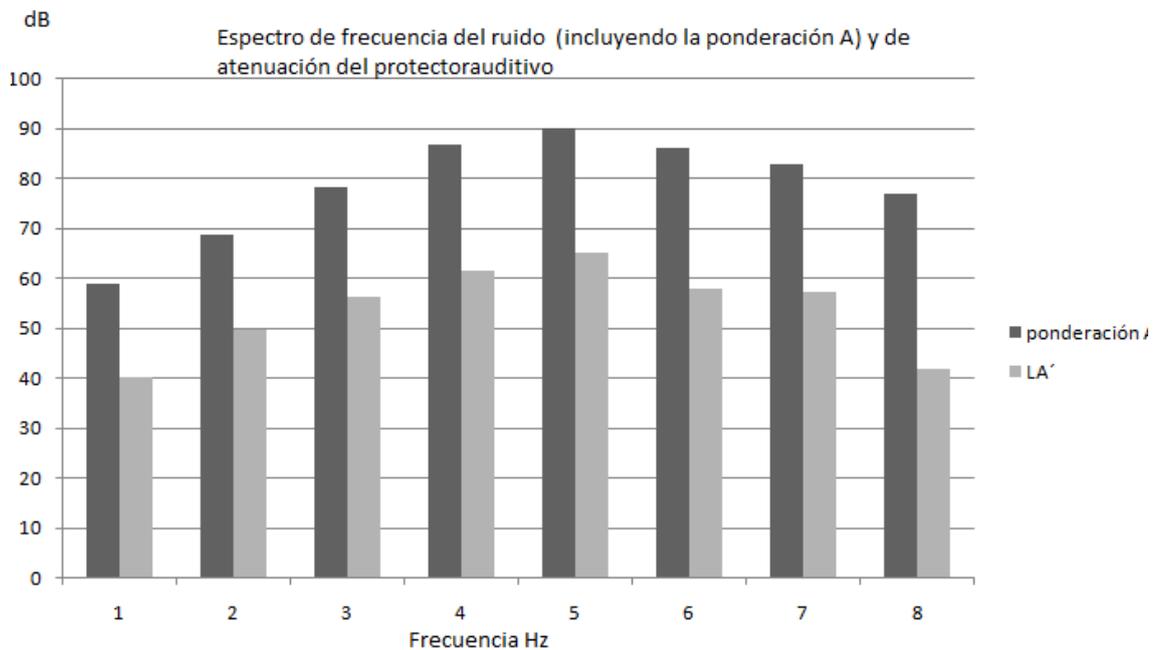
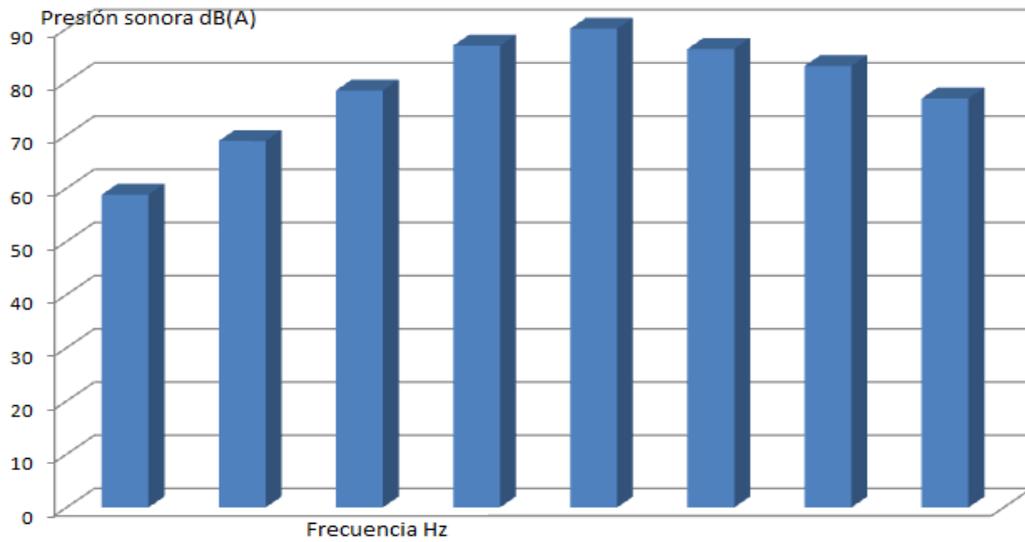
La suma logarítmica se calcula así:

$$L_{f'} = 10 \log \sum_{f=63Hz}^{f=800hZ} 10^{0.1L_f}$$

Frecuencia Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Global
L_f dB	85	85	87	90	90	85	82	78	$L=96$ dB
Ponderación A	-26.2	-16.1	-8.6	-3.2	0	1.2	1	-1.1	
L_A	58.8	68.9	78.4	86.8	90	86.2	83	76.9	$L_A=93$ dB
APV_f	18.5	19.3	22.1	25.3	24.9	28.3	25.7	35.3	
L_A'	40.3	49.6	56.3	61.5	65.1	57.9	57.3	41.6	$L_A'=68$ dB

$$L_{eAq,T} = 91dB(A)$$

Espectro de frecuencias de ruido (incluyendo la ponderación (A))



Naturalmente la protección real está condicionada al uso correcto y al grado de mantenimiento del EPI.



- METODO HML.

El método requiere conocer los valores de presión acústica ponderados A y C, así como los valores de H, M y L del protector auditivo. Se calcula el valor de PNR según la diferencia entre LC y LA de la siguiente manera:

Si la diferencia $LC - LA \leq 2$ dB se utilizara la expresión:

$$PNR = M - \frac{H - M}{4} - (L_C - L_A - 2)$$

Si la diferencia de $L_c - L_a \geq 2$ se utilizará la expresión:

$$PNR = M - \frac{H - L}{4} - (L_C - L_A - 2)$$

El valor resultante de LA' debe redondearse al entero más próximo.

Se puede utilizar el nivel de presión acústica no ponderado en lugar del LC

EJEMPLO:

Calcular los valores de LA' y PNR 84 para el caso del ejemplo anterior:

En la práctica, el empleo de este método es apropiado cuando se poseen los valores de LC y LA obtenidos de la medición, en este caso, en el que ya conocemos el valor de LA, se obtendrá LC aplicando la ponderación C a los niveles de presión sonora en cada octava .

Así pues $LC - LA = 98 - 91 = 7$ dB

Se puede, en este caso, utilizar cualquiera de las expresiones (5) ó (6) para obtener la reducción predicha del nivel de ruido.

Ponderacion	-0.8	-0.32	0	0	0	-0.2	-0.8
C							
Lc	95	98	92	97	98	93	84

$$L_c = 98$$

$$PNR = 98 - 91 = 7$$

$$PNR = M - \frac{H - L}{4} - (L_C - L_A - 2) = 25 - \frac{27 - 20}{8} * (98 - 91 - 2)$$

$$PNR = 20.65 \text{ dB}$$



Con este valor de PNR el nivel de presión sonora efectivo ponderado A, será

$$LA = 93 - 14.35 = 83.25 \text{ dB(A)} \text{ con una probabilidad del } 84\%$$

- **METODO SNR.**

Se precisa el nivel de presión sonora ponderado C y el parámetro SNR del protector auditivo.

Se calcula el nivel de presión sonora efectivo ponderado A de la siguiente forma: $LA' = LC - SNR$

Ejemplo:

Continuando con los datos de los ejemplos anteriores, en este caso, será:

$$LC = 98 \text{ dB(C)} \text{ y } SNR = 28 \text{ dB, por lo que}$$

$$LA = 98 - 28 = 70 \text{ dB(A)}$$

El nivel de presión sonora efectivo ponderado A será de 70 dB(A) con una probabilidad del 84%.

Cuando preponderan los niveles de presión sonora correspondientes a las frecuencias muy altas o muy bajas, del espectro del ruido en cuestión (ruidos agudos o graves) aumentan las diferencias halladas entre los PNR calculados por los tres métodos.

Los valores obtenidos a partir del método del espectro de bandas de octava, el método M H L ofrece una buena aproximación en el cálculo del PNR, mientras que se comete un gran error utilizando el SNR. Aunque los resultados también dependen del espectro de atenuación del protector auditivo, por regla general, cuando en los espectros del ruido en cuestión preponderan frecuencias bajas o muy altas, disminuye mucho la precisión del sistema de cálculo a partir del SNR, mientras que se mantiene una precisión aceptable en el método H M L.

10.2 SELECCIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO

Para la selección de un EPI es necesario identificar los riesgos, evaluar y caracterizar el ruido, así como también determinar las condiciones ambientales en el puesto de trabajo que puedan afectar la vida útil y el rendimiento del protector. Es recomendable que personal capacitado, con la colaboración del trabajador participen en dicho proceso. Para llevarlo a cabo es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- Exigencias en materia de atenuación sonora;
- Mercado CE
- Comodidad que ofrece al trabajador, así como los problemas de salud del trabajador, para determinar si el protector auditivo ejerce influencia sobre éstos;

- Necesidad de escuchar señales de alarma;
- Condiciones del lugar de trabajo;

Es recomendable que en el proceso de selección de un EPI participen todos los estamentos de la empresa y organismos involucrados en este tema.

Este proceso de selección se debe efectuar, nuevamente en la empresa, cuando en algún puesto de trabajo, se modifiquen las condiciones medioambientales, se produzcan cambios en el ambiente sonoro, y/o cambios en los procesos productivos.

10.3. TIPOS DE PROTECTORES AUDITIVOS

Orejas

El protector auditivo tipo orejera es el siguiente:

En estos protectores auditivos, por lo general, el arnés se ubica sobre la cabeza, pero en algunos de estos dispositivos se puede ubicar detrás de la nuca o bajo la barbilla.

Clasificación de las Orejas

De acuerdo a su tamaño.

Una orejera por sus dimensiones puede ser de una talla de cabeza o cubrir varias tallas.

De acuerdo al elemento utilizado para acoplar las orejas.

Estas se clasifican en: Orejas con arnés y Orejas acoplables a un casco de protección.



Orejas acoplables a casco de protección.

Tapones

Son protectores auditivos que se insertan en el conducto auditivo o en la cavidad de la oreja, bloqueando la transmisión del sonido por vía aérea. A veces vienen provistos de un cordón conector o de un arnés.

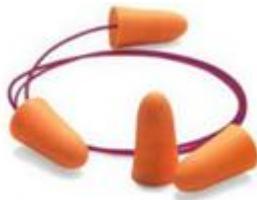
Clasificación de los Tapones

Clasificación según vida útil

- Desechables: Están destinados para ser utilizados una sola vez.
- Reutilizables: Se pueden utilizar más de un vez. Para ser considerados reutilizables, se deberá indicar esta información en el folleto informativo y deberá contar con un envase adecuado para su conservación, así como también información sobre mantención y limpieza.

Clasificación según adaptabilidad al uso:

- Tapones moldeables por el usuario: Se comprimen con los dedos (reducción de su diámetro) para luego ser insertado en el conducto auditivo donde se expanden y amoldan.



- Tapones pre moldeados: están compuestos por una, dos o tres cuñas (o rebordes) que ayudan a sellar el conducto auditivo. Éstos no requieren manipulación antes de colocarse. Para estos tapones se debe indicar en el folleto informativo el rango de diámetros de conductos auditivos con que se puede utilizar.



- Tapones personalizados: Hechos a la medida del usuario, obtenidos a partir de un molde del conducto auditivo de cada usuario. Suelen ser del tipo reutilizable.





· Tapones unidos por un arnés: Son tapones desechables o reutilizables unidos entre sí por un arnés. Se introducen en el conducto auditivo o bien se colocan a la entrada del mismo.



Como en el caso de las orejeras estos protectores pueden ser de una talla de cabeza o cubrir varias tallas: mediana o estándar (M o N), y/o Pequeña (S) y/o Grande (L.).

10.4. TIEMPO DE USO DE PROTECTORES AUDITIVOS.

Para lograr el mejor rendimiento de un protector auditivo, éste se debe utilizar durante toda la exposición a ruido. Si el trabajador se los quita por durante un período de tiempo, por muy corto que éste sea, la protección efectiva obtenida se reduce sustancialmente.

Ajuste de Tapones

Los tapones se deben introducir totalmente en los conductos auditivos del trabajador para ocluir los oídos. Esta operación debe efectuarse siempre con las manos limpias. Una vez que los tapones se hayan insertado de manera correcta, el trabajador debería percibir que los dos oídos están igualmente ocluidos. Aquellos tapones que se suministren en diferentes tallas, se deben adaptar correctamente y en forma independiente en cada conducto auditivo del trabajador (derecho e izquierdo).

Ajuste de Orejeras

Al colocar la orejera hay que asegurar que los pabellones auditivos queden íntegramente encerrados en el interior de las copas. Verificar que el ajuste del arnés sea cómodo para el trabajador, y que la sensación de presión ejercida por las almohadillas sea la misma en ambos oídos.

Se debe lograr un buen sello, obteniendo un contacto continuo entre las almohadillas y la cabeza, de manera que no se produzcan filtraciones de aire (fugas), que puedan reducir la protección auditiva. Cascos de Protección u otros EPI's usados sobre la cabeza no deben interferir con el sello.



Ajuste de orejeras y tapones utilizando el Efecto de Oclusión

El Efecto de Oclusión se puede utilizar como control de ajuste de los EPI. Para ajustar los tapones se recomienda contar en voz alta de 1 a 5, mientras se escucha el cambio de la voz, introduciendo un tapón por vez. Para esto la voz se deberá percibir más fuerte en el oído protegido. Si esto no sucede, se deberá ajustar nuevamente el tapón, o se deberá cambiar su tamaño. Cuando ambos tapones han sido correctamente ajustados, la calidad de la voz percibida por ambos oídos deberá ser igual y deberá percibirse como generándose desde el centro de la cabeza. En el caso de orejeras el efecto de Oclusión es menor para copas con volúmenes grandes.

MANTENIMIENTO Y CUIDADO.

Para el mantenimiento y cuidado del protector auditivo se deben seguir las recomendaciones del fabricante. Se deben almacenar en un ambiente adecuado, que no altere sus características estructurales, lo cual debe estar indicado en el Folleto Informativo.

A continuación se dan algunas recomendaciones para la mantención y almacenamiento de protectores auditivos.

Tapones Reutilizables

Se deben lavar al menos una vez a la semana para remover el cerumen acumulado u otras sustancias.

2. Una alternativa es usar agua tibia y jabón neutro para lavarlos o utilizar las recomendaciones del fabricante. Esto se debe hacer al final de la jornada laboral para lograr un buen secado.

3. Por ningún motivo usar solventes ácidos o alcohol.

4. Se deberán almacenar en un estuche o caja de tamaño apropiado después que hayan sido lavados y secados.

5. Un mismo tapón jamás debe ser usado por más de una persona.

Orejeras

1. Las copas y el arnés se deben limpiar con un paño húmedo.

2. Emisiones de ozono y algunas operaciones con soldadura pueden causar daños y endurecimientos al revestimiento (de espuma) de las copas.

3. Las almohadillas se deben verificar periódicamente en cuanto a la alteración del sello, la mantención del contacto entre la almohadilla y la cabeza y a la aparición de grietas o fisuras.

4. El arnés se debe ajustar o reemplazar cuando se requiera mantener una adecuada tensión.



5. Para almacenarlas cuando no están en uso, se deben colgar por el arnés en un ambiente bien ventilado.

Orejeras Acoplables a Casco de Protección

1. No se debe almacenar con las copas presionando contra el casco.
2. La mantención y limpieza de las copas y almohadillas se pueden efectuar siguiendo las mismas recomendaciones que para las Orejeras.

10.5. SUSTITUCIÓN

Aquellos protectores auditivos que presenten deterioros producto de golpes, caídas, envejecimiento o la mala utilización, se deben reemplazar o reparar todas sus partes afectadas, en la medida que esto último sea factible. En el caso que se requiera un recambio, se debe garantizar que se mantengan las especificaciones técnicas del protector sustituido.

Una metodología recomendable para la sustitución de un protector auditivo es verificar, con cierta periodicidad, los parámetros críticos (simetría, ajuste, presión, etc.), sin necesidad de enviar el equipo a un laboratorio.

En la sustitución de una orejera se debería verificar a lo menos:

1. La fuerza del arnés comparándola con un ejemplar nuevo.
2. Si las almohadillas han perdido su forma original, se endurecieron o presentan otras anomalías.
3. Suciedad del relleno de las copas o de alguna de sus partes, no solucionables con la limpieza.
4. Comodidad y efectos dañinos en la salud del usuario (irritación de la piel)
5. La compatibilidad con otros EPI.

ANEXO. MATERIALES AISLANTES

Fibra de vidrio.

Fibra de vidrio en rollos.



Descripción: Filtro de lana de vidrio ISOVER TELSTAR, revestido en una de sus caras con velo de vidrio reforzado

Aplicación: Aislamiento acústico diseñado para tabiquería interior de montaje en seco y cielorrasos.

Características:

- Reacción al fuego: Incombustible
 MO según Norma UNE 23727
 RE1 según Norma IRAM 11910
- Coeficiente de absorción acústica:
 Entre 100 a 5000 HZ
 50 mm NRC= 0,71
 70 mm NRC= 0,83
 100 mm NRC= 0,85

Resistencia térmica			Dimensiones			Unidad de Embalaje
			espesor	ancho	largo	
m ² h °C / Kcal	m ² °C/w	pie ² h °F/ BTU	mm	m	m	m ²
1,5	1,3	7,1	50	0,40	13	15,60
				0,48		12,48
				0,60		15,60
2,10	1,8	9,9	70	0,40	7,80	9,36
				0,48		7,49
				0,60		9,36
2,9	2,5	14,2	100	0,40	7,50	9
				0,48		7,20
				0,60		9
4,4	3,8	21,3	150	0,40	5,20	6,24

Aislamiento acústico a ruidos aéreos

Tipos de Tabiques Divisorios	Tipos de Tabiques Divisorios						
	95	95	120	240	150	352	
Acustiver R	50	70	70	70 + 70	100	70 + 150 + 70	
Rw (dB)	44	45	53	60	* 55	* 74	

Ensayos: LABORATORIOS CICY CINAC INTI
 * estimaciones

Fibra de vidrio en paneles.



Aislación acústica en tabiques

Presentación:

El ACUSTIVER P es un panel rígido de lana de vidrio Isover, revestido en una de sus caras con velo de vidrio.

Aplicación:

Aislamiento acústico a ruidos aéreos en tabiquería interior de montaje en seco, con placas de roca-yeso. Los tabiques rellenos con ACUSTIVER P proporcionan un confort acústico integral, adaptándose a distintos espacios arquitectónicos. Especialmente desarrollado para instalarse dentro de la perfilería del tabique, permitiendo obtener importantes ganancias acústicas.

Características:

Dimensiones:

Espesor (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Paneles por bolsa	Superficie m ² / bolsa
35 *	1,20	0,96	15	17,28
50	1,20	0,96	10	11,52
70	1,20	0,96	7	8,06

Embalado en polietileno

* Espesor adecuado para aislamiento termo-acústico en placas de roca-yeso utilizadas como revestimiento interior de paredes exteriores.

Performance acústica

El sistema de paredes dobles responden al principio de la ley MASA - RESORTE - MASA. El ACUSTIVER P dentro de la tabiquería juega el rol de amortiguador, permitiendo aumentar el aislamiento acústico.

Los resultados acústicos dependen en cada caso de:

- a) geometría de montaje.
- b) espesor del ACUSTIVER P.
- c) número de placas y espesor de las mismas.
- d) calidad del material de la placa.
- e) perfecto sellado.

Protección contra incendio

Reacción al fuego:

Incombustible: RE 1, según Normas IRAM 11575-1 y 11575-2.

Resistencia al fuego:

Según geometría y tipo de parámetro: RF-30 a RF-60.

Ventajas:

- Rapidez de instalación.
- Mayor aislación acústica.
- Economía.
- Fácil de cortar.
- Suavidad al tacto y mejor terminación.

Montaje:

El Panel ACUSTIVER P se instala entre la perfilería metálica, que sirve de estructura del tabique de placa de roca-yeso. Sus dimensiones están desarrolladas para compatibilizar con las del tabique DURLOCK.

Luego de colocar el primer panel de lana de vidrio Isover, continuar con la instalación hasta cubrir completamente toda la superficie.





LANA DE ROCA.

La lana de roca, perteneciente a la familia de las lanas minerales, es un material fabricado a partir de la roca volcánica. Se utiliza principalmente como aislamiento térmico y acústico; y como protección pasiva contra el fuego en la edificación, debido a su estructura fibrosa multidireccional, que le permite albergar aire relativamente inmóvil en su interior.

Debido a su estructura multidireccional y elástica, la lana de roca frena el movimiento de las partículas de aire y disipa la energía sonora, empleándose como acondicionador acústico para evitar reverberaciones y ecos excesivos. Asimismo se emplea como absorbente acústico en sistemas "masa-muelle-masa".



LANA DE VIDRIO, MINERAL Y DE ROCA

PANEL ALUMISOL

Panel rígido de lana de vidrio, recubierto por una de sus caras con un complejo de papel Kraft-aluminio (aislamiento térmico y corrección acústica de naves industriales, garajes, talleres, etc.).



PANEL DINFOC

Panel rígido de lana de vidrio, recubierta una de sus caras, una vez pulida, con film de PVC de color blanco.

Aplicaciones:

- Aislamiento térmico y corrección acústica de cubiertas de naves y locales industriales, garajes, alojamientos ganaderos, etc.
- Colocación sobre perfilera industrial.

ARENA ÓPTIMA

Panel rígido de lana mineral arena de alta densidad. Sistema pensado para dar soluciones a los problemas de ruido con el vecino, trasdosando el muro divisorio, en un mínimo espacio.

ARENA PLENUM



Panel semirrígido de lana mineral arena, revestido por ambas caras por una lámina de kraft-aluminio. Barrera acústica en los plenums para aumentar el aislamiento acústico efectivo entre locales.

PANEL CUBIERTA/ CUBIERTA SOLDABLE IXXO

Panel rígido de lana de roca de alta densidad. El panel soldable IXXO está revestido en una de sus caras con un complejo de oxiasfalto (aislamiento termoacústico de cubiertas metálicas y de hormigón).



PANEL PI-156/PI-256

Paneles de lana de vidrio, semirrígidos (aislamiento térmico y acústico en la construcción industrial).



Panel PI-156 T° (-30 - 150° C)



Panel PI-256 T° (-30 - 200° C)

ARENA ABSORCIÓN

Panel semirrígido de lana mineral arena, revestido por una cara con un velo de vidrio de color negro.

Aplicaciones

Absorbente acústico en techos perforados. Construcción de baffles acústicos y pantallas.



FICHAS CATALOGO ACÚSTICA INTEGRAL.



Insonorización

FICHA DE PRODUCTO

ACUSTISIÓN-50A

Paneles acústicos absorbentes.



FC-Acustison-50A
Revisión: 2
Fecha: 10/11/2011

Pag. 21

PRESENTACIÓN

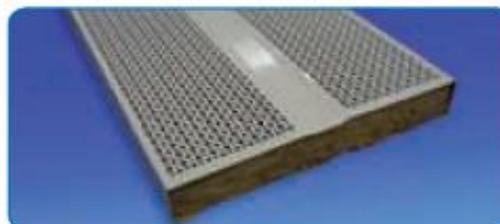
Paneles acústicos absorbentes y modulares para tratamiento de absorción y acondicionamiento acústico para todo tipo de salas polivalentes tanto en paredes como en techos.

VENTAJAS

Paneles modulares de alta resistencia mecánica con acabado prelacado de mayor durabilidad. Fácil y rápido sistema de montaje. Multiperforado con 4 distintos diámetros que mejora el índice de absorción de la tradicional chapa perforada. Diseño único y exclusivo. Altamente decorativo gracias a su perfecto acabado.

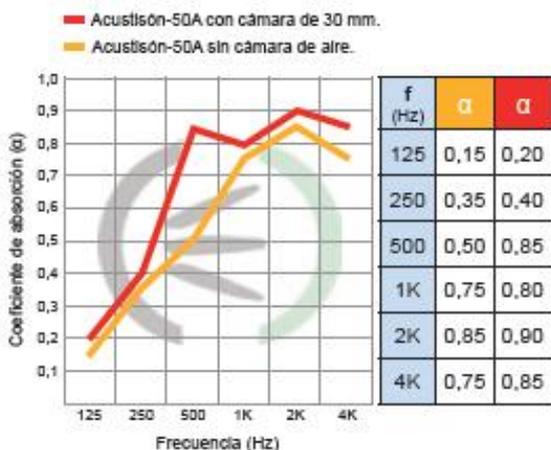
APLICACIONES

Polideportivos, piscinas, gimnasios, platós de TV, emisoras de radio, locales de ensayo, salas de máquinas, grupos electrógenos, plantas de cogeneración y biomasa, estaciones de ferrocarril y metro, hangares, galerías de tiro, naves industriales y en la industria en general.



DATOS TÉCNICOS

Exterior: Chapa multiperforada prelacada de 0,5 mm.e.
Absorbente interior: Lana de roca de 40 Kg/m³ con acabado en velo negro.
Dimensiones: 350 x 3000 mm.
Espesor: 50 mm.
Peso: 7,82 Kg/m².
Reacción al fuego: B s1 d0 según AITEX Expte. Nº 07AN3255.



ACUSTISIÓN-50A	Sin cámara de aire	Con cámara de aire de 30 mm.
Coefficiente de absorción sonora medio α_{m} :	0,70	0,84
Coefficiente de absorción sonora ponderado α_w :	0,55	0,70
Clase de absorción acústica:	D	C

IMÁGENES



© ACÚSTICA INTEGRAL, S.L. - 2011 - Se reserva el derecho a realizar modificaciones sin previo aviso.



Acústica Integral

Insonorización

FICHA DE PRODUCTO

ACUSTISÓN-50GA

Paneles acústicos absorbentes.



FC-Acustison-50GA
 Revisión: 0
 Fecha: 18/11/2011

Pág. 22

PRESENTACIÓN

Paneles acústicos absorbentes y modulares para tratamiento de absorción y acondicionamiento acústico para todo tipo de salas polivalentes tanto en paredes como en techos.

VENTAJAS

Paneles modulares de alta resistencia mecánica con acabado galvanizado. Fácil y rápido sistema de montaje. Multiperforado con 4 distintos diámetros que mejora el índice de absorción de la tradicional chapa perforada. Diseño único y exclusivo. Acabado industrial.

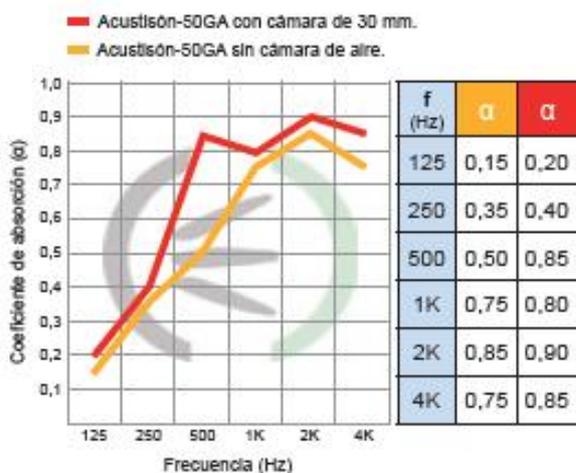
APLICACIONES

Polideportivos, piscinas, gimnasios, platós de TV, locales de ensayo, salas de máquinas, grupos electrógenos, plantas de cogeneración y biomasa, estaciones de ferrocarril y metro, hangares, galerías de tiro, naves industriales y en la industria en general.



DATOS TÉCNICOS

Exterior: Chapa multiperforada galvanizada de 0,5 mm.e.
 Absorbente interior: Lana de roca de 40 Kg/m³ con acabado en velo negro.
 Dimensiones: 350 x 3000 mm.
 Espesor: 50 mm.
 Peso: 7,82 Kg/m².
 Reacción al fuego: B s1 d0 según AITEX Expte. Nº 07AN3255.



ACUSTISÓN-50GA	Sin cámara de aire	Con cámara de aire de 30 mm.
Coefficiente de absorción sonora medio α_m :	0,70	0,84
Coefficiente de absorción sonora ponderado α_w :	0,55	0,70
Clase de absorción acústica:	D	C

IMÁGENES



© ACÚSTICA INTEGRAL, S.L. - 2011 - Se reserva el derecho a realizar modificaciones sin previo aviso.

PRESENTACIÓN

Diseñadas específicamente para separación de zonas con distintos ambientes dentro de una misma estancia. Se obtienen significativas reducciones del ruido ambiental por efecto de la absorción parcial de las reflexiones directas que se reciben sobre la mampara.

VENTAJAS

Las mamparas MA-50 son móviles, lo que permite una rápida distribución de los espacios. Mejora de la respuesta absorbente y tiempos de reverberación para todo tipo de locales. Fácil instalación. Amplia carta de colores que se pueden combinar para obtener ambientes estéticos, bellos y elegantes.

APLICACIONES

Salas polivalentes, oficinas, despachos, call-centers, restaurantes, cafeterías, emisoras de radio, estudios, locales de ensayo, comercios, museos, salas de exposición, hoteles, hospitales, etc.



DATOS TÉCNICOS

Material: Fibra de poliéster Acustifiber F25G.

Comportamiento: Separador absorbente.

Acabado: Tejido. Colores a elegir según gama de colores estándar.

Canto visto: Acero inoxidable.

Dimensiones estándar: Ancho de 1000 mm. y alto de 1350 ó 1800 mm.

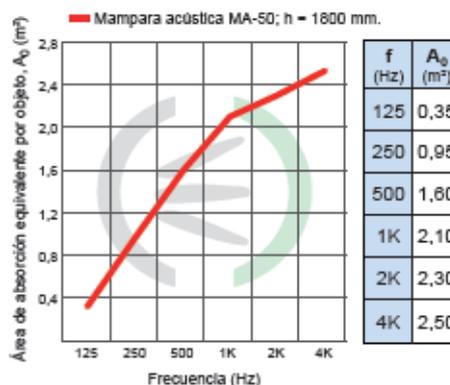
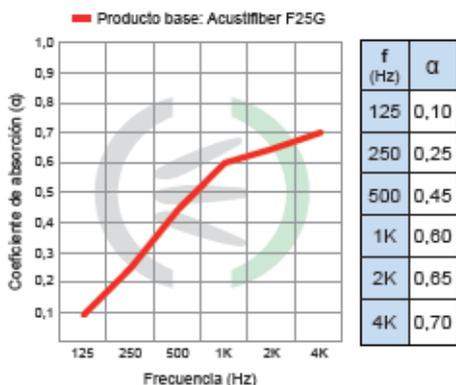
Dimensiones especiales: Bajo pedido.

Espesor: 53 mm.

Peso: 18,5 Kg/m².

Reacción al fuego: Acustiat B s1 d0 según ensayo AITEX Expte. Nº 08AN6176.

© ACÚSTICA INTEGRAL, S.L. - 2011 - Se reserva el derecho a realizar modificaciones sin previo aviso.



	Acustifiber F25G
Coefficiente de absorción sonora medio α_m :	0,58
Coefficiente de absorción sonora ponderado α_w :	0,50
Clase de absorción acústica:	Clase D
Área de absorción equivalente medio por objeto, $A_{0,m}$ (m²):	1,76



BIBLIOGRAFIA.

- Manual aislamiento Isover.
- Monográficas técnicas sobre seguridad y salud en el trabajo. El Ruido en el ambiente laboral, 2ª edición. Instituto de seguridad y salud laboral.
- RD. 286/2006 sobre equipos de protección individual que protegen contra el ruido.
- Catalogo acústica integral 2012.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores a ruido.
- Documentos sobre control y protección contra el ruido de ASEPEYO (mutua de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la seguridad social.
- Manual de ruido: "Calidad ambiental de la edificación para las Palmas de gran Canaria".
- Reglamento electrotécnico para baja tensión 2002.