

El silencio busca al ruido por momentos. En poesía el silencio son los ojos entre líneas, la mirada entre palabras que buscan refugio. El ruido en poesía confunde al ritmo, pero finalmente con él marcha el mundo. Todo poeta debe ser sordo y cojo entre palabras y atreverse a bailar con los ojos cerrados. Todo poeta debe llevar su música por su cerebro. ¿Quieres un ejemplo? Imagina que estás desnuda en una pista de baile junto a un hombre y que tienes dos minutos para acercarte a él. ¿Quieres otro? Imagina que a punto de ser abandonado, cuando ella ha marchado, vuelve a sonar el timbre de la puerta y todavía tiembles. En ese momento el ruido recoge con naturalidad las ropas del suelo después de haberlo abrazado. En ese instante el silencio te marca el sonido reiterativo de tu corazón aguardando a escuchar su voz. El silencio se camufla de ruido y lo que aparenta descanso cae rendido en una mirada que con los ojos cerrados buscará en las palabras el sentido de lo que se dice o lo que se escribe como si nos jugaráramos la vida al intentarlo. El silencio toma la medida de las cosas y el ruido se convierte en tu aliado. ¿Quieres un último ejemplo? Imagina que estás sólo y que no tienes a nadie alrededor, ¿qué es lo que escuchas? ¿tienes miedo? La cabeza que no encuentra su música escucha su rechazo en un íntimo recelo.

Kepa Murua



INDICE

PRÓLOGO DEL AUTOR	5
INTRODUCCIÓN	7
DEFINICIONES ACÚSTICAS.....	11
CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SONIDO	33
El oído humano y la audición	33
Variaciones sonoras perceptibles	34
Nivel de presión sonora	34
Diferencias entre Presión y Potencia Acústica	34
El Decibelio	35
Frecuencias	35
El Hertzio	37
Clases de Decibelios. Nivel Sonoro con Ponderación A, B, C.....	38
Operaciones con dB	38
Materiales aislantes y absorbentes	39
Absorción acústica	40
 AISLAMIENTO EN LA INDUSTRIA	41
PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO EXTERIOR MEDIANTE PANTALLAS ACÚSTICAS	41
RUIDO EN CONDUCTOS	42
Conductos de aire	42
Silenciosos de absorción.....	43
PROTECCIÓN DEL RUIDO INTERIOR EN LOS LOCALES	44
PROTECCIÓN DEL RUIDO DE EMISIÓN DE LOS LOCALES CON ACTIVIDADES INDUSTRIALES.....	48
Naves industriales	48
Fig. 26. Influencia del espesor del material en el aislamiento acústico.....	52
RUIDO Y SALUD	53
Efectos nocivos del ruido sobre la persona	53
Malestar	53

Trastornos del sueño	53
El estrés y sus manifestaciones y consecuencias	53
Resumen de Valores Críticos	53
OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA	54

PRÓLOGO DEL AUTOR

Éste es uno de los tres documentos que con fines divulgativos edita la empresa Acústica Arquitectónica para acercar el mundo de la acústica tanto a técnicos como a personas relacionadas con el mundo de la administración pública que estén o se hayan visto afectados por el ruido en cualquiera de sus diversas ramas, aunque en general puede servir a cualquier persona con inquietudes sobre el sonido y en particular sobre el ruido.

Obviamente, estos folletos no pretenden ser ni mucho menos un tratado de acústica, pero sí presentar una pequeña introducción a los términos, conocimientos básicos y problemática que muchos de ustedes pueden encontrarse. La documentación aquí aportada es un compendio de obras de autores reseñables en el mundo de la acústica, como puede constatarse en la bibliografía, así como de experiencias profesionales propias.

Iñigo López Cebrián
ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA S.A.

INTRODUCCIÓN

Desde las épocas más remotas de nuestra historia, la acústica ha formado parte del ambiente de la vida humana, como mínimo desde el punto de vista de la comunicación hablada o mediante rudimentarios instrumentos musicales.

La acústica como ciencia apareció en el momento en que se comenzaron a diferenciar los sonidos más o menos puros.

En el siglo VI antes de nuestra era, Pitágoras y sus discípulos observaron que el ruido de los martillos al golpear el yunque, variaba con el peso de los mismos. A partir de este fenómeno, descubrieron que existía una relación entre las cuerdas vibrantes y el tono de los sonidos que emitían. Alrededor del año 330, Aristóteles estudió el fenómeno del eco, explicándolo debido a la reflexión de los sonidos; más tarde, Heron de Alejandría enseñó que los sonidos son vibraciones longitudinales que se propagan a través del aire. Al principio de nuestra era, Lucio Anneo Séneca añadía que dicha propagación, sólo era posible gracias a la naturaleza elástica del aire; por último, en el siglo XI Claudio Ptolomeo reunía en sus "Armónicos", todos los conocimientos adquiridos hasta entonces sobre esta materia, explicando que los sonidos se producían principalmente como consecuencia de los choques y del rápido movimiento vibratorio que de ellos resultaba.

En el curso de los siglos posteriores, la Acústica apenas progresó, hasta que en 1638 Galileo Galilei le dio un nuevo impulso, poniendo de manifiesto que el tono depende de la frecuencia de las oscilaciones que originan los sonidos, de la masa de cuerpo vibrante, de la longitud y de la tensión a la que está sometido. Descubriendo también que las cuerdas pueden vibrar por resonancia, estudiando las ondas estacionarias. El Abad francés Pierre Gasseus observó que la velocidad de propagación de los sonidos, es siempre la misma, independientemente de que estos sean débiles o fuertes y cualquiera que sea su timbre. Por la misma época otro religioso francés, Marín Mersané, alumno de Galileo, determinó la frecuencia de las distintas notas, indicando las principales propiedades de los tubos sonoros, descubriendo a su vez que las cuerdas al vibrar a su propia frecuencia dan simultáneamente, armónicos superiores al fundamental. De forma análoga estudió el "eco", intentando medir la velocidad de propagación del sonido en el aire, determinando el tiempo transcurrido entre su emisión y la recepción del mismo, los resultados obtenidos fueron imprecisos, como lo fueron también los que obtuvo la Academia de Florencia en 1660.

En la segunda mitad del siglo XVII se aclararon los conocimientos sobre las ondas sonoras y su propagación, considerándolas como un movimiento ondulatorio, pero antes la Acústica se enriqueció con las valiosas aportaciones contenidas en la "Misurgia Universalis" publicada en 1650, y la "Phonurgia" en 1673, obras del jesuita alemán Atanasio Kirche. De esta forma llegamos al año 1683, en el que Newton se encuentra en posesión de los elementos que permiten calcular la velocidad del sonido en función de la densidad, y de otras características del medio a través del cual se propagan las ondas sonoras. Mientras tanto, Huygens explicó la base común entre los fenómenos luminosos y sonoros, en ambos casos explicó, que trata de vibraciones longitudinales del medio, éter en el caso de la luz y partículas elásticas en el caso del sonido. A su vez el físico alemán O.Von Guericke descubrió un hecho fundamental, agitando una campanilla en el interior de una campana neumática, demostrando que el sonido, contrariamente a lo que ocurre con la luz, no se propagaba por el vacío, escapándosele la conclusión lógica de este experimento, siendo Boyle quien posteriormente, atribuyó la propagación de los sonidos a la elasticidad del aire. En 1706 Stancari recurrió a una copia directa del invento de R. Hooke consistente en una rueda de una sierra rotativa, contra la que estaba aprisionada un junco, demostrando que la frecuencia se podía calcular a partir del número de Teeth y de la velocidad de rotación. Posteriormente, en 1830, L. Savart usó la rueda para determinar la frecuencia de un sonido.

La velocidad del sonido se estudió de nuevo por una comisión de la Academia Francesa en 1738, obteniendo unos resultados de 580,31 m/s a 0° C. La medida indirecta de la frecuencia se revisó por J. Robinson, quien construyó una sirena que producía tonos musicales de frecuencia variable.

En comparación con lo adelantado en el siglo XVIII, el avance del siglo XIX fue enorme, siendo apreciado todo esto por James Loudon en el año 1901. El profesor Loudon vio que el primer avance significativo fue el trabajo de Chladni en 1802 determinando el tipo de onda de los cuerpos vibrantes, para lo cual utilizó un experimento que consistía en hacer vibrar con un arco de violín unas placas espolvoreadas con arena fina, obteniendo unas Figs sonoras que indicaban la localización de los nodos y vientres, basándose en estas Figs para explicar la propagación de los sonidos en los sólidos, aunque no logrando sus propósitos por falta de conocimientos teóricos. También realizó experimentos sobre las vibraciones longitudinales y transversales de

varillas, barras y láminas. Estos estudios interesaron a Wheanstone, quien en 1833 obtuvo una teoría que explicaba las líneas nodales cuya existencia se debía a las superposiciones de vibraciones transversales. En 1807 T. Young registró las vibraciones de los sólidos, así como las de las cuerdas vibrantes, determinando con anticipación el principio del fonógrafo, mediante el cual se puede medir sin dificultad las frecuencias de las vibraciones de los cuerpos sonoros, estas vibraciones permiten también de una forma sencilla medir intervalos de tiempo.

En 1857 E. Scott obtuvo el fonógrafo, que consistía en un brazo terminado en un diafragma flexible, por medio de un medidor de nivel, mediante un punzón que se movía al unísono con un movimiento del diafragma, registrando el movimiento de vaivén en una superficie. Este fue el primer empleo de un diafragma para recoger el sonido, a partir de entonces, los diafragmas han jugado un papel importante, en todas las medidas acústicas.

Aproximadamente en este mismo año Leconte descubrió accidentalmente la "llama sensible", que daba un procedimiento no muy preciso para determinar la intensidad de las ondas sonoras. Una llama sonora sensible se produce al girar un chorro de gas, hasta que la llama está justo debajo del punto de inestabilidad, la perturbación del aire alrededor del chorro producido por una onda sonora rompe la línea de movimiento del aire, resultando una modificación en la forma de la llama que se ve afectada en gran medida por los cambios de intensidad en la onda. Durante la exposición que se celebró en Londres en 1862 R. Koenig presentó una colección de fonogramas que representaban sus trabajos de perfeccionamiento del fonógrafo de Scot. El Kaleidófono fue inventado por Wheanstone en 1827, que consistía en un método óptico para el estudio de los movimientos vibratorios mediante las curvas obtenidas al componer dos movimientos vibratorios perpendiculares, el que más contribuyó al desarrollo de este invento fue Lissanjous mediante su libro "Memoria sobre el estudio óptico de los movimientos vibratorios"; a través de este método se puede determinar con precisión la diferencia de fase de los dos movimientos vibratorios. El primer procedimiento óptico para determinar la resistencia de una onda sonora fue descrito por Biot en 1820 y desarrollado posteriormente por Kundt en 1864 y Mach en 1872. El segundo procedimiento, también óptico, se debe a Toepler y Boltzman, dado a conocer en 1870, este consistía en producir franjas de interferencias por combinación de dos rayas luminosas intermitentes, originadas por un sólo foco luminoso, una atravesaba el aire en estado normal y la otra a través de un punto nodal de una columna de aire en estado vibratorio.

El movimiento de las bandas de interferencia era un movimiento que se podía hacer lento o rápido, dependiendo de la longitud, pudiéndose medir el movimiento del aire en un punto nodal mediante un procedimiento estroboscópico. En 1819 se inventó la sirena de Cagniar de la Tour, mediante la cual se puede medir directamente el número de vibraciones de los sonidos. La forma actual de la sirena se debe en primer lugar a los trabajos de Seebek en 1841 y también a los de Koenig en 1867, quién publicó un estudio sobre sus experimentos en 1881. En 1882 Rayleigh dio a conocer un nuevo instrumento de precisión por el inventado y que permitía medir la resistencia de una onda sonora, el denominado disco de Rayleigh. Loudon hizo un resumen sobre los avances realizados en el siglo XIX, utilizándose todos estos instrumentos para medir la velocidad de las partículas, las cualidades del sonido, velocidad del sonido, etc. Loudon describió con detenimiento las investigaciones de Victor Regnault, quien entre 1860 y 1870 determinó la velocidad del sonido haciendo uso de procedimientos eléctricos y un método gráfico para medir los intervalos entre la emisión sonora y su recepción en un punto distante. La primera norma sobre el tono fundada por el Gobierno francés en 1859, como 435 Hz a 201C. Lissanjous preparó su norma así como Koenig quien construyó un tonómetro universal, que acabó en 1867, con una gama desde 16 Hz a 90 kHz. Koenig usó su tonómetro como fuente sonora para determinar los límites de audición en el aire, llegando a la conclusión de que los mismos estaban en función de la intensidad del sonido, situados alrededor de 13 Hz y 17,5 Hz. Hemholtz demostró que si la frecuencia de un sonido es muy baja (fundamental acompañado de una serie de armónicos), la frecuencia fundamental puede resultar inaudible por sí misma, mientras que los armónicos se oyen distintamente.

En el siglo XIX W. H. Eccles de acuerdo con los avances de la electricidad y de la acústica, descubrió el micrófono, el tubo amplificador de vacío, la producción de ondas sonoras, los filtros y la teoría matemática de los circuitos eléctricos, así como la propagación de las ondas electromagnéticas, siendo esto la base de la acústica moderna. Hasta 1916 solo se habían utilizado cuatro métodos para determinar de una forma absoluta la intensidad acústica: 1) el método de las placas de Rayleigh, para determinar la velocidad vibratoria de una onda; 2) el método de medida del incremento de presión de una pared reflectante de acuerdo con la teoría de Rayleigh, y las técnicas experimentales de Altberg; 3) el método de medida de la presión acústica y 4) variaciones del método haciendo uso de la interferencia óptica. A pesar de que el teléfono se inventó en 1876, hasta 1908 no se publicó un informe sobre la medida relativa de la intensidad acústica por

equipos electrónicos. En 1913 H.O. Taylor en su búsqueda por encontrar un método de medida de la intensidad del sonido, estudió todos los trabajos, incluyendo los receptores telefónicos, los galvanómetros de campos fuertes y débiles, etc. Arnold y Crandall fueron los primeros que introdujeron los instrumentos de medida modernos dentro de la acústica en 1917, estos contribuyeron a su vez con el termófono, que es un transductor termoelectroacústico que sirve como norma para la presión acústica. Wente contribuyó con un micrófono electrostático con una ancha gama de frecuencias, buena estabilidad y la posibilidad de poder calibrarlo fácilmente con un termófono.

En el siglo XX se inventó el auricular, en 1920 los auriculares de alta fidelidad fueron constantes en su respuesta sobre los 4.000 Hz, el ajuste de estas unidades hizo que el altavoz y otros instrumentos fueran de gran valor para los experimentos acústicos. Al final del siglo XIX Sabine realizó el primer estudio del sonido en auditorios, introduciendo las medidas para determinar la absorción y transmisión del sonido en los límites de un recinto. En 1921 Kennelly y Kurokawa estudiaron un método para la medida de la impedancia acústica usando el principio de la reacción acústica de las vibraciones sobre un diafragma.

El desarrollo de los instrumentos de medida de ruido ha alcanzado un nivel muy alto, debido al serio problema que plantea en la sociedad moderna los elevados niveles de ruido que produce una sociedad tan tecnificada. Durante la segunda guerra mundial, la acústica submarina experimentó una gran actividad, apareciendo un gran número de laboratorios, protegidos por los gobiernos, para investigar los problemas acústicos asociados con operaciones militares submarinas.

Según se ha podido apreciar, la acústica ha sido precedida por grandes avances a través de observaciones empíricas, a lo largo del tiempo. La música, la arquitectura, la ingeniería, la medicina, la lingüística, etc. buscan la acústica como una herramienta de trabajo, por ejemplo para realizar: a) *proyectos de auditorios*, b) *estudios de grabación sonora*, c) *percepción subjetiva de sonidos*, d) *producción artificial de la voz*, e) *aislamiento contra el ruido*, f) *utilización de la acústica en la medicina*, etc.

La acústica incluye la *generación, transmisión, recepción, absorción, conversión, detección, reproducción y control del sonido*.

Como última nota de esta introducción, indicar que una de las posibles divisiones que se pueden hacer de la acústica, una es atendiendo al rango de frecuencias, de la siguiente forma:

- Infrasonidos ($0 \text{ Hz} < f < 20 \text{ Hz}$)
- Sonidos audibles ($20 \text{ Hz} < f < 20 \text{ kHz}$)
- Ultrasonidos ($f > 20 \text{ kHz}$)

DEFINICIONES ACÚSTICAS

A

Absorción del sonido:

Propiedad que poseen materiales, estructuras y objetos de convertir el sonido en calor, dando como resultado la propagación en un medio o la disipación cuando el sonido golpea una superficie o el proceso de disipación de la energía sonora.

Absorción sonora:

Ver coeficiente de absorción sonora.

Acústica:

Parte de la física, que trata de la producción, control, transmisión, recepción y audición de los sonidos, y también, por extensión, de los ultrasonidos.

Area de absorción sonora equivalente de un recinto

Area imaginaria de una superficie totalmente absorbente sin efectos de dirección que, si fuera el único elemento absorbente de una sala, daría el mismo tiempo de reverberación que el recinto considerado.

Aceleración de vibración:

Tasa de cambio de velocidad y dirección de una vibración, en una dirección especificada. Se ha de identificar la anchura de banda de frecuencia.

Aislamiento del sonido:

Capacidad de una estructura o material para impedir que el sonido llegue a una habitación receptora. La energía sonora no es necesariamente absorbida; ha menudo el principal mecanismo son las reflexiones de vuelta hacia la fuente.

Aislador de vibración:

Soporte flexible diseñado para reducir la vibración transmitida a la estructura de apoyo.

Amortiguación:

Disipación de la energía en un sistema oscilante, con el tiempo o a distancia.

Amortiguación viscosa:

Disipación de la energía que se produce cuando una parte de un sistema es resistido por una fuerza cuya magnitud es proporcional a la velocidad del elemento pero en dirección opuesta a la velocidad.

Amplitud:

Valor máximo de una cantidad sinusoidal.

Armónico:

Componente sinusoidal cuya frecuencia es un número entero múltiplo de la frecuencia fundamental.

Articulación (inteligibilidad):

Porcentaje de unidades del habla transmitida recibido correctamente por un oyente.

Audiograma de tono puro:

Gráfico que muestra el nivel auditivo en función de la frecuencia.

Audiograma:

Gráfico que muestra el nivel auditivo (umbral) en función de la frecuencia.

Audiómetro:

Aparato utilizado para medir la agudeza auditiva, específicamente el nivel auditivo.

Auricular:

Transductor electroacústico diseñado para ser estrechamente acoplado al oído, capaz de generar oscilaciones acústicas cuando es excitado por señales eléctricas.

Auricular circunaural:

Auricular que tiene una cavidad suficientemente grande como para cubrir la región de la cabeza incluyendo y rodeando al oído.

Auricular supraural:

Un auricular aplicado externamente al oído externo.

B

Banda:

Un segmento del espectro de frecuencia.

Banda auditiva crítica:

(1) La frecuencia de banda del sonido que contiene una potencia sonora igual a la de un tono puro centrado en la banda crítica y mínimamente audible en presencia del ruido de banda ancha.

(2) frecuencia de la banda dentro de la cual la sonoridad de un sonido distribuido continuamente de nivel de presión sonora constante es independiente de su anchura de banda.

Belio:

Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades proporcionales a la potencia; el número de belios correspondiente a esta relación es el logaritmo de base 10 de la relación. [1 belio = 10 decibelios (dB).]

C

Cabina audiométrica:

Una cabina o habitación que se utiliza para el examen auditivo; está aislada contra el ruido exterior e incorpora algún absorbente del sonido.

Cámara anecoica:

(cámara de campo libre): Una habitación cuyos límites absorben prácticamente todo el sonido incidente sobre ellos, aportando por tanto esencialmente condiciones de campo libre.

Cámara de campo libre:

Véase cámara anecoica.

Cámara de reverberación:

Habitación que tiene un tiempo de reverberación largo, especialmente diseñada para hacer todas las superficies tan reflectantes del sonido como sea posible y para hacer el campo sonoro dentro de ella tan difuso como sea posible.

Cámara semiecoica:

Cámara de ensayo con un suelo duro, reflectante, pero en que las demás superficies absorben esencialmente todo el sonido que incide sobre ellas, aportando por tanto condiciones de campo libre por encima del plano reflectante.

Campo lejano:

La porción del campo sonoro de una fuente de sonido en que el nivel de presión sonora (debido a esta fuente) desciende en 6 dB por cada duplicación de la distancia desde la fuente.

Campo libre:

Campo sonoro en un medio isotrópico homogéneo cuyos límites ejercen una influencia insignificante sobre las ondas sonoras. En la práctica, es un campo en que los efectos de los límites son insignificantes para el rango de frecuencia de interés.

Campo próximo (campo sonoro próximo):

El campo sonoro próximo a una fuente de sonido (entre la fuente y el campo lejano) en que el nivel de presión sonora instantánea y la velocidad de las partículas no están en fase.

Campo sonoro:

Una región de un medio elástico (como el aire) que contiene ondas sonoras.

Campo sonoro difuso (campo difuso):

Un campo sonoro que tiene densidad de energía estadísticamente uniforme y en que las direcciones de propagación de las ondas sonoras se distribuyen al azar.

Campo sonoro directo:

La porción del campo sonoro de una fuente de sonido en que la presión sonora (debida a esta fuente) no ha sufrido ninguna reflexión.

Campo sonoro reverberante (campo reverberante):

Un campo sonoro en un espacio total o parcialmente cerrado, una vez que la fuente ha cesado, en que las ondas sonoras se reflejan repetida o continuamente sobre los límites.

Cantidad periódica:

Una cantidad oscilatoria cuyos valores son recurrentes para determinados incrementos de la variable independiente.

Centava:

Una unidad de banda logarítmica de frecuencia entre dos sonidos con una relación básica de frecuencia de la raíz 1200 de 2; una octava es igual a 1200 centavas. ciclo: De una cantidad periódica, la secuencia completa de valores de una cantidad periódica que se produce durante un período. Ciclos por segundo (c.p.s.) : Una unidad de frecuencia, igual que el hertzio (Hz).

Clase de aislamiento de impacto:

Una valoración de número único que se utiliza para comparar la eficacia de los ensamblajes de techo-suelo para aportar reducción de los sonidos generados por impacto, tales como pisadas.

Clase de transmisión del sonido:

Una valoración de número único utilizada para comparar las propiedades de aislamiento del sonido de paredes, suelos, techos, ventanas o puertas. La clase de transmisión del sonido se obtiene de mediciones en 16 bandas de ensayo. Abreviatura: STC.

Clase de transmisión sonora de campo:

Valoración de número único parecida a la clase de transmisión del sonido, salvo que los valores de pérdida de transmisión utilizados para calcularla se miden en campo. Abreviatura: FSTC.

Clase normalizada de aislamiento del ruido:

Valoración de número único, parecida a la clase de aislamiento del ruido, salvo que los valores de reducción del ruido medidos están normalizados para un tiempo de reverberación de 0,5 segundos. Abreviatura: NNIC.

Coefficiente de absorción del sonido:

- (1) De forma ideal, la fracción de la potencia sonora incidente al azar que es absorbida (o reflejada) por un material.
- (2) Una medida de la propiedad absorbente del sonido de un material. Símbolo: α

Coefficiente de amortiguación crítica:

El valor mínimo de amortiguación que permitirá la vuelta de un sistema desplazado a su posición inicial sin oscilación.

Coefficiente de reducción del ruido:

Una valoración de número único de las propiedades de absorción del sonido de un material; es la media aritmética de los coeficientes de absorción del sonido a 250, 500, 1000 y 2000 Hz, redondeado hasta el múltiplo más próximo de 0,05. Abreviatura: NRC.

Conducción del aire:

El proceso por el cual el sonido viaja hacia el oído interno a través de una vía en el aire en el canal del oído externo, utilizando entonces la membrana del tímpano y la cadena de huesecillos.

Conducción ósea:

La transmisión del sonido al oído interno a través de la vibración mecánica de los huesos craneales y los tejidos blandos.

Contorno de igual sonoridad:

Para un sonido especificado que se escucha de una manera concreta, una curva que muestra los valores relacionados de presión sonora y frecuencia requerida para conseguir un nivel de sonoridad determinado para un oyente normal.

Curvas Isofónicas:

Son unas curvas que delimitan zonas que tienen igual nivel de presión sonora.

Curvas NC (curvas de ruido criterio):

Una serie de curvas de los espectros de sonido de banda de octava en un sistema para evaluar el ruido de un espacio interior ocupado; se compara un espectro real de banda de octava con este conjunto de curvas para determinar el nivel NC del espacio.

Curvas RC (curvas de criterio de habitación):

Una serie de curvas de espectros de sonido de banda de octava en un sistema para valorar el ruido de un espacio interior ocupado; se compara un espectro real de banda de octava con este conjunto de curvas para determinar el nivel RC del espacio.

D

Decibelio:

Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales a la potencia; el número de decibelios es diez veces el logaritmo (de base 10) de esta relación. En muchos campos sonoros, las relaciones de presión sonora no son proporcionales a las correspondientes relaciones de potencia, pero es una práctica habitual ampliar el uso de la unidad a tales casos. Un decibelio es un décimo de un belio. Símbolo de la unidad: dB.

Decibelio A (dBA)

Es el nivel de presión sonora medido con el filtro de ponderación A.

Densidad de potencia espectral:

El límite, a medida que la anchura de banda se aproxima a cero, de la potencia sonora dividido entre la anchura de banda establecida.

Descenso logarítmico:

En el descenso de la oscilación de frecuencia única, el logaritmo natural de la proporción entre dos amplitudes sucesivas cualesquiera del mismo signo.

Desplazamiento de umbral:

Un aumento en el umbral de audición para una frecuencia determinada; por ejemplo, como resultado de la exposición al ruido.

Desplazamiento de umbral transitorio:

El componente del cambio de umbral que muestra una reducción progresiva con el paso del tiempo, cuando se retira la causa del cambio.

Desplazamiento permanente de umbral inducido por el ruido:

Pérdida auditiva permanente que resulta de la exposición al ruido.

Difusión sonora:

Existente cuando la densidad de energía es uniforme en la región considerada, y cuando todas las direcciones del flujo de energía y todas las partes de la región son igualmente probables.

Difracción:

El proceso que produce una onda difractada.

Dispersión:

La difracción irregular del sonido y la reflexión de las ondas sonoras en varias direcciones.

Distorsión:

En un sistema transmisor o reproductor de sonido es cuando se realiza la transmisión o reproducción con variación en la forma de la onda. Existen varios tipos de distorsión, por ejemplo la distorsión de amplitud del sonido o aquella que afecta a su frecuencia.

Divergencia:

La propagación de las ondas sonoras desde una fuente en campo libre, dando como resultado una disminución en el nivel de presión sonora al aumentar la distancia desde la fuente.

E

Eco:

Un sonido que ha sido reflejado con la suficiente magnitud, pero con un tiempo de descenso tal que puede distinguirse como una repetición del sonido directo.

Eco de oscilación del sonido:

Una rápida, pero regular, sucesión de ecos que se origina a partir de la misma fuente sonora.

Efecto de coincidencia:

De un panel o partición, un fenómeno que se produce cuando la longitud de onda de una onda de flexión en un panel es igual a la de la onda de la misma frecuencia viajando en el aire.

Efecto Doppler :

Variación aparente de la frecuencia de una onda, que se debe a una variación de la distancia entre la fuente y el observador.

Energía sonora:

Energía total en esta zona menos la energía que existiría en la misma zona del medio sin ondas sonoras presentes. Unidad: julio.

Toda onda sonora va acompañada de un flujo de energía mecánica. El valor promedio de dicha energía acústica por unidad de tiempo se conoce como Potencia Acústica, W , y se mide en watts. Ahora, si esta energía por unidad de tiempo atraviesa una unidad de superficie normal a la dirección de propagación nos referimos a la Intensidad Acústica, I .

Enmascaramiento:

- (1) El proceso mediante el cual se eleva el umbral de audición para un sonido mediante la presencia de otro sonido.
- (2) La cantidad en que se aumenta el umbral de audición de un sonido en presencia de otro sonido. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

Espectro:

Una descripción de una cantidad en función de la frecuencia; el término puede utilizarse para significar un rango continuo de componentes, habitualmente amplio en extensión, que poseen algunas características comunes, como el espectro de frecuencias auditivas.

Espectro continuo:

El espectro sonoro cuyos componentes están distribuidos continuamente sobre un rango de frecuencia especificado. (El ruido aleatorio tiene un espectro continuo porque contiene un número muy grande de componentes de frecuencia.)

Espectro de banda de octava:

Un espectro que tiene una octava de anchura.

Espectro del sonido:

Una representación de la magnitud (p. ej., amplitud y fase) de los componentes de un sonido complejo en función de la frecuencia.

Espectro lineal:

Un espectro que contiene sólo componentes de frecuencia discreta.

Exposición sonora:

La integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación A sobre un intervalo de tiempo igual o mayor al de un suceso. La ponderación de frecuencia puede ser distinta de A si así se indica. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación de frecuencia A. En el sistema internacional de unidades (S.I.), la unidad fundamental de exposición sonora se expresa en pascales al cuadrado por segundo, si el tiempo es en segundos, y en pascales al cuadrado por hora, si el tiempo es en horas.

Exposición sonora día-noche:

La exposición sonora de un día de 24 horas calculada añadiendo la exposición sonora diurna (7:00 a 22:00 horas) a 10 veces la exposición sonora nocturna (0:00 a 7:00 horas y 22:00 a 24:00 horas). Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

Exposición sonora día-tarde-noche:

La exposición sonora de una día de 24 horas calculada añadiendo la exposición sonora diurna (7:00 a 19:00 horas) a 3 veces la exposición sonora vespertina (19:00 a 22:00 horas) y a 10 veces la exposición sonora nocturna (0:00 a 7:00 horas y 22:00 a 24:00 horas). Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

F

Factor cresta (pico):

De una cantidad oscilante, la proporción entre el valor pico y el valor rms.

Factor de directividad:

De un micrófono, la proporción entre el cuadrado de la sensibilidad del campo libre y las ondas sonoras que llegan a lo largo del eje principal, respecto a la sensibilidad media al cuadrado de una sucesión de ondas sonoras que llegan al transductor con igual probabilidad desde todas las direcciones.

Fase de una cantidad periódica:

Para un valor particular de la variable independiente, la parte fraccional de un período a través del cual ha avanzado la variable independiente, medida a partir de una referencia arbitraria.

Filtro:

Un aparato para separar los componentes de una señal sobre la base de su frecuencia.

Filtro de paso de banda:

Un filtro con una banda única de transmisión que se extiende desde el borde de una banda de frecuencia inferior mayor que cero hasta una frecuencia de corte superior finita.

Frecuencia:

(1) De una función periódica en el tiempo, el número de veces que la cantidad se repite a sí misma en un segundo (v.g., número de ciclos por segundo).

(2) El recíproco del período. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Ejemplo: Notas musicales y su correspondiente frecuencia expresadas en Hertz.

NOTA MUSICAL	FRECUENCIA [Hz]
DO	261,63
DO#	277,18
RE	293,66
RE#	311,13
MI	329,63
FA	349,23
FA#	369,99
SOL	392,00
SOL#	415,30
LA	440,00
LA#	466,16
SI	493,88
DO	523,25

Frecuencia angular:

De una cantidad periódica, en radianes por unidad de tiempo, la frecuencia f multiplicada por la cantidad 2π ; un movimiento tal que el desplazamiento es una función sinusoidal del tiempo.

Frecuencia armónica:

Es una frecuencia de una componente de la cantidad periódica y es múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Una componente cuya frecuencia es doble que la fundamental se llama segundo armónico (de esta frecuencia).

Frecuencia crítica:

De un panel o partición, la frecuencia más baja a que se produce el efecto de coincidencia. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia de resonancia:

La frecuencia a que se produce la resonancia. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia fundamental:

(1) La frecuencia natural más baja de un sistema oscilatorio.

(2) La frecuencia de un componente sinusoidal de una cantidad periódica que tiene el mismo período que la cantidad periódica. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia natural:

De un sistema, la frecuencia de oscilación libre. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia natural amortiguada:

De un sistema mecánico, la frecuencia de oscilación libre de un sistema lineal amortiguado. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Frecuencia normal:

Llamada también natural, es la frecuencia de un modo normal de vibración.

Frente de onda:

De una onda progresiva en el espacio, una superficie continua en que la fase es la misma para un instante determinado.

Fuente Emisora de Ruido:

Toda actividad, proceso, operación o dispositivo que genere, o pueda generar, emisiones de ruido hacia la comunidad.

Fuente puntual:

Una fuente que irradia sonido como si lo hiciera un punto único.

Fuente sonora simple (fuente monopolar):

Una fuente que irradia sonido por igual en todas las direcciones bajo condiciones de campo libre.

G

Grados de libertad:

De un sistema mecánico, el número mínimo de coordenadas independientes generalizadas que se requieren para definir completamente la configuración del sistema en cualquier instante de tiempo.

H

Habitación fuente:

Una habitación que contiene una o varias fuentes de ruido.

Habitación muerta:

Una habitación que se caracteriza por una cantidad inusualmente grande de absorción sonora.

Habitación viva:

Una habitación caracterizada por una cantidad relativamente pequeña de absorción del sonido.

I

Impacto:

Una colisión única de una masa en movimiento con una segunda masa que puede estar en descanso o en movimiento.

Impedancia acústica:

De un medio acústico en una superficie dada, y para un frente de onda, es el cociente complejo de la presión acústica (fuerza por unidad de superficie) sobre dicha superficie, por el flujo (velocidad volumétrica o lineal, multiplicada por la superficie) que pasa por ella. Si se consideran las impedancias en un punto de transmisión y no las generales, la impedancia de ese punto se define por el cociente complejo de la diferencia de presión eficaz sobre dicho punto por el flujo (velocidad volumétrica), entonces se habla de impedancia acústica específica intrínseca. La impedancia acústica puede expresarse como una impedancia mecánica, que sea igual a la impedancia dividida por el cuadrado de la superficie considerada.

Impedancia acústica específica:

En un punto de un campo sonoro, la relación compleja entre la presión sonora instantánea y la velocidad de las partículas. Unidad: pascal segundo por metro.

Impulso:

La integración temporal de una fuerza a lo largo del intervalo de tiempo durante el que es aplicada la fuerza.

Índice de articulación:

Un número (entre 0 y 1) que es una medida de la inteligibilidad del habla; cuanto más alto es el número, mayor es la inteligibilidad.

Índice de directividad:

(ganancia direccional):

(1) De un transductor, 10 veces el logaritmo de base 10 del factor de directividad.

(2) En campo libre, la diferencia entre el nivel de presión sonora en una dirección determinada (en el campo alejado de una fuente) y el nivel medio de presión sonora en ese campo. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB.

Índice de reducción sonora:

Es diez veces el logaritmo decimal del cociente entre la potencia sonora incidente (W_1) en una superficie en ensayo, y la potencia sonora (W_2) transmitida a través de la muestra: $R=10 \log (W_1/W_2)$ dB.

Índice de transmisión del habla:

Un índice para evaluar la inteligibilidad del habla que tiene en cuenta tanto el ruido como la reverberación. Abreviatura: STI.

Infrasonido:

Ondas sonoras con una frecuencia inferior a la que produce la sensación auditiva habitual en los seres humanos, generalmente por debajo de 16 Hz.

Intensidad del sonido:

En un punto para una dirección especificada, la tasa media de energía sonora transmitida en una dirección concreta a través de una unidad de área normal a esta dirección en el punto considerado.

L**Longitud de onda:**

Distancia entre dos puntos correspondientes a una misma fase en dos ondas consecutivas, o bien, la distancia que recorre una onda sonora en un ciclo completo. La velocidad de una onda, c , es constante para unas condiciones de presión atmosférica y temperatura dadas, dependiendo únicamente del medio en que se propaga.

M**Máquina de impacto:**

Un aparato utilizado para valorar las distintas construcciones de suelo contra los impactos; produce una serie de impactos sobre el suelo que se examina, 10 veces por segundo.

Melio:

Una unidad de tono. Un tono puro, presentado frontalmente, con una frecuencia de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB re 20 micropascales produce un tono de 1000 melios.

Micrófono:

Es un transductor electroacústico que recibe una señal acústica (a su entrada) y proporciona a la salida oscilaciones eléctricas equivalentes.

Micrófono de presión:

Es un micrófono dependiente para su operación de la acción de la presión sonora en una sola cara del diafragma. No es direccional si sus dimensiones son pequeñas con relación a la longitud de onda.

Micrófono de gradiente de presión:

Micrófono cuya energía eléctrica de salida corresponde al gradiente de la presión acústica, aplicándose ésta a las dos caras de la membrana (micrófono bidireccional) que es lo suficientemente pequeña para ofrecer una pequeña oposición al paso de la onda sonora.

Micrófono direccional:

Un micrófono cuya respuesta depende de la dirección del sonido incidente sobre el micrófono.

Micrófono omnidireccional:

Un micrófono cuya respuesta es esencialmente independiente de la dirección del sonido incidente.

Modo normal de vibración:

Es uno de los posibles caminos en los cuales el sistema puede vibrar si es espontáneamente perturbado como resultado de una perturbación de un sistema. Puede tener una frecuencia solamente dependiente de las propiedades del sistema.

N

Nivel de aceleración de vibración:

Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre el cuadrado de una aceleración de vibración determinada y el cuadrado de la aceleración de referencia. Habitualmente, la aceleración de referencia es 1 m/s².

Nivel de emisión de potencia de ruido:

El logaritmo de base diez de la relación entre la potencia sonora con ponderación A y la potencia sonora de referencia de 1 picovatio (pW), habitualmente expresado en belios.

Nivel de exposición al ruido de un suceso único:

El nivel de exposición sonora de un suceso de ruido único (como un avión que sobrevuela o un camión que pasa), medido sobre el intervalo, entre los tiempos inicial y final, en que el nivel sonoro del suceso supera el nivel del ruido de fondo.

Nivel de exposición sonora:

(1) Para un período de tiempo o un suceso determinado, el logaritmo de la relación entre la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia y el producto de la presión sonora de referencia de 20 micropascales por la duración de referencia de 1 segundo (seg.). En decibelios, 10 veces el logaritmo de base 10 de esta relación; se asume la ponderación de frecuencia A, salvo que se especifique lo contrario.

(2) Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la relación entre la exposición y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel de exposición sonora día-noche:

Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la exposición sonora día-noche y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel de exposición sonora día-tarde-noche:

Diez veces el logaritmo común (logaritmo de base 10) de la relación entre la exposición sonora día-tarde-noche y la exposición sonora de referencia de 400 micropascales al cuadrado por segundo.

Nivel de intensidad sonora:

Diez veces el logaritmo común (de base 10) de una intensidad sonora determinada con respecto a la intensidad sonora de referencia de 1 picovatio por metro cuadrado.

Nivel de interferencia del habla:

Un índice para evaluar los efectos de interferencia del ruido sobre la inteligibilidad del habla, derivado de la medida del nivel del ruido de fondo de bandas de octava contiguas; v.g., la media aritmética de los niveles sonoros de bandas de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000, 2000 y 4000 Hz (Método de las cuatro bandas), o la media correspondiente a las bandas centradas en 500, 1000 y 2000 Hz (Método de las tres bandas). Si se utilizan otras bandas de octava, ha de especificarse.

Nivel de potencia sonora:

Diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre una potencia sonora determinada y la potencia sonora de referencia de 1 picovatio.

Nivel de potencia sonora con ponderación A:

Diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre una potencia sonora con ponderación A determinada y la potencia sonora de referencia de 1 picovatio (pW).

Nivel de presión sonora:

En el aire, 20 veces el logaritmo (de base 10) de una presión sonora determinada con respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales.

Nivel de presión sonora de banda:

El nivel de presión sonora dentro de una banda especificada de frecuencia. La banda suele estar especificada por su frecuencia central geométrica y anchura de banda, pero también puede especificarse por su frecuencias de corte inferior y superior. La anchura de la banda de frecuencia puede indicarse mediante un modificador, como el nivel (de presión sonora) de banda de octava, el nivel de banda de tercio de octava, etc.

Nivel de presión sonora de banda de octava:

(Nivel sonoro de banda de octava o nivel de banda de octava): Para una frecuencia de banda de octava, el nivel de presión sonora del sonido contenido dentro de esa banda.

Nivel de presión sonora de banda de tercio de octava

(Nivel sonoro de banda de tercio de octava o nivel de banda de tercio de octava): Para una frecuencia de banda de tercio de octava, el nivel de presión sonora del sonido contenido dentro de esa banda.

Nivel de presión sonora de impacto:

El nivel medio de presión sonora en una banda de frecuencia especificada en la habitación receptora cuando el suelo (por encima de la habitación receptora) que se examina es excitado mediante una fuente normalizada de sonido de impacto (v.g., la máquina de golpeo).

Nivel de presión sonora de pico a rms:

El nivel pico de presión sonora menos la raíz cuadrática media del nivel de presión durante el período de tiempo establecido.

Nivel de presión sonora promediado en el tiempo

(nivel sonoro de presión sonora continuo equivalente):

Durante un período de tiempo establecido, el logaritmo de la relación entre la raíz cuadrática media de la presión sonora y la presión sonora de referencia. Para sonido transmitido por el aire, salvo que se especifique de otra manera, el nivel de presión sonora promediado en el tiempo en decibelios es 20 veces el logaritmo de base 10 del nivel de presión sonora durante el tiempo establecido respecto a la presión sonora de referencia de 20 micropascales.

Nivel de presión sonora instantánea:

Diez veces el logaritmo común del cuadrado de la relación entre la presión sonora instantánea y la presión sonora de referencia de 20 micropascales.

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{P_A}{P_0} \right]^2 dt$$

Nivel de presión sonora pico:

Diez veces el logaritmo común de la relación entre la presión sonora pico y la presión sonora de referencia de 20 micropascales ;el máximo nivel de presión sonora instantánea durante un período de tiempo o acontecimiento establecido.

Nivel de ruido:

Igual que nivel sonoro. Habitualmente utilizado para describir el sonido no deseado.

Nivel de ruido percibido de tono corregido:

El nivel de presión sonora obtenido al añadir un ajuste al nivel de ruido percibido, que está relacionado con el grado de irregularidad que puede producirse entre bandas de tercio de octava contiguas.

Nivel de ruido percibido efectivo:

El nivel de la integración temporal del antilogaritmo de un décimo del nivel de ruido percibido de tono corregido de un avión que sobrevuela, con una duración de referencia de 10 segundos.

Nivel de sensación:

Para un oyente individual y un sonido especificado, la cantidad en que un nivel de presión sonora supera el umbral de audición para ese sonido. Unidad: decibelio.

Nivel de señal a ruido:

El nivel de la señal menos el nivel de ruido, habitualmente en decibelios.

Nivel de sonoridad:

De un sonido, el nivel de presión sonora de una onda libre progresiva plana con una frecuencia de 1000 Hz que se juzga como igualmente sonora que el sonido desconocido, cuando se presentan a oyentes con audición normal situados frente a la fuente.

Nivel del espectro de presión:

De un sonido a una frecuencia especificada, el nivel de presión sonora efectiva de la potencia sonora contenida dentro de una banda de 1 Hz de anchura, centrada en una frecuencia determinada.

Nivel del umbral auditivo:

Para una señal especificada, la cantidad en que el umbral de audición de cualquiera de los oídos supera un umbral de audición estandarizado especificado.

Nivel equivalente de ruido comunitario:

(1) Diez veces el logaritmo común (de base 10) del cuadrado de la presión sonora media día-tarde-noche a la presión sonora de referencia de 20 micropascales. (2) El nivel sonoro equivalente con ponderación A de 24 horas, de medianoche a medianoche, obtenido después de añadir 5 dB a los niveles sonoros que se producen entre las 19:00 y las 22:00 horas y 10 dB a los niveles sonoros que se producen entre las 0:00 y las 7:00 horas y las 22:00 y las 24:00 horas.

Nivel medio de presión sonora (en una habitación):

Diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre el espacio y el tiempo medio de la presión sonora al cuadrado y la presión sonora al cuadrado de referencia; se toma el espacio medio de toda la habitación, con excepción de aquellas partes en que la radiación directa de cualquier fuente sonora o campo próximo de los límites tiene una influencia significativa.

Nivel de presión sonora de impacto:

El nivel de presión sonora de impacto en la habitación receptora menos diez veces el logaritmo (de base 10) del tiempo de reverberación en la habitación receptora, dividido entre el tiempo de reverberación de referencia.

Nivel normalizado de presión sonora de impacto:

Para una banda de frecuencia especificada, el nivel medio de presión sonora en una habitación receptora debido a una fuente normalizada de impacto, menos diez veces el logaritmo (de base 10) de la relación entre una absorción de referencia y la absorción total del sonido en la habitación receptora. La absorción del sonido de referencia son 10 sabinos métricos.

Nivel percentil:

Para una duración establecida del período total de medición, el nivel sonoro o nivel sonoro promediado en el tiempo que es superado el x por 100 del período total de medición. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A. Si se utilizan niveles sonoros, hay que especificar la ponderación temporal; si se utilizan niveles sonoros equivalentes, hay que especificar el período de medición de cada muestra.

Nivel sonoro (nivel ponderado de presión sonora):

Diez veces el logaritmo común (de base 10) del cuadrado de la relación entre la presión sonora con ponderación de frecuencia (y promedio temporal) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales; 20 veces el logaritmo común (de base 10) de la relación entre una presión sonora determinada (obtenida con ponderaciones normalizadas de frecuencia y exponencial de tiempo promedio) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales. Hay que especificar las ponderaciones de tiempo y frecuencia utilizadas; de no ser así, se sobreentienden las ponderaciones de frecuencia A y de tiempo rápido (fast).

Nivel sonoro con ponderación A:

El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación A. A menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra A entre paréntesis, v.g. dB(A), para indicar que se ha utilizado la ponderación A.

Nivel sonoro con ponderación C:

El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación C. A menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra C entre paréntesis, v.g., dB (C), para indicar que se ha utilizado la ponderación C.

Nivel sonoro continuo equivalente (nivel sonoro promediado en el tiempo):

El nivel de un sonido estable que, en un período de tiempo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo.

Nivel sonoro corregido día-noche:

Diez veces el logaritmo común logaritmo de base 10) del cuadrado de la relación entre la presión sonora corregida día-noche y la presión sonora de referencia de 20 micropascales nos sonora corregida do para todo el año.

Nivel sonoro de 8 horas:

El nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A para un período de tiempo de 8 horas.

Nivel sonoro diurno medio:

Nivel sonoro continuo equivalente para un periodo de 12 horas de las 7:00 a las 19:00.

Nivel sonoro máximo con ponderación A:

El mayor nivel sonoro medido en un sonómetro, durante un intervalo de tiempo o suceso designado, utilizando la ponderación A y el promedio temporal rápido (fast).

Nivel sonoro medio horario:

El nivel sonoro continuo equivalente para un período de tiempo de 1 hora, habitualmente calculado entre horas enteras. Puede identificarse por las horas de principio y final, o sólo por la hora final.

Nivel sonoro medio nocturno:

El nivel sonoro continuo equivalente, v.g., el nivel sonoro promediado en el tiempo con ponderación A, para un período de 9 horas dividido, de las 0:00 a las 7:00 horas y de las 22:00 a las 24:00 horas.

Nivel sonoro percibido:

Una valoración del «ruido» del sonido de un avión; el nivel de presión sonora con ponderación de frecuencia obtenido mediante un procedimiento establecido, que combina los niveles de presión sonora en las 24 bandas de tercio de octava centradas entre 50 Hz y 10 kHz.

Nivel sonoro pico:

El valor instantáneo más alto de un nivel de presión sonora normalizado con ponderación de frecuencia, dentro de un intervalo de tiempo establecido.

Nivel sonoro pico con ponderación A:

El máximo nivel sonoro instantáneo con ponderación A durante un período de tiempo o suceso establecido.

Nivel sonoro promediado en el tiempo (nivel sonoro continuo equivalente):

Diez veces el logaritmo común (de base 10) de la relación entre el cuadrado de la presión sonora de tiempo medio (con ponderación de frecuencia) y la presión sonora de referencia de 20 micropascales. Unidad: decibelio. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

Nivel sonoro superado por el percentil x:

El nivel sonoro rápido (fast) con ponderación A igualado o superado por un nivel sonoro fluctuante el x por 100 del período de tiempo establecido. Por ejemplo, la letra del símbolo L10 representa el nivel sonoro que es superado un 10 por 100 del período de tiempo establecido.

Nivel sonoro vespertino:

El nivel sonoro continuo equivalente, v.g., el nivel sonoro con ponderación A de tiempo medio para un período de tiempo de 3 horas, de las 19:00 a las 22:00.

Nivel de intensidad (LI):

El nivel de intensidad de un sonido, en decibelios, es igual a 10 veces el logaritmo decimal de la razón entre la intensidad de dicho sonido y la intensidad de referencia.

Nivel de potencia acústica (LW):

Su unidad es el dB, y corresponde a la energía total por unidad de tiempo que produce un foco de ruido, siendo, por tanto, independiente de las características del ambiente de propagación y de la distancia al foco del ruido. Se expresa como diez veces el logaritmo en base 10 de la relación de una potencia acústica determinada con la potencia acústica de referencia.

Nivel de Presión Sonora (NPS ó SPL):

Se expresa en decibelios (dB) y se define por la siguiente relación matemática: $NPS = 20 \text{ Log } (P1/P)$, en que P1 es el valor efectivo de la presión sonora medida, y P es el valor efectivo de la presión sonora de referencia, fijado en 2×10^{-5} [N/m²].

Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPSeq, ó Leq):

Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibelios A, que en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.

Nodos:

Son puntos, líneas o superficies (de presión, velocidad, o desplazamiento) de un sistema de ondas estacionarias, en los cuales una magnitud dada tiene una amplitud nula.

O**Octava:**

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre dos valores, siendo el segundo el doble del primero.

Oído artificial:

Un aparato usado para calibrar los auriculares; el oído artificial incorpora un micrófono calibrado para medir la presión sonora y un acoplador acústico, de manera que la impedancia acústica global sea parecida a la del oído humano medio normal, en una banda de frecuencia determinada. Está equipado con un micrófono para la medición de la presión sonora desarrollada por el auricular. Onda: Una alteración que se propaga en un medio de tal manera que, en cualquier punto del medio, la cantidad que sirve como medida de la alteración es una función del tiempo; en tanto que, en cualquier instante, el desplazamiento en un punto es una función de su posición.

Omnidireccional:

Características de elementos electroacústicos que no privilegian ninguna dirección por sobre otra. Por ejemplo, una fuente de sonido omnidireccional es aquella que radía la misma energía sonora en todas las direcciones y frecuencias.

Onda difractada:

Una onda cuyo frente ha sido cambiado de dirección, por un obstáculo u otra inhomogeneidad en el medio, de forma distinta a la producida por la reflexión o la refracción.

Onda libre progresiva:

Una onda que se propaga en un medio libre de los efectos de sus límites.

Ondas esféricas:

Ondas cuyos frentes son círculos concéntricos.

Ondas estables:

Ondas en que el flujo neto de energía es cero en todos los puntos.

Ondas estacionarias:

Ondas periódicas con una distribución fija de amplitud en el espacio, que resultan de la interferencia de ondas progresivas de la misma frecuencia y tipo.

Sistema de ondas que resulta de la interferencia de ondas de igual naturaleza y de la misma frecuencia, caracterizado por la existencia de nodos, nodos imperfectos o seminodos (ondas semiestacionarias) y vientres. Para obtener ondas estacionarias las ondas interferidas deben tener componentes viajando en direcciones opuestas.

Ondas planas:

Ondas que tienen frentes planos; la dirección del desplazamiento de las partículas en cada punto del medio es normal al frente de onda.

Oscilación del sonido:

Cualquier desviación de la frecuencia en el sonido reproducido que resulta de un movimiento no uniforme del medio de grabación durante el registro, duplicación o reproducción.

P

Pantalla antiviento:

Una cubierta porosa para un micrófono, diseñada para reducir la señal eléctrica producida por el micrófono, como resultado del ruido generado por el paso del viento sobre el micrófono.

Patrón direccional:

De un transductor eléctrico a una frecuencia determinada en un plano especificado, la descripción del nivel de sensibilidad en función de la dirección de propagación del sonido irradiado o incidente. Esta descripción suele darse gráficamente en coordenadas polares. (Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende que el eje de referencia es el eje principal.)

Pérdida por inserción:

De un atenuador del sonido, barrera del sonido u otro elemento diseñado para aportar reducción del sonido en una banda de frecuencia especificada, el descenso en el nivel de potencia sonora medido en el lugar del receptor cuando este elemento es insertado en la vía de transmisión entre la fuente de sonido y el receptor.

Pérdida por transmisión:

De una partición, para una banda de frecuencia especificada, la diferencia entre los niveles medios de presión sonora de la habitación reverberante fuente y la habitación receptora (expresada en decibelios), más diez veces el logaritmo de base 10 de la relación entre el área de la partición común y la absorción total en sabinos en la habitación receptora.

Período:

De una cantidad periódica, el menor incremento de la variable independiente para una función que se repite a sí misma.

Pistófono:

Un aparato, utilizado en la calibración de micrófonos, que produce una presión sonora conocida dentro de una cavidad cerrada mediante el movimiento de pistones; el micrófono que se calibra es insertado en la cavidad.

Ponderación:

Una respuesta de frecuencia normalizada que aporta un sonómetro.

Potencia de habla punta:

El valor máximo de la potencia instantánea del habla dentro del intervalo de tiempo considerado.

Potencia instantánea del habla:

La tasa a que se irradia la energía sonora por una fuente de habla en un momento determinado.

Potencia media del habla:

Para un intervalo de tiempo establecido, la media aritmética de la potencia sonora instantánea durante ese intervalo.

Potencia sonora (de una fuente):

En una banda de frecuencia determinada, la tasa por unidad de tiempo en que la energía sonora es irradiada.

Potencia sonora de referencia:

La potencia sonora de referencia seleccionada por convenio; igual a 1 picovatio.

Presión estática:

En un punto de un medio, la presión que existiría en ausencia de ondas sonoras. Es la presión para la cual no existe perturbación del medio.

Presión sonora:

La raíz cuadrática media de la presión sonora instantánea durante un intervalo de tiempo especificado en una banda de frecuencia determinada, salvo que se indique otro proceso de promedio temporal.

Presión sonora con ponderación de frecuencia:

La raíz cuadrática media de la presión sonora instantánea que es ponderada para frecuencia con una carac-

terística normalizada de frecuencia (p. ej., A o C) y ponderada exponencialmente para tiempo de acuerdo con las características normalizadas lenta (slow, S), rápida (fast, F), impulso (I) o pico. Hay que especificar tanto la ponderación de frecuencia como la de tiempo. Si no se presenta la ponderación de frecuencia, se sobreentiende la ponderación A.

Presión sonora de referencia:

La presión sonora de referencia seleccionada por convenio; para aire, igual a 20 micropascales.

Presión sonora de tiempo medio: (con ponderación de frecuencia):

(1) La raíz cuadrada del cociente entre la integración temporal de las presiones sonoras instantáneas al cuadrado con ponderación de frecuencia y el período del tiempo de integración en segundos, para un período de tiempo de integración establecido.

(2) La raíz cuadrada del cociente entre la exposición sonora, en pascales-segundos, en un período de tiempo especificado, y el período de tiempo (establecido) de integración en segundos. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación A.

Presión sonora efectiva:

En un punto, el valor de la raíz cuadrática media (rms) de las presiones sonoras instantáneas sobre un intervalo de tiempo seleccionado. En el caso de presiones sonoras periódicas, el intervalo seleccionado ha de ser:

(1) largo en comparación con el período.

(2) un número integral de períodos. En el caso de presiones no periódicas, el intervalo debe ser lo suficientemente largo como para hacer que el valor obtenido sea esencialmente independiente de los pequeños cambios en la longitud del intervalo de tiempo. presión sonora instantánea: En un punto en un medio, la diferencia entre la presión existente en un instante especificado y la presión atmosférica.

Presión sonora máxima:

En un ciclo determinado de una oscilación periódica, el valor máximo absoluto de la presión sonora instantánea que se produce durante ese ciclo.

Presión sonora media día-noche:

La raíz cuadrada del cociente de la exposición sonora día-noche dividida entre 86.400 segundos (v.g., el número de segundos en un día).

Presión sonora media día-tarde-noche:

La raíz cuadrada del cociente de 1a exposición sonora día-tarde-noche dividida entre 86.400 segundos (v.g., el número de segundos en un día).

Presión sonora pico:

En un intervalo de tiempo especificado, el mayor valor absoluto de la presión sonora instantánea, en una banda de frecuencia establecida.

En cualquier intervalo de tiempo dado, es el máximo valor absoluto de la presión acústica instantánea en un punto, durante dicho intervalo (sin contar el signo).

Prueba de inteligibilidad del habla:

Un procedimiento que mide la proporción de elementos de prueba (como sílabas, palabras monosilábicas o frases) que se oyen correctamente.

R

Rayos sonoros:

Líneas que emanan de una fuente de sonido, que se dibujan perpendiculares al frente de onda, indicando la dirección de propagación del sonido.

Reactancia acústica:

Parte imaginaria de la impedancia acústica.

Receptor:

¡Una persona (o personas) o equipamiento que se ve afectado por el ruido.

Recorrido libre medio:

Es la distancia media recorrida por una onda acústica en un recinto entre dos reflexiones sucesivas.

Reducción del ruido:

La diferencia en el nivel de presión sonora entre dos puntos cualesquiera a lo largo de una vía de propagación del sonido.

Resistencia acústica:

De un medio sonoro es el componente real de la impedancia, esto es, la componente de la impedancia que es responsable de la disipación de energía.

Resistencia de flujo:

La proporción entre la diferencia de la presión del aire a través de una lámina de material poroso y el volumen del flujo de aire a través de la lámina.

Resonancia:

De un sistema en oscilación forzada, un fenómeno tal que cualquier cambio, por pequeño que sea, en la frecuencia de excitación da como resultado un descenso en la respuesta del sistema.

Respuesta:

Expresión cuantitativa del cociente de una magnitud determinada, medida a la salida de un transductor por otra magnitud determinada, medida a su entrada. La respuesta frecuentemente se traduce por, curva de respuesta, dándola en función de alguna variable independiente como la frecuencia. La relación entre la respuesta en condiciones dadas y una respuesta de referencia se llama respuesta relativa.

Respuesta Lenta:

Es la respuesta del instrumento de medición (como un sonómetros) que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) Lento.

Reverberación:

La persistencia del sonido en un espacio total o parcialmente cerrado, después de que la fuente de sonido ha cesado; la persistencia es el resultado del reflejo repetido y/o la dispersión.

Rigidez:

En un medio acústico, es el coeficiente que dividido por $2\rho c$, da la parte imaginaria de la impedancia acústica resultante de la elasticidad del medio o del desplazamiento volumétrico por unidad de presión.

Ruido:

(1) Sonido u otra alteración desagradable o no deseada; sonido no deseado. Por extensión, cualquier alteración no deseada dentro de una banda de frecuencia útil, como ondas eléctricas inadecuadas en un canal o aparato de transmisión.

(2) Sonido con naturaleza general aleatorio, cuyo espectro no exhibe componentes de frecuencia claramente definidos.

Ruido aéreo:

Es el ruido emitido por una fuente de ruido directamente hacia el aire, el cual pasa a ser el medio principal de propagación hacia el receptor.

Ruido aleatorio :

(1) El ruido cuya magnitud no puede predecirse con precisión en un momento determinado.

(2) Oscilaciones debidas a la agregación de un gran número de alteraciones elementales con ocurrencia al azar en el tiempo. (Un ruido aleatorio cuyas magnitudes instantáneas se producen de acuerdo con una distribución gaussiana se denomina ruido gaussiano aleatorio.)

Ruido ambiente:

El ruido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas; ningún sonido en particular es dominante.

Ruido blanco:

Un sonido cuya densidad de potencia espectral es esencialmente independiente de la frecuencia. (El ruido blanco no tiene por qué ser ruido aleatorio.)

Ruido de fondo:

El ruido total de todas las fuentes distintas al sonido de interés (p. ej., otro que el sonido que se está midiendo u otra que el habla o la música que se está escuchando).

Ruido de impacto:

El ruido que se produce cuando colisionan dos masas.

Es el ruido originado por golpes o vibraciones sobre una estructura sólida como medio principal de propagación y luego emitido hacia el aire por ésta.

Ruido ocasional:

Es aquel ruido que genera una fuente emisora de ruido distinta de aquella que se va a medir, y que no es habitual en el ruido de fondo.

Ruido rosa:

El ruido que tiene un espectro continuo de frecuencia y una potencia constante dentro de una anchura de banda proporcional a la frecuencia central de la banda.

S

Sabino:

Una unidad de medida de la absorción del sonido; una medida de la absorción del sonido de una superficie. Es equivalente a un ft^2 de una superficie perfectamente absorbente; un sabino métrico es el equivalente a $1 m^2$ de una superficie perfectamente absorbente.

Sacudida (de un sistema mecánico):

Una excitación no periódica de un sistema mecánico que está caracterizada por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

Sacudida acústica:

Una lesión en el oído producida por un ruido repentino e intenso, como el producido por una explosión o un estallido cerca de la cabeza, que produce cierto grado de pérdida auditiva permanente o transitoria.

Sacudida mecánica:

Una excitación no periódica (p. ej., un movimiento de la base o una fuerza aplicada) de un sistema mecánico que se caracteriza por ser repentina y severa y habitualmente produce un desplazamiento relativo significativo en el sistema.

Sala viva:

Es una sala que da la impresión subjetiva de tener una considerable reverberación.

Sala muerta:

Es una sala que da la impresión subjetiva de que no tiene reverberación.

Sensibilidad axial:

De un micrófono para una frecuencia especificada, la sensibilidad de campo libre a las ondas sonoras de plano progresivo cuya dirección de propagación es hacia el micrófono y a lo largo del eje principal.

Sensibilidad de presión:

De un transductor electroacústico a una frecuencia especificada, la proporción entre el voltaje del circuito abierto y la presión sonora real existente sobre la región del transductor diseñada para recibir el sonido.

Sistema de grado de libertad único:

Un sistema mecánico en que sólo es precisa una coordenada para definir completamente su configuración en cualquier instante.

Sonido:

- (1) Una alteración física en un medio (p. ej., aire) que puede ser detectada por el oído humano.
- (2) Sensación auditiva excitada por una alteración física en un medio.

Sonido ambiente:

El sonido envolvente asociado con un ambiente determinado en un momento específico, compuesto habitualmente del sonido de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas, incluida(s) la(s) fuente(s) de interés específico.

Sonido audible:

- (1) Oscilaciones acústicas de tal carácter que pueden excitar la sensación de audición.
- (2) Sensación de audición excitada por las ondas sonoras.

Sonido directo:

El sonido que llega a una localización determinada en línea directa desde la fuente, sin ninguna reflexión.

Sonido reflejado:

El sonido que persiste en un espacio cerrado como resultado de reflexiones repetidas o dispersión; no incluye el sonido que se transmite directamente de la fuente sin reflexiones.

Sonido residual:

El sonido envolvente, en un momento especificado, habitualmente compuesto de los sonidos de muchas fuentes en muchas direcciones, próximas y lejanas, que permanece en una posición determinada y una situación concreta, cuando se eliminan, se hacen insignificantes o no se incluyen todas las fuentes discretas de sonido identificables.

Sonido transmitido por la estructura:

Sonido que llega al punto de interés mediante la propagación a través de una estructura sólida.

Sonio: Unidad de sonoridad. Un sonio es la sonoridad de un tono puro, presentado frontalmente, como ondas planas progresivas de 1000 Hz y un nivel de presión sonora de 40 dB, re 20 micropascales.

Sonómetro:

Un instrumento que es utilizado para la medición del nivel sonoro, con ponderación de frecuencia y ponderación exponencial de tiempo promedio estandarizadas.

Instrumento destinado a efectuar medidas acústicas. Debe cumplir con lo indicado en las normas IEC 651, y en el caso de ser sonómetro integrador, con la norma IEC 804.

Sonoridad:

El atributo de la sensación auditiva en términos mediante los que los sonidos pueden ordenarse sobre una escala que se extiende de bajo a alto.

T

Tapón auditivo:

Un aparato de protección auditiva que se lleva dentro del canal auditivo externo.

Tasa de descenso:

A una frecuencia determinada, la tasa de tiempo a la que el nivel de presión sonora desciende en una habitación.

Tiempo de ascenso del pulso:

El intervalo de tiempo requerido para que el borde conductor de un pulso se eleve desde una fracción pequeña especificada hasta una fracción mayor determinada del valor máximo.

Tiempo de reverberación:

De un espacio cerrado, para un sonido de una frecuencia o banda de frecuencia determinada, el tiempo que se requiere para que el nivel de presión sonora dentro de él decrezca 60 dB, después de haber cesado la fuente.

El tiempo de reverberación se puede expresar, según Sabine, como: $T = 0,16 V/A$, en que V es el Volumen de la sala, en m³, y A es la absorción acústica media de la sala, en m².

Tipos de ruido:

Una clasificación que puede resultar útil a la hora de medir y evaluar un ruido es clasificarlo según el siguiente esquema:

- Ruido Estable es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.
- Ruido Fluctuante es aquel ruido que presenta fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango superior a 5 dB(A) Lento, observado en un período de tiempo igual a un minuto.
- Ruido Imprevisto es aquel ruido fluctuante que presenta una variación de nivel de presión sonora superior a 5 dB(A) Lento en un intervalo no mayor a un segundo.

Tono:

- (1) Una oscilación (física) del sonido capaz de elicitar una sensación auditiva que tenga un tono.
- (2) Una sensación auditiva que resulta de una oscilación del sonido.
- (3) El atributo de la sensación auditiva en términos del cual pueden ordenarse los sonidos sobre una escala que va de bajo a alto. (El tono de un sonido complejo depende fundamentalmente del contenido de frecuencia del sonido, así como de la presión sonora y de la forma de onda.)

Tono complejo:

Ondas sonoras que contienen componentes sinusoidales de distintas frecuencias.

Tono puro:

Una onda sonora que es una función sinusoidal simple del tiempo .

Transductor:

Un aparato diseñado para recibir una señal de entrada de determinado tipo y aportar una señal de salida de distinto tipo, de tal manera que la característica deseada de la señal de entrada aparece en la señal de salida.

Transductor de vibración:

Un aparato que convierte la sacudida o movimiento vibratorio en una señal eléctrica (óptica o mecánica) que es proporcional a un parámetro del movimiento experimentado.

Transductor electroacústico:

Un transductor diseñado para recibir señales eléctricas de entrada y aportar señales acústicas de salida, o viceversa.

Transmisión lateral del sonido:

La transmisión del sonido desde una habitación fuente (v.g., una habitación en que se localiza una fuente sonora) hacia una habitación receptora adyacente mediante vías distintas a la partición común.

Tono:

Es un sonido que da una sensación definida de frecuencia, está comprendido dentro del margen audible entre 20 y 20.000 Hertz.

Tono puro:

Sonido que caracteriza una onda, cuya presión acústica instantánea es una función sinusoidal simple del tiempo y que por tanto tiene una frecuencia única.

U

Ultrasonido:

Oscilaciones acústicas con una frecuencia por encima del límite superior de frecuencia del sonido audible por el oído humano, aproximadamente 20.000 Hz.

Umbral de audición (umbral de audibilidad):

Para un oyente determinado, la presión sonora mínima de un sonido especificado que es capaz de evocar una sensación auditiva. Se asume que el sonido que llega al oído desde otras fuentes es insignificante. (Hay que especificar las condiciones generales de medición, por ejemplo, oír con un oído, dos oídos, en campo libre o con auriculares.)

Umbral de audición normalizado:

El valor modal de los umbrales de audición para un gran número de oyentes, con edades entre 18 y 30 años, que poseen oídos otológicamente normales.

Umbral de dolor:

Para un oyente determinado, el nivel mínimo de presión sonora de un sonido especificado que producirá una sensación definitiva de dolor en el oído.

Umbral de inteligibilidad del habla:

El nivel de presión sonora del habla en una banda de frecuencia establecida a la que pueden reconocerse con claridad el 50 por 100 de las palabras relativamente fáciles.

Umbral del dolor normal:

Valor modal del umbral para el dolor de un gran número de oyentes otológicamente normales, con edades entre 18 y 30 años.

V

Velocidad de partícula:

En un campo sonoro durante un intervalo de tiempo especificado, la raíz cuadrática media de las velocidades instantáneas de las partículas, salvo que se establezca de otra manera.

Vibración:

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento del sistema mecánico.

Vibración ambiente:

La vibración envolvente asociada con un ambiente determinado, compuesta habitualmente de la vibración de muchas fuentes próximas y lejanas.

CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE SONIDO

El oído humano y la audición

El oído humano se comporta como un filtro inteligente frente a las variaciones de presión acústica externas. Permite el paso sin dificultad de las medias frecuencias (cercasas a la voz humana), y es menos sensible a bajas y altas frecuencias (de ahí el típico botón de loudness de un equipo estéreo o el control activo de bajos y agudos).

Así, la respuesta de nuestro oído es igual a la de un filtro que atenúa las bajas frecuencias, no afecta a las medias frecuencias e introduce una muy ligera variación en altas frecuencias.

De este modo, si tenemos el espectro de ruido de una máquina, ventilador, etc, y corregimos la forma del mismo según la misma ley que lo hace el oído humano, obtendremos un espectro que llamaremos ponderado y que es equivalente al espectro que excita las células o cilios de nuestro oído interno, esto es, es el espectro que capta el cerebro.

Se denomina pues, al espectro externo al oído, espectro sin filtrar, y al espectro corregido se le llama espectro ponderado A.

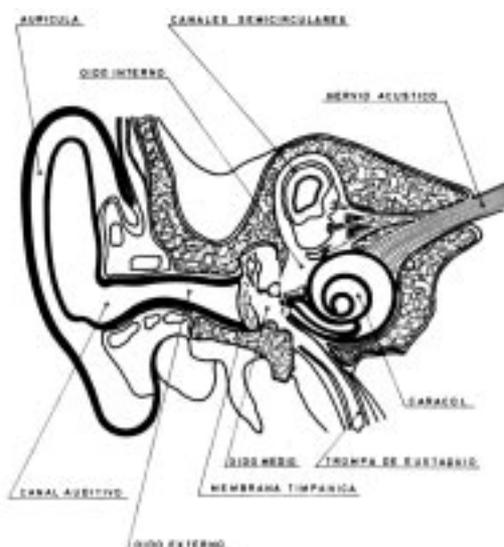


Fig. 1. Fisiología del oído

La suma de los niveles de presión sonora nos dará un nivel global que podremos expresar en decibelios o dB en el primer caso, mientras que en segundo caso se tratará de decibelios A ó dBA.

Dado que el oído humano es más sensible a unas frecuencias que a otras y su respuesta depende también del nivel o presión sonora, existen unas zonas definidas como de mayor percepción o sensibilidad.

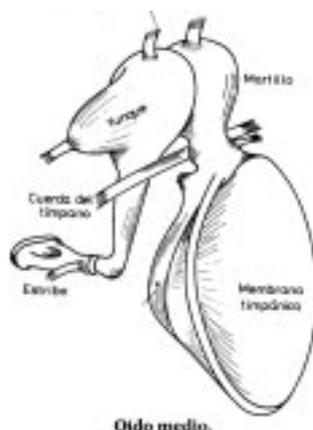


Fig 2. Fisiología del oído.

Variaciones sonoras perceptibles

Dado un nivel de ruido estable, la variación del mismo debido a un incremento negativo o positivo de éste genera sensaciones distintas en función de dicha variación. La tabla cuantifica este concepto.

Sin embargo, es necesario especificar que el hecho de que una variación sonora sea perceptible no indica el grado de mejora o molestia que pueda provocar, ya que estas dos "apreciaciones" son subjetivas.

Variación del nivel sonoro	Descripción de la sensación	Observación
0-2 dB	Imperceptible.	Se encuentra generalmente en la tolerancia de la medición
2-5 dB	Apenas perceptible.	Ligera variación
5-10 dB	Variación netamente perceptible	
10-20 dB	Variación notable	
> 20 dB	Variación muy fuerte	

Nivel de presión sonora

El hecho de que la relación entre la presión sonora del sonido más intenso y la del sonido más débil sea de alrededor de 1.000.000, ha llevado a adoptar una escala comprimida denominada escala logarítmica. Llamando P_{ref} (presión de referencia) a la presión de un tono apenas audible (es decir 20 μ Pa) y P a la presión sonora, podemos definir el nivel de presión sonora (NPS) L_p como:

$$L_p = 20 \log (P / P_{ref})$$

La unidad utilizada para expresar el nivel de presión sonora es el decibelio, abreviado dB. El nivel de presión sonora (N.P.S.) de los sonidos audibles varía entre 0 dB y 120 dB. Los sonidos de más de 120 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles, además de ser bastante dolorosos para la mayoría de las personas.

Diferencias entre Presión y Potencia Acústica

El sonido es una sensación auditiva provocada por las vibraciones y ondas acústicas de frecuencia entre 20 Hz y 20.000 Hz, que se propaga en un medio sólido, líquido o gaseoso. Cuando las frecuencias de excitación del fenómeno acústico son inferiores a 20 Hz se habla de infrasonidos. Cuando son superiores a 20.000 Hz, de ultrasonidos.

La magnitud que normalmente se mide con un micrófono es la presión acústica eficaz. A partir de la presión, se pueden deducir todas las otras magnitudes, pero como que el campo de valores de la presión acústica es muy grande, se ha introducido como magnitud práctica el nivel de presión sonora en decibelios ó dB, respecto de una presión de referencia

$$SPL(dB) = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{ef}^2}{P_{ref}^2} \right) = 20 \cdot \log \left(\frac{P_{ef}}{P_{ref}} \right)$$

correspondiente al umbral de presión auditiva e igual a 20 μ Pa.

Nota: S.P.L. significa Sound pressure level, por lo que también suele indicarse como N.P.S. en castellano.

Para caracterizar la emisión sonora de una fuente de ruido, generalmente se da su potencia. Se corresponde con la cantidad de energía radiada por unidad de tiempo y se expresa en Watios.

La potencia es un parámetro intrínseco de la fuente de ruido al igual que lo es la potencia eléctrica de una bombilla. El valor de la potencia de la bombilla no es variable según el color de las paredes de la habitación donde se encuentre, en cambio, la iluminación será mayor en una habitación con las paredes pintadas de blanco que en una habitación con las paredes pintadas de negro. Lo mismo sucede con la presión, dependiendo si la fuente de ruido se encuentra en campo libre o bien se encuentra en campo reverberante.

Como el campo de los valores de la potencia acústica es muy grande, se ha introducido como magnitud práctica el nivel de potencia sonora en dB, respecto de una potencia de referencia de 1 pW, o lo que es lo mismo:

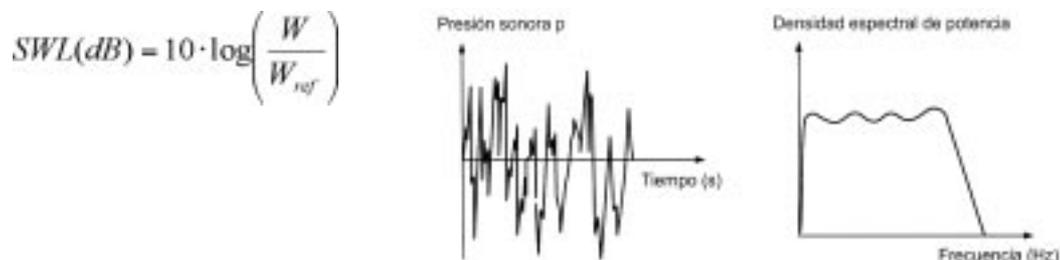


Fig 3. Sonido aleatorio y densidad espectral de potencia.

El Decibelio

El Sonido es una variación de presión.

Presión atmosférica: presión del aire ambiental en ausencia de sonido.

Presión sonora: diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica. La presión sonora tiene en general valores muchísimo menores que el correspondiente a la presión atmosférica.

Por ejemplo, los sonidos más intensos que pueden soportarse sin experimentar un dolor auditivo agudo corresponden a unos 20 Pa, mientras que los apenas audibles están cerca de 20 μPa.

Frecuencias

La presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos (presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo. Esta magnitud se denomina frecuencia y se expresa en ciclos por segundo o hertzios (Hz). Para reducir la cantidad de dígitos, las frecuencias mayores que 1.000 Hz se expresan habitualmente en kilohertzios (kHz).

Cuando dos sonidos tienen como frecuencias respectivas f_1 y f_2 , se dice que se encuentran separados por el intervalo f_2/f_1 , y que definen la banda de frecuencias de anchura $Df = f_2 - f_1$ ($f_2 > f_1$).

Los filtros utilizados para analizar el ruido eliminan los componentes cuyas frecuencias están por debajo y por encima de unos límites o frecuencias de corte propias de cada filtro (filtro paso banda). Las componentes cuyas frecuencias están comprendidas entre ambas frecuencias de corte, pasan a través del filtro; esta banda de frecuencia permitida se llama banda de paso, y la diferencia entre ambas frecuencias de corte es el ancho de banda.

Los filtros empleados para medidas de ruido, tienen unas bandas de paso de acuerdo a normas internacionales ISO-R. 266, y la española UNE 74002/78 sobre frecuencias preferentes en medidas acústicas DIN 45401, ANSI S1.6 - 1.967. En todos los casos la relación de frecuencias es de 2/1, que define el intervalo denominado "octava" en el que una frecuencia es el doble de la otra, llamándose bandas de paso en octavas. En estos filtros, el ancho de banda aumenta con la frecuencia.

Por definición, la frecuencia central de una octava, que se extiende de f_1 a f_2 , es la frecuencia f_c , que divide a la octava en dos intervalos iguales en la escala logarítmica, es decir:

que en el caso de una octava $f_c = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$, siendo su ancho de banda $Df = 0,707 f_c$, por consiguiente vemos que la anchura de octava es proporcional a la frecuencia central de la misma. Las frecuencias centrales normalizadas de octavas son: (Norma UNE 74.002-78 entre 100 Hz y 5.000 Hz):

125 250 500 1.000 2.000 4.000 Hz

El nivel de presión en cualquier octava es el nivel de presión de octava o brevemente nivel de octava.

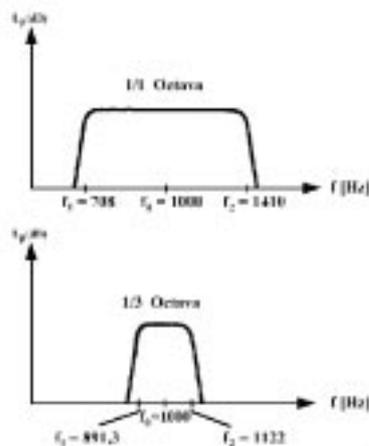


Fig 4. Representación de un filtro paso banda de octava y en tercio de octava.

Cuando se necesita más información del espectro del ruido que la obtenida con las octavas, se emplean las bandas de media octava, que tienen un ancho de banda más pequeño, con lo que las medidas realizadas son más exactas, pudiendo conocer las frecuencias más perjudiciales de la señal y actuar sobre ellas, en ese caso se define

$$f_2 = 2 \cdot \sqrt{f_1} \quad \text{y} \quad f_c = 4 \cdot 2 \cdot \sqrt{f_1}$$

Se utilizan bandas de un tercio de octava, cuando se desea una información mucho más detallada. Estas bandas se definen normalmente, como de un ancho de un tercio de octava. Es evidente que para que diez bandas sucesivas sean exactamente contiguas, su anchura debe de estar representada por la relación de frecuencias de $10^{1/10}$ de valor 1,2589. En la práctica esta relación apenas se distingue de la relación correspondiente a una verdadera división de un tercio de octava, es decir $2^{1/3}$ de valor 1,2599. Además, la distribución de las bandas se basa exactamente en $10^{1/10}$, cada diez bandas, la frecuencia aumenta 10 veces. Luego estas bandas tienen la ventaja de que las frecuencias centrales son múltiplos por 10 de los números básicos, sea cual sea la extensión del margen de frecuencias. En este caso la frecuencia central está dotada por $f_c = 6$.

Las frecuencias centrales normalizadas son (Norma UNE 74.002-78 entre 100 Hz y 8.000 Hz):

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800
1.250	1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000	6.300	8.000 Hz	

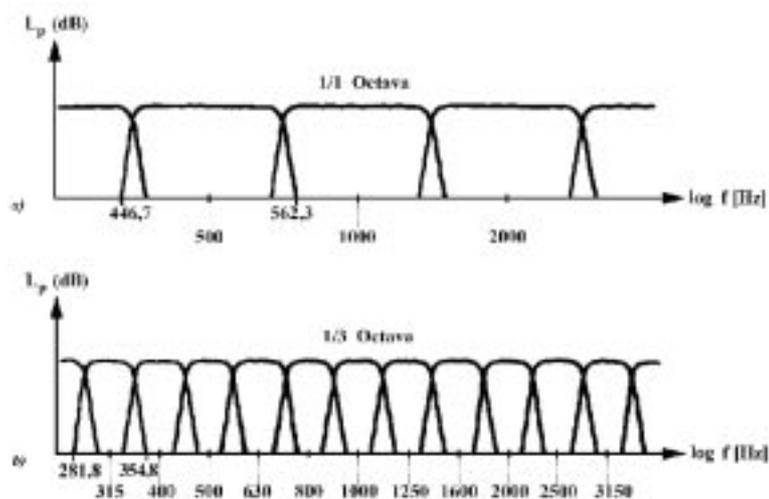


Fig 5. Ejemplo de un espectro de octava y 1/3 de octava.

Muchos ruidos tienen tales características, que la señal se distribuye de una forma continua en todo el margen de frecuencias dentro de una banda de paso dada, si se reduce la banda de paso, el nivel medio de presión disminuye. Es decir una banda de paso estrecha deja pasar menos ruido que una ancha.

Puesto que muchos análisis de ruido se dan en bandas de octava a veces es conveniente calcular los niveles de presión de octava, añadiendo 3 dB a los niveles de presión obtenidos en media octava. De forma análoga se podrían calcular añadiendo 5 dB a los niveles de presión obtenidos en bandas de tercio de octava.

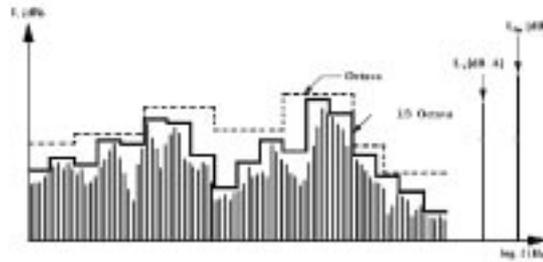


Fig 6. Representación de filtro paso banda.

a) banda de octava. b) banda de 1/3 de octava.

Otro tipo de filtros, se caracteriza porque su ancho de banda es constante ($Df = cte$), y no muy amplio (alrededor de 20 Hz). Esta banda de paso puede desplazarse a lo largo del margen de frecuencias, mediante el movimiento de un dial, a este analizador se le llama de banda constante. Este filtro es más selectivo a las altas frecuencias que a las bajas.

Como resumen, veamos a continuación la siguiente tabla:

Para mayor claridad, a continuación se indican a modo de tabla, las frecuencias centrales más utilizadas:

Octavas	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz							
1/3 de Octava.	25	31	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000			

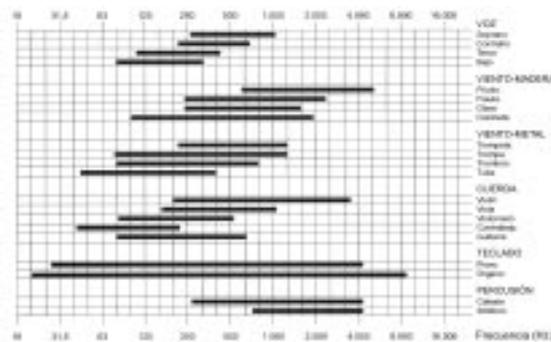


Fig 7. Bandas de frecuencias de instrumentos musicales y voz.

El Hertzio

La presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos (presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo.

Esta magnitud se denomina frecuencia y se expresa en ciclos por segundo (c.p.s) o hertzios (Hz).

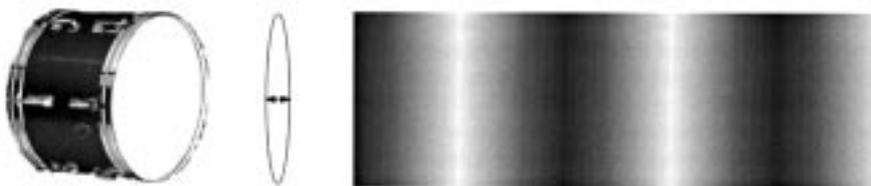


Fig 8. Visualización de un frente de onda.

Clases de Decibelios. Nivel Sonoro con Ponderación A, B, C.

El nivel de presión sonora es una medida objetiva y bastante cómoda de la intensidad del sonido, pero está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe. Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende fuertemente de la frecuencia. Esta dependencia de la frecuencia de la sensación de sonoridad fue descubierta y medida por Fletcher y Munson, en 1933, (ver gráfica). Se pensaba que utilizando una red de filtrado (o ponderación de frecuencia) adecuada sería posible medir esa sensación en forma objetiva.

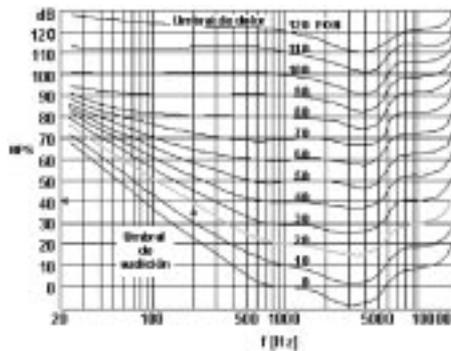


Fig 9. Curvas isofónicas.

Una forma de entender la gráfica sería la siguiente: Si seguimos la línea de 20 Fones, se necesita un nivel de presión sonora de 40 dB a 200 Hz para obtener la misma "sensación" sonora que un nivel de 20 dB a 1000 Hz.

El oído se comporta de diferente manera con respecto a la dependencia de la frecuencia *para diferentes niveles físicos del sonido*.

Por ejemplo, a muy bajos niveles, sólo los sonidos de frecuencias medias son audibles, mientras que a niveles altos, todas las frecuencias se escuchan más o menos con la misma sonoridad. Por lo tanto parecía razonable diseñar tres redes de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente.

La red de ponderación A se aplicaría a los sonidos de bajo nivel, la red B a los de nivel medio y la C a los de nivel elevado. (El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en decibelios A, abreviados dBA y análogamente para las otras.

El uso del condicional en el párrafo anterior es debido a que el uso del dBA se ha extendido para su uso en todo tipo de situaciones, independientemente de su nivel de presión sonora lo que hace que en ciertas ocasiones el objetivo por el que se diseñaron las diferentes ponderaciones se haya perdido, fundamentalmente es su aplicación para objetivos legales.

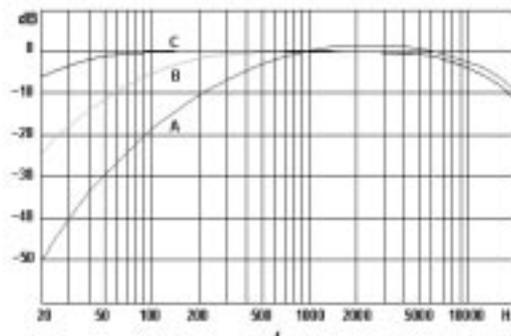


Fig 10. Filtros de ponderación A, B y C.

Operaciones con dB

Además de conocer diferentes tipos de decibelios, es fundamental saber operar con ellos, ya que al apli-

car en su definición un logaritmo, hace que tanto la suma como la resta de niveles sonoros no sea la convencional. Como regla fundamental para el ruido producido por dos fuentes sonoras de igual nivel de presión sonora en un punto equidistante de ambas y suponiendo que el entorno no influye en el campo sonoro, el nivel de presión sonora será el de una de ellas (medido en el mismo unto) más 3 dB.

Mediante formulación esta operación es:

$$L_1 + L_2 = 10 \cdot \log(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10}).$$

De forma gráfica puede comprobarse mediante:

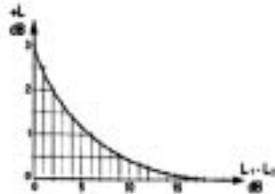


Fig 11. Suma de dB.

Para el caso de la resta de niveles , el cálculo es análogo:

$$L_1 - L_2 = 10 \cdot \log(10^{L_1/10} - 10^{L_2/10}).$$

A continuación se muestra un ejemplo, en el que se muestra la suma de decibelios aplicada a la conversión de niveles por frecuencias (ver más adelante octavas y tercios de octava) en un solo nivel global:

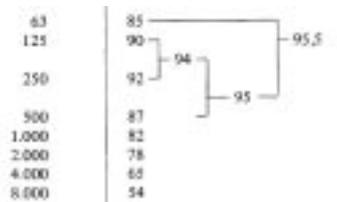


Fig 12. Ejemplo.

Frecuencias centrales	Frecuencias inferiores de octava		Frecuencias superiores de octava		Frecuencias aproximadas	
	1/2 octava	1/3 octava	1/3 octava	1/2 octava	1/2 octava	1/3 octava
40						
31,5	22,1			44,2	X	X
40					X	X
63	44,2			88,4	X	X
80					X	X
100		80,1	122,8		X	X
125	88,4			177	X	X
160					X	X
200					X	X
250	177			354	X	X
315					X	X
400					X	X
500	354			707	X	X
630					X	X
800					X	X
1.000	707	891	1.228	1.414	X	X
1.250					X	X
1.600					X	X
2.000	1.414			2.828	X	X
2.500					X	X
3.150					X	X
4.000	2.828			5.657	X	X
5.000					X	X
6.300					X	X
8.000	5.657			11.314	X	X

a) En todos los niveles de octava, los límites de frecuencia se obtienen multiplicando la frecuencia central por 0,792 o por 1,258.
b) En todos los niveles de tercios de octava, multiplicar por 0,691 o por 1,222.

Fig 13. Octavas y tercios de octava.

Materiales aislantes y absorbentes

Existe una gran diferencia entre el material aislante y el material absorbente. Ambos son empleados corrientemente en acústica, en cambio, deben aplicarse con un cierto criterio.

El hecho de aislar es el de impedir la propagación de la energía acústica incidente mientras que el de absorber es el de transformar parte de esa energía.

El aislante refleja prácticamente toda la energía incidente y el absorbente disipa parte de esa energía en forma de energía de calorífica.

Absorción acústica

La característica fundamental de los materiales absorbentes es transformar gran parte de la energía sonora que la atraviesa. Su misión, por tanto, que se refleje la mínima cantidad de sonido, de forma que la mayor energía sonora posible sea susceptible de ser transformada en calor por efecto Joule.

No hay reglas fáciles para definir su comportamiento. Lo que se puede afirmar es que: "Todo material absorbente debe ser POROSO". Esto quiere decir que debe permitir el paso del aire, para que el material pueda disipar las ondas sonoras en sus choques contra las paredes de las cavidades. Los materiales con celdas interiores de superficie cerrada, no pueden ser buenos absorbentes en ningún caso.

El espesor del material es importante para determinar la absorción máxima. La energía sonora penetra en el material sólo hasta determinada profundidad, a partir de la cual no sería necesario dar mayor espesor, pero si el espesor no es el adecuado se perderán posibilidades de absorción.

Los parámetros más importantes que rigen el comportamiento de un material absorbente son:

- Densidad
- Porosidad
- Geometría estadística de las celdillas
- Rigidez de su estructura
- Distancia del montaje de las superficies.

La velocidad con que se mueve el aire debido a una onda sonora, es máxima a una distancia fija de las superficies rígidas, distinta para cada frecuencia. Para la velocidad máxima, también es máximo el rozamiento y por tanto la absorción.

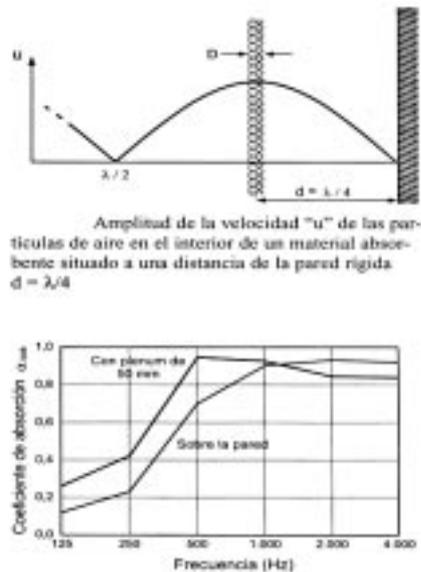


Fig. 14. Coeficientes de absorción sonora de una lana de roca de 30 mm. De espesor y 46 kg/m³ de densidad sobre: 1. pared de hormigón. 2. a 50 mm. De la pared.

AISLAMIENTO EN LA INDUSTRIA

PROTECCIÓN CONTRA EL RUIDO EXTERIOR MEDIANTE PANTALLAS ACÚSTICAS

Las principales fuentes de ruido exterior a un edificio o industria son el tráfico (automovilístico o ferroviario), otras industrias ruidosas, maquinaria de obras públicas...

El método más eficaz es el aislamiento acústico adecuado de todos los cerramientos del edificio o industria.

Esta solución puede ser a veces imposible por ser abierta la industria o porque puede encarecer fuertemente el coste de aislamiento acústico frente a ruidos elevados.

En la mayor parte de los casos es eficaz la protección mediante pantallas acústicas, que deben considerarse como acciones complementarias a otras de aislamiento, ya que el nivel de protección alcanzado con las pantallas no suele ser elevado (inferior a 20 dB).

El cálculo de pantallas acústicas está basado en las teorías de difracción de Fresnel y en datos experimentales.

Valores aceptables aproximados pueden obtenerse del gráfico de Maekawa adjunto (fig. 15).

En el gráfico se observa que la atenuación acústica que ofrecen las barreras depende del número adimensional N, que relaciona la diferencia de camino que debe recorrer el sonido entre emisor (E) y receptor (R) antes y después de la colocación de la barrera y la longitud de onda del sonido con las diversas frecuencias.

Como es habitual en la acústica, las altas frecuencias son atenuadas más fácilmente que las bajas frecuencias.

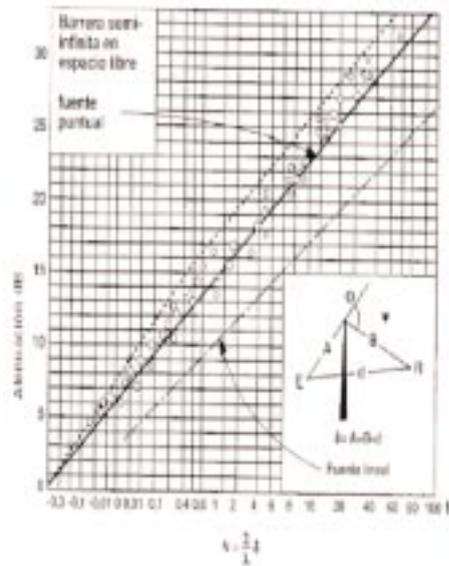


Fig. 15. Gráfico para el cálculo de la atenuación de barreras semiinfinitas.

Cuando las pantallas acústicas son delgadas, la solución más adecuada es utilizar la aproximación de Kurze, donde:

$$\Delta L = 5 + 20 \log \frac{\sqrt{2\pi N}}{\tanh \sqrt{2\pi N}}$$

para valores de $-0,2 N < 26$ (para diferentes valores de N, $\Delta L = 0$).

Todo lo anterior es válido siempre que la pantalla acústica tenga un aislamiento acústico propio de 10 dB superior al mayor valor esperado de atenuación como barrera. Se puede mejorar la atenuación de la pantalla mediante el incremento de la absorción acústica en la cara expuesta al ruido.

Los valores del gráfico de Maekawa o la aproximación de Frunze corresponden a pantallas reflectantes, con muy bajo coeficiente α en la cara expuesta. Cuando se construyen pantallas con elementos absorbentes (lanas de vidrio o roca), en la cara vista, el valor de la atenuación crece con el aumento del coeficiente de absorción « α ».

En la fig. 16 se presentan los valores de incremento teórico de la atenuación acústica de una pantalla, sobre el valor obtenido en pantalla reflectante, en función del coeficiente de absorción « α » y del ángulo de difracción « ϕ ».

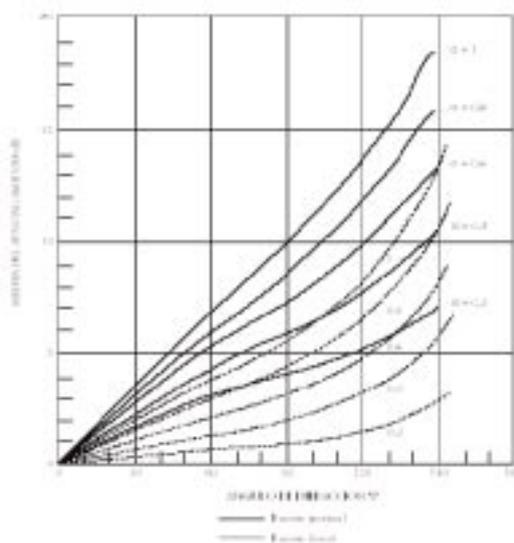


Fig. 16. Gráfico para el cálculo de la atenuación de barreras semiinfinitas.

RUIDO EN CONDUCTOS

Una vía típica de transmisión de ruidos aéreos la constituyen los sistemas de conductos de climatización y ventilación, así como los sistemas de aspiración y expulsión de aire en cabinas.

Las soluciones de amortiguación del sonido más frecuentes pasan por las técnicas de absorción acústica.

Conductos de aire

Un conducto de suficiente longitud respecto a su sección puede atenuar el sonido en su interior de acuerdo a la siguiente expresión empírica:

$$\Delta L = 1,05 \cdot \alpha^2 \cdot \frac{P}{S} \text{ dB/m}$$

siendo:

DL: Amortiguación del sonido por unidad de longitud del conducto.

α : Coeficiente de absorción del material interior del conducto en Sabine.

P: Perímetro interior del conducto, en m.

S: Sección interior del conducto, en m².

La observación de la expresión indicada nos permite evaluar:

— Cuanto mayor sea el valor de α , mayor será la atenuación acústica obtenida. Lo mismo ocurrirá en conductos metálicos revestidos de absorbentes tipo lana mineral.

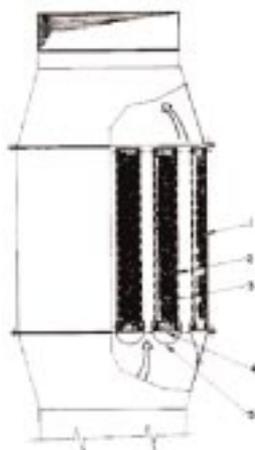
— La geometría del conducto es determinante para la atenuación: conductos de pequeñas dimensiones relativas tendrán elevadas relaciones P/S. Por el contrario, conductos de grandes dimensiones tendrán bajas relaciones P/S, con una disminución de la atenuación acústica.

Silenciosos de absorción

Están basados en los mismos principios de absorción del caso de los conductos, pero estableciendo valores muy elevados de α y de la relación P/S, para obtener en poca longitud valores muy elevados de atenuación.

Constituidos por colisas de cuerpo metálico, normalmente rectangular, con un espesor de cuerpo elevado y rellenas de material absorbente (lana de vidrio o de roca).

Las colisas se colocan en el interior de un cajón (fig.17), paralelamente a sí mismas y a pequeñas distancias unas de otras, respecto a su altura, de modo que queden ranuras estrechas para el paso del aire.



1. Chapa lisa revestimiento exterior.
2. Revestimiento de acabado de las colisas chapa perforada.
3. Paneles rígidos «Isover» o «Roclaine» protegidos con velo de vidrio.
4. Bastidor de las colisas perfil -[-
5. Lamas deflectoras de chapa.

Fig. 17.

El número de colisas a instalar dependerá del caudal de aire en circulación y su velocidad admisible.

Los valores de atenuación que pueden obtenerse responden a la conocida expresión

$$\Delta L = 1,05 \cdot \alpha^2 \cdot \frac{P}{S} \quad \text{dB/m}$$

En este caso deben establecerse algunas condiciones:

— El ancho del paso de aire debe ser inferior a $\lambda/8$ de la frecuencia más elevada que desee atenuarse, ya que en caso contrario baja fuertemente la atenuación.

— El ancho de las colisas debe asegurar un elevado valor de α para la menor frecuencia que desee atenuarse.

— La longitud del silencioso debe ser al menos el doble que la altura de las colisas.

— La velocidad de circulación del aire debe ser inferior a 16 m/s para evitar elevadas pérdidas de carga y la aparición de ruidos aerodinámicos de difícil atenuación.

— Las superficies «vistas» de las colisas deben ser de velo o tejido de fibra de vidrio, e incluso de chapa perforada para altas velocidades, con el fin de proteger la lana interior.

Las formas de las curvas de atenuación de los silenciosos de estas características responden a los de la fig. 18:

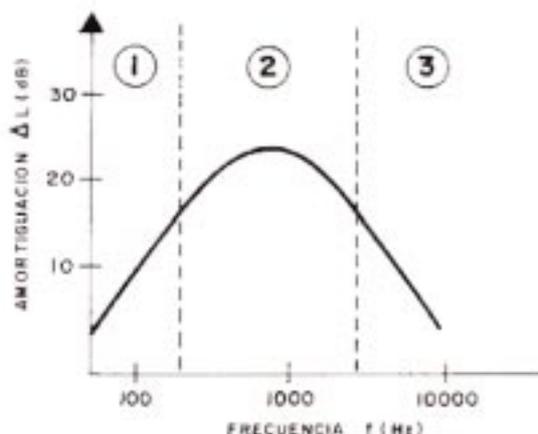


Fig. 18.

- Zona 1: Comprende las zonas de baja frecuencia para las que no se ha diseñado el silencioso, por lo que la atenuación es baja pero creciente hacia las frecuencias próximas a las de diseño.
- Zona 2: Intervalo de frecuencias para las que se ha diseñado el equipo.
- Zona 3: Frecuencias más elevadas, donde decrece la atenuación a medida que $\lambda/8$ es tanto menor que la distancia entre colisas.

PROTECCIÓN DEL RUIDO INTERIOR EN LOS LOCALES

La práctica totalidad de los locales de trabajo están expuestos a niveles sonoros que perturban la actividad normal y el bienestar de las personas.

El ruido que se genera en los locales por fuentes internas es muy variado y procede desde unos pocos focos localizados hasta un número importante de focos no localizados y distribuidos por todo el local de manera aleatoria.

Evidentemente, problemas diferentes exigen soluciones diferentes, con frecuencia, además, el problema exige más de una solución simultáneamente.

El ruido se encuentra entre los contaminantes más típicos producidos por las industrias. La legislación que afecta a la acústica industrial es compleja, pues abarca normativas medioambientales, directivas de máquinas y normas de seguridad e higiene.

Las fábricas son fuente generadora de producción y riqueza. Sin embargo, a la par que productoras de bienes útiles para el hombre, han traído siempre consigo el inconveniente de producir contaminación, agresiva para su entorno y para las personas que trabajan en su interior y alrededores.

Muchas son las formas de contaminación que pueden ser producidas por la acción del hombre en las fábricas. Cuando se trata este asunto, normalmente pensamos solamente en los residuos sólidos líquidos y gaseosos que estas fábricas producen. Sin embargo, debemos considerar otros contaminantes que, aunque no sean tan "palpables" como los residuos, sí pueden ser tan penosos de soportar y tan agresivos o más que éstos.

Éste es el caso del ruido

Generación de ruido en la industria.

Dentro de las fábricas hay una gran variedad de elementos que están produciendo ruido. Como casos más frecuentes podemos señalar los siguientes:

- Impactos
- Rodamientos
- Engranajes
- Quemadores
- Ventiladores
- Compresores
- Maquinaria eléctrica
- Válvulas
- Escapes de gases
- Sierras
- Taladros
- Punzones
- Fresas

Acondicionamiento acústico de locales

Este sistema es el más adecuado cuando el número de focos ruidosos es importante, aunque su nivel sonoro no sea elevado individualmente.

Si la distribución de estos focos es muy extensiva en un local o son móviles, se genera un ruido importante que sólo es posible reducirlo mediante acciones en el campo reverberado, dentro de las limitaciones que supone, aumentando el valor de área absorbente del local.

El valor medio de reducción sonora en un local, supuesto un campo reverberado difuso, modificando su área absorbente es:

$$\Delta L = 10 \log \frac{A_1}{A_0} = 10 \log \frac{T_0}{T_1}$$

donde:

ΔL = Reducción del nivel sonoro medio en el local.

A_1 = Área absorbente del local aumentada, en m²

A_0 = Área absorbente del local inicialmente, en m²

T_0 = Tiempo de reverberación del local inicialmente, en s.

T_1 = Tiempo de reverberación del local aumentada la absorción, en s.

De acuerdo con la teoría de Sabine, el tiempo de reverberación del local viene dado por la ecuación:

$$T_1 = \frac{0,161 V}{A_1} \text{ (s)}$$

donde:

V: Volumen del local (m³)

$$A_0 = \alpha_1 \cdot s_1 + \alpha_2 \cdot s_2 + \dots + \alpha_n \cdot s_n$$

donde:

s_1, s_2, \dots, s_n : Superficies de los cerramientos (m).

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$: Coeficientes de absorción de dichos cerramientos.

Para el cálculo del tiempo de reverberación en el local, cuando una o varias superficies tienen un coeficiente de absorción muy diferente, se aplica la teoría de Millington y Sette.

Dicho tiempo de reverberación viene dado por la ecuación:

$$T_1 = \frac{0,161 V}{A_1} \text{ (s)}$$

donde:

V: Volumen del local (m³).

$$A_1 = \sum S_i \ln(1 - \alpha_i) = -[\zeta_1 \ln(1 - \alpha_1) + \zeta_2 \ln(1 - \alpha_2) + \dots + \zeta_n \ln(1 - \alpha_n)]$$

donde:

$\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_n$: Superficies de los cerramientos (m²).

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$: Coeficiente de absorción de dichos cerramientos.

ln: Logaritmo neperiano.

Para conseguir las mejoras de absorción se pueden utilizar:

— Techos acústicos absorbentes.

en su parte vista, que se instalan suspendidos del techo mediante perfilerías vistas u ocultas.

— Baffles acústicos formados por placas absorbentes montadas en marcos rígidos formando figuras geométricas que se suspenden del techo. Las figuras son variadas, pero principalmente son paralelepípedos estrechos y cilindros.

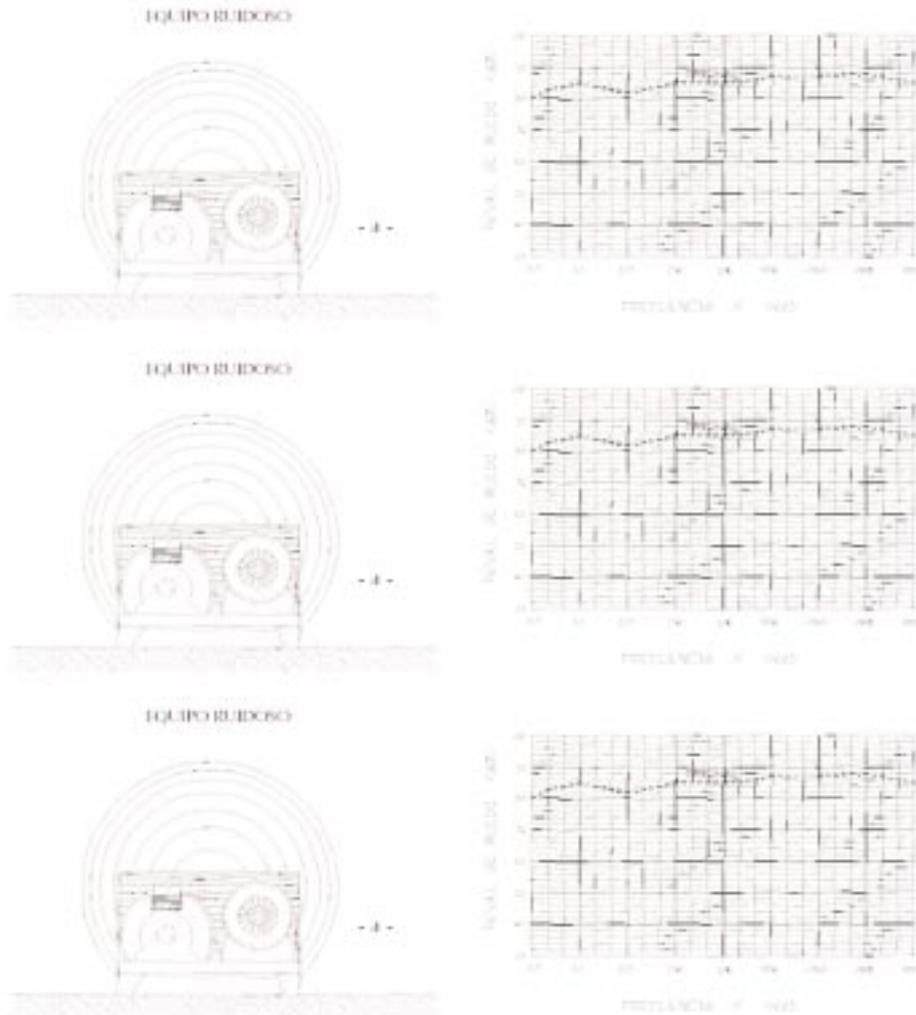
— Murales acústicos consistentes en paneles decorativos de formas planas u onduladas, susceptibles de instalarse paralelos a los cerramientos verticales, y compuestos por elementos absorbentes acústicos.

La característica funcional importante de todos estos sistemas es su espectro de coeficiente de absorción con la frecuencia.

Encapsulado de equipos

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

El ejemplo que se presenta a continuación es un resumen de las técnicas que conducen al encapsulado como solución, según se indica en la fig. 19.



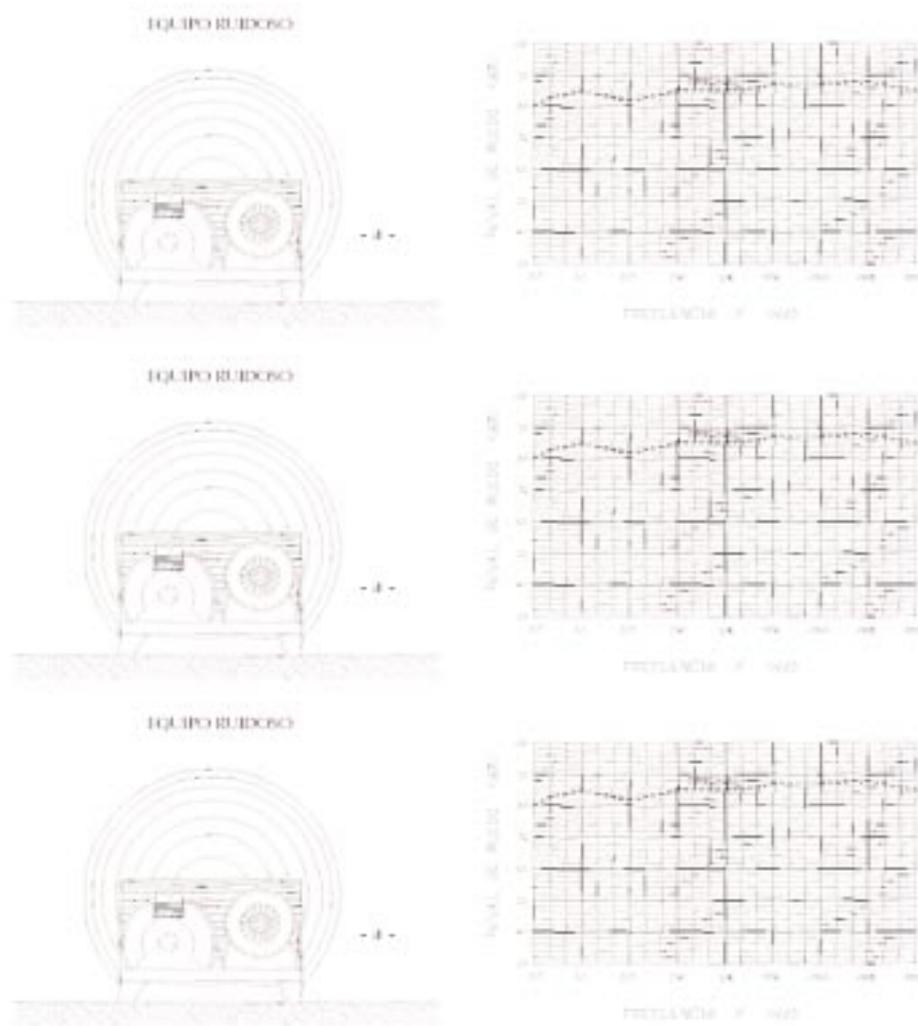


Fig. 19.

- a -TRATAMIENTO ANTIVIBRATORIO EQUIPO RUIDOSO
- b -APANTALLAMIENTO DE LA FUENTE DE RUIDO
- c - AISLAMIENTO Y ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO 137
- d -CERRAMIENTO RÍGIDO Y HERMÉTICO CON ANTIVIBRADORES
- e - CERRAMIENTO RÍGIDO Y HERMÉTICO CON MATERIAL ABSORBENTE Y ANTIVIBRATORIOS
- f - DOBLE CERRAMIENTO RÍGIDO Y HERMÉTICO CON MATERIAL ABSORBENTE Y ANTIVIBRATORIOS

Un equipo ruidoso (a) situado en el interior de un local presenta el espectro sonoro a ruido aéreo que se indica. 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 (b) proporciona, además de la reducción de la transmisión vía sólida necesaria, una reducción importante a ruido aéreo en el campo de las bajas frecuencias.

Para tratar de mejorar, se analiza una solución complementaria a la anterior, que es el apantallamiento del equipo.

Sin embargo, se comprueba que esta solución aporta poco al aislamiento global.

En (c), se representa el efecto que se obtendría solamente con el apantallamiento del equipo, que sólo es aceptable en las altas frecuencias.

El siguiente paso será establecer un cerramiento envolvente del equipo (d), salvo el suelo, que presente 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 medias y altas.

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.

Puede disminuirse el nivel sonoro mediante la introducción de materiales fuertemente absorbentes, como son las lanas de vidrio y roca, que reduzcan la componente reverberada. Así se llega a la solución (e), en la que se reduce el nivel en todo el espectro. Normalmente los materiales absorbentes se presentan a la instalación con recubrimientos (velos de vidrio o tejidos de vidrio, placas de aluminio o acero perforado...).

Si el nivel sonoro todavía resultara elevado para las exigencias técnicas previstas, la solución pasa por construir «una caja dentro de la caja» o “box into box”, de acuerdo con lo propuesto en (f).

En esta solución, el equipo se instala dentro de una envolvente completamente cerrada (incluso el fondo) 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 dBA.

Esta será la solución aplicable a los locales especialmente ruidosos como norma general.

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 (mirillas, ventanas...).
- Elementos practicables de acceso y evacuación de personas y materiales (puertas, trampillas, cintas transportadoras...).
- Tomas de aire y evacuación de gases.

Todos estos elementos deben tenerse en cuenta en el proyecto ya que suponen elementos débiles acústicamente y deben diseñarse especialmente para que no debiliten el aislamiento global.

Algunos consejos prácticos para el diseño:

— Mirillas y ventanas dobles, con separaciones importantes entre hojas (mayores de 15 cm). Vidrios de alto espesor, mejor si son laminares. Marcos independientes para cada hoja, desolidarizados. En el límite, hojas no paralelas.

— Puertas y trampillas de doble hoja, con ajustes al marco mediante elementos elásticos. Mejora la calidad acústica con marcos desolidarizados del soporte ciego. En el límite, montaje de dobles puertas, con cámara intermedia de alta absorción acústica.

— Todos los huecos de aspiración y expulsión de gases deben llevar silenciosos, principalmente de absorción, calculados para las atenuaciones acústicas que proceda.

PROTECCIÓN DEL RUIDO DE EMISIÓN DE LOS LOCALES CON ACTIVIDADES INDUSTRIALES

El caso más frecuente es el de los locales con actividades ruidosas en diversos grados, sobre los cuales existe una limitación legal de nivel sonoro de emisión hacia el exterior.

En este aspecto se encuentran los edificios industriales, cuya ubicación zonal sólo supone un nivel diferente, tanto más exigente para situaciones en zonas urbanas hospitalarias o residenciales.

El nivel de emisión al exterior más bajo permitido suele corresponder a las actividades que se desarrollan en edificios compartidos con viviendas. Especialmente conocidas son las actividades de ocio, donde los niveles de ruido generados en el interior de los locales es muy elevado (p.e. bares, discotecas, salas de fiestas...), por lo que se necesitan niveles de aislamiento muy importantes para este tipo de locales.

Naves industriales

Sandwich de montaje in situ

Las naves más habituales son aquellas cuya envolvente está constituida por chapa metálica perfilada, tanto en cerramiento vertical como en cubierta.

Los aislamientos acústicos de las chapas utilizadas, con espesores normales < 1 mm (0,63 y 0,75 mm normalmente), no pueden alcanzar valores importantes pese a las buenas características de la chapa de acero como material blando a la flexión, por tanto con frecuencias críticas elevadas (> 1.500 Hz).

La necesidad de incluir aislamiento térmico ha supuesto el desarrollo de soluciones tipo sandwich, en el que la chapa perfilada constituye los elementos exteriores y un aislamiento térmico es el alma del sandwich.

Esta solución mejora el aislamiento acústico respecto a la chapa perfilada de una sola hoja, aunque es el tipo de material aislante el que determinará la cuantía de la mejora.

Si se utiliza como material aislante térmico un material de síntesis de poro cerrado, como es el caso del poliestireno expandido o extrusionado, o del poliuretano, el resultado acústico es pobre, ya que la nula absorción acústica de estos materiales, así como su rigidez, no permite el funcionamiento del sistema como un cerramiento de doble hoja.

Por el contrario, la utilización de aislamientos térmicos de lanas minerales (lanas de vidrio y de roca) permiten una mejora notable en el valor del aislamiento acústico.

En la fig. 20 pueden observarse los resultados de aislamiento acústico de dos sandwich con los elementos de chapa iguales (chapas de 1 mm de espesor), pero con almas de lana de vidrio (16 kg/m³) y de poliuretano (30 kg/m³), respectivamente.

En este caso, el aislamiento con sandwich de poliuretano es muy reducido por debajo de la frecuencia crítica de la chapa, lo que supone un aislamiento global notablemente inferior al obtenido con el aislante absorbente.

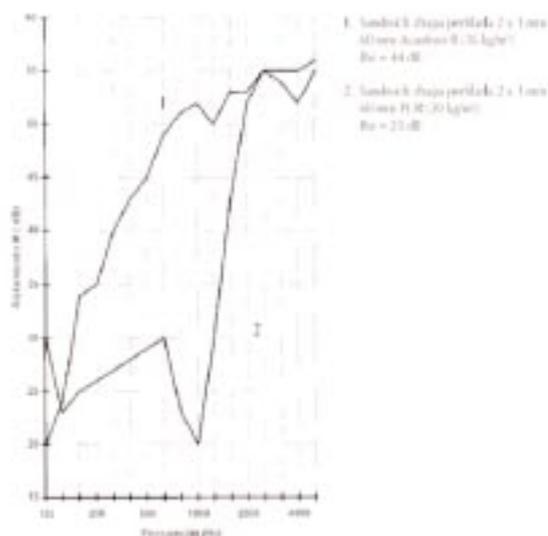


Fig 20. Aislamiento acústico de sandwich.

La necesidad de reducir los ruidos en el interior de las naves para mejorar las condiciones de las mismas, algunas veces se trata de conseguir perforando la hoja interna de chapa para aumentar el coeficiente de absorción. Sin embargo, esta solución es negativa para el aislamiento acústico de la envolvente, ya que reduce la efectividad del aislamiento a la hoja exterior principalmente.

En la fig. 21 se presentan los resultados de aislamiento de dos sandwich iguales con material absorbente en su interior pero con hoja interna lisa y perforada. Como se aprecia, la diferencia de aislamiento acústico es de 7 dB(A). Este valor no es fácil de compensarse sólo con la reducción del ruido interno obtenido por la mejora del coeficiente de absorción (fig. 22).

Las mejores prestaciones posibles resultarán de aumentar la absorción acústica de la nave mediante techos acústicos que tienen esa función, manteniendo el cerramiento sin perforaciones.

Para aumentar los valores de aislamiento acústico de estos sistemas, las soluciones pasan por el incremento de las masas, es decir, el espesor de las chapas, o lo que es más habitual, aumentar el espesor del sandwich, lo que permite una mejora también del aislamiento térmico, reduciendo costes de energía térmica.

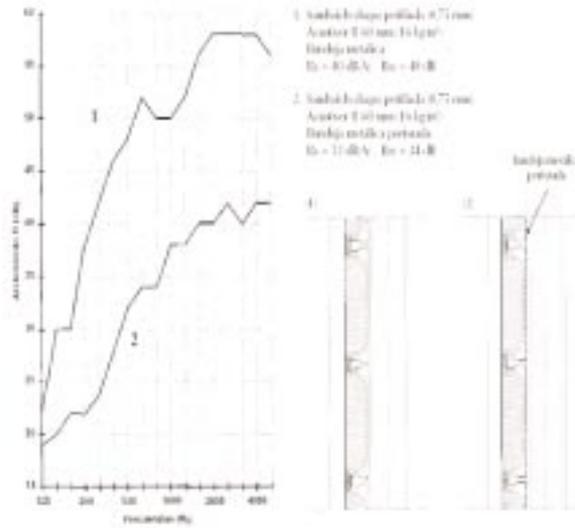


Fig 21. Diferencia de aislamiento con y sin perforaciones.

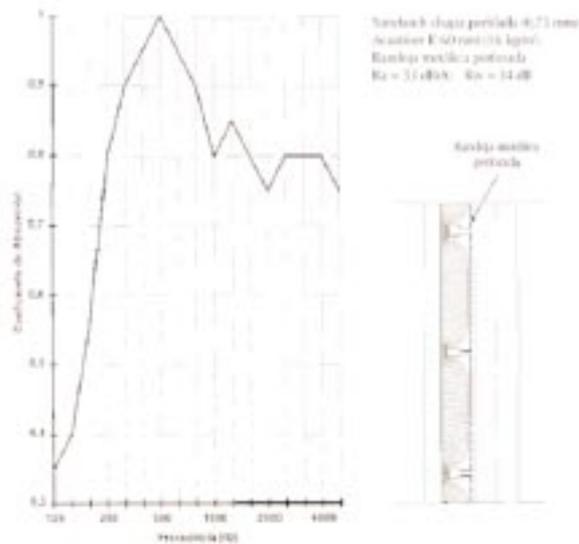


Fig 22. Coeficiente de absorción del panel.

En la fig. 23 se observan los resultados sobre el aislamiento acústico de aumentar el espesor de aislamiento del sandwich anterior de 60 mm a 100 mm). La mejora en este caso es de 3 dBA en el caso de chapas lisas.

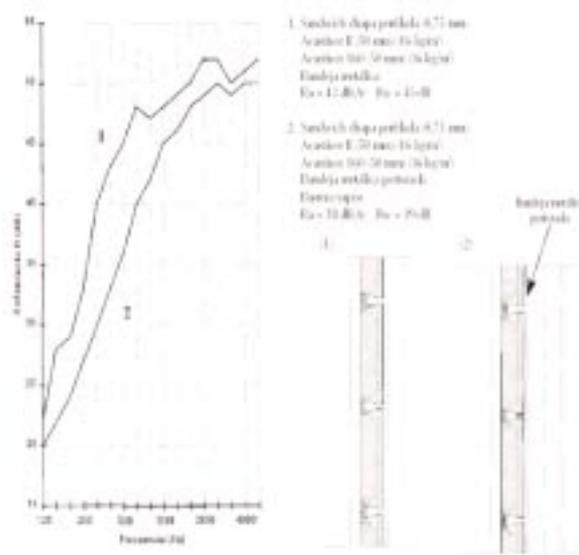


Fig. 23. Comparativa al aumentar el espesor.

Para el montaje con la chapa interior perforada, en este caso la mejora es más elevada que lo que cabría esperarse. Esto se debe a la introducción, en el segundo montaje, de una barrera de vapor en la cara caliente del aislante (la cara interna). Esta barrera equivale a reducir el efecto de las perforaciones, aunque no suficiente para sustituir a la chapa lisa por su menor masa superficial.

También se reduce el valor del coeficiente de absorción de la cara interna por el efecto de la citada barrera (fig. 24).



Fig. 24 Coeficiente de absorción.

Los aislamientos de cubierta, cuando utilizan las mismas soluciones constructivas, consiguen valores idénticos que las soluciones citadas.

Sandwich prefabricados

Son productos mixtos, constituidos por dos láminas de chapa de acero perfilada en frío, con un núcleo aislante interior de lana mineral (lana de vidrio o de roca).

Su construcción se realiza en trenes especiales de perfilado, con ensamblado y corte automático. De este modo, la confección del producto es rápida, de alta precisión dimensional y con elevada calidad de conjunto.

Las propiedades de las lanas minerales se transmiten al producto final, por lo que éste tiene una elevada capacidad de aislamiento térmico y aislamiento acústico, así como una notable resistencia al fuego.

a) Comportamiento acústico:

Dos aspectos son básicos:

— La absorción acústica, por la cual es posible reducir de modo importante el ruido generado en el interior de las instalaciones industriales. La absorción acústica elevada del panel, se obtiene mediante la perforación de la chapa interna (mínimo de 22% de perforaciones).

— En la figura adjunta, se presenta la curva de absorción, en función de la frecuencia, para un panel sándwich de 50 mm de espesor y una de las caras perforada. La absorción acústica media obtenida es de $\alpha_w = 0,85$.

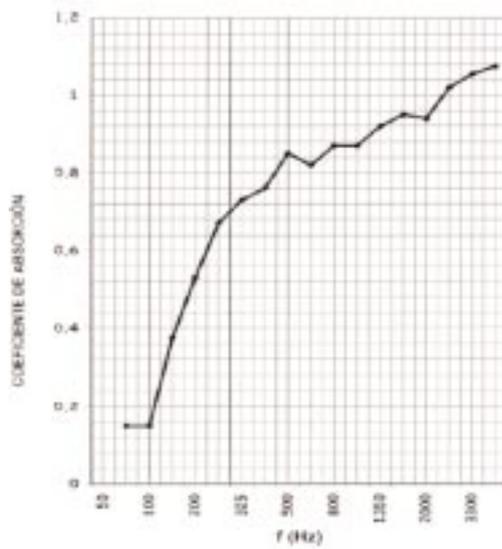


Fig. 25. coeficiente de absorción.

— El aislamiento acústico. Es muy alto, como corresponde a este tipo de soluciones constructivas formadas por dos hojas blandas a la flexión (ambas láminas de acero) con un alma interior de lanamineral (absorbente acústico y amortiguador elástico, simultáneamente).

En la figura adjunta se presentan los resultados de aislamiento acústico de dos sandwich de igual construcción, pero con espesores de 50 y 80 mm de lana mineral. Los resultados obtenidos en los ensayos (35 y 37 dB), demuestran que el aislamiento crece con el espesor de lana.

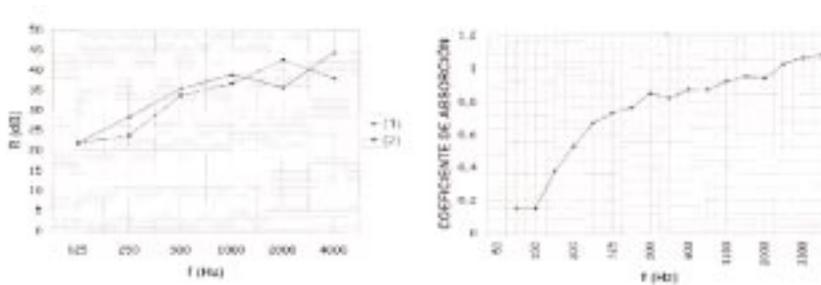


Fig. 26. Influencia del espesor del material en el aislamiento acústico.
 (1) Sandwich prefabricado, con chapa perforada de 0,5 mm y alma de lana mineral de 50 mm.
 (Lamina interior perforada 25%.) Aislamiento acústico: $R_n = 14,4$ dBA $R_w = 17$ dB.
 (2) Sandwich prefabricado, con chapa perforada de 0,5 mm y alma de lana mineral de 80 mm.
 (Lamina interior perforada 25%.) Aislamiento acústico: $R_n = 16,2$ dBA $R_w = 17$ dB.

Fig. 26. Influencia del espesor del material en el aislamiento acústico.

Ruido y Salud

1. Se entiende que no puede achacarse de ningún modo **pérdida auditiva** con los niveles de presión sonora obtenidos.

2. Sin embargo, con los niveles obtenidos el ruido produce malestar y dificulta o impide la atención, la comunicación, la concentración, el descanso y el sueño. La reiteración de estas situaciones puede ocasionar estados crónicos de nerviosismo y estrés lo que, a su vez, lleva a trastornos psicofísicos, enfermedades cardiovasculares y alteraciones del sistema inmunitario.

Efectos nocivos del ruido sobre la persona

Malestar

La sensación de *malestar* procede no sólo de la interferencia con la actividad en curso o con el reposo sino también de otras sensaciones, menos definidas pero a veces muy intensas, de estar siendo perturbado. Las personas afectadas hablan de intranquilidad, inquietud, desasosiego, depresión, desamparo, ansiedad o rabia. Todo ello contrasta con la definición de "salud" dada por la Organización Mundial de la Salud:

"Un estado de completo bienestar físico, mental y social, no la mera ausencia de enfermedad".

El nivel de malestar varía no solamente en función de la intensidad del ruido y de otras características físicas del mismo, sino también de factores tales como miedos asociados a la fuente del ruido, o el grado de legitimación que el afectado atribuya a la misma. Si el ruido es intermitente influyen también la intensidad máxima de cada episodio y el número de éstos.

Durante el día se suele experimentar malestar moderado a partir de los **50 dBA**, y fuerte a partir de los **55 dBA**. En el periodo vespertino, en estado de vigilia, estas cifras disminuyen en **5 ó 10** decibelios.

Trastornos del sueño

El ruido influye negativamente sobre el sueño de tres formas diferentes que se dan, en mayor o menor grado según peculiaridades individuales, a partir de los **30 dBA**:

1. Mediante la **dificultad o imposibilidad de dormirse**.
2. Causando **interrupciones del sueño** que, si son repetidas, pueden llevar al insomnio. La probabilidad de despertar depende no solamente de la intensidad del suceso ruidoso sino también de la diferencia entre ésta y el nivel previo de ruido estable. A partir de **45 dBA** la probabilidad de despertar es grande.
3. Disminuyendo la **calidad del sueño**, volviéndose éste menos tranquilo y acortándose sus fases más profundas, tanto las de sueño paradójico (los sueños) como las no-paradójicas. Aumentan la presión arterial y el ritmo cardiaco, hay vasoconstricción y cambios en la respiración.

Como consecuencia de todo ello, la persona no habrá descansado bien y será incapaz de realizar adecuadamente al día siguiente sus tareas cotidianas. Si la situación se prolonga, el equilibrio físico y psicológico se ven seriamente afectados.

Con frecuencia se intenta evitar o, al menos paliar, estas situaciones mediante la ingestión de tranquilizantes, el uso de tapones auditivos o cerrando las ventanas para dormir. Las dos primeras prácticas son, evidentemente, poco saludables por no ser naturales y poder acarrear dependencias y molestias adicionales. La tercera hace también perder calidad al sueño por desarrollarse éste en un ambiente mal ventilado y/o con una temperatura demasiado elevada.

- oído (acúfenos) y de trastornos del equilibrio (vértigos).

El estrés y sus manifestaciones y consecuencias

Las personas sometidas de forma prolongada a situaciones como las anteriormente descritas (ruidos que hayan perturbado y frustrado sus esfuerzos de atención, concentración o comunicación, o que hayan afectado a su tranquilidad, su descanso o su sueño) suelen desarrollar algunos de los síndromes siguientes:

- **Cansancio** crónico.
- **Tendencia al insomnio**, con el consiguiente agravación de la situación.
- **Enfermedades cardiovasculares:** hipertensión, cambios en la composición química de la sangre, isquemias cardiacas, etc. Se han mencionado aumentos de hasta el 20% o el 30% en el riesgo de ataques al corazón en personas sometidas a más de 65 decibelios en periodo diurno.
- **Trastornos del sistema inmune** responsable de la respuesta a las infecciones y a los tumores.
- **Trastornos psicofísicos** tales como ansiedad, manía, depresión, irritabilidad, náuseas, jaquecas, y neurosis o psicosis en personas predispuestas a ello.
- **Cambios conductuales**, especialmente comportamientos antisociales tales como hostilidad, intolerancia, agresividad, aislamiento social y disminución de la tendencia natural hacia la ayuda mutua.

Resumen de Valores Críticos

A partir de los valores indicados en la primera columna se empiezan a sentir, dependiendo de la sensibilidad individual, los efectos señalados en la segunda.

A partir de este valor en decibelios	Se empiezan a sentir estos efectos nocivos
30	Dificultad en conciliar el sueño Pérdida de calidad del sueño
40	Dificultad en la comunicación verbal
45	Probable interrupción del sueño
50	Malestar diurno moderado
55	Malestar diurno fuerte
65	Comunicación verbal extremadamente difícil
75	Pérdida de oído a largo plazo
110 - 140	Pérdida de oído a corto plazo

Nota: Estas medidas se entienden medidas donde esté ubicado el afectado

OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN Y BIBLIOGRAFÍA

1.Libros y autores:

- 1.1.Manual de medidas acústicas y control del Ruido (M-C. Harris)
 - 1.2.Ingeniería acústica (Manuel Recuero López)
 - 1.3.Diseño acústico de espacios arquitectónicos (Antoni Carrión Isbert)
- 1.4.Acústica arquitectónica básica (Andrés Marqués y Juan Fco. Sánchez)
- 1.5.Conceptos de acústica (Jordi Rodríguez Trillas).
- 1.6.Instalaciones elctracústicas (Alberto Bandini)
- 1.7.Fundamentos del control del ruido y vibraciones (Atecyr)
- 1.8.Acústica Físico Musical (Antonio Calvo Manzano)
- 1.9.Fundamentos de acústica (Lawrence E. Kinsler)
- 1.10.El manual de audio en los medios de comunicación (Stanley R. Alten)
- 1.11.Manual del aislamiento en la construcción. (Isover)
- 1.12.Acustica Arquitectónica. (Higini Arau)

2.Ponencias.

- 2.1.Los métodos de cálculo como de aislamiento acústico como herramienta de diseño acústico.
(D. Josep Solé Bonet)
- 2.2.El aislamiento acústico desde la realidad de los consumidores
(D. José Múgica y D. Luis miguel Pérez)