

MEDICIÓN DEL SONIDO

¿POR QUÉ MEDIMOS EL SONIDO?

Las mediciones de sonido proporcionan cantidades que describen y cuantifican el sonido. Estas mediciones pueden proveer beneficios como el mejoramiento de recintos acústicos y altoparlantes que incrementan el goce de la musicatanto en una sala de concierto, como en nuestra casa.

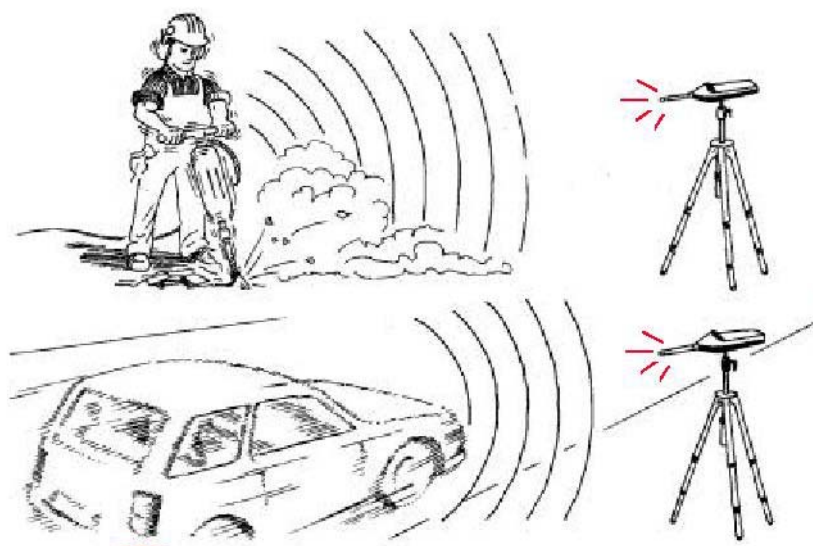
Las mediciones del sonido también nos permiten tener un análisis científico de los sonidos desagradables (ruidos). Sin embargo, debemos recordar que debido a las diferencias fisiológicas y psicológicas de los individuos, el grado de molestias no puede ser medido científicamente para una persona en particular. Pero las mediciones nos dan un medio objetivo de comparación de sonidos bajo diferentes condiciones.

Las mediciones de sonido nos proporcionan también una indicación clara de cuando un sonido puede causar daños al sistema auditivo y permitir medidas correctivas. El grado de daño a la audición puede ser determinado por medio de una audiometría, con la cual se mide la sensibilidad de la audición de una persona.

Lo anterior significa que las mediciones de sonido son una parte vital de los programas de conservación de audición.

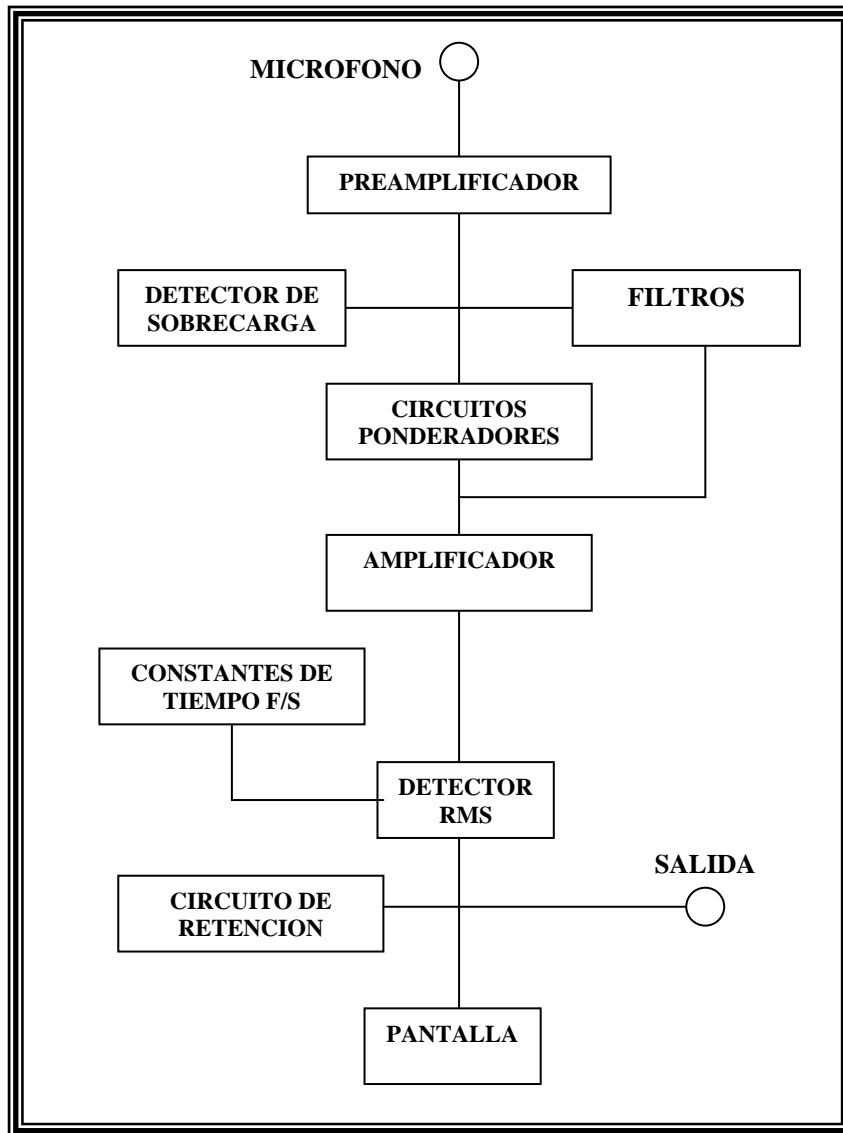
Finalmente, podemos decir que las mediciones y el análisis del sonido son una herramienta de diagnóstico poderosa para los programas de reducción de ruido, como en aeropuertos, fábricas, supercarreteras, casas habitación y estudios de grabación.

Esta herramienta puede ayudar a mejorar la calidad de nuestra vida.



EL MEDIDOR DE NIVEL SONIDO BASICO

Un medidor de nivel de sonido básico es un instrumento diseñado para responder al sonido aproximadamente en la misma forma que el oído humano y darnos mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión sonora. Existen en el mercado muchos sistemas de medición de sonido. Aunque son diferentes en detalles, en general todos los sistemas consisten de un micrófono, una sección de procesamiento y un dispositivo para desplegar la información.

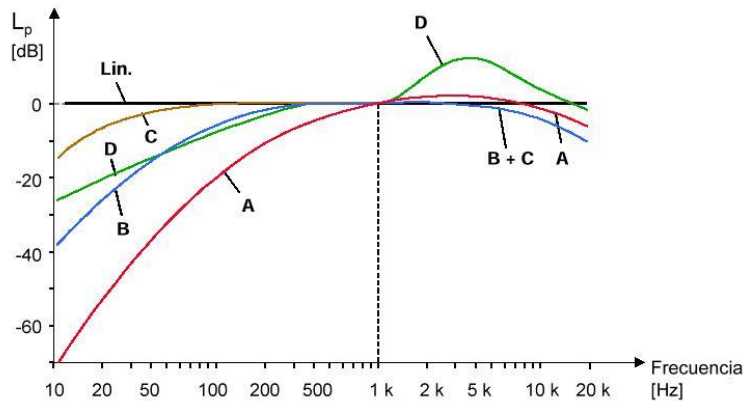


El micrófono convierte la señal sonora en una señal eléctrica equivalente. Los micrófonos más convenientes para los medidores de nivel de presión sonora son los micrófonos de condensador que brindan una combinación de precisión, estabilidad y confiabilidad.

La señal eléctrica que produce el micrófono es demasiado pequeña y tiene que ser amplificada por un preamplificador antes de ser procesada.

Existen varios procesos diferentes por los que tiene que pasar la señal. La señal puede pasar a través de un circuito de ponderación. Es relativamente simple construir un circuito eléctrico que cambie su sensibilidad con la frecuencia en la misma forma que el oído humano y por tanto simular los contornos de sensación sonora. Esto ha dado como resultado tres diferentes características estandarizadas internacionalmente llamadas ponderación "A", "B" y "C".

Curvas de Frecuencia Ponderadas

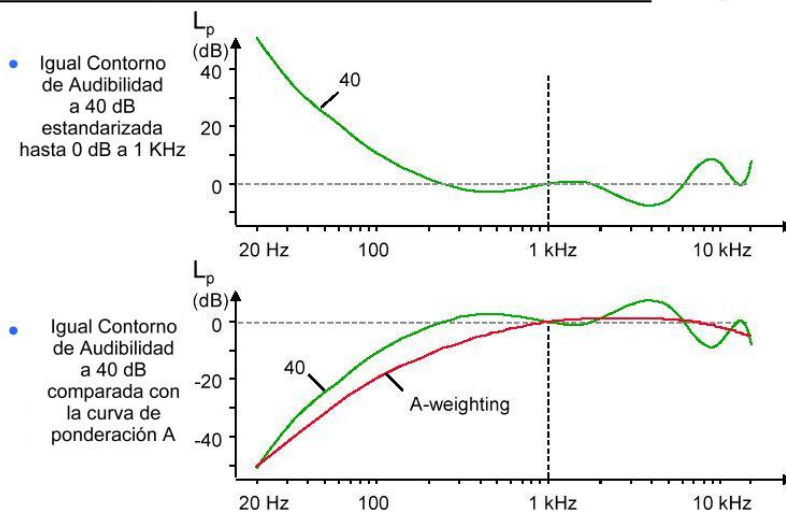


El circuito "A" pondera una señal de manera que se aproxima al contorno invertido de una curva de igual sensación de bajo nivel de presión sonora. El circuito "B" corresponde al contorno de una curva de mediano nivel de presión sonora. El circuito "C", corresponde al contorno de una curva de alto nivel de presión sonora. Existe además, un circuito especializado, llamado "D" que ha sido estandarizado (normalizado) para mediciones de ruido de aeronaves.

Además de incluir uno o más de los circuitos arriba descritos, los sonómetros o decibelímetros por lo general poseen un circuito llamado lineal o "Lin". Este circuito, no pondera la señal sino que le permite pasar por el aparato sin modificación.

Actualmente el circuito "A" es el más usado, dado que los circuitos "B" y "C" no tienen una buena correlación con pruebas subletivas.

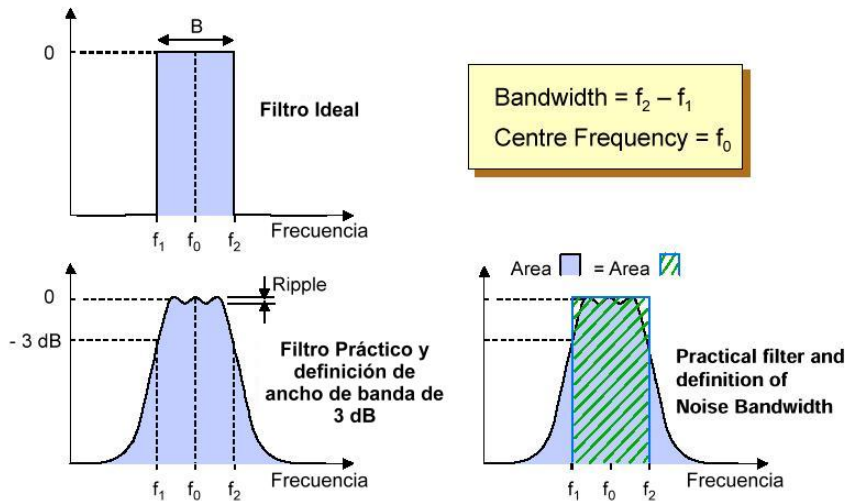
Igual Contorno de Audibilidad a 40 dB y Ponderación A



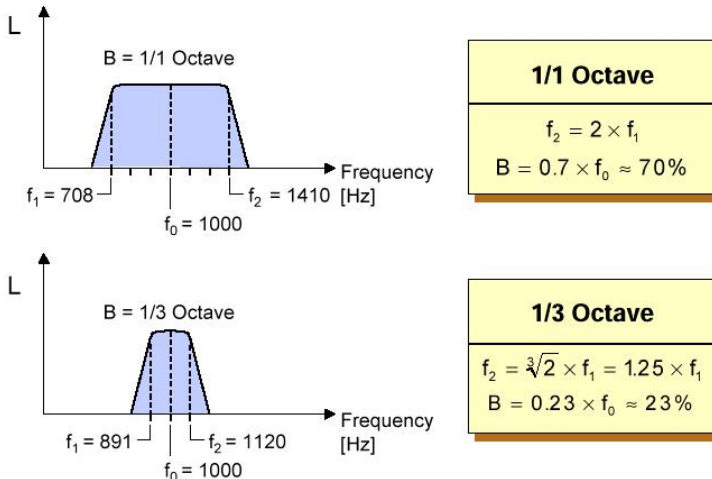
Una razón de esta falta de correlación es que los contornos isosonoros fueron basados en experimentos que usaban tonos puros y las personas están expuestas a sonidos que en su mayoría no son tonos puros sino señales complejas que incluyen diferentes tonos.

Cuando se requiere una información mas detallada acerca de sonidos complejos, el rango de frecuencia audible de los 20 HZ a los 20 KHZ debe ser dividido en secciones o "bandas". Esto se hace por medio de filtros electrónicos que rechazan todos los sonidos con frecuencias fuera de la banda seleccionada. Estas bandas usualmente tienen un "ancho de banda" que puede ser de octavas o de tercios de octava.

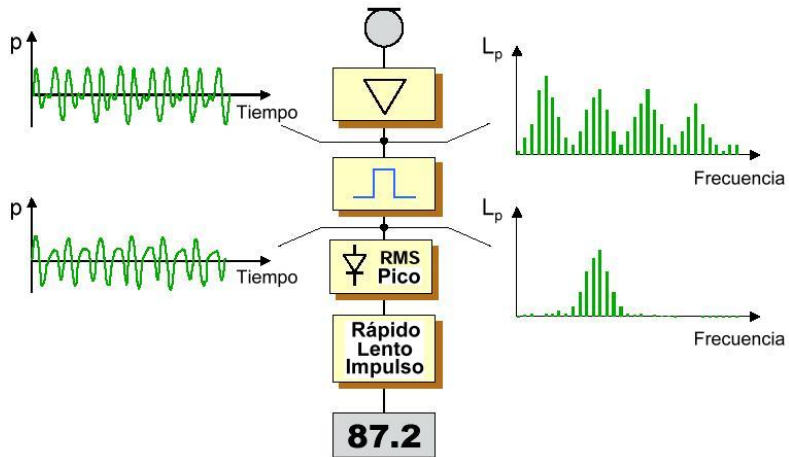
Filtro Pasa-banda y Ancho de Banda



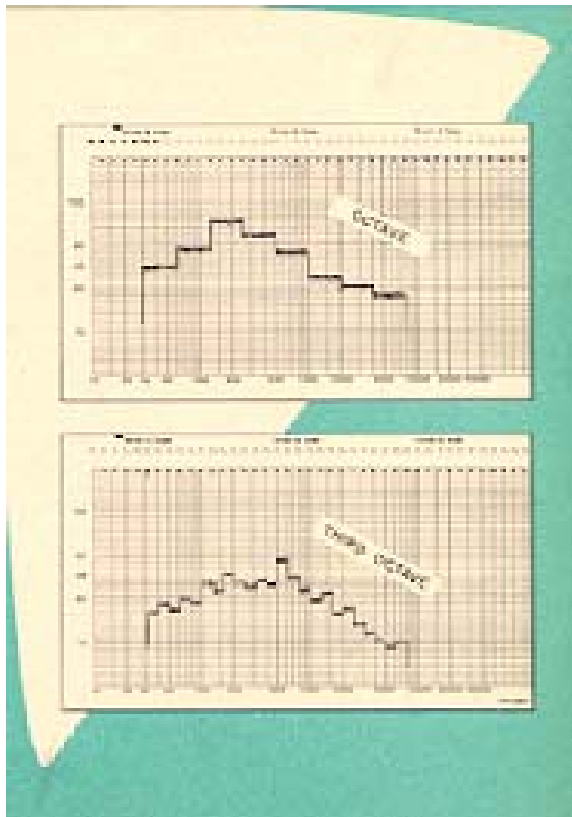
1/1 and 1/3 Octave Filters



Filtros

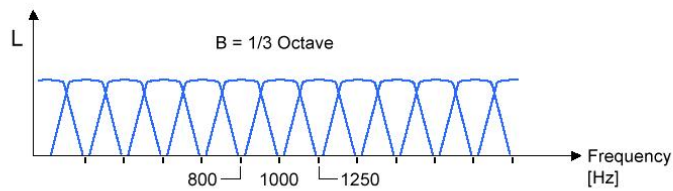
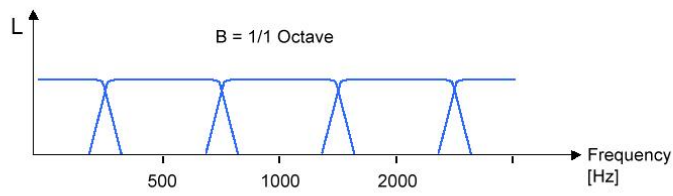


Una octava es una banda de frecuencia donde la frecuencia más alta es el doble de la más baja. Por ejemplo, un filtro de octavas con frecuencia central de 1KHz, admite frecuencias entre los 707 y los 1,414 Hz, pero rechaza todas las otras (el nombre de octavas surge del hecho de que una octava sube ocho notas en la escala musical diatónica). Un tercio de octava cubre un rango donde la frecuencia más alta es de 1.26 veces la frecuencia más baja.



El proceso de dividir un sonido complejo en sus componentes, es llamado análisis de frecuencia y sus resultados son presentados en una gráfica llamada espectrograma o simplemente espectro.

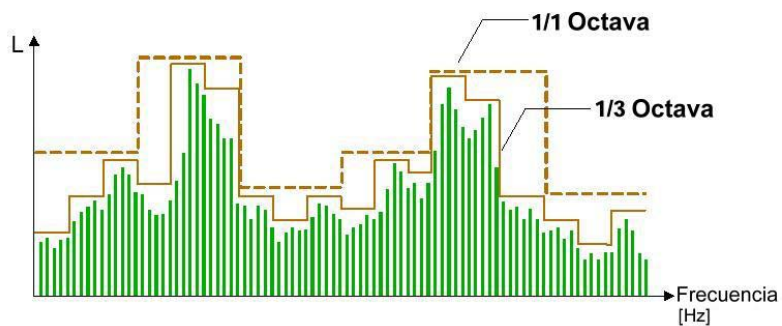
3 × 1/3 Oct. = 1/1 Oct.



Third-octave and Octave Passband

Band No.	Nominal Centre Frequency Hz	Third-octave Passband Hz	Octave Passband Hz
1	1.25	1.12 – 1.41	1.41 – 2.82
2	1.6	1.41 – 1.78	
3	2	1.78 – 2.24	
4	2.5	2.24 – 2.82	
5	3.15	2.82 – 3.55	
6	4	3.55 – 4.47	
27	500	447 – 562	355 – 708
28	630	562 – 708	
29	800	708 – 891	
30	1000	891 – 1120	
31	1250	1120 – 1410	
32	1600	1410 – 1780	
40	10 K	8910 – 11200	11.2 – 22.4 K
41	1.25 K	11.2 – 14.1	
42	16 K	14.1 – 17.8 K	
43	20 K	17.8 – 22.4 K	

El Espectrograma



Después de que la señal ha sido ponderada y/o dividida en bandas de frecuencia, la señal resultante es amplificada y el valor de la Raíz Media Cuadrática (RMC) es determinado en un detector RMS.

El RMS es un tipo especial de promedio matemático de mucha importancia en mediciones de sonido porque está relacionado directamente con la cantidad de energía del sonido medio.

La última etapa del medidor de sonido (decibelímetro), es el dispositivo para la lectura, el cual muestra el nivel del sonido en dB u otra unidad derivada tal como el dB(A) (que implica que el sonido medido, ha sido ponderado por un circuito "A"). La señal también puede obtenerse del conector de salida, ya sea en forma AC o DC, para conectarse a otros instrumentos externos tales como grabadoras que guardan la información para procesamiento futuro.

CALIBRACION

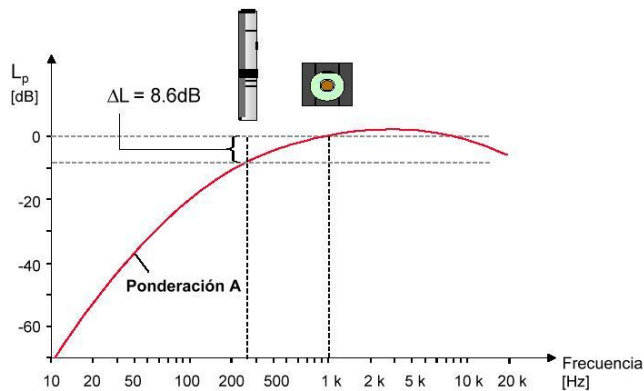
Los medidores de nivel sonoro, deben ser calibrados para entregar resultados precisos y exactos. Este proceso, puede realizarse adecuadamente al colocar un calibrador acústico portátil, directamente sobre el micrófono. Estos calibradores suministran un nivel preciso de presión sonora al cual se ajusta el medidor de sonido.

Es una buena práctica de medición, el calibrar el medidor inmediatamente antes y después de cada sesión de medición. Si se hacen registros de las mediciones, debe también registrarse la señal de calibración para que sirva como referencia.

Acoustic Calibration



Calibración y Ponderación



DETECTOR DE RESPUESTA

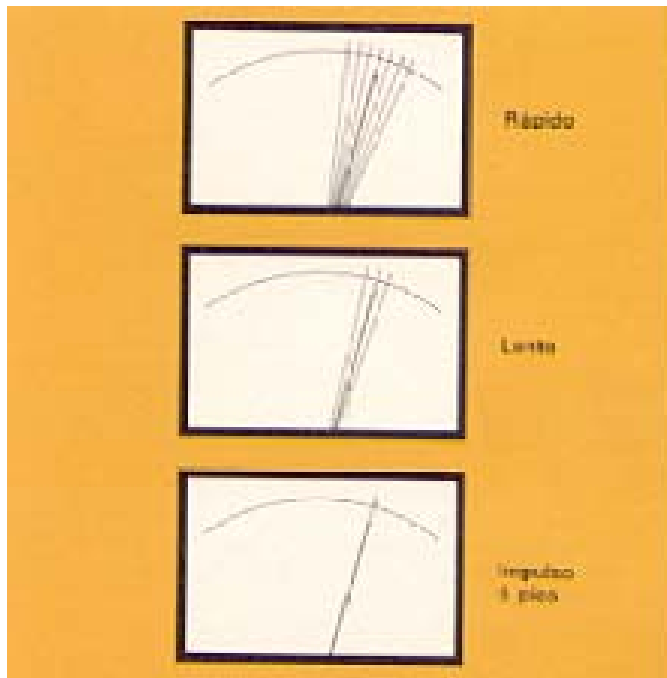
La mayoría de los sonidos que necesitan ser medidos, fluctúan en sus niveles. Para medir correctamente el sonido, es deseable el medir esas variaciones lo más exacto que sea posible. Sin embargo, si el sonido fluctúa muy rápido, los dispositivos de lecturas, se mueven en forma errática, lo cual hace difícil o hasta imposible las lecturas.

Por esta razón, se han normalizado dos diferentes detectores de respuesta. Estos son conocidos como "F" (para rápida o "fast") y "S" (para lenta o "slow").

"F" tiene una constante de tiempo de 125 milisegundos y permite una reacción rápida del dispositivo de lectura, permitiendo el seguir y medir los niveles sonoros que no fluctúan muy rápidamente.

Por otra parte, "S", tiene una constante de tiempo de 1 segundo, que proporciona una respuesta más lenta, lo cual ayuda a promediar las fluctuaciones del indicador haciendo así posible lecturas que de otra forma resultarían imposibles.

Muchos medidores de sonido modernos, tienen indicadores digitales de lecturas que evitan mucho el problema de las lecturas fluctuantes, ya que indican el valor máximo del RMS medido durante el segundo anterior. La selección de las características adecuadas del detector, es dictada por la norma en la cual se basen las indicaciones.

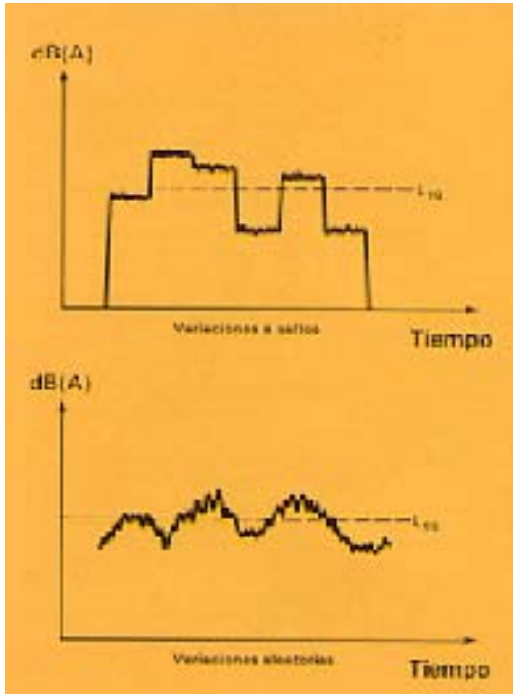


PARÁMETROS DE ENERGÍA

Debido a que el sonido es una forma de energía, el daño auditivo potencial de un sonido ambiental dado, depende no solamente de su nivel sino también de su duración por ejemplo, la exposición a un sonido fuerte durante 4 horas es más dañina que una exposición de una hora al mismo sonido. Así que para evaluar el daño auditivo potencial de un sonido ambiental, deben medirse tanto el nivel de sonido como la duración de la exposición y entonces combinarlos para determinar la energía recibida.

Para niveles de sonido constantes, esto es fácil, pero si el nivel varía, éste debe ser muestreado repetidamente en un periodo bien definido de tiempo de muestreo. Basándose en esos muestreos, es posible calcular un valor simple conocido como Nivel de Sonido Continuo Equivalente (Leq), el cual tiene el mismo contenido de energía y consecuentemente el mismo potencial de daño auditivo que el sonido de nivel variable. Cuando se usa un circuito de ponderación A, se usa el símbolo Leq A. Además de determinar el daño auditivo potencial de un sonido, las mediciones de Leq se usan para muchas otras medidas acústicas tales como las evaluaciones de molestia en ruido comunitario.

Si el nivel del sonido varía en forma escalonada, puede calcularse el Leq usando medidas de un decibelímetro y un cronómetro.



Sin embargo, si el sonido varía al azar, no es fácil realizar los cálculos para evaluar el Leq. En esos casos, se usan medidores de Sonidos Integradores. Estos medidores, automáticamente calculan el Leq del sonido medido. Las medidas de Leq, deben realizarse para períodos de tiempo fijos. Algunos medidores pueden calcular el Leq para 60 segundos, que puede ser usado para muestreos de Leq en periodos cortos de tiempo.

Un parámetro alternativo de energía sonora al Leq, es el llamado Nivel de Exposición Sonora o SEL, el cual se define como el nivel constante actuando durante un segundo y que tiene la misma cantidad de energía acústica que el sonido original. Si en la medición del SEL se utiliza un circuito de ponderación A, el SEL se denota por LAE. Una medida del SEL se usa comúnmente para describir la energía de ruido de un evento simple, tal como un vehículo pasando o un avión en vuelo sobre cierto punto. Ya que las medidas del SEL están normalizadas a un intervalo de tiempo de un segundo, el contenido de energía de diferentes tipos de eventos ruidosos, puede ser comparado fácilmente.

Cuando se requiere más información en la distribución de los niveles de sonido, pueden emplearse Analizadores de Niveles de Ruido. Estos analizadores pueden efectuar el análisis estadístico de las variaciones del nivel del sonido en un periodo de tiempo de interés.

DOSIS DEL RUIDO

Las mediciones de exposición al ruido, en individuos que se mueven en muchos ambientes diferentes de sonidos durante el día; pueden ser obtenidos usando Dosímetros. Estos instrumentos son portátiles y pueden ser llevados en la bolsa de una persona. El micrófono puede ser separado de las estructura del dosímetro y montarse cerca del oído más expuesto al ruido.

Los dosímetros indican el porcentaje de la dosis diaria permisible de ruido. Dos diferentes maneras de calcular la dosis son usados, la diferencia entre esos dos métodos se debe a que uno de ellos toma en cuenta los períodos de descanso del oído cuando los niveles de ruido son bajos. Ambos métodos usan una base de 90 dB(A) para un día de trabajo de 8 horas.

La organización para la Estandarización Internacional (ISO) en la norma de 1999 define un método que utiliza solamente el criterio de la energía del sonido y no considera la recuperación del oído (descanso). Entonces, cuando se incrementa el nivel de presión sonora en 3dB se reduce el tiempo permisible de exposición a la mitad. Por ejemplo, un incremento en el nivel de sonido de 90 a 93 dB, debe ser acompañado de una reducción del tiempo de exposición de 8 horas a 4 horas.

En los Estados Unidos, la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), define otra relación (diferente de la de ISO), que permite un incremento de 5 dB en el nivel de presión sonora cuando se reduce el tiempo de exposición a la mitad. Entonces un incremento de 90 a 95 dB, es permitido cuando se reduce el tiempo de exposición de 8 horas a 4 horas.,

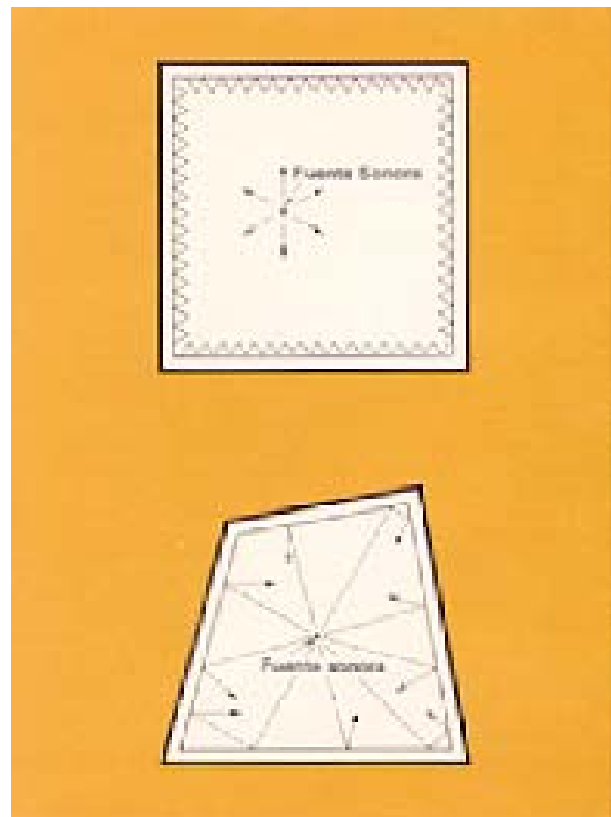
CÁMARAS ANECÓICAS (Cuartos Absorbentes De Sonido)

Para realizar mediciones en campo libre, es decir, sin objetos reflejantes, las mediciones, deben hacerse en un área exterior abierta o en una cámara anecóica. En este tipo de cámaras, las paredes, el techo y el piso están cubiertos por un material altamente absorbente que elimina los reflejos del sonido. De este modo es posible medir la presión sonora de una fuente, sin la presencia de reflejos interferentes.

CÁMARAS DE REVERBERACIÓN (Cuartos Reflejantes de Sonido)

Lo opuesto de una cámara anecóica es la cámara reverberante, donde todas las superficies son lo más duras y reflejantes que es posible y donde ninguna superficie (techo, paredes, etc.) es paralela.

Esto crea el llamado campo difuso a que la energía del sonido está uniformemente distribuida en todo el cuarto. En este tipo de cuarto, es posible medir la potencia total de salida, de una fuente de ruido. Sin embargo, la presión sonora en cualquier punto será un valor promedio debido a los reflejos. Ya que estos cuartos son más baratos en su construcción, se usan más que las cámaras anecóicas para investigaciones de ruido en maquinaria.



PROPAGACIÓN DE SONIDO

La propagación del sonido en el aire puede ser comparada a las olas de un estanque. Las olas se dispersan uniformemente en todas direcciones, decreciendo en amplitud a medida que se alejan de la fuente.

Para el sonido en el aire, cuando se dobla la distancia, la amplitud se reduce a la mitad (6 dB). Entonces si usted está en una posición a un metro de la fuente, y se aleja de ella otro metro, el nivel caerá 6 dB. Si se aleja 4 metros, el nivel caerá 12 dB y así sucesivamente. Sin embargo, esto es solamente cierto cuando no hay objetos reflejantes en la trayectoria del sonido. Estas condiciones ideales se conocen como condiciones de campo libre.

Cuando hay un obstáculo en la trayectoria del sonido, una parte del sonido es reflejada, otra absorbida y el resto transmitida a través del objeto. Estas cantidades dependen de las propiedades del objeto, de su tamaño y de la longitud de onda del sonido. En general, el objeto debe ser más grande que una longitud de onda para perturbar significativamente al sonido. Por ejemplo a 10 KHz, la longitud de onda es de 3.4 cm. así que en este caso, hasta un pequeño objeto como un micrófono puede perturbar el campo sonoro.

Al los 100 Hz, la longitud de onda es de 3.4 metros y la absorción de sonido se hace muy difícil. Usted habrá notado este defecto cuando hay música en el cuarto de enseguida, la cual es muy difícil de bloquear.

LOS RECINTOS EN LA PRACTICA

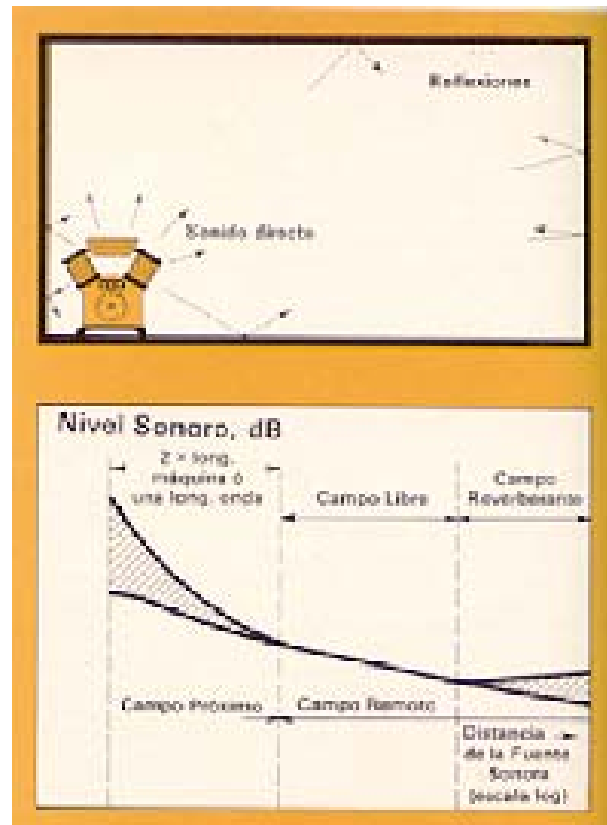
En la práctica la mayoría de las mediciones de sonido se hacen en cuartos que no son ni anecóicos ni reverberantes sino un intermedio entre estos extremos.

Esto hace difícil encontrar el punto correcto de medición cuando la emisión del ruido de una fuente dada debe ser medida.

Cuando se determina la emisión de una sola fuente, son posibles diferentes errores. Si las mediciones son hechas muy cerca de la máquina, el NPS puede cambiar significativamente con un pequeño cambio en la posición del medidor de nivel sonoro.

Esto ocurre a distancias menores de la longitud de onda de la frecuencia más baja emitida por la máquina o al menos el doble que la dimensión mayor de la máquina, o la que sea mayor. Esta área es denominada el "campo cercano" de la máquina y la medición en esta región deberá evitarse si es posible.

Otro error puede surgir si usted mide muy lejos de la máquina. Aquí las reflexiones en las paredes y otros objetos pueden ser casi tan fuertes como el sonido directo de la máquina y no será posible obtener mediciones correctas. Esta región es denominada "campo reverberante". Entre el campo reverberante y el campo



cercano está el campo libre el cual puede ser encontrado observando que el nivel sonoro cae 6 dB por cada vez que se doble la distancia desde la fuente.

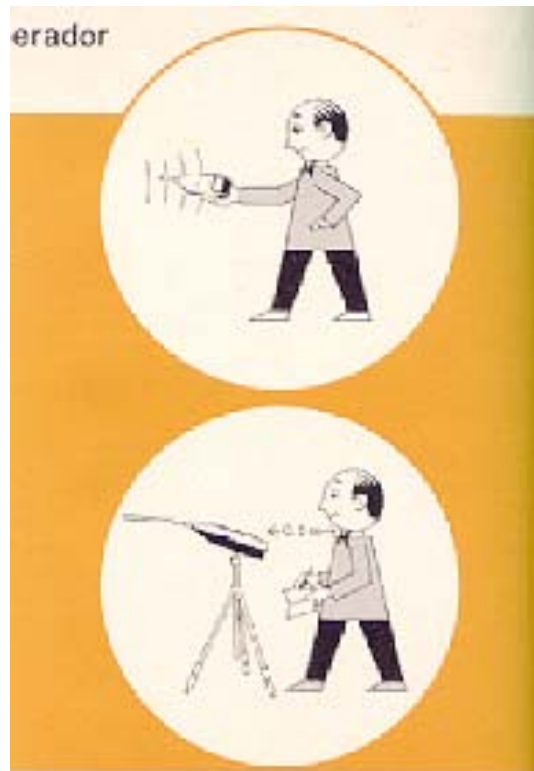
Las mediciones del NPS deberán hacerse en esta región. Sin embargo, es posible que las condiciones sean muy reverberantes o el cuarto sea muy pequeño y que no exista campo libre. En dicho caso, algunos estándares (tal como ISO 3746) sugieren una corrección ambiental para tomar en cuenta el efecto del sonido reflejado.

INFLUENCIA DEL OPERADOR Y EL INSTRUMENTO

Cuando medimos ruido, deben tomarse precauciones para evitar la interferencia del operador y del medidor de nivel sonoro en la medición. No solamente el cuerpo del instrumento y la presencia del operador pueden bloquear el sonido proveniente de una dirección dada, también pueden causar reflexiones que pueden causar errores de medición. Quizá usted nunca haya pensado en su cuerpo como reflector sonoro, pero experimentalmente se sabe que a frecuencias alrededor de 400 Hz, las reflexiones de una persona pueden causar errores de hasta 6 dB cuando las mediciones son hechas a menos de un metro de distancia de la persona.

Para minimizar el efecto de las reflexiones todos los medidores B & K son especialmente diseñados con un frente de forma cónica.

Para mediciones más precisas algunos medidores son provistos con un tubo de extensión para mantener el micrófono alejado del cuerpo del instrumento y evitar perturbar el campo sonoro alrededor del micrófono. Los cables de extensión también están disponibles para obtener un micrófono realmente remoto. Para minimizar las reflexiones de sonido de su cuerpo es usualmente suficiente con sostener el medidor de nivel sonoro a la altura del antebrazo.



También puede ser montado en un tripié y posiblemente dotado con su tubo de extensión de micrófono. Usted puede checar si su presencia está o no está influenciando la lectura del medidor observando que la lectura del nivel sonoro permanezca fija mientras usted camina un paso a un lado o al otro del medidor.

LA INFLUENCIA DEL MEDIO AMBIENTE

Viento

El viento soplando a través del micrófono produce una serie de ruidos extraños, similares a el ruido que usted puede escuchar cuando el viento pasa cerca de su oído. Para reducir este ruido, una pantalla de viento constituida por una bola de esponja debe ser usada siempre sobre el micrófono. Esta también es un blindaje del micrófono contra polvo, mugre y precipitaciones y ayuda a protegerlo de daños mecánicos.

Humedad

En la mayoría de los casos niveles de humedad relativa de hasta 90% tendrán efectos despreciables sobre el medidor de nivel sonoro y el micrófono. Sin embargo, deberán de tomarse las precauciones necesarias para proteger el instrumento contra lluvia, nieve, etc. Una pantalla de viento deberá ser colocada sobre el micrófono durante precipitaciones. Incluso aunque la pantalla este completamente mojada las mediciones seran bastante exactas. Sin embargo, para uso continuo en medio ambiente extremadamente húmedos, micrófonos especiales para exteriores, cubiertas de lluvia y deshumidificadores son recomendados.

Temperatura

Todos los medidores B & K son diseñados para operar exactamente en un rango de -10° a +50°C (14° a 122°F). Sin embargo deberán tomarse precauciones para evitar cambios bruscos de temperatura, los cuales pueden provocar condensaciones dentro del micrófono.

Presión Ambiental

Las variaciones en la presión atmosférica de $\pm 10\%$ tendrán una influencia despreciable (menos de ± 0.2 dB) en la sensibilidad del micrófono. Sin embargo, a las altas altitudes la sensibilidad puede afectar mas de esto, especialmente en altas frecuencias y el manual de instruccion del micrófono deberán ser consultados. También cuando se calibra el instrumento con el pistofono una corrección debida a la presión atmosférica debe ser hecha.

Vibración

Aunque el micrófono y el medidor de nivel sonoro son relativamente sensibles a la vibración es una buena practica él aislarlos de fuertes vibraciones e impactos. Montajes de hule y/o esponjas o materiales aislantes similares pueden ser usados si el medidor de nivel sonoro debe ser usado en un medio ambiente con alta vibración.

Campos Magnéticos

La influencia de campos electrostáticos y campos magnéticos es despreciable.