

Configuración de instalaciones electroacústicas

01

En esta Unidad conocerás:

- El sonido
- La señal de audio. Definición y características
- El micrófono. Definición
- El altavoz. Definición
- El amplificador



Introducción:

El hecho de que el sonido esté tan ligado a nuestra vida cotidiana hace que sus efectos y funciones pasen inadvertidos. Pero no debemos olvidar que a través del sonido podemos escuchar música, comunicarnos, hacer evaluaciones de calidad y muchas cosas más.

En la Unidad 1 vamos a estudiar las cualidades y las características del sonido para poder comprender mejor su comportamiento desde el punto de vista electroacústico. Conoceremos su velocidad de propagación, los fenómenos de refracción, de reflexión, de difracción, de absorción y de atenuación del sonido, para hacer hincapié en las características más importantes de la señal sonora: intensidad acústica o amplitud, frecuencia, y en la forma de cuantificar el sonido en unidades de decibelios, pascales, etc. Y todo ello nos permitirá diferenciar los distintos tipos de sonidos: voz, música y ruido.

Abordaremos los procedimientos para convertir los sonidos en señal de audio y viceversa, para estudiar todas las características de la señal de audio (nivel de tensión, potencias, impedancias, etc.).

Esta Unidad nos servirá de base para comprender mejor el funcionamiento y diversos aspectos de los equipos y dispositivos de las instalaciones electroacústicas que veremos en el siguiente tema.

Estudiaremos los distintos tipos de micrófonos, sus características estructurales, funcionales y sus diversas aplicaciones. Progresivamente, iremos conociendo el amplificador como elemento indispensable para tratar la señal de audio, hasta llegar al estudio del altavoz, que es necesario para convertir la señal de audio en presión sonora.

Objetivos:

Los objetivos que queremos conseguir en esta Unidad son los siguientes:

- Conocer las cualidades y las características del sonido para poder entender su comportamiento.
- Conocer y utilizar las unidades y parámetros de la señal sonora (decibelio, pascal, fonio, etc.).
- Resolver distintos ejemplos de cálculo sobre niveles de presión sonora (SPL).
- Diferenciar distintos tipos de sonidos, teniendo como base sus cualidades y sus características.
- Definir y conocer las características de la señal de audio.
- Comparar las distintas magnitudes que caracterizan a la señal de audio.
- Estudiar y conocer los diferentes tipos de micrófonos y sus características funcionales.
- Identificar y seleccionar distintos micrófonos por su funcionamiento y aplicación.
- Conocer el funcionamiento del altavoz, sus tipos y características.
- Elegir diferentes tipos de altavoces en función de su aplicación.
- Distinguir las características funcionales del amplificador.

1.1 El sonido



El sonido es una variación de presión del aire, originada por una fuente emisora, que puede ser percibida por el oído humano.

Es imprescindible que esta variación se encuentre dentro de un margen de frecuencias para las que el oído

está preparado. El oído humano puede percibir sonidos de entre 20 Hz y 20 kHz aproximadamente. Por encima de los 20 kHz, hablamos ya de ultrasonidos.

Por tanto, podemos deducir que el sonido necesita de un medio material para propagarse, por lo que en el vacío no existiría sonido.



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido

A Características del sonido

El sonido, como cualquier señal ondulatoria, se caracteriza por su **frecuencia** (número de ciclos por segundo), su **intensidad** o **amplitud** de las variaciones de la presión del aire y su **longitud de onda** (Fig. 1.1).

El sonido más débil que el oído humano es capaz de percibir corresponde a una presión de 20 μPa (sólo a determinadas frecuencias en las que el oído es más sensible: de 3 kHz a 5 kHz); por el contrario el sonido más potente que el oído puede percibir correspondería a una presión de 20 Pa, que se daría bajo frecuencias de 7 kHz a 20 kHz o de 20 Hz a 200 Hz (muy agudos o muy graves).

Obviamente, el sonido se propaga dependiendo de una serie de compresiones y refracciones de las moléculas de aire que se desplazan en todas direcciones; algo similar a los rayos solares cuando emanan del sol (Fig. 1.1).

- La **velocidad** de propagación del sonido es de 340 m/s, aunque puede variar dependiendo de las condiciones atmosféricas de temperatura, humedad y presión.
- La **longitud de onda** corresponde a la distancia que recorre el sonido para realizar una vibración completa.
- La **amplitud** o **intensidad** determina la escala del sonido; por consiguiente, dependiendo de la intensidad de la vibración, el oído humano puede percibir sonidos fuertes o débiles.
- La **intensidad** de un sonido es la potencia que puede desarrollar una onda sonora sobre la unidad de superficie:

$$I = \frac{P}{S}; \text{ y se mide en } \text{W/m}^2$$

Así pues, cuando decimos que un altavoz tiene una potencia de 10 W, significa que el empuje del altavoz produce una onda sonora que al atravesar una superficie de 1 m^2 desarrolla 10 W de potencia en forma de vibración del aire.

Podemos relacionar las características de longitud de onda (λ), frecuencia (f) y velocidad (c), a través de la expresión:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Como ya conocemos la velocidad del sonido en el aire, podemos afirmar que **la longitud de onda de un determinado sonido depende únicamente de la frecuencia** (Tabla 1.1).

f [Hz]	λ [m]	$\lambda = c/f$
20	17	λ = longitud de onda c = velocidad del sonido f = frecuencia del sonido
100	3,4	
500	0,68	
1000	0,34	
5000	0,068	
10000	0,034	

Tabla 1.1. Longitud de onda

Las ondas sonoras que percibe nuestro oído son **sonidos complejos**, compuestos de multitud de ondas acústicas de diferentes amplitudes y frecuencias, que son precisamente las que nos ayudan a distinguir cada sonido. La frecuencia **fundamental** de un determinado sonido es la onda de mayor amplitud, es decir, lo que denominamos **sonido puro** o **nota**.

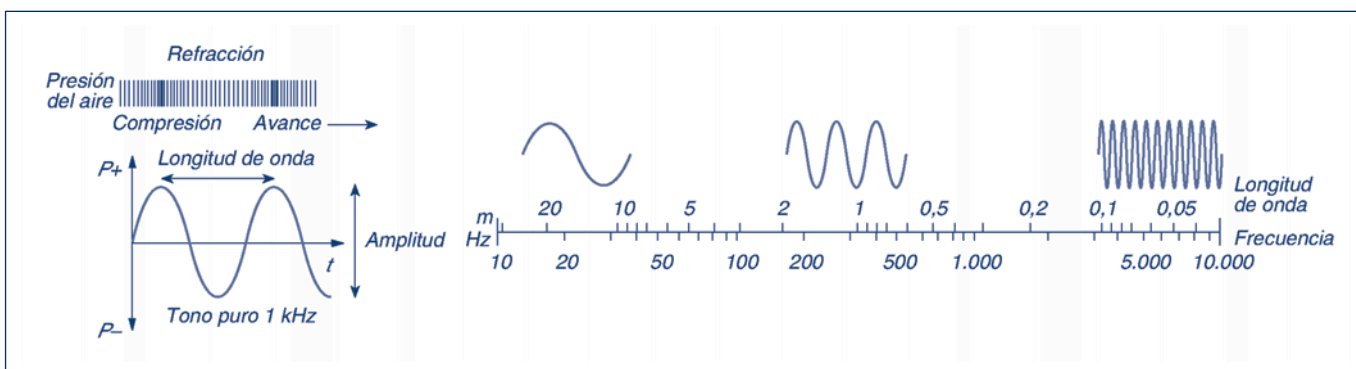


Fig. 1.1. Características del sonido

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido



A las frecuencias múltiplos de la fundamental se les denomina **armónicos**. Así, podemos hablar de 2º armónico, 3º armónico, etc. Y dependiendo del contenido de armónicos podemos definir una característica más del sonido que denominamos **timbre**, y que nos sirve para distinguir distintos sonidos aunque tengan la misma frecuencia.

Por ejemplo, la nota *La* de la tercera octava de la escala musical tiene una frecuencia fundamental de 440 Hz.

Las frecuencias armónicas de la nota *La* serán:

$$440 \cdot 2 = 880 \text{ Hz (2º armónico)}$$

$$440 \cdot 3 = 1320 \text{ Hz (3º armónico)}$$

y así hasta obtener el resto de armónicos (Fig. 1.2).

B Cuantificación del sonido: presión acústica

Las variaciones de intensidad acústica que puede percibir el oído comprenden una amplísima gama de niveles con una relación de más de 1000000 de veces entre los más débiles y los más fuertes.



El umbral de audición P es el mínimo valor de presión acústica que origina sensación auditiva.



El umbral del dolor corresponde al máximo valor de presión sonora que el oído humano puede soportar sin sufrir sensación dolorosa.

Emplear las unidades de presión (pascales) para medir el sonido resultaría demasiado incómodo, y por eso recurrimos a una unidad llamada **decibelio**. El dB es una medida muy adaptada a la percepción del oído humano, porque éste no se comporta de forma lineal, sino que se ajusta más a lo que podría ser una función logarítmica.

El dB es la unidad que mejor expresa la respuesta del oído humano. El valor de 0 dB corresponde al umbral de audición y equivale a una presión sonora de $20 \mu\text{Pa}$. Por otro lado, el umbral del dolor se situaría en torno a los 120 dB que corresponde a 20 Pa.

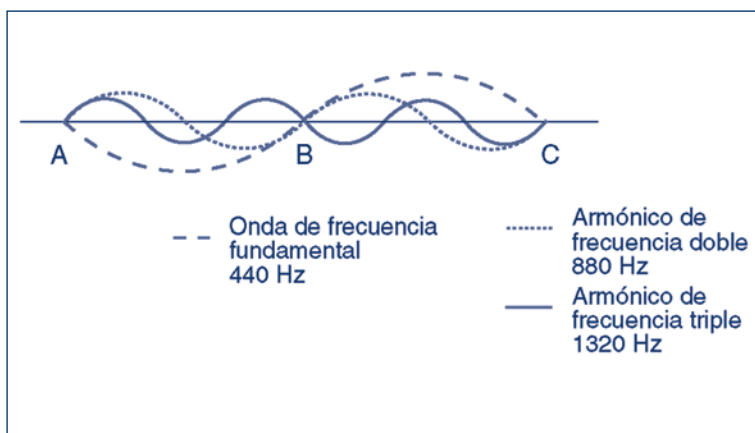


Fig. 1.2. Armónicos de onda fundamental

Otra unidad que debemos conocer, aunque en electroacústica es menos utilizada, es el **fonio**, que se define como la unidad que mide la intensidad subjetiva de los sonidos, referida a la capacidad de percepción del oído humano y no simplemente al valor de presión medible con instrumentos físicos.

El valor comparativo entre el **fonio** y el **decibelio** coincide para una frecuencia de 1000 Hz.

El cambio de sonoridad más pequeño que podemos apreciar es de 1 dB aproximadamente, mientras que un cambio de presión acústica de dos veces corresponde a 6 dB, sin embargo, el oído necesita un aumento de 10 dB para notar una sonoridad doble que la anterior.

Es decir, si escuchamos un sonido con un nivel sonoro de 60 dB, apreciaríamos una sensación auditiva de valor doble si aumentara a 70 dB.

La Tabla 1.2 permite conocer la relación de distintos sonidos expresados en dB y Pa. Esta tabla está configurada basándose en la fórmula matemática que expresa el **nivel de presión sonora, SPL**:

$$\text{SPL} = 20 \log \frac{P}{20 \mu\text{Pa}} \text{ en dB}$$

Los $20 \mu\text{Pa}$ son el nivel de referencia y equivalen a 0 dB, según la fórmula anterior.

Otro concepto importante que hay que aclarar es el **aumento del nivel de presión sonora**, referido, por ejemplo, al empleo de altavoces.



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido

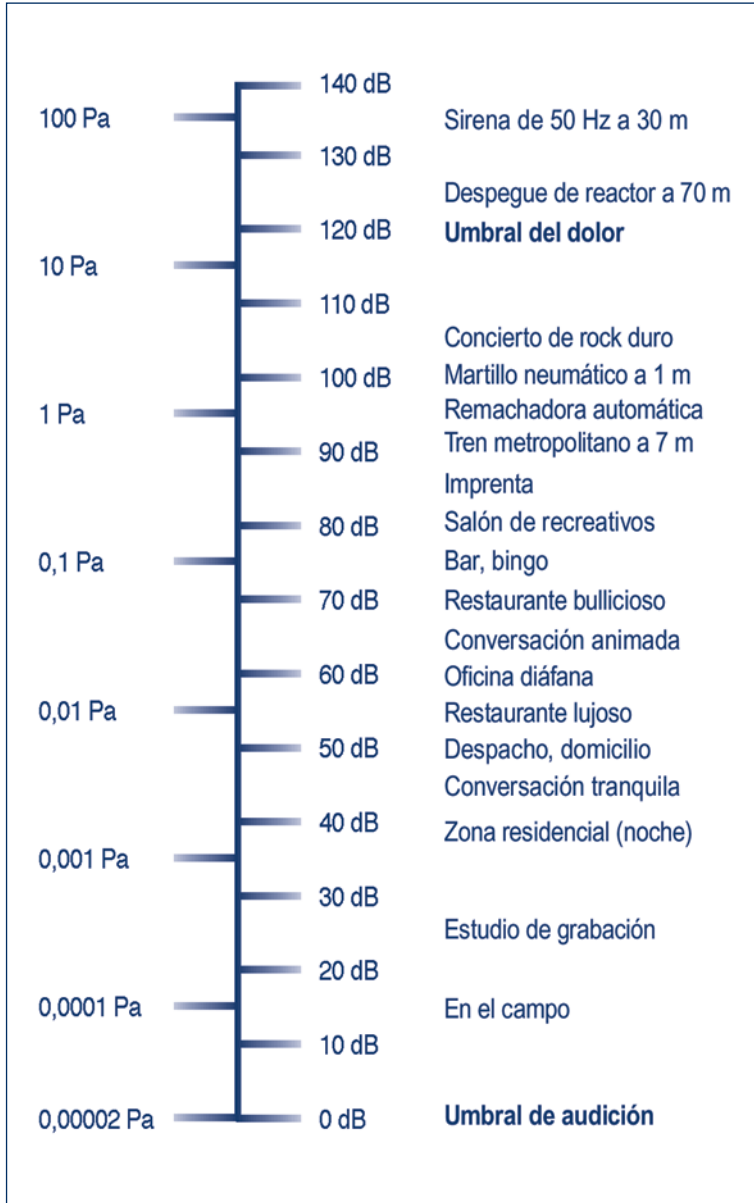


Tabla 1.2. Referencia de niveles acústicos



El aumento del nivel de presión sonora, ΔSPL , se define como la relación entre la potencia de entrada suministrada a cierto altavoz y una potencia de referencia (generalmente, 1 W a 1 m de distancia) afectada, lógicamente, por la función logarítmica.

La expresión matemática que nos permite calcular el aumento del nivel de presión sonora (ΔSPL) es la siguiente:

$$\Delta\text{SPL} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

P_1 es la potencia de referencia (generalmente 1 W), y P_2 la potencia de entrada suministrada a un altavoz, de la cual queremos calcular el aumento de presión sonora.



Ejemplo 1

Para calcular el nivel de presión sonora (SPL) en dB, que se correspondería con 1 Pa de presión acústica, aplicaremos la fórmula anterior de la siguiente forma:

$$\text{SPL} = 20 \log \frac{P}{0,00002} ; \quad P = 1 \text{ Pa}$$

$$\text{SPL} = 20 \log \frac{1}{0,00002}$$

$$\log \frac{1}{0,00002} = 4,7$$

$$\text{SPL} = 20 \cdot 4,7 = 94 \text{ dB}$$



Ejemplo 2

El nivel de presión sonora de referencia de un altavoz es de 90 dB (cuando se le suministra 1 W de potencia medido a 1 m de distancia), ¿cuál sería el SPL cuando le aplicamos 5 W de potencia?

$$P_1 = 1 \text{ W}; \quad P_2 = 5 \text{ W}$$

Aplicando la fórmula obtendremos el aumento de nivel de presión sonora (ΔSPL):

$$\Delta\text{SPL} = 10 \log \frac{P_2}{P_1} = 10 \log \frac{5}{1} = 6,98 \text{ dB}$$

Por tanto, el SPL del altavoz cuando le aplicamos 5 W de potencia será:

$$90 + 6,98 = 97 \text{ dB}$$

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido



C Variación dinámica de los sonidos: voz, música y ruido

Los sonidos varían no sólo de frecuencia sino también de intensidad. La variación de intensidad permitida por la fuente sonora que los emite se denomina **dinámica de los sonidos** y abarca 40 dB para la voz y 70 dB para la música (Fig. 1.3).

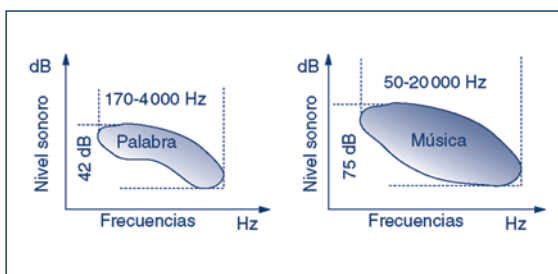


Fig. 1.3. Dinámica de los sonidos

Voz

La voz humana puede tener variaciones de intensidad o de amplitud muy importantes, desde el susurro hasta el grito, que alcanzan unos niveles acústicos aproximados a los indicados en la Tabla 1.3, a 1 m de distancia del hablante.

Las frecuencias que intervienen en la voz humana comprenden desde los 80-100 Hz en el hombre y los 14 Hz en la mujer, hasta los 8 kHz.

Voz	Nivel sonoro [dB]
Susurro	25
Conversación	30-55
Orador	60
Arenga	75
Grito	80

Tabla 1.3.

Música

Todos sabemos que una orquesta posee infinidad de instrumentos musicales, tan variados como distintas las características de intensidad y frecuencia de los sonidos que reproducen.

La gama de frecuencias que abarcan los instrumentos musicales es tan amplia como la capacidad de escucha de nuestro oído (Tabla 1.4).

Instrumento	Gama frecuencia	Nivel sonoro
Piano	27 Hz a 3 kHz	64 dB
Flauta	250 Hz a 2,5 kHz	49 dB
Órgano	16 Hz a 5 kHz	72 dB
Orquesta	30 Hz a 16 kHz	95 dB

Tabla 1.4.

Ruido

Diariamente nos vemos agredidos por los ruidos que nos rodean (tráfico, sirenas, motores, etc.).

Su gama de frecuencias y niveles acústicos son variados y molestos (Tabla 1.5).

Ruido	Frecuencia	Nivel sonoro
Tráfico	100 Hz a 3 kHz	77-88 dB
Reactor	20 Hz a 4 kHz	110 dB
Impresora	300 Hz a 5 kHz	55 dB

Tabla 1.5.

La sensibilidad al ruido no depende exclusivamente de la fuente sonora que lo provoque, sino de las condiciones ambientales y del estado psicofísico de las personas que los perciben.

De forma genérica, denominamos **ruido** a todo *sonido molesto o indeseado para el que escucha*, haciendo la salvedad de que a veces lo que pudiera resultar molesto para unas personas no lo es para otras.

Por consiguiente, se puede afirmar que el ruido depende también del grado de subjetividad de las personas.

D Propagación del sonido

El sonido que emana de una fuente sonora puntual (helicóptero) se propaga alejándose de ella en forma de ondas esféricas a una velocidad de 340 m/s (1224 km/h), cuyo centro es el de la propia fuente que lo origina, pero, en



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido

realidad, no todas las fuentes sonoras son puntuales, por ejemplo el sonido producido por los coches que circulan por una autopista es de una fuente sonora lineal y sus ondas se propagan en forma cilíndrica (Fig. 1.4).

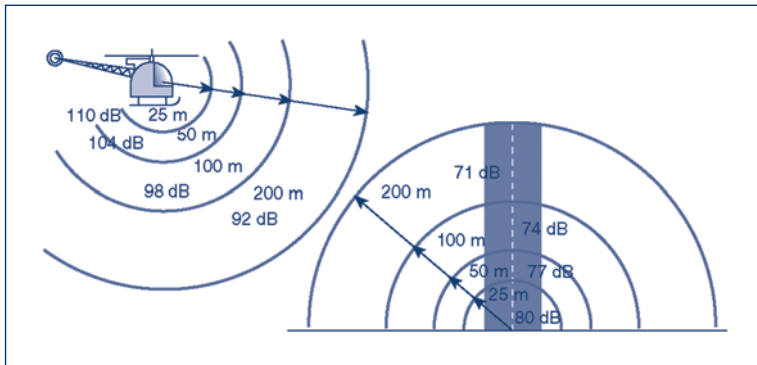


Fig. 1.4. Propagación del sonido

se trata de una fuente puntual) y de -3 dB (si es una fuente lineal). El nivel sonoro producido por un altavoz decrece al ir alejándonos de él (Fig. 1.5). En el caso de un altavoz cuyas ondas sonoras se propagan de forma esférica, la potencia se reparte en superficies que crecen con el cuadrado de su distancia al centro, por lo que la intensidad sonora decrece rápidamente (-6 dB) cada vez que duplicamos la distancia.

Sin embargo, en las fuentes sonoras lineales (columna de altavoces) la potencia acústica atraviesa superficies cilíndricas de sección creciente con la distancia al centro, por lo que la intensidad acústica en ellas decrece de forma más lenta (-3 dB) al duplicar la distancia.

En este gráfico se está comparando un altavoz convencional (fuente puntual) con una columna de altavoces (fuente lineal), y podemos observar que para que el oyente obtenga 70 dB, se precisa un altavoz que produzca 88 dB a 1 m, o una columna que proporcione 79 dB a 1 m.

E Atenuación del sonido con la distancia

Al alejarnos de la fuente sonora el sonido se atenúa gradualmente, a razón de -6 dB al duplicar la distancia (si

De esto se deduce que los oyentes situados cerca de la columna se sentirán más cómodos que los cercanos al altavoz y con el mismo alcance en ambos casos.

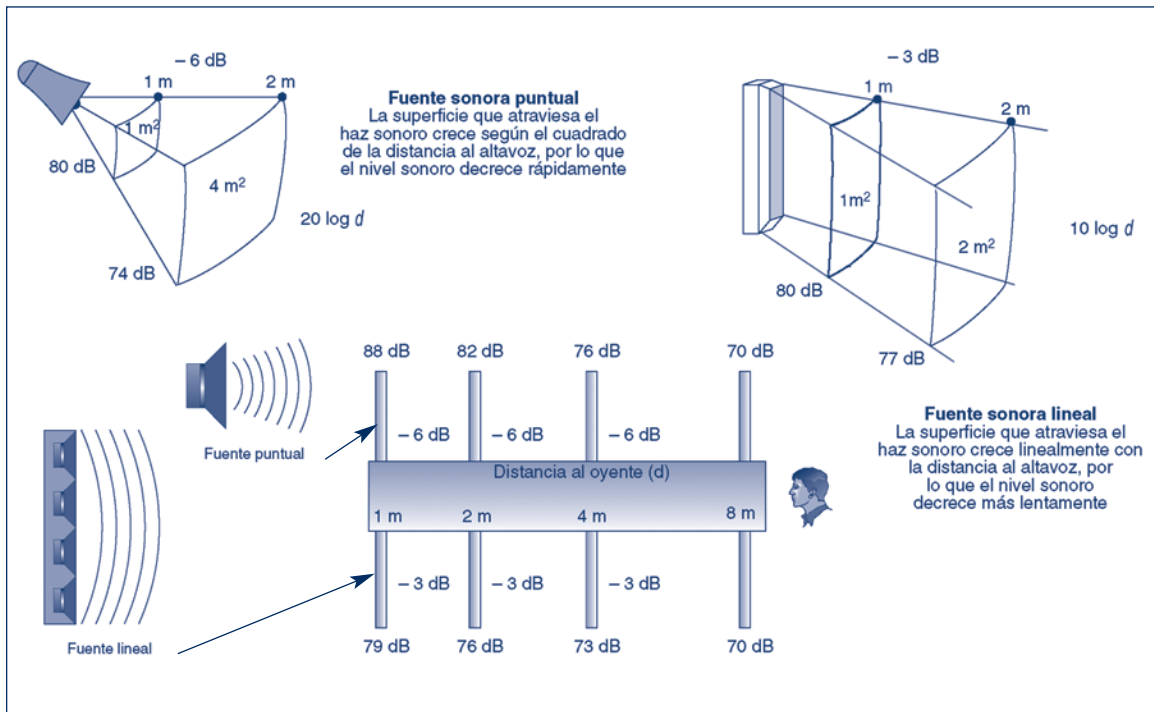


Fig. 1.5. Atenuación del sonido con la distancia

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido



La expresión matemática que nos permite obtener este valor de atenuación es:



Fuente puntual: $At = 20 \log d$

Fuente lineal: $At = 10 \log d$

Ejemplo 3

El nivel de presión sonora de un altavoz medido con un sonómetro a 1 m de distancia es de 95 dB, ¿cuál será el SPL a 25 m del altavoz?

Al tratarse de una fuente puntual, para calcular la atenuación, utilizaremos la siguiente expresión:

$$At = 20 \log d = 20 \log 25 = 27,9 \text{ dB}$$

$$SPL = 95 - 27,9 = 67,1 \text{ dB}$$

F Influencia atmosférica en el sonido

Los agentes atmosféricos (viento, humedad, temperatura, etc.) influyen notablemente en la propagación y comportamiento del sonido.

Cuando una onda sonora recorre distancias considerables en el aire, a la atenuación por la distancia, que hemos visto en el apartado anterior, hay que añadir la producida por la absorción acústica del aire.

Como ya sabemos, esta atenuación depende en gran medida de la frecuencia del sonido, por lo que conviene tenerla muy en cuenta cuando se trata de sonorizar exteriores a grandes distancias (más de 100 m). A frecuencias más altas la atenuación es más acusada.

La humedad es otro factor que hay que tener en cuenta, pues cuanto más baja sea la humedad relativa del aire, mayor absorción de sonido ocasionará. En la Tabla 1.6 se observa la atenuación de una onda sonora por la absorción del aire a distintas frecuencias por cada 100 m.

Frecuencia [Hz]	Atenuación [dB/100 m]
100	0,02
500	0,2
1000	0,6
5000	3
10000	10

Tabla 1.6.

Otros fenómenos atmosféricos que afectan al sonido son el viento y los cambios de temperatura.

Cuando el viento sopla a favor, ocasiona una concentración o reforzamiento de las ondas sonoras, pero cuando sopla en contra, origina una disminución del nivel sonoro. Es, pues, importante tener muy en cuenta este factor cuando se trata de sonorizar zonas exteriores (cámpings, piscinas, etc.) (Fig. 1.6).

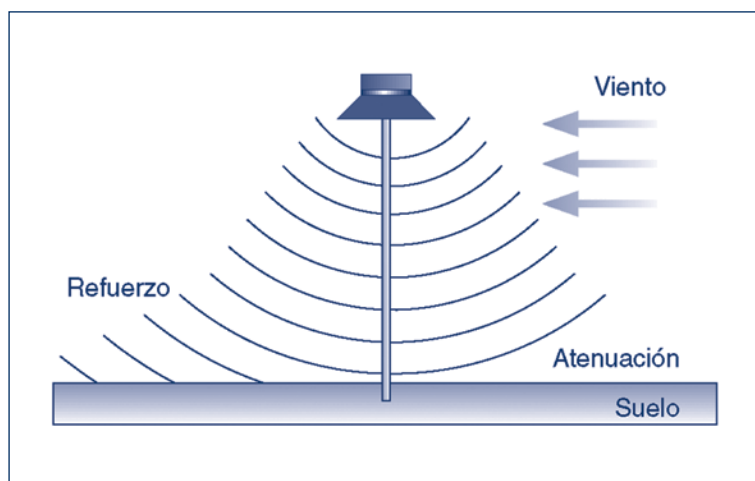


Fig. 1.6. Efectos del viento

En cuanto a la temperatura, cuando el aire caliente está muy cerca de la tierra y el aire frío está por encima (horas diurnas), el sonido se propaga hacia arriba.

Cuando se invierten las condiciones atmosféricas (horas nocturnas), el sonido se propaga hacia abajo.

Por todo lo dicho sobre los agentes atmosféricos, los altavoces en el exterior deben estar orientados hacia abajo (sobre cierto ángulo de inclinación) desde una posición alta, con el fin de disminuir la atenuación producida por estos agentes.



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido

G Cualidades y comportamiento del sonido

Además de las características del sonido, debemos tener en cuenta sus cualidades para el estudio de su comportamiento.

Absorción-reflexión y transmisión

Cualquier objeto que en su camino se encuentre una onda sonora producirá, básicamente, dos efectos opuestos: absorberá una parte de la energía de la onda sonora y otra parte la reflejará, produciendo un calentamiento en el material, que poco a poco se irá disipando. Sin embargo, no toda la onda sonora absorbida se convertirá en calor, sino que hay parte de la misma que es transmitida. Y es la naturaleza del objeto (forma, composición y tamaño) la que determinará qué parte de la energía sonora será absorbida, transmitida y reflejada (Fig. 1.7).

Se dice que un material es un buen aislante acústico cuando transmite una cantidad de sonido pequeña, al mismo tiempo que absorbe gran parte del sonido incidente.

” **Pérdida de transmisión de un material (PT) es la diferencia entre el nivel de presión sonora incidente (S_i) y el nivel de presión sonora transmitido (S_t).**

Podemos calcularlo mediante la expresión matemática:

$$PT = S_i - S_t ; \text{ expresado en dB}$$

De todo esto se deriva una propiedad de los materiales muy útil en electroacústica: el *coeficiente de absorción* (a).



El **coeficiente de absorción** (a) es la relación entre el sonido absorbido (S_a) y el que llega o incidente (S_i).

$$a = \frac{S_a}{S_i}$$

El coeficiente de absorción a puede oscilar entre 0 y 1. Por tanto, un material con un coeficiente de absorción $a = 0$ es **reflectante puro**, mientras que si $a = 1$ es un **absorbente** excelente.

Como norma general, los objetos lisos, pesados y rígidos son reflectantes, y los rugosos y porosos son absorbentes.

Cuando en la sonorización de una estancia se presentan dificultades en la calidad del sonido por la existencia de materiales muy reflectantes (mármol, vidrio, etc.) es conveniente incorporar algún elemento absorbente (alfombra, cortinas, tapiz, etc.) para que el sonido resulte mucho más agradable.

La Tabla 1.7 presenta distintos coeficientes de absorción.

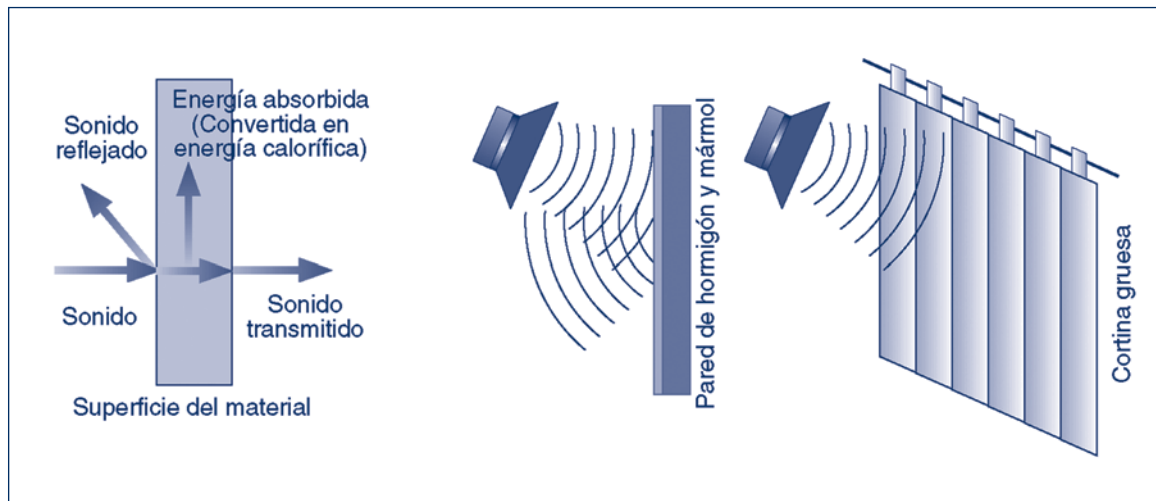


Fig. 1.7. Absorción, reflexión y transmisión

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido



Material	Coeficiente de absorción		
	125 Hz	1 kHz	4 kHz
Corcho, 25 mm sobre papel	0,04	0,76	0,55
Pared enlucida	0,02	0,03	0,05
Recubrimiento de madera de 6 mm con 50 mm de cámara	0,60	0,12	0,08
Público sentado	0,30	0,40	0,35
Moqueta gruesa	0,02	0,37	0,65
Persianas venecianas (láminas cerradas)	0,07	0,16	0,18

Tabla 1.7.

Difracción

” La difracción es la capacidad que tiene el sonido de rodear ciertos objetos.

Cuando un sonido de una determinada longitud de onda alcanza un objeto de menor tamaño que la propia longitud de onda del sonido en cuestión, en vez de reflejarse en él lo rodea y sigue propagándose por detrás.

Sin embargo, cuando la longitud de onda es más pequeña que el objeto, se produce una sombra que dificulta en gran medida la propagación del sonido (Fig. 1.8).

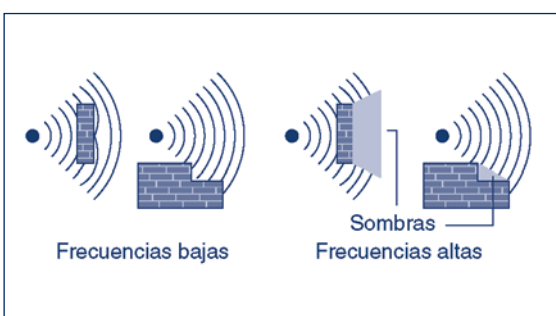


Fig. 1.8. Difracción del sonido

Estos fenómenos de difracción se observan claramente cuando al doblar una esquina seguimos escuchando el ruido procedente de la calle que acabamos de dejar, y que seguimos oyendo con bastante nitidez las frecuencias bajas (gran longitud de onda), pero no así las agudas (pequeña longitud de onda), ya que no pueden rodear grandes obstáculos.

Refracción

” La refracción se produce cuando el sonido cambia de medio material.

Cuando un sonido atraviesa un medio material y pasa a otro, la velocidad de la onda sonora varía y cambia de dirección respecto al sonido incidente. Son muchas las situaciones en las que aparecen los fenómenos de refracción del sonido, por ejemplo cuando una onda sonora tiene que atravesar masas de aire que se encuentran a diferentes temperaturas, a diferentes grados de humedad, etcétera (Fig. 1.9).

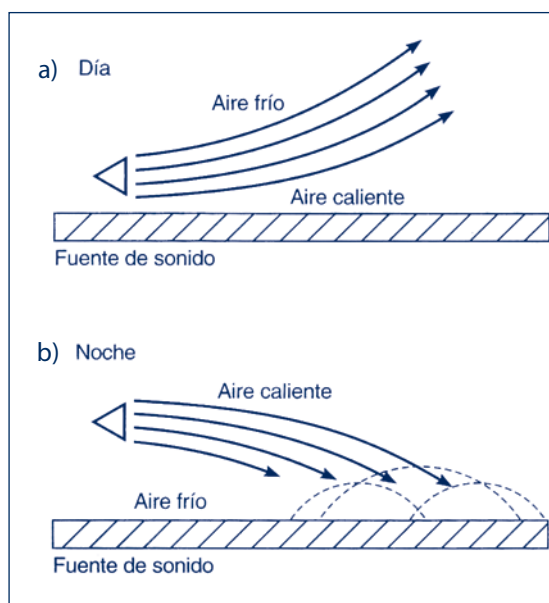


Fig. 1.9. Refracción del sonido



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.1 El sonido

Eco y reverberación

Estos dos fenómenos tienen bastante similitud, los dos se producen como consecuencia de la reflexión del sonido contra diversos objetos, como paredes, montañas, etc. Pero, ¿cómo distinguir entre reverberación y eco? Si la reflexión del sonido llega a nuestros oídos antes de 0,1 s desde que se produjo el sonido que la provocó, se trata de **reverberación**, pero si este tiempo supera el 0,1 s (por ejemplo, 0,3 s), se trataría de **eco**.

La reverberación puede ser beneficiosa o perjudicial para la audición, según la naturaleza y la intensidad del sonido. Por ejemplo, en un auditorio de música orquestal, un determinado nivel de reverberación transmitiría al oyente sensación de grandiosidad. Sin embargo, en una sala de conferencias o de proyección cinematográfica, perjudicaría la inteligibilidad de la palabra. La pérdida de inteligibilidad de la palabra se corrige colocando revestimientos absorbentes en las paredes que contrarresten el nivel de reverberación.

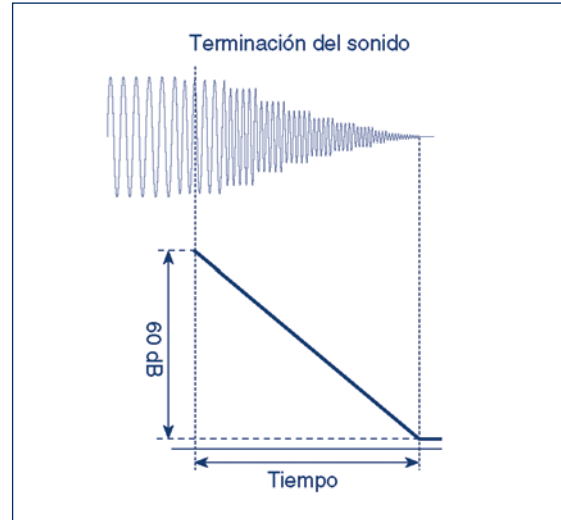


Fig. 1.10. Tiempo de reverberación

En la siguiente unidad se clarificará este concepto con ejemplos concretos.



Reverberación es el tiempo (RT60) que transcurre entre el momento que deja de producirse un sonido y el momento en que el nivel de presión sonora del mismo se atenúa en 60 dB basándose en el NPS original (Fig. 1.10).

Para que exista **eco** es preciso que la reflexión que lo produce alcance nuestro oído después de 0,1 s desde que se produjo el sonido original. En la Figura 1.11 se puede apreciar claramente un ejemplo de eco. El sonido reflejado por el edificio tardaría en recorrer la distancia que lo separa del oyente un tiempo superior a 0,1 s.

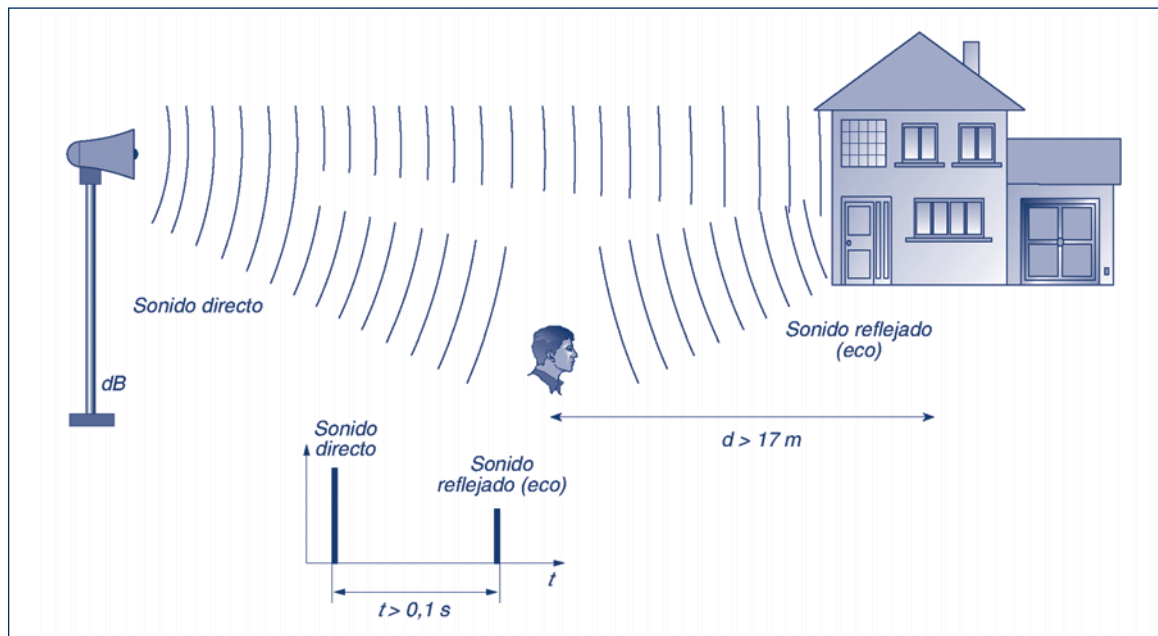


Fig. 1.11. Eco

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.2 La señal de audio. Definición y características



El eco causa muchos problemas en la sonorización de exteriores, aunque pueden corregirse reorientando los altavoces.

Enmascaramiento



Enmascaramiento es el efecto que produce un sonido que dificulta la audición de otro menos intenso.

Por ejemplo, si dos personas están conversando cerca de una máquina que hace ruido, el entendimiento de la palabra se dificultará más cuanto más intenso sea

ese ruido y mucho más si las frecuencias que componen el ruido son parecidas a las de la voz humana (500-4 000 Hz).

Una aplicación práctica y curiosa del efecto de enmascaramiento se utiliza en oficinas diáfanas con el propósito de aumentar el grado de confidencialidad en cada mesa de trabajo con respecto a las demás. Para ello se hace una distribución densa de altavoces instalados en el falso techo que, además de reproducir música ambiental, emiten un **ruido blanco** convenientemente ecualizado para producir un cierto nivel de ruido ambiente que dificulte la inteligibilidad de la palabra a pocos metros de distancia. De esta forma se consigue que la conversación que se desarrolla en una mesa no sea escuchada en las mesas de alrededor.

1.2 La señal de audio. Definición y características

La señal de audio es simplemente el sonido convertido en señal eléctrica para posibilitar su amplificación, transporte o modificación por procedimientos electrónicos (Fig. 1.12).

En la Figura 1.12 observamos el proceso completo de amplificación de una señal sonora. La flauta produce unas ondas sonoras con un nivel de presión acústica

de 45 dB, que son recogidas por el micrófono y convertidas en una señal eléctrica muy débil (3 mV). Posteriormente, un amplificador eleva esta señal de audio hasta un nivel de potencia de 50 W, adecuados para excitar al altavoz, que vuelve a convertir la señal de audio en ondas acústicas, pero con mucha mayor intensidad que la producida por el instrumento musical (105 dB).

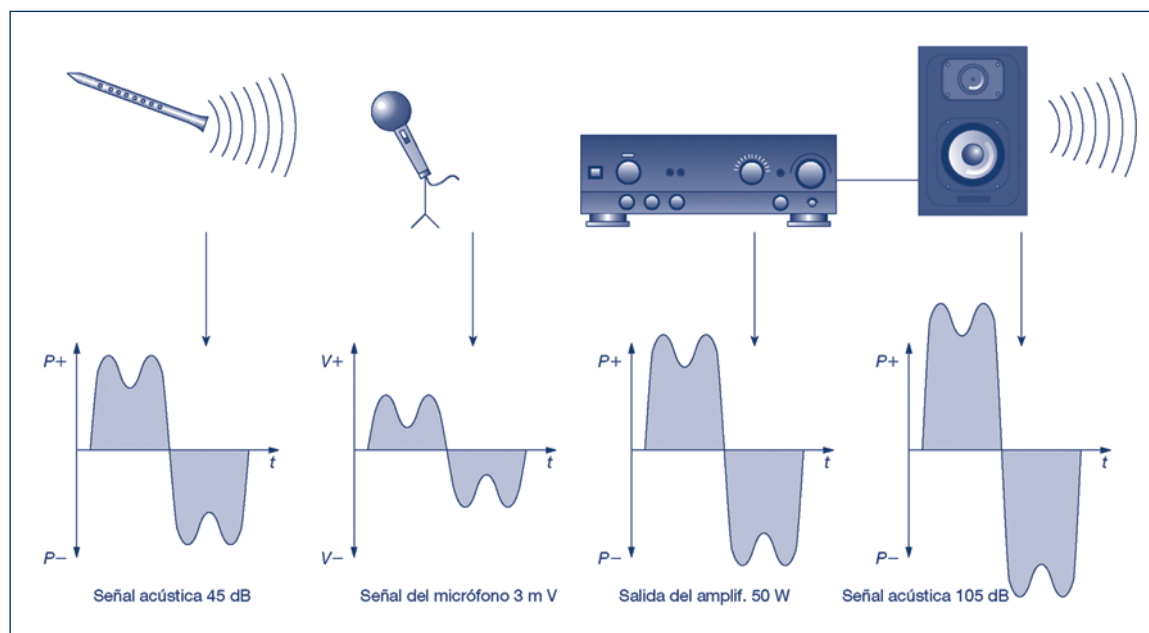


Fig. 1.12. La señal de audio



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.2 La señal de audio. Definición y características

En resumen, diremos que se ha amplificado el sonido de la flauta en 60 dB (1000 veces) por procedimientos electrónicos.

Para el estudio completo de la señal de audio es necesario conocer algunas características elementales.

A Nivel de tensión. El decibelio-voltio (dBV)

En instalaciones electroacústicas se pueden encontrar niveles de tensión muy variados, desde 1 mV que puede producir un micrófono hasta 70-100 V que se encuentran en líneas de megafonía de tensión constante.

La Figura 1.13 nos muestra los distintos valores que puede tomar la señal de audio, aunque el más aceptado es el **valor eficaz** o **RMS**.

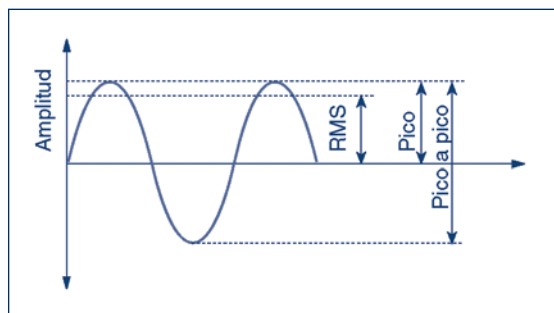


Fig. 1.13. Valores de la señal de audio

La unidad dBV consiste en utilizar 1 Vrms como referencia de 0 dB y luego aplicar una escala que responde a una función logarítmica (Tabla 1.8).

dBV	Vrms
40	100
30	31,6
20	10
10	3,16
0	1
-10	0,316
-20	0,1
-30	0,031
-40	0,01
-50	0,003
-60	0,001

Tabla 1.8.

Estos valores se obtienen mediante la expresión matemática:

$$\text{dBV} = 20 \log \frac{V}{1V}$$

B Nivel de potencia de la señal de audio

Ésta es una de las características más importantes que va a determinar la calidad de un equipo o producto de sonido, pero también la que más confusión le ha creado al usuario, sin duda por intereses comerciales. Se anuncian productos que expresan su potencia en vatios (continuos, musicales, de pico, PMPO, RMS, etc.). Las formas más usuales de indicar los niveles de potencia de cualquier dispositivo acústico son las siguientes:

- **Potencia eficaz (Wrms).** Es la potencia que un amplificador puede entregar de forma continuada sin sobrepasar un determinado nivel de distorsión (1%, 3% o 10%). Se denomina también potencia nominal o cedida.
- **Potencia musical (Wmus).** Es la potencia que puede entregar un amplificador durante un corto periodo de tiempo (0,25 s).
- **Potencia pico a pico y PMPO.** Es una potencia engañosa que se consigue utilizando el valor de pico de la tensión de salida en vez del valor eficaz, y si el equipo es estéreo, se suele sumar la potencia de ambos canales para abultar la cifra real de vatios.

La potencia eficaz y musical se pueden relacionar por las expresiones:

$$W_{rms} = 0,7 W_{mus}$$

$$W_{mus} = 1,4 W_{rms}$$

C Distorsión

Esta característica de los equipos de sonido permite evaluar su capacidad de procesar la señal de audio sin alterar su timbre o contenidos de armónicos.

Hay varios tipos de **distorsión** (armónica, de intermodulación, etc.), aunque la más conocida es la armónica, que viene expresada por las iniciales inglesas **Thd** (*Total harmonic distortion*) y se mide en tanto por ciento.

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.2 La señal de audio. Definición y características

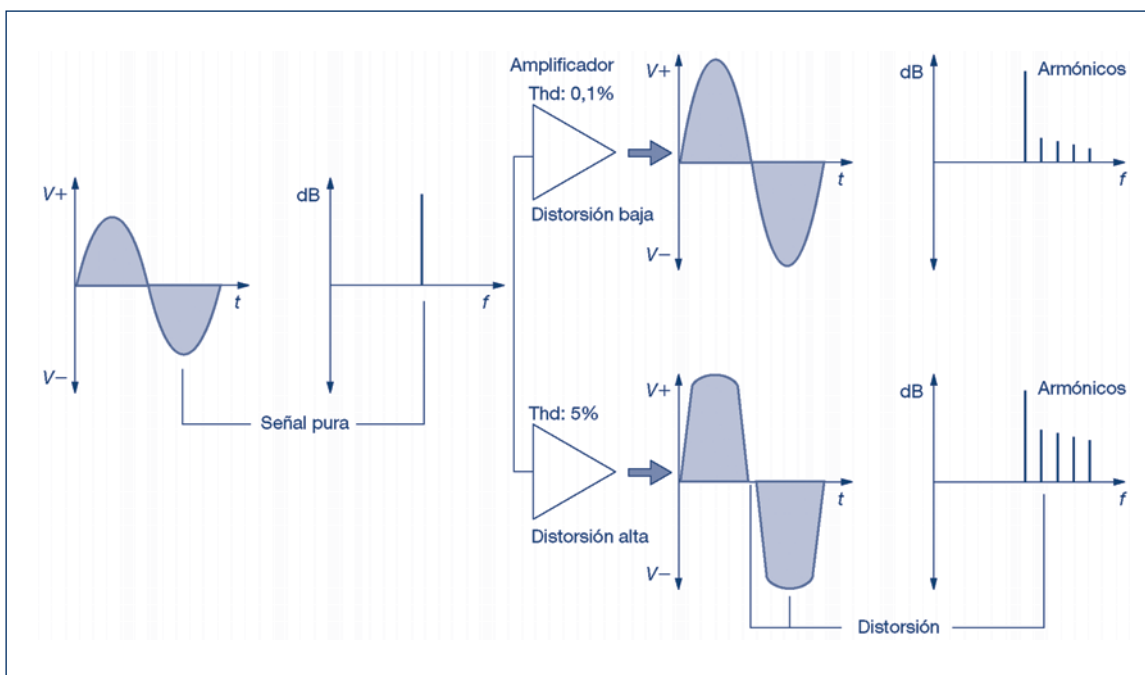


Fig. 1.14. Distorsión

Un 0% de distorsión significa que la señal de audio no ha sufrido deterioro alguno. El oído humano comienza a apreciar distorsiones entre el 0,5% y el 5%. En la Figura 1.14 se aclara más este concepto con el ejemplo de un amplificador.

La Figura 1.15 muestra un amplificador con diferentes relaciones de señal de ruido S/N.

D Relación señal/audio

Esta característica de la **señal de audio** se refiere a la relación entre la señal pura de origen y el ruido que inevitablemente la acompaña, añadido por los componentes electrónicos. Se expresa por las iniciales **S/N** (*Signal/Noise*). Cuanto mayor es este valor, mayor calidad de señal de audio tendremos. La Tabla 1.9 nos muestra algunos ejemplos:

Equipo	S/N (dB)
Amplificador	60 a 100
Compact-disc	95
Casete	40 a 60
Radio de FM	50
Radio de AM	35

Tabla 1.9.

E Respuesta en frecuencia

Esta característica define el comportamiento de un determinado elemento electroacústico (altavoz, amplificador, bafle, radio, etc.) en relación con las diferentes frecuencias que componen la señal de audio. El elemento ideal sería aquel capaz de tratar a todas las frecuencias por igual, sin realzar ni atenuar ninguna.

La Figura 1.16 muestra las frecuencias de algunos elementos electroacústicos conocidos. Y se observa que los elementos más modernos pueden manejar o reproducir cualquier frecuencia audible.

F Impedancia. Tipos

Ahora no se trata de analizar el concepto de *impedancia* desde el punto de vista electrotécnico, pues el alumnado ya ha estudiado este concepto en otros módulos profesionales.



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.2 La señal de audio. Definición y características

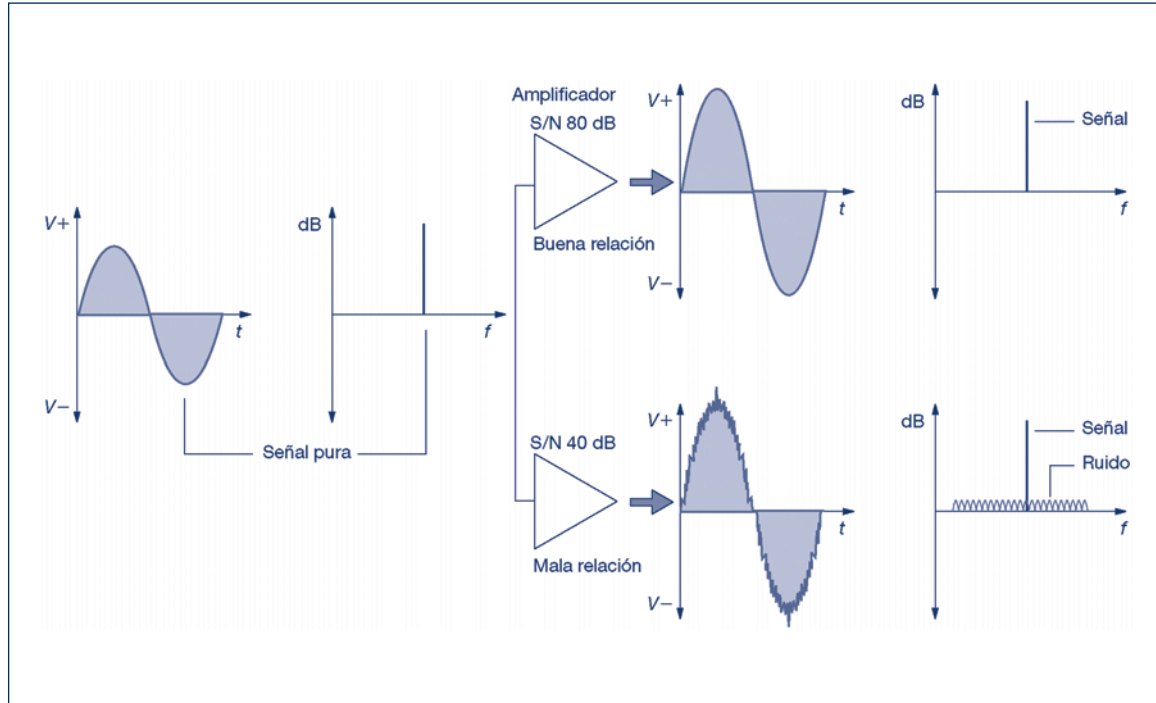


Fig. 1.15. Relación señal/ruido

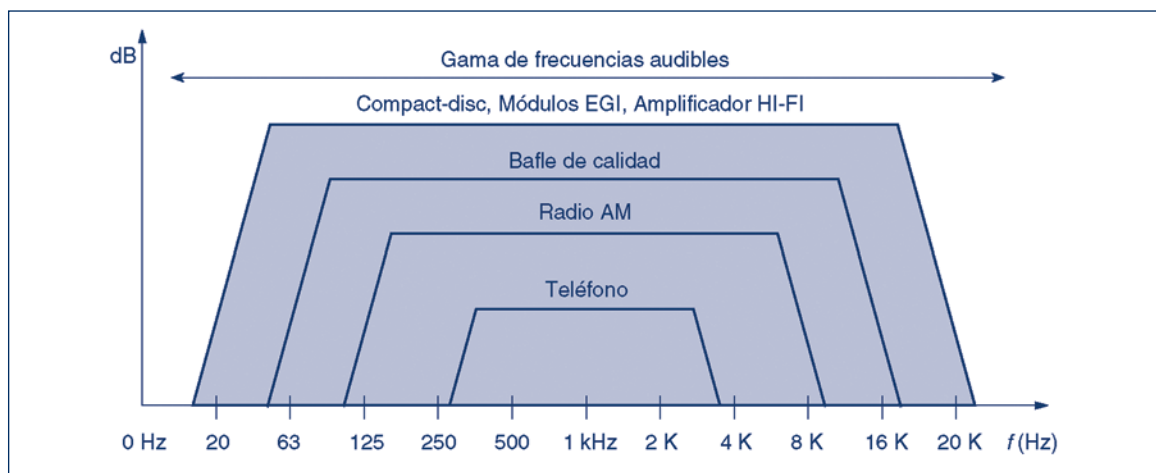


Fig. 1.16. Respuesta en frecuencia

En electroacústica decimos que **impedancia es la oposición que un elemento o circuito eléctrico (micrófonos, altavoces, amplificadores, líneas, etc.) presenta al paso de la corriente alterna en forma de señal de audio.**

mentos que intervienen en la instalación de audio, además de la **frecuencia** de la propia señal de audio.

Teniendo en cuenta la variada gama de frecuencias de los elementos y de los equipos de sonido (Fig. 1.16) tendremos, pues, diferentes valores de impedancia.

Está claro que el valor de la impedancia depende de la **resistencia**, la **inductancia** y la **capacidad** de los ele-

Los elementos electrónicos de la instalación de sonido (amplificadores, reguladores de volumen, fuentes musi-

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.2 La señal de audio. Definición y características



cales, etc.) tienen una o varias entradas y salidas de conexión, por lo que debemos estudiar los diferentes tipos de impedancia que existen.

Por último decimos que la impedancia se representa por la letra **Z** y se mide en ohmios.

Impedancia de entrada (Z_{in})

Es la que corresponde a las entradas de señal de audio de cualquier elemento de amplificación o control del sonido. Normalmente, presenta valores medios o altos (Tabla 1.10) y de componente resistiva-capacitiva.

Elemento	Z_{in} [Ω]
Mando	4000
Entrada de micro	2700
Central musical	20000
Amplificador	5000-25000

Tabla 1.10. Impedancia de entrada

Impedancia de salida (Z_{out})

Si hiciésemos una medida de impedancia en un elemento electrónico de procesamiento de la señal de audio, encontraríamos, normalmente, valores muy bajos, entre 0 y 600 Ω (Tabla 1.11). La razón de diseñar los equipos de sonido con impedancia de salida baja es para facilitar la adaptación con otros aparatos y evitar la captación de ruidos parásitos eléctricos en los cables de interconexión (Fig. 1.17).

Elemento	Z_{out} [Ω]
Central de sonido	0,1
Mando de sonido	2
Amplificador	0,03

Tabla 1.11. Impedancia de salida

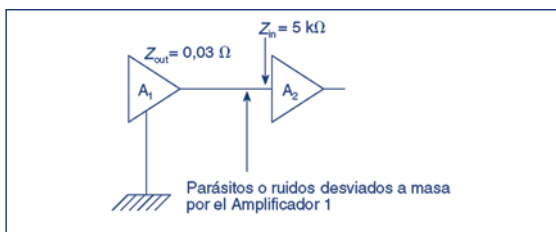


Fig. 1.17. Impedancia de salida

Impedancia mínima de carga (Z_{min})

La impedancia de salida de cualquier elemento electrónico de sonido no debe ser inferior a un valor determinado, de lo contrario provocaríamos una sobrecarga en el circuito de salida, que podría originar incluso una avería del equipo.

El valor de la impedancia mínima de carga ha de venir especificada en todos los equipos de sonido, y, sobre todo, en los destinados a suministrar potencia como, por ejemplo, los amplificadores. Un amplificador diseñado para trabajar sobre una carga (altavoz) de 8 Ω no debe conectarse a un altavoz con una impedancia menor (4 Ω por ejemplo), pues produciría un calentamiento en la etapa de salida del amplificador, originando una disminución del rendimiento de la instalación. Sin embargo, si lo conectamos a un altavoz de más impedancia, 16 Ω , el único problema sería que obtendríamos menos potencia de sonido, pero el amplificador funcionaría desahogadamente.

La Tabla 1.12 muestra algunos valores usuales de este parámetro.

Elemento	Z_{min} [Ω]
Central de sonido	15
Mando de sonido	600
Amplificador de 6 W	4

Tabla 1.12. Impedancia mínima de carga

Adaptación de impedancias

A la hora de interconectar diversos elementos electroacústicos, hay que tener en cuenta algunas precauciones para evitar una posible avería.

1. No se debe conectar a la salida de un equipo de sonido cargas de valor inferior a su impedancia mínima de carga.
2. Cuando la salida de un equipo ha de conectarse a otros muchos elementos, hay que procurar que la impedancia combinada de entrada de todos ellos no sea inferior que la impedancia mínima de carga del *equipo*. Por ejemplo, si a una central de sonido con impedancia mínima de carga de 16 Ω han de conectarse 200 mandos de volumen con impedancia de entrada de 4000 Ω , hay que comprobar que la impedancia combinada de todos ellos ($Z_c = 4000/20 = 20 \Omega$) no sea inferior a la impedancia de carga de la central (16 Ω).



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.3 El micrófono. Definición

1.3 El micrófono. Definición



El micrófono es el elemento que transforma los sonidos o señales acústicas en sus correspondientes señales eléctricas, para tratarlas posteriormente por procedimientos electrónicos (filtraje, amplificación, etc.).

La Figura 1.18 muestra las partes elementales de un micrófono dinámico. Como veremos más adelante, esta generación de señal eléctrica se consigue por procedimientos piezoeléctricos, electrostáticos, electrodinámicos y electromagnéticos, según sea el tipo de micrófono.

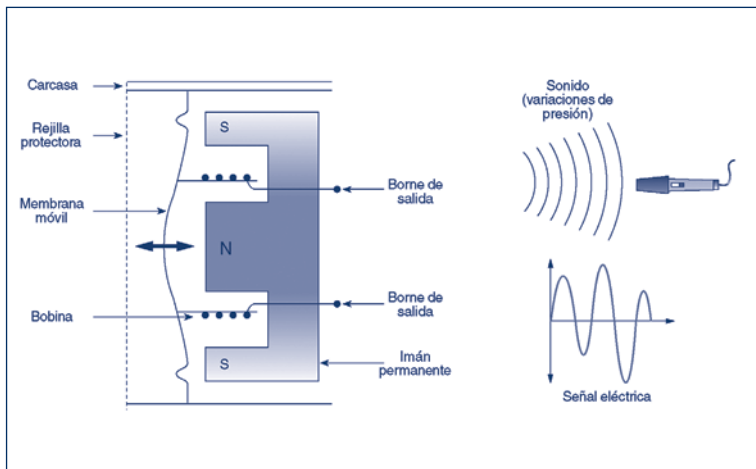


Fig. 1.18. Funcionamiento de un micrófono

A Características funcionales de los micrófonos

Sensibilidad

Se mide en **mV/Pa** (milivoltios/Pascal). Los valores más usuales oscilan entre 1 y 5 mV/Pa.

Por ejemplo: a 20 cm de los labios de un orador hay aproximadamente una presión sonora de 94 dB o el equivalente a 1 Pa. Si un micrófono tiene una sensibilidad de 3 mV/Pa, proporcionará 3 mV de señal eléctrica a su salida cuando lo coloquemos a 20 cm de distancia del citado orador; 6 mV si está a 10 cm, o 1,5 mV si estuviera a 40 cm (Fig. 1.19).

Los valores de sensibilidad de los micrófonos se fijan para una frecuencia de la presión acústica incidente de 1000 Hz, y se considera como frecuencia de referencia.

Fidelidad

Es la capacidad que tiene el micrófono para responder con la misma sensibilidad, sin distorsión ni perturbación, a todas las frecuencias comprendidas dentro del espectro de audio (20 a 20000 Hz).

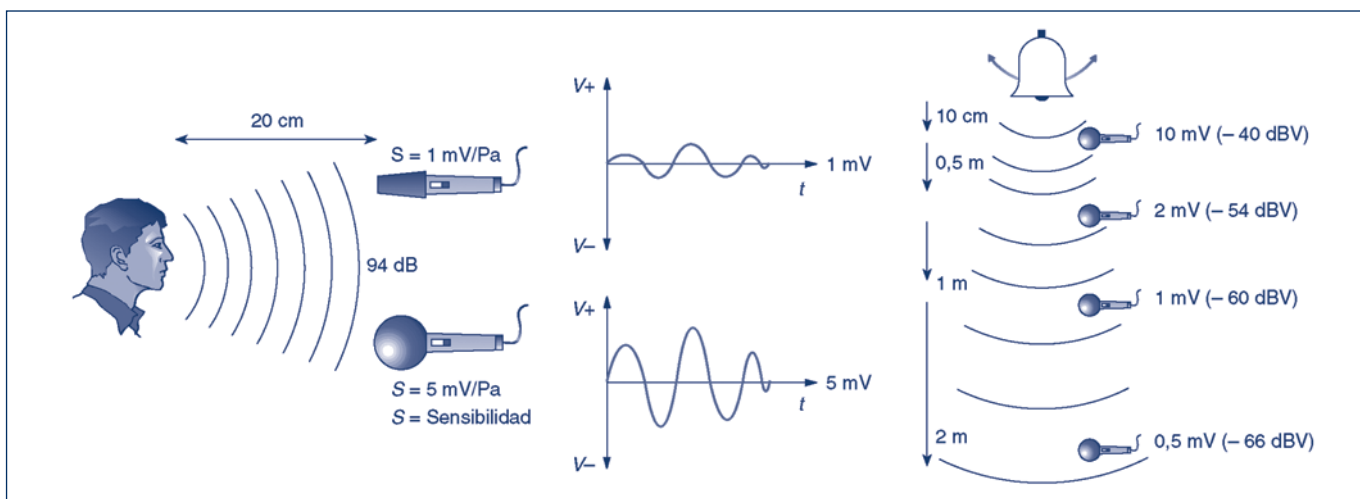


Fig. 1.19. Sensibilidad de los micrófonos

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.3 El micrófono. Definición



La fidelidad se caracteriza también por la curva de respuesta en frecuencia y por el grado de distorsión.

Decimos que un micrófono tiene una *gran fidelidad* cuando su respuesta en frecuencia es prácticamente plana, es decir, cuando las variaciones de amplitud para las distintas frecuencias del espectro audible son pequeñas.

Curva de respuesta o respuesta en frecuencia



Se refiere al comportamiento del micrófono ante distintas frecuencias de la señal sonora.

La curva de respuesta representa la sensibilidad correspondiente a las diversas frecuencias, referidas a un nivel convencional o de referencia (0 dB para 1 Pa y mV) (Fig. 1.20).

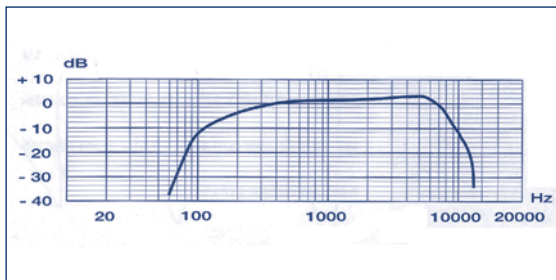


Fig. 1.20. Respuesta en frecuencia

Un micrófono de calidad debe tener una curva lo más plana posible. La curva de la Figura 1.20 representa la respuesta de frecuencia de un micrófono ideal para reproducir la palabra, pues según se observa, la curva es bastante plana para una frecuencia de entre 300 Hz y 4 000 Hz.

Sin embargo, un micrófono destinado a la captación del sonido procedente de una orquesta tiene que tener una respuesta de frecuencia lo más amplia posible, igual o mayor a la del oído humano, ya que una orquesta produce sonidos de cualquier frecuencia.

En ambientes ruidosos es recomendable utilizar micrófonos de respuesta en frecuencia muy ajustada a la banda de palabra para evitar la captación de sonidos ambientales, lo que originaría un enmascaramiento de la palabra del hablante.

Grado de distorsión

Indica la **aptitud del micrófono para dar respuestas sin deformación**. Se expresa teniendo en cuenta el contenido de armónicos que contiene la señal de salida y se mide en tanto por ciento.

Direccionalidad

Esta característica del micrófono nos indica **cómo varía su sensibilidad con respecto a la dirección de procedencia del sonido**.

Dependiendo de la direccionalidad, se pueden seleccionar o captar los sonidos que interesan y rechazar los que nos interesan, como ruidos, ecos, etc. Básicamente, existen dos tipos de micrófonos, los **omnidireccionales**, que captan los sonidos en todas las direcciones, y los **direccionales**, que captan los sonidos procedentes de una sola dirección.

Atendiendo a esta característica, los micrófonos se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Micrófono de presión omnidireccional.** Este micrófono posee una envoltura completamente cerrada y los sonidos chocan contra la membrana de forma frontal. La deformación de la membrana es proporcional a la presión instantánea del aire que la envuelve, debido a los sonidos que se generan, en cualquier dirección del espacio, alrededor del micrófono (Fig. 1.21).

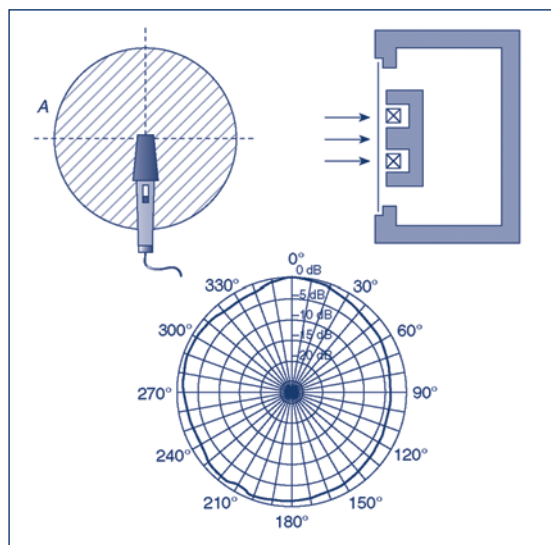


Fig. 1.21. Micrófono omnidireccional



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.3 El micrófono. Definición

El micrófono de presión es omnidireccional porque es igual de sensible para todos los sonidos procedentes de cualquier dirección. Es un micrófono muy adecuado para captar música.

b) **Micrófono de gradiente de presión bidireccional.**

La envoltura de este micrófono está abierta por la parte anterior y posterior, y los sonidos inciden en la membrana por ambos lados.

La fuerza con que se desplaza la membrana corresponde a la diferencia de presión que existen entre las dos caras, que será máxima en la dirección axial de micrófono. No captará, por tanto, los sonidos procedentes de los laterales.

Este micrófono es adecuado para captar la palabra de un orador (Fig. 1.22).

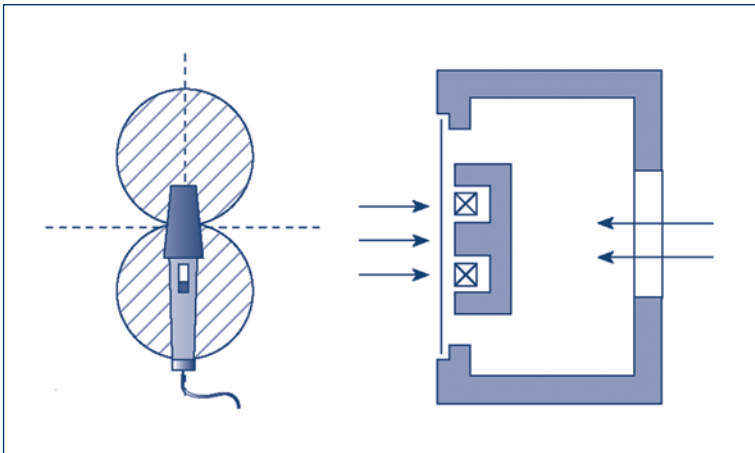


Fig. 1.22. Micrófono bidireccional

c) **Micrófono cardioide.** Se basa en la conjunción de las dos características anteriores. Dispone de aberturas posteriores y laterales, pero parcialmente obstruidas con un filtro acústico o resistencia acústica.

El micrófono cardioide es muy direccional, muy sensible a los sonidos procedentes de la parte frontal, poco sensible a los de procedencia lateral y de sensibilidad casi nula a los que provienen de la parte posterior.

Este micrófono se utiliza frecuentemente cuando se desea captar sonidos de voz desde una sola dirección, descartando lo que podrían ser sonidos o ruidos de fondo no deseados (Fig. 1.23).

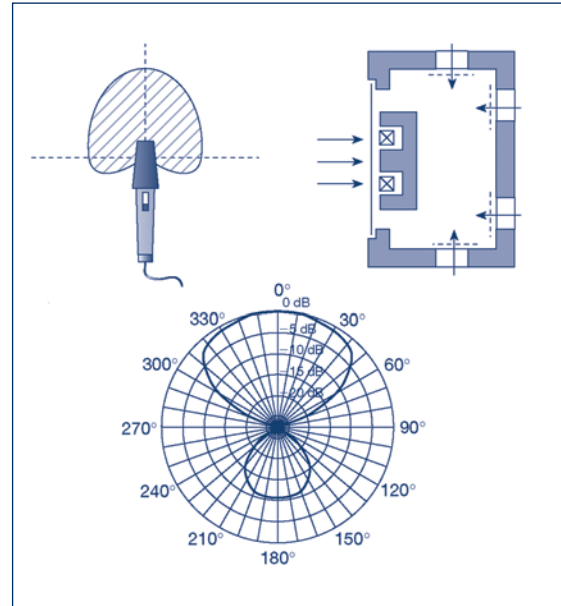


Fig. 1.23. Micrófono cardioide

d) **Micrófono hipercardioide.** Es un micrófono cardioide pero altamente direccional, en el que el gradiente de presión supera el 65%. El uso de estos micrófonos es imprescindible en las instalaciones de refuerzo de palabra para conseguir la captación preferente de la voz del orador sin recoger simultáneamente el sonido de los altavoces más próximos, pues produciría el acoplamiento acústico o efecto Larsen, caracterizado por el conocido "pitido" de los altavoces (Fig. 1.24).

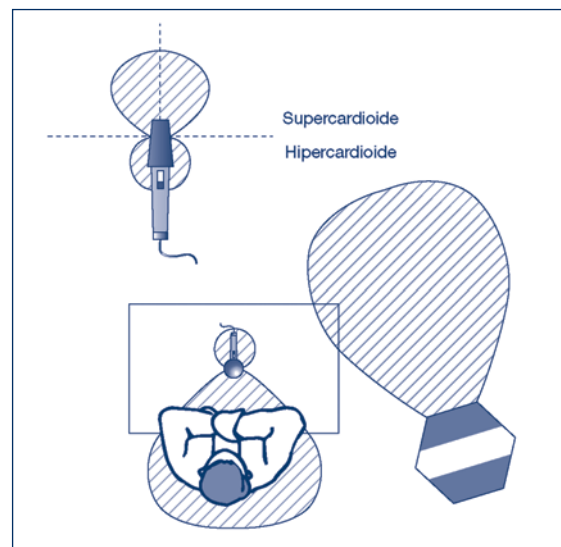


Fig. 1.24. Micrófono hipercardioide



Impedancia

Impedancia es un término electrotécnico que debes conocer. Los micrófonos de **alta impedancia** tienen valores de más de 1000Ω , y proporcionan una tensión de salida de 10 mV a 30 mV, pero muy poca corriente.

Los de **baja impedancia** ($\leq 600 \Omega$) generan una tensión de salida de entre 0,5 mV y 2 mV, pero con una corriente más elevada.

Cuando un micrófono de alta impedancia está conectado a un amplificador con un cable de más de 10 m, se produce una importante pérdida de altas frecuencias debido a la capacidad del cable.

Sin embargo, este fenómeno no es tan acusado para los de *baja impedancia*, ya que poseen una corriente de salida mucho mayor, de hecho que despreciaría los efectos del cable para distancias incluso de 100 m.

B Tipos de micrófonos

Atendiendo a la tecnología empleada para su funcionamiento, existen varios tipos de micrófonos.

Electrodinámico de bobina móvil

Este micrófono basa su funcionamiento en la inducción electromagnética. Los sonidos producidos delante del micrófono hacen vibrar a la membrana y al vibrar la membrana vibra la bobina que hay en el interior del campo magnético, creado por un imán permanente, generándose así entre los extremos de la bobina una tensión inducida que será de la misma frecuencia y de una amplitud proporcional a las vibraciones sonoras (Fig. 1.25).

Estos micrófonos se fabrican para impedancias de 200Ω y 600Ω , y pueden ser balanceados y no balanceados.

Los micrófonos electrodinámicos de bobina móvil son de buena calidad, en cuanto a fidelidad, y muy económicos, lo que justifica su alto grado de utilización en cualquier instalación de sonido.

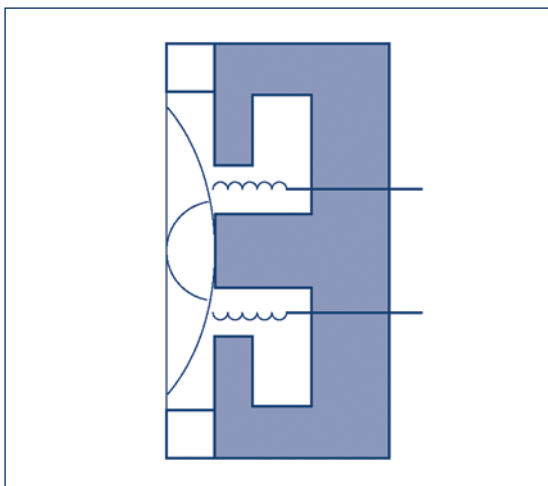


Fig. 1.25. Micrófono electrodinámico de bobina móvil

Electrodinámico de cinta

Este micrófono tiene un funcionamiento similar al de la bobina móvil. En este caso, el conductor móvil es una cinta de aluminio de unos 4 mm de espesor y de una longitud aproximada de 5 cm, que se encuentra situada en el interior de un imán permanente.

Al moverse la cinta por la presión sonora, en el seno del campo magnético del imán aparece una FEM inducida en sus extremos de la misma amplitud y frecuencia que la señal sonora (Fig. 1.26).

Estos micrófonos son de alta fidelidad pero de precio muy elevado y, por tanto, poco usados.

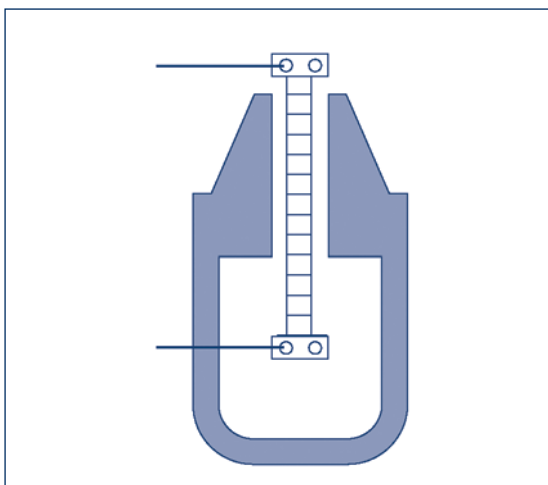


Fig. 1.26. Micrófono electrodinámico de cinta



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.3 El micrófono. Definición

Electromagnético de hierro móvil

En este caso, dentro del imán permanente vibra una lámina metálica solidaria a la membrana vibrante. La FEM variable se genera en un arrollamiento colocado en el imán (Fig. 1.27).

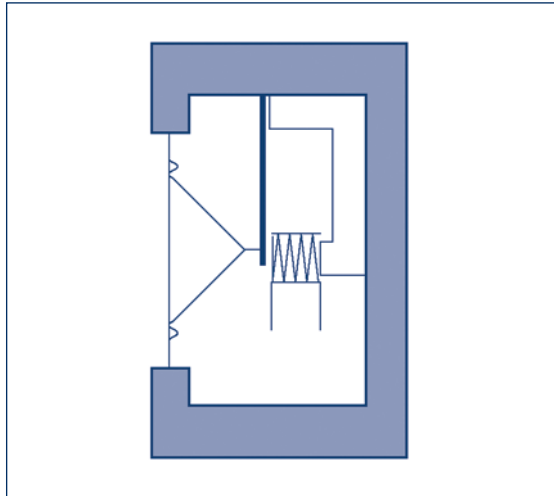


Fig. 1.27. Micrófono electromagnético de hierro móvil

Micrófono electrostático de condensador

Está formado por dos láminas muy próximas entre sí (aproximadamente 35 micras), que constituyen las dos placas de un condensador. La lámina (*M*) es de duraluminio y constituye la membrana vibrante, mientras que la otra es fija (*F*) y está provista de agujeros ciegos. La membrana fija está en contacto con la caja del micrófono y, por tanto, se encuentra a potencia 0 V (Fig. 1.28).

El condensador formado por las láminas se conecta en serie a una alimentación exterior de corriente continua (*B*) y a una resistencia (*R*).

En ausencia del sonido, el condensador se encuentra cargado al potencia de la pila o batería y, por consiguiente, no circula corriente.

Cuando aparece el sonido, la membrana vibra variando la distancia entre las placas y, consecuentemente, la capacidad del condensador, cargándose éste más o menos en función de estas variaciones. Aparecería entonces una corriente variable que provocaría una

caída de tensión en la resistencia del circuito de salida, que será proporcional a las variaciones de la presión sonora originaria.

Las corrientes generadas por este tipo de micrófonos son muy pequeñas y para que las tensiones de salida sean apreciables, la resistencia *R* debe tener un valor elevado (5-20 M Ω). Este valor tan elevado de impedancia puede crear inconvenientes para acoplar este micrófono a un amplificador, lo que conllevaría la necesidad de emplear adaptadores de impedancia.

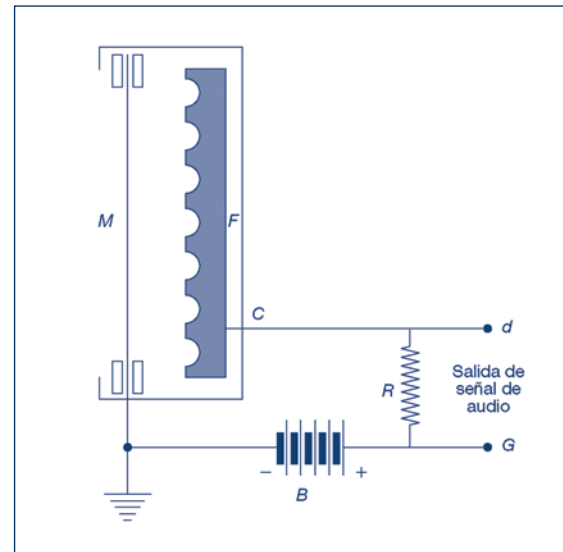


Fig. 1.28. Micrófono electrostático del condensador

La alimentación exterior que necesitan estos micrófonos oscila, según los casos, entre 9 V y 48 V, siendo suministrada por el mismo equipo de sonido. Son muy vulnerables a los agentes exteriores (polvo, humedad, etc.) y deben protegerse en el interior de una cápsula. Producen poca distorsión y no captan ruidos de fondo.

Electret

Como el anterior, es de tipo electrostático. Está formado por una membrana de policarbonato de 5 micras de espesor metalizada por su parte exterior, que constituye el electrodo móvil.

En el interior de la membrana se encuentra el electrodo fijo, formado por una placa metálica polarizada y perforada, con lo que se consigue aumentar la capacidad del condensador formado. Basan su funcionamiento en

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.3 El micrófono. Definición



La variación de capacidad que se produce entre la membrana y la placa polarizada, que al vibrar por los efectos de las ondas sonoras (Fig. 1.29).

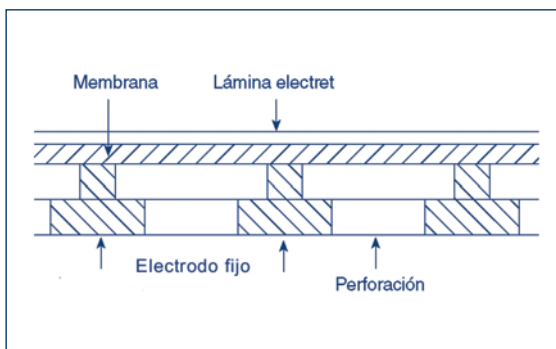


Fig. 1.29. *Micrófono electret*

Es pequeño y ligero, no capta zumbidos en las proximidades de campos magnéticos y produce una señal de audio de mayor calidad que los dinámicos. Igualmente se fabrica con impedancias de 200 Ω y 600 Ω . Este tipo de micrófonos necesita alimentación de corriente continua para su funcionamiento y suele tener la salida no balanceada.

Micrófono piezoeléctrico de cristal

Está basado en el fenómeno de la **piezoelectricidad**, fenómeno por el que ciertas sustancias como el cuarzo, el titanio de bario, la sal de Rochelle, etc., generan cargas eléctricas cuando son sometidas a una variación mecánica o, por el contrario, vibran si se les aplica una tensión eléctrica. Este micrófono está constituido por una placa que contiene dos cristales piezoeléctricos tallados de diferente forma, y sobre ellos se ponen dos láminas de aluminio que actúan como electrodos.

La placa formada por los dos cristales va montada con uno de sus extremos unido a un soporte, mientras que el otro extremo está sujeto al diafragma en el micrófono. Cuando se produce un sonido delante del micrófono, el diafragma vibra con la misma frecuencia y amplitud que la señal sonora, de esta forma, uno de los cristales se contrae y el otro se dilata, produciendo entre sus terminales una tensión alterna de igual frecuencia y amplitud que la señal sonora originaria (Fig. 1.30). Este micrófono tiene una impedancia muy alta, por lo que la tensión de salida es bastante baja. En cambio tiene bastante fidelidad, no presenta ruidos de fondo y en general es muy económico y se usa mucho.

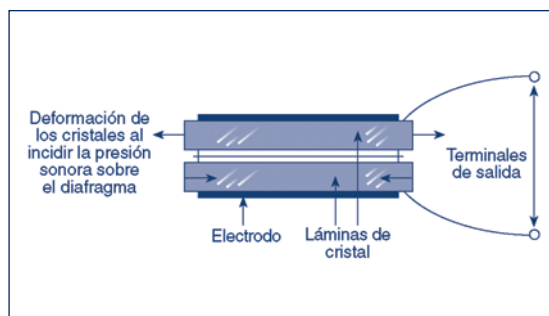


Fig. 1.30. *Micrófono piezoeléctrico de cristal*

Inalámbrico

Este micrófono al no tener cable permite al usuario moverse libremente. Se compone básicamente de una cápsula de micrófono dinámico o electret, unido a una emisora de FM. En el equipo de sonorización existirá un receptor que convierta la señal de radio, en señal de audio. Las frecuencias de radio que se emplean para estos micrófonos son de 40 MHz y 200 MHz, aunque existen micrófonos de menor calidad en la banda de FM (Fig. 1.31).



Fig. 1.31. *Micrófono inalámbrico*



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.3 El micrófono. Definición

Micrófonos especiales

Estos micrófonos utilizan una cápsula electret con la direccionalidad muy marcada hacia delante (tipo cardioide), para no recoger los ruidos de ambiente, sólo la voz del que habla.

Las señales de audio que produce esta cápsula son inmediatamente amplificadas más de 200 veces por el preamplificador del propio micrófono. Éste incorpora un ajuste de sensibilidad para la adaptación del micro en ambientes ruidosos y poder eliminar así todas aquellas frecuencias indeseadas.

C Selección de micrófonos

Para la selección y determinación de los micrófonos, debe considerarse el tipo, la forma, la directividad, las características de frecuencia, la impedancia, si debe o no ser balanceado, el lugar de utilización y para qué se usa. Y atendiendo a estas premisas, vamos a dar algunas pautas para elegir distintos tipos de micrófonos según los casos.

• Micrófonos fijos

- *Avisos*: micrófonos especiales preamplificados.
- *Conferencias, oradores, iglesias*: micrófonos direccionales (cardioides) con salida balanceada, preferentemente.

• Micrófonos móviles

- *Entrevistas, presentaciones*: micrófonos dinámicos omnidireccionales de mano; micrófonos

electret omnidireccionales de mano con batería; micrófono electret de solapa; micrófono inalámbrico.

- *Un solo orador*: micrófonos dinámicos direccionales cardioides con cable o vía radio.

D Colocación de los micrófonos

Efecto de la proximidad

Para que la reproducción del sonido sea lo más fiel posible, hay que tener la precaución de respetar la distancia aconsejada entre el micrófono y la fuente sonora.

Es decir que cuanto más cerca situemos el micrófono de los labios del orador, menos ruidos del ambiente captaremos y mejor se reproducirá la voz del hablante. La distancia de empleo, para un micrófono omnidireccional, está comprendida entre 10 cm y 25 cm (Fig. 1.32).

Si situamos el micrófono a una distancia menor de 10 cm, la onda expansiva de la voz desplazaría la membrana de forma brusca, produciendo un impulso eléctrico de gran amplitud que saturaría por unos instantes la entrada del amplificador.

En el caso de utilizar micrófonos direccionales, la proximidad de éstos a la boca del orador no es tan acusada, ya que apenas recogen los sonidos o ruidos del ambiente. Los límites en la proximidad vienen determinados por los golpes de voz al pronunciar sonidos demasiado graves.

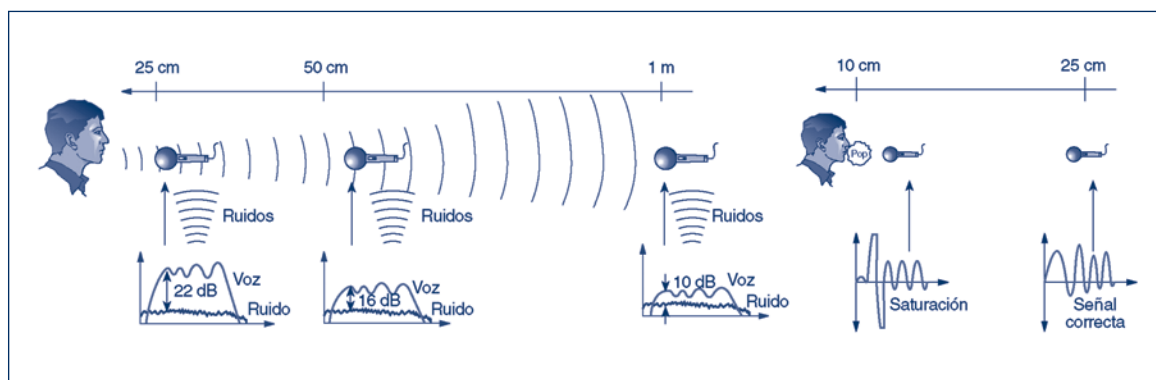


Fig. 1.32. Proximidad de los micrófonos

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.4 El altavoz. Definición



Acoplamiento acústico

Esta sensación desagradable se produce cuando se coloca el micrófono en un lugar equivocado. Este fenómeno se desencadena cuando cualquier sonido producido en la estancia es recogido por el micrófono, amplificado y lanzado de nuevo por los altavoces, de forma que cuando llega de nuevo al micrófono, lo reproduce con mayor intensidad, dando lugar a una realimentación en cadena que se manifiesta por un pitido desagradable y molesto (Fig. 1.33).

Para evitar esta situación hay que actuar de diferentes formas, según los casos:

- Si es posible, se debe retirar el micrófono de la zona de realimentación.
- Reorientando los altavoces.
- Utilizando micrófonos unidireccionales.
- Reduciendo la potencia de salida de los altavoces.
- Atenuando, en el amplificador, el volumen de entrada del micrófono.

- Empleando altavoces de respuesta en frecuencia muy plana.
- Y si todo lo anterior no da resultado, utilizando un ecualizador gráfico para reducir la ganancia del sistema.

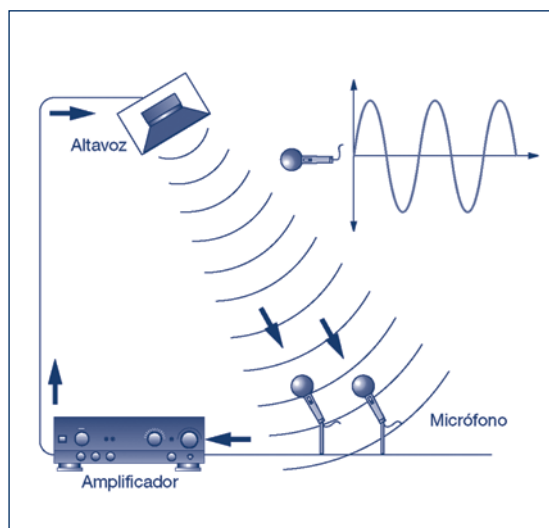


Fig. 1.33. Acoplamiento acústico

1.4 El altavoz. Definición



El altavoz es un transductor o convertidor de la señal eléctrica de audio en energía acústica.

El altavoz recibe del amplificador señales eléctricas de una determinada información de audio y, por diversos procedimientos, la transforma en variaciones de presión del aire que corresponden a esas señales. La Figura 1.34 muestra un ejemplo de un altavoz dinámico y podemos ver sus partes más importantes.

A Características de los altavoces

Son muchas las características que definen un altavoz. En esta Unidad sólo estudiaremos las más significativas.

Impedancia

La impedancia representa el valor de carga, en ohmios, sobre la salida del amplificador, aunque ésta variará con

la frecuencia de la señal de salida aplicada al altavoz. Las impedancias con las que se fabrican los altavoces más usuales son: 2, 4, 8, 16, 25 y 32 Ω .

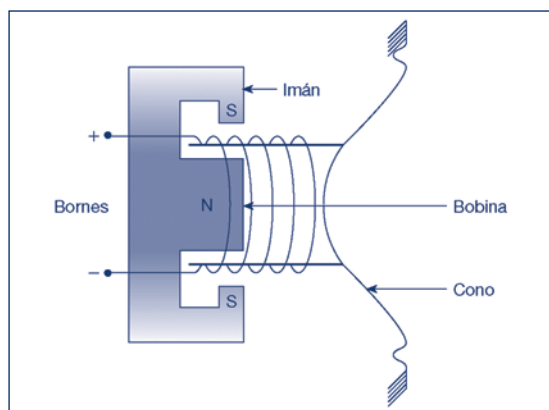


Fig. 1.34. Altavoz dinámico

La resistencia medida en los bornes del altavoz será algo inferior a los valores indicados anteriormente (Tabla 1.13).



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.4 El altavoz. Definición

R [Ω]	2,5 a 3,5	5 a 7	10 a 15	18 a 23
Z [Ω]	4	8	16	25

Tabla 1.13. Resistencia de la bobina del altavoz según su impedancia

Los fabricantes de altavoces representan los valores de impedancias en una curva o gráfica para distintas frecuencia, siendo el valor de referencia del altavoz el indicado en el intervalo de frecuencias de 300 a 1000 Hz. Para comprender esto, vamos a analizar la Figura 1.35.

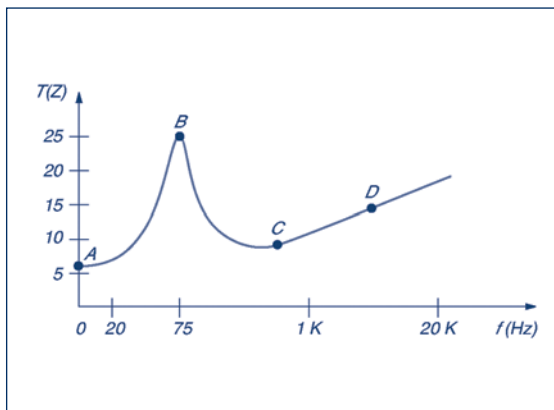


Fig. 1.35. Impedancia de los altavoces

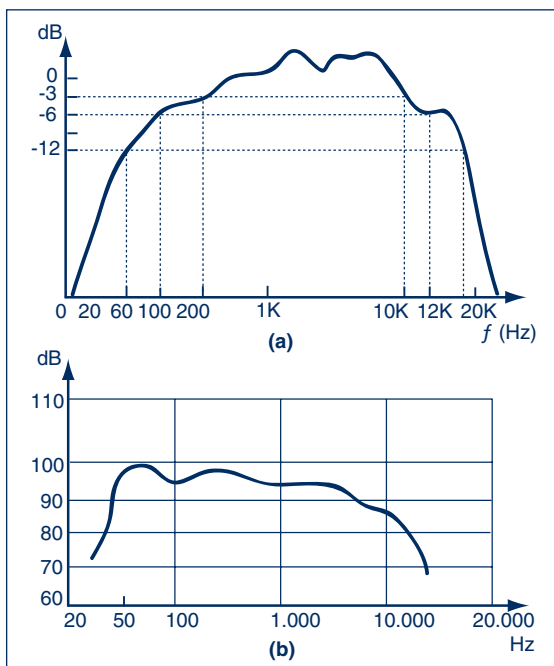


Fig. 1.36. Respuesta en frecuencia de un altavoz

El punto A de la gráfica indica el valor de la resistencia que mediríamos con el óhmetro. El valor indicado es aproximadamente de 6 Ω.

La zona B corresponde a la impedancia que tiene el altavoz a su frecuencia de resonancia, que se refiere a la frecuencia en la que éste funcionaría a pleno rendimiento.

La zona C, situada entre 300 y 1000 Hz, es la que representa realmente el valor de impedancia con que se va a marcar el altavoz (8 Ω en este caso).

Por último, la zona D muestra un aumento progresivo de la impedancia, como consecuencia del efecto de la inductancia de la bobina móvil.

Respuesta en frecuencia

Es el comportamiento del altavoz ante las diversas frecuencias del espectro acústico, es decir, la gama de frecuencias que un altavoz es capaz de reproducir.

Este parámetro se ilustra en la curva de la Figura 1.36 que se traza poniendo en el eje de abscisas las distintas frecuencias reproducibles y en el eje de ordenadas las intensidades sonoras en decibelios o el valor de atenuación de decibelios, tomando como referencia el umbral de sensibilidad indicado por el fabricante.

Si analizamos la gráfica de la Figura 1.36 a), por ser más compleja, podremos observar tres gamas de frecuencias diferentes para un mismo altavoz:

- Si admitimos únicamente una pérdida de eficacia de -3 dB, sobre el valor de sensibilidad indicado por el fabricante, está claro que este altavoz reproduce frecuencias entre 130 Hz y 10 kHz. Es el caso de los altavoces de alta fidelidad (Hi-Fi).
- Aumentando esa pérdida a -6 dB, este altavoz reproduciría frecuencias desde 100 Hz hasta 12 kHz, que corresponde a los altavoces de buena calidad.
- Por último, si admitimos pérdidas de eficacia de -12 dB, reproduciría frecuencias entre 60 Hz y 18 kHz. Aquí estarían representados los altavoces de calidad media-baja.
- Cuando más lineal es la curva de respuesta de un altavoz, más limpio y natural será el sonido que reproduce.

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.4 El altavoz. Definición



Ángulo de cobertura: directividad de un altavoz

El ángulo de cobertura α es el haz sonoro que un altavoz es capaz de proyectar sin que su nivel sonoro disminuya en -6 dB con respecto al medido en su eje central.

La Figura 1.37 ilustra este parámetro y muestra un altavoz que proporciona 90 dB medidos en un sonómetro a 1 m de distancia sobre su eje, con 1 W de potencia aplicada.

El índice de directividad Q es la relación entre el nivel de presión sonora que el altavoz produce sobre la proyección de su eje central y el nivel de presión sonora que produce en todas las direcciones.

Este índice nos demuestra la capacidad del altavoz para concentrar la potencia acústica en la dirección útil, evitando radiar potencia en otras direcciones, lo que perjudicaría la calidad de audición de una determinada estancia o auditorio.

Cuanto mayor es este índice, más direccional es el altavoz (Fig. 1.38).

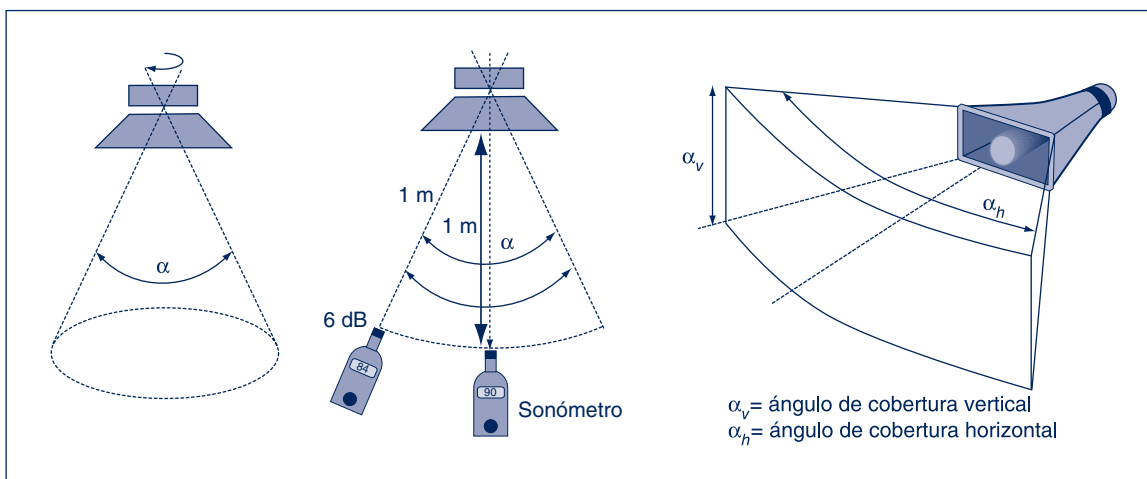


Fig. 1.37. Ángulo de cobertura α

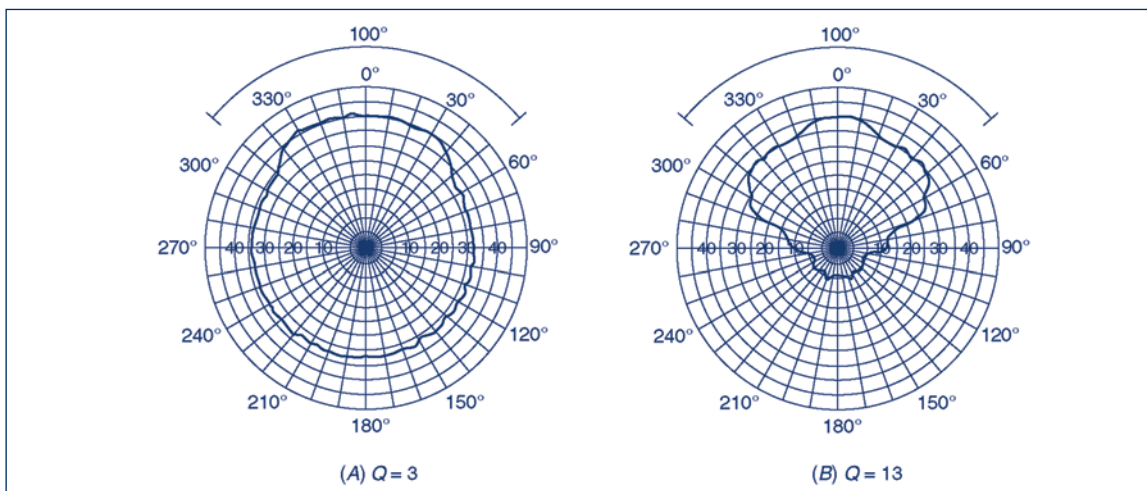


Fig. 1.38. Índice de directividad de un altavoz (Q)



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.4 El altavoz. Definición

Sensibilidad



Sensibilidad es el nivel de presión sonora que un altavoz es capaz de proporcionar en su eje a 1 m de distancia cuando le aplicamos 1 W de potencia de audio (Fig. 1.39).

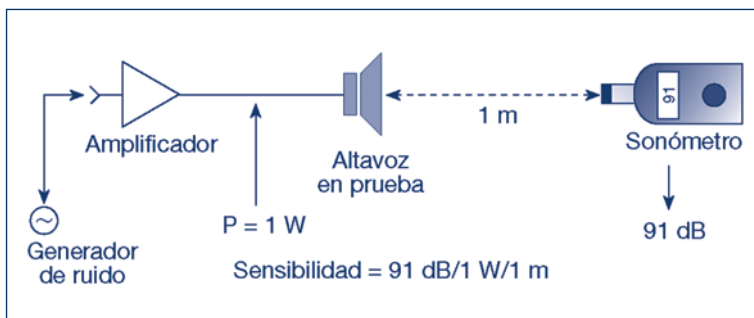


Fig. 1.39. Sensibilidad

La sensibilidad se expresa en dB/1 W/1 m. El valor de sensibilidad se debe medir para varias frecuencias de ensayo, de tal forma que el altavoz se tasaré con el valor promedio de todas las medidas obtenidas con las diferentes frecuencias. Lo normal es realizar estos ensayos para 800 frecuencias distintas, entre 100 y 12 000 Hz.

Son valores usuales de sensibilidad, para altavoces de gama media, los comprendidos entre 85 y 100 dB/W/1m.

Eficiencia o rendimiento

Este concepto está muy ligado a la sensibilidad, por tanto, los altavoces tienen mayor rendimiento cuanto más alto sea su valor de sensibilidad.



Rendimiento es la relación entre la potencia acústica de salida del altavoz y la potencia eléctrica suministrada a su entrada.

Este valor, expresado en tanto por ciento, suele ser bajo, debido a que el altavoz es poco eficiente en la conversión de energía.

Se pueden encontrar valores entre el 1% y el 5% en altavoces de cono y entre el 10% y el 30% en altavoces exponenciales de bocina. Por ejemplo, un altavoz

con un rendimiento de 10% significa que por cada 30W eléctricos suministrados en su entrada, proporciona 3 W acústicos a su salida.

Distorsión

Esta característica expresa la diferencia que hay entre la señal de audio aplicada al altavoz y la que éste realmente reproduce. Se expresa en valores de tanto por ciento. Y son precisamente los altavoces los componentes que mayores índices de distorsión poseen. Los valores de distorsión aumentan a medida que aumenta la potencia aplicada por el amplificador, sobre todo si se seleccionan frecuencias bajas o tonos graves. Los valores de distorsión suelen oscilar entre el 0,5% y el 2% para altavoces de alta calidad (Hi-Fi), y entre el 10% y el 15% para altavoces de baja calidad.

La causa más importante que origina la distorsión radica en la flexibilidad del sistema vibrante del altavoz, formado por el cono de papel y la bobina móvil.

Potencia

Como ya sabemos, existen diferentes tipos de potencias en los equipos de audios, pero nos referimos a la más importante de todas: la *potencia nominal* o *RMS*.



La potencia nominal o RMS es la máxima potencia que un altavoz puede soportar de modo continuado sin producir calentamientos ni distorsiones.

Se mide en vatios. La potencia nominal que se especifica en los altavoces está condicionada a la frecuencia y al grado de distorsión normalizados cuyos valores respectivos son 1 000 Hz y 2,5-3%. Los valores de potencia están ligados al tamaño del cono del altavoz, y por supuesto, a su calidad de reproducción.

B Tipos de altavoces

Según su principio de funcionamiento

- a) **Altavoz electrodinámico.** Tiene imán fijo y bobina móvil. Su motor está formado por un imán perma-

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.4 El altavoz. Definición



nente, generalmente de forma circular, asociado a unas piezas de hierro dulce que concentran el campo magnético sobre el entrehierro, en el que se introduce la bobina. Cuando la bobina es recorrida por la corriente alterna de la señal de audiofrecuencia, produce un campo magnético variable que interacciona con el del imán permanente (de álnico o ticonal), ocasionando el movimiento de ésta. Como la bobina está firmemente unida al cono y ambos tienen un grado de libertad de movimiento por estar elásticamente suspendidos entre el centrador y la suspensión, todo el conjunto vibra siguiendo las señales de audio. La elasticidad de las suspensiones y el peso de todo el sistema móvil determinan la frecuencia de resonancia del altavoz. De la forma, composición y espesor del cono depende la linealidad de respuesta en frecuencia, mientras que la superficie del cono condiciona el rendimiento y la potencia del altavoz (Fig. 1.40).

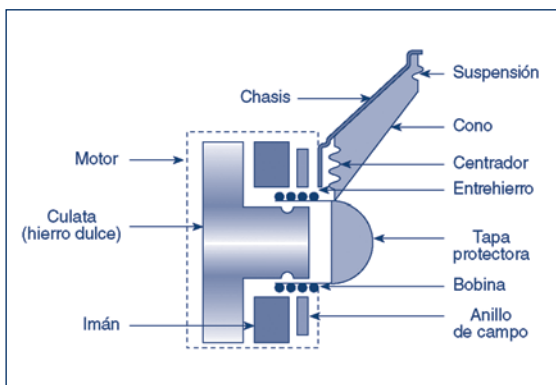


Fig. 1.40. Despiece de un altavoz

En instalaciones de sonorización generales es habitual que un único altavoz reproduzca toda la gama de frecuencias de audio, mientras que para instalaciones de alta fidelidad se utilizan diferentes conos en un mismo altavoz, uno para tonos graves, otro para tonos medios y otro para los altos o agudos.

El altavoz electrodinámico de imán permanente es el más utilizado en la actualidad. Más del 95% de las instalaciones de sonido emplean este tipo de altavoces por su buena relación calidad-precio.

- b) **Altavoz electrostático.** Está formado por un diafragma polarizado, generalmente de poliéster metalizado, que está situado en el interior de dos placas polarizadas, como si de un condensador se

tratara. Cuando se aplica una señal eléctrica de audio a las placas, el diafragma se desplaza en función de la polaridad existente en cada una de ellas, generando una presión sonora determinada.

Es un tipo de altavoz muy poco usado por el inconveniente que representa el empleo de tensiones elevadas de funcionamiento, aunque hay que reconocer que posee una buena calidad de reproducción de las frecuencias medias y altas.

- c) **Altavoz piezoeléctrico.** Como vimos con los micrófonos, están basados en la deformación que experimentan algunos cristales cuando se les aplica una tensión variable. Estas deformaciones se transforman en vibraciones del diafragma que dan lugar a la señal sonora.

Este altavoz es de pequeño tamaño y reproduce frecuencias de gama alta. Está muy indicado en la formación de altavoces del tipo *tweeters* para reproducir sonidos muy agudos. Su impedancia de entrada es de tipo capacitiva.

Según la forma constructiva

Se clasifican en altavoces de *radiación directa* (son los más comunes), *altavoces de bocina* (empleados en megafonía) y *cajas acústicas* o *baffles* (para reproducir sonidos de gran potencia de alta fidelidad).

- a) **Altavoces de radiación directa.** Se denominan así porque transmiten directamente la potencia acústica al aire a través del movimiento del cono. Estos altavoces no se emplean de forma aislada, sino ubicándolos en el interior de cajas de resonancia que aumenten su eficiencia. Y partiendo de esta premisa podemos relacionar las siguientes variantes:
- b) **Caja acústica. Baffle.** Como ya sabemos, el cono de los altavoces tiene dos caras que al vibrar producen variaciones de presión opuestas en el aire, y las ondas sonoras procedentes de ambas caras tienden a anularse. Este efecto es muy acusado en bajas frecuencias, y puede comprobarse fácilmente escuchando un altavoz "al aire" sin alojarlo en ninguna caja o techo. Este efecto se denomina **cortocircuito acústico** (Fig. 1.41 a). Para evitar este fenómeno se colocan los altavoces en cajas, baffles, techos, etc.



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.4 El altavoz. Definición

Cuando un altavoz se instala de tal forma que su radiación posterior se emite en un recinto de gran volumen (techo, pared, hueco), totalmente independiente de la estancia donde se utiliza su emisión frontal, decimos que está colocado en **bafle infinito** (Fig. 1.41 b).

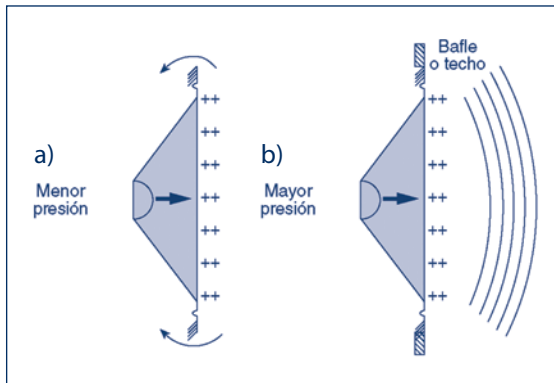


Fig. 1.41. a) Cortocircuito acústico b) Bafle infinito

Según la forma constructiva de las cajas acústicas

Se distinguen tres tipos de caja acústica (Fig. 1.42)

1. **Caja abierta.** Está hecha de madera y dispone de aberturas o rendijas en su parte posterior. Se utiliza en sonorización y en cadenas musicales de precio bajo.
2. **Caja hermética o de compresión.** No posee ninguna comunicación con el exterior, por tanto el aire interno actúa como elemento de compresión, ayudando a la

suspensión del altavoz. Se utiliza en equipos de alta fidelidad, por su amplia respuesta en frecuencia.

3. **Caja bass-reflex.** Es un bafle que tiene una salida de aire, mediante un tubo o conducto, que sirve para aprovechar parte de la energía acústica procedente de la cara posterior del altavoz y sumarla a la presión sonora frontal, con lo que se consigue un aumento de hasta 3 dB de eficiencia del altavoz. Se usa tanto en sonorización como en alta fidelidad, cuando se quiere obtener altos niveles de potencia.

- a) **Columna acústica.** Cuando colocamos altavoces en columna, el ángulo de cobertura horizontal es similar al de un solo altavoz, pero el ángulo de cobertura vertical se reduce a la mitad cada vez que doblamos el número de altavoces apilados, consiguiendo así una excelente direccionalidad. Esta combinación de altavoces tiene una gran aplicación para evitar reflexiones del sonido en el techo o el suelo de una estancia, lo que permite obtener un mayor alcance antes que la reverberación enmascare el sonido. Cuando se construyen columnas de altavoces hay que procurar que el centro acústico de todos ellos esté perfectamente alineado con el plano vertical, y que los conos de los distintos altavoces estén próximos (Fig. 1.43).

- b) **Altavoces de bocina.** Se emplean principalmente en megafonía, tanto en interiores como en exteriores. En megafonía es imprescindible obtener elevados rendimientos para alcanzar grandes distancias y cubrir amplias zonas con el menor número posible de altavoces. La bocina está formada por un altavoz dinámico, llamado *unidad excitadora*,

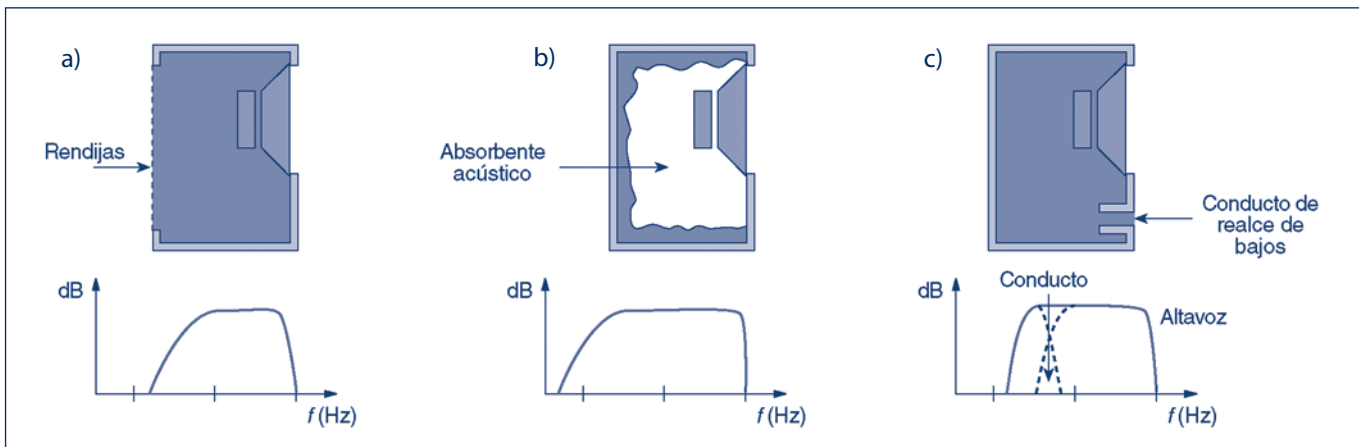


Fig. 1.42. Cajas acústicas: a) caja abierta; b) caja hermética; c) caja bass-reflex

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.4 El altavoz. Definición

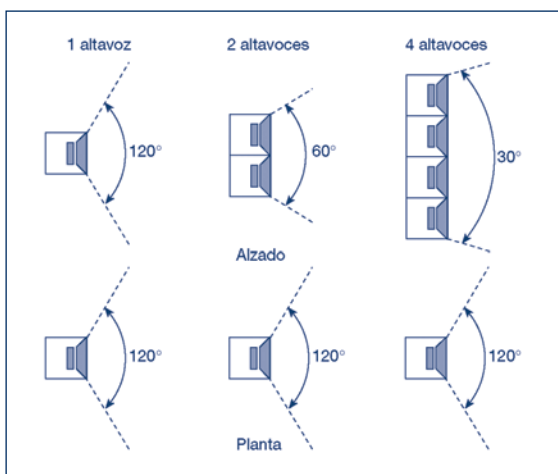


Fig. 1.43. Columnas de altavoces

que está unido mecánicamente a la bocina. El extremo de pequeño diámetro de la bocina se llama *garganta* y el extremo de gran diámetro se llama *embocadura*. El funcionamiento de una bocina es parecido al de un transformador eléctrico: el altavoz entrega energía acústica a una pequeña masa de aire a gran presión (lado estrecho de la bocina) y ésta lo convierte en variaciones de presión más

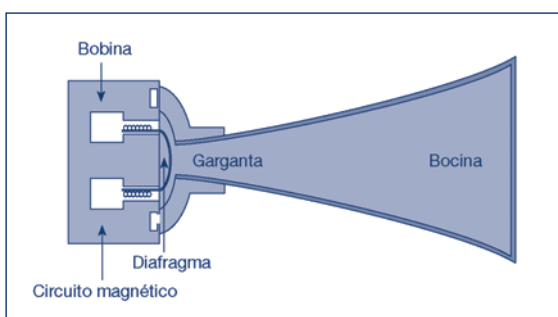


Fig. 1.44. Altavoz de bocina

pequeñas que afectan a una gran masa de aire (boca de la bocina). La forma de bocina más utilizada en megafonía es aquella cuya sección transversal crece exponencialmente, con la que se consiguen rendimientos mucho mayores que con las de radiación directa. Por el contrario, la calidad del sonido es muy inferior al tener una respuesta en frecuencia bastante limitada (Fig. 1.44).

Selección y colocación de altavoces. Algunos criterios generales

Sin duda, la elección de un determinado tipo de altavoz va a determinar, en gran medida, la calidad de un sistema de sonido. La selección de los altavoces debe satisfacer las diferentes condiciones que puedan surgir según los propósitos que se persigan.

La ubicación debe hacerse teniendo en cuenta el tipo de sala, el espacio o el edificio que hay que sonorizar, el tamaño, los usos y propósitos, el nivel de ruido, el tiempo de reverberación, etc. Y dependiendo de todas estas cosas, se pueden ubicar los altavoces de tres formas diferentes: en sistema centralizado hacia una determinada dirección, en sistema descentralizado o distribuido por diferentes puntos de la estancia, y combinando los dos sistemas. Cuando abordemos un poco más adelante la sonorización de las distintas salas y locales, tanto interiores como exteriores, estaremos en disposición de afrontar, más a fondo, los procedimientos para elegir y ubicar los diferentes tipos de altavoces, encaminados a satisfacer las necesidades del oyente, como factor primordial al que van dirigidos todos los esfuerzos para lograr un ambiente sonoro agradable.

No obstante, en la Tabla 1.14 se muestran diferentes tipos de altavoces según la utilización que se les puede dar.

Tipo	Utilización
Altavoz empotrado en el techo o en la pared	Música ambiental, comunicaciones: edificios públicos, oficinas, etc.
Columnas de altavoces	Música directa, comunicaciones: en salas de conferencias, salones de actos, iglesias
Baffles de alta calidad	Música en salas de espectáculos y conciertos
Bocinas exponenciales	Sonorización de grandes espacios interiores: comunicaciones y músicas de calidad baja Sonorización de espacios exteriores: espectáculos al aire libre, principalmente para comunicaciones y avisos

Tabla 1.14.



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.5 El amplificador

1.5 El amplificador

Es uno de los componentes más importantes en las instalaciones electroacústicas. Gracias a él se pueden sonorizar grandes estancias y de este modo trabajar con potencias de señal de audio lo suficientemente grandes como para cubrir amplias zonas con una buena calidad de sonido. Cuando un orador utiliza un micrófono para dirigirse a un auditorio, la señal eléctrica producida por el micrófono sería del orden de milivoltios, señal demasiado pequeña para introducirla directamente en un altavoz. Necesitamos, por tanto, el amplificador para aumentar el nivel de la señal a varios voltios y poder escuchar la voz del orador con una potencia aceptable. Por tanto, convendríamos en que el amplificador debe tener una **ganancia de tensión** y una **ganancia de potencia**.

A Características del amplificador

Potencia entregada

Se refiere a la potencia que puede entregar de forma continuada, en la salida de altavoces. Suele venir expresada en términos de *potencia nominal* (según norma DIN) o como *potencia eficaz* o *RMS*. La potencia nominal de un amplificador de gama media puede oscilar entre 10 y 250 W.

Distorsión

Básicamente podemos referirnos a dos tipos de distorsión:

- Lineal o de frecuencia.** Se trata de la modificación que sufre la señal de entrada al pasar por los circuitos electrónicos del amplificador. En este caso concreto, se define como la diferencia de valor entre la amplitud de la señal de entrada y la de salida, tomando diferentes frecuencias de referencia.
- No lineal o armónica.** Es la que se produce cuando varía el contenido de armónicos entre la señal de entrada y la de salida. Los valores de distorsión de los amplificadores se expresa en valores porcentuales: 0,5%, 3%, etcétera.

Los valores de distorsión aumentan considerablemente cuando el amplificador trabaja cerca del valor máximo de potencia entregada.

Característica de entrada (impedancia y nivel de tensión)

Normalmente, la impedancia de entrada presenta valores medios o altos del orden de 4 000 a 25 000 Ω y de componente inductiva-capacitativa principalmente. Esta característica no se suele tener muy en cuenta a la hora de proyectar una instalación de sonido. En cuanto al nivel de tensión, el amplificador debe tener varias entradas adaptadas para diversas fuentes de sonido, incluso es normal que tenga varias entradas del mismo tipo, por ejemplo, para varios micrófonos. Se pueden distinguir dos grandes grupos:

- Entradas con niveles de tensión entre 0,1 mV y 10 mV,** destinadas principalmente para la conexión de micrófonos y giradiscos. En cualquier caso, son entradas para cualquier fuente que no genere señales de audio superiores a 10 mV.
- Entradas con nivel de tensión entre 100 mV y 800 mV,** para la conexión de sintonizadores de radio, compactdisc, pletinas de casete, vídeos, etc.

Característica de salida

El amplificador proporciona a la salida una potencia P a una tensión prefijada V , por lo que la carga (altavoz) debe tener una determinada impedancia para obtener la máxima potencia en la salida del amplificador:

Los amplificadores pueden tener dos tipos de salidas para la conexión de altavoces:

- Salidas de impedancia constante.** Los valores más usuales son 2, 4, 6, 8 y 16 Ω .
- Salidas a tensión constante.** Las tensiones de salida más utilizadas son 25, 50, 70 y 100 V.

Estos dos conceptos se comprenderán mejor cuando abordemos las diversas formas de conexión de los altavoces.

Aunque ya se estudió más profusamente el concepto de *impedancia*, al hablar de los amplificadores también podemos referirnos a dos tipos de impedancias:

- Impedancia de salida (Z_{out}).** La impedancia de salida de los amplificadores suele tener valores relativamente bajos, entre 0 y 600 Ω .

1. Configuración de instalaciones electroacústicas

1.5 El amplificador



b) **Impedancia mínima de carga (Z_{min}).** Todos los equipos amplificadores vienen preparados para trabajar con una impedancia mínima de salida o de carga que debemos respetar fielmente, de lo contrario provocaríamos una sobrecarga e incluso una posible avería. Es una de las características que siempre hay que tener en cuenta.

La potencia de un amplificador siempre viene asociada a su impedancia mínima de carga, por ejemplo 40 W sobre 4 Ω , siendo esta impedancia la mínima que deben tener los altavoces acoplados al amplificador para no sobrecargarlo.

Dispositivos de control

Son tan variados los amplificadores que se pueden encontrar en el mercado de los equipos de sonido, que tendríamos que conocer cada uno de los manuales de empleo para identificar la gran cantidad de elementos de control que pueden incorporar para su manejo. Por ser los más conocidos y utilizados nos referimos a los siguientes:

a) **Control de volumen o de nivel.** Básicamente existen dos tipos: los que regulan el nivel de audio de la fuente de entrada (micrófonos, o fuentes auxiliares) y los que regulan y controlan el volumen de los altavoces conectados a sus salidas mediante el control de ganancia del amplificador. Cada canal de fuente de entrada dispondrá de un mando regulador de nivel. En cambio, para regular el nivel de salida solamente será necesario un mando denominado, en muchas ocasiones, *volumen de mezcla*. Con estos mandos de control de nivel se puede ecualizar el sonido para conseguir un resultado satisfactorio para la estancia que se desee sonorizar.

b) **Control de tonos.** Permite regular la curva de respuesta del amplificador con respecto a las diferentes frecuencias de sonido que puede reproducir. De este modo podemos encontrarnos mandos para regular los tonos graves, medios y agudos, consiguiendo el efecto acústico deseado para la sala o ambiente.

En la Figura 1.45 se puede observar, en bloques funcionales, las características de un amplificador tipo.

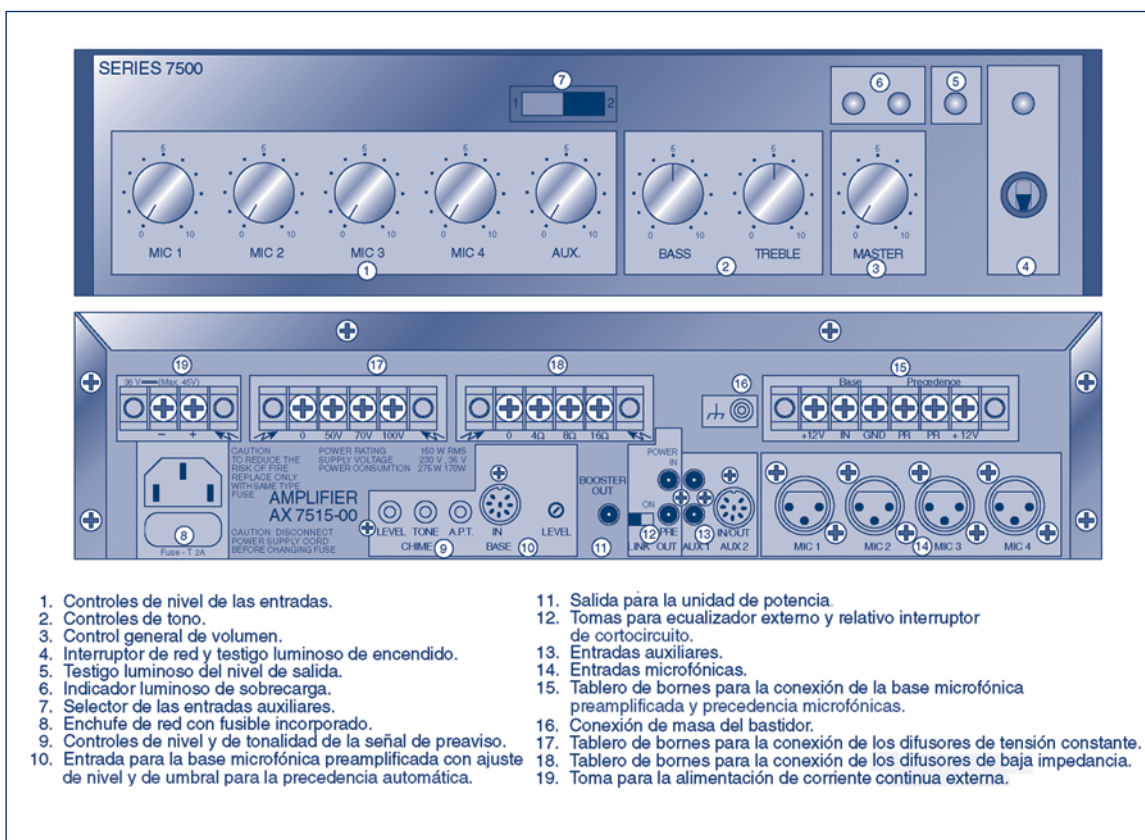


Fig. 1.45. Vista exterior de un amplificador (cortesía PASO-EGI)



1. Configuración de instalaciones electroacústicas

Ejercicios propuestos

Ejercicios propuestos

A

- 1 Calcula el tercer armónico de un sonido musical que tiene como frecuencia fundamental 1200 Hz. Representa en una gráfica a escala proporcional el sonido fundamental o puro y el tercer armónico.
- 2 Calcula la presión acústica, en pascales, que correspondería con 82 dB de nivel de presión sonora (SPL).
- 3 Calcula el SPL que correspondería con 5 Pa.
- 4 Sabiendo que la presión sonora de referencia de un altavoz es de 88 dB, ¿qué potencia le tendríamos que aplicar para obtener una presión sonora de 102 dB?
- 5 Retomando el ejemplo del ejercicio anterior, ¿qué nivel de presión sonora mediríamos a 15 m de distancia del altavoz? (Atenuación del sonido con la distancia para fuentes puntuales.)
- 6 Convierte en unidades de dBV los siguientes valores de tensión de la señal de audio:
a) 0,35 V; b) 100 mV; c) 1,25 V
- 7 Convierte en unidades de tensión los siguientes valores expresados en dBV:
a) -70 dBV; b) -15 dBV; c) 12 dBV
- 8 ¿Qué potencia eficaz RMS tendrá un amplificador cuya indicación de potencia musical es de 125 W?
- 9 ¿Qué ocurriría si conectásemos un amplificador diseñado para trabajar con una impedancia de carga de 6Ω a un altavoz de 4Ω ?
- 10 Calcula la longitud de onda de un sonido cuya frecuencia es de 15 KHz.
- 11 Con la ayuda de un milivoltímetro, mide la tensión eléctrica de la señal de audio producida por dos micrófonos diferentes: uno unidireccional y otro monodireccional, cuando se le aplica una señal sonora procedente de una fuente musical o, incluso, nuestra propia voz. Contrasta los valores obtenidos con la sensibilidad de ambos micrófonos.
- 12 Realiza un listado de características de tres micrófonos diferentes: sensibilidad, rango de frecuencias reproducibles, impedancia, etcétera.
- 13 De igual forma, confecciona un listado de características de varios altavoces disponibles en el taller electrotécnico: respuesta en frecuencia, potencia nominal, impedancia, sensibilidad, etcétera.
- 14 Partiendo de un equipo básico de sonido ya montado: amplificador, micrófono, altavoz y fuente musical, acerca el micrófono hacia la zona de acción de los altavoces para desencadenar el efecto de realimentación acústica o efecto Larsen. Evalúa los resultados obtenidos, teniendo en cuenta las distintas situaciones de proximidad.
- 15 Elige un amplificador de los existentes en el taller electrotécnico y realiza una ficha técnica que recoja las características funcionales de cada una de las conexiones de entrada y de salida: nivel de tensión, impedancias de entrada, impedancia mínima de carga, distorsión, potencia, etcétera.



Conceptos básicos



- **Umbral de audición.** Es el mínimo valor de presión acústica que origina sensación auditiva.
- **Umbral del dolor.** Corresponde al máximo valor de presión sonora que el oído humano puede soportar sin sufrir sensación dolorosa.
- **Decibelio.** Es la unidad que mejor expresa la respuesta del oído humano. El valor de 0 dB corresponde al umbral de audición y equivale a una presión sonora de 20 μ Pa. Por otro lado, el umbral del dolor se situaría en torno a los 120 dB que corresponde a 20 Pa.

- **Fonio.** Es la unidad que mide la intensidad subjetiva de los sonidos, referida a la capacidad de percepción del oído humano.

- **Nivel de presión sonora (SPL).** Se calcula mediante la expresión matemática:

$$\text{SPL} = 20 \log (P/20 \mu\text{Pa}); \text{ en dB}$$

- **Aumento del nivel de presión sonora (Δ SPL).** Se calcula mediante la expresión matemática:

$$\Delta\text{SPL} = 10 \log (P_2/P_1)$$

- **Dinámica de los sonidos.** Es la variación de intensidad permitida por la fuente sonora que los emite y abarca 40 dB para la voz y 70 dB para la música.

- **Atenuación del sonido con la distancia.** Al alejarnos de la fuente sonora, el sonido se atenúa gradualmente, a razón de -6 dB al duplicar la distancia (si se trata de una fuente puntual) y de -3 dB (si es una fuente lineal). La expresión matemática que nos permite obtener este valor de atenuación en cada caso es:

– Fuente puntual: $A_t = 20 \log d$.

– Fuente lineal: $A_t = 10 \log d$.

- **Pérdida de transmisión de un material (PT).** Es la diferencia entre el nivel de presión sonora incidente (S_i) y el nivel de presión sonora transmitido (S_t), y podemos calcularlo mediante la expresión matemática:

$$\text{PT} = S_i - S_t; \text{ expresado en dB}$$

- **Coefficiente de absorción (a).** Es la relación entre el sonido absorbido (S_a) y el que llega o incidente (S_i). Un material con un coeficiente de absorción $a = 0$ es reflectante puro, mientras que si $a = 1$ es un absorbente excelente.

Se calcula mediante la fórmula:

$$a = S_a / S_i$$

- **Difracción.** Es la capacidad que tiene el sonido de rodear ciertos objetos.

- **Refracción.** Se produce cuando un sonido atraviesa un medio material y pasa a otro. La velocidad de la onda sonora varía y cambia de dirección respecto al sonido incidente.

- **Eco y reverberación.** Estos dos fenómenos se producen como consecuencia de la reflexión o rebote del sonido contra diversos objetos, como paredes, montañas, etc. Si la reflexión del sonido llega a nuestros oídos antes de 0,1 s desde que se produjo el sonido que la provocó, hablaríamos de reverberación, pero si este tiempo supera los 0,1 s (por ejemplo, 0,3 s), se trataría de eco.

- **Tiempo de reverberación (RT 60).** Es el tiempo que transcurre entre el momento que deja de producirse un sonido y el momento en que el nivel de presión sonora del mismo se atenúa en 60 dB con respecto al SPL original.

- **Enmascaramiento.** Es el efecto que produce un sonido que dificulta la audición de otro menos intenso.

- **Nivel de tensión.** Su unidad es el dBV y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{dBV} = 20 \log (V/1 \text{ V})$$

- **Potencia eficaz.** Es la potencia que un amplificador puede entregar de forma continuada sin sobrepasar un determinado nivel de distorsión. Se denomina también potencia nominal o cedida.

- **Relación señal/ruido.** Se refiere a la relación entre la señal pura de origen y el ruido que inevitablemente la acompaña, añadido por los componentes electrónicos. Se expresa por las iniciales S/N (Signal/Noise).

- **Impedancia mínima de carga.** Es el valor mínimo en ohmios que debe tener el circuito de altavoces conectado a un equipo de sonido para que éste nos entregue toda su potencia.

- **Acoplamiento acústico.** Este fenómeno se produce cuando se coloca el micrófono en un lugar cercano al altavoz, dando lugar a una realimentación en cadena que se manifiesta por un pitido desagradable y molesto.