

CURSO

# Electricidad de edificios

módulo **7** Instalaciones de telefonía e  
intercomunicación

unidad **1**

## Acústica y elementos de megafonía



GRUPO FONDO FORMACIÓN

## ELECTRICIDAD DE EDIFICIOS

**EDITA:** Grupo Fondo Formación, A.I.E.

**DIRECCIÓN Y COORDINACIÓN:** Dirección de departamento de Programas. Fons Formació Zona Mediterrània SLL

**COLABORAN:**

Marta Listo Aparicio  
Marcos Alonso Santiago  
Alba Calderón Algaba  
Inmaculada Subirana Milian

**DEPÓSITO LEGAL:** SE-999-07

**Recomendada la impresión en Papel Reciclado**



**Copyright: © 2007. Grupo Fondo Formación**

Todos los derechos reservados.

Esta publicación tiene fines exclusivamente educativos.

Queda prohibida la venta de este material a terceros, así como la reproducción total o parcial de sus contenidos sin autorización expresa de los autores y del Copyright.

El uso del lenguaje que no discrimine ni marque diferencias entre mujeres y hombres forma parte del ideario del Grupo Fondo Formación. Por ello, en la redacción de este material didáctico se ha optado por el uso de términos genéricos, evitando el uso tradicional del lenguaje que emplea el masculino como genérico. En los casos en los que se emplea el masculino genérico clásico, se entenderá que hace referencia siempre a mujeres y hombres.

## Objetivos

- Conocer los principios físicos en los que se basa la acústica y las magnitudes y unidades que se utilizan.
- Conocer los principales tipos de megafonía, sus características y su funcionamiento

## Presentación

Antes de calcular y diseñar una instalación de megafonía, es necesario familiarizarse con las magnitudes que se utilizan y con los conocimientos básicos de megafonía y acústica.

- Contenidos
- Naturaleza del sonido
- Propagación del sonido
- Presión y nivel sonoro
- Transductores
- Micrófonos
- Altavoces
- Timbres
- Sistemas de reproducción sonora

## 1. Naturaleza del sonido

El **sonido** es la variación de la presión del aire con el tiempo, que se propaga en un medio elástico como el aire. Comparado a la presión de aire estática de 100.000 Pascal (1Bar) la parte que se altera de la presión (por ejemplo, la presión sonora) es muy pequeña. El límite de la audiencia humana se alcanza a sólo los 100Pa (134 decibelios). En la figura 1 se muestran las características básicas de una onda sonora.

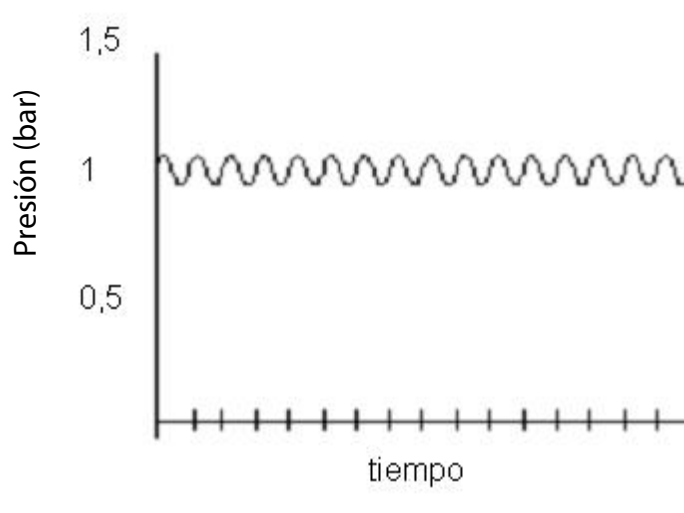


Figura 1: Representación de una onda sonora.

La frecuencia de una señal describe el número de oscilaciones por segundo (unidad: Hertzio = 1/s). Mientras que la onda se propaga con velocidad constante, su longitud de onda se puede definir como  $\lambda = c/f$  donde  $\lambda$  = longitud de onda,  $c$  = velocidad del sonido (343 m/s) y  $f$  = frecuencia.

**Longitud de onda** es la distancia que cubre una onda durante una oscilación completa. El rango de frecuencias audibles cubre unas 10 Octavas, des de 16Hz hasta 16000 Hz. Su correspondiente rango de longitudes de onda cubriría desde 20 metros a 2 cm (la luz visible cubre únicamente una octava, de 400 a 800 nm). En la figura 2 podemos ver la amplitud y longitud de onda de una onda sonora.

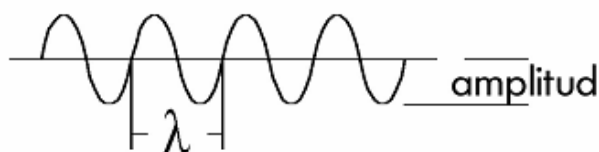


Figura 2: Representación de la amplitud i longitud de onda

## 2. Propagación del sonido

Una onda sonora se propaga por el aire a una velocidad de aproximadamente 343 m/s (cambia con la temperatura del aire). Esto significaría unos 1234 Km/h. La onda necesitará por lo tanto, 3 milisegundos para desplazarse un metro. En un medio homogéneo (un medio donde no cambian sus principales características) el sonido se desplazará en línea recta; de todas formas los agentes atmosféricos pueden desviar la onda acústica.

También tenemos que tener en cuenta, que del mismo modo que la luz, las ondas sonoras son reflejadas en la superficie que separa dos medios distintos. Esto es debido a la diferente velocidad del sonido en ambos medios. Este fenómeno ocurre, por ejemplo, entre capas de aire con distintas temperaturas o a causa del viento.

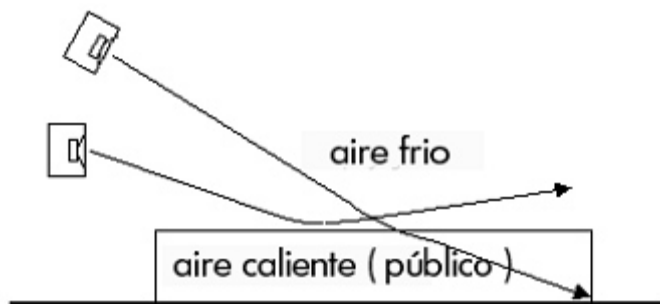


Figura 3: Reflexión del sonido debido a distintas temperaturas

## 3. Presión y nivel sonoro

El nivel de sonido aumenta en escala logarítmica del mismo modo que las frecuencias, siendo las diferencias apreciables de frecuencia escaladas en octavas, y las diferencias apreciables en nivel sonoro en decibelios (dB).

Un decibelio por sí solo no es ninguna unidad real pero sí un elemento de referencia de nivel. Sólo con una referencia dada se convierte en una unidad. Así el dB se utiliza para niveles de señal eléctrica con relación a 0'775 Volt y dB SPL se utiliza para niveles de presión sonora con relación a 0'00002 Pascal (umbral de la escucha, nominalmente 0 dB SPL).

La fórmula para convertir nivel sonoro en dB SPL es:

$$\text{Nivel [dB SPL]} = 20 \cdot \log \left( \frac{\text{presión sonora}}{0.00002 \text{ Pa}} \right)$$

La presión sonora de un altavoz es proporcional a su voltaje de entrada. Esto significa que un aumento de nivel de entrada de 6 dB (doblar el voltaje de entrada 4 veces la energía acústica).

Relación	dB
0.1	-20
1	0
10	20
100	40
2	6
3	10
5	14

Tabla 1: Relación de presión sonora y voltaje. Valores expresados en valores logarítmicos dB

Al aumentar la distancia, la energía sonora radiada por un altavoz cubre una mayor superficie. Esto produce que la presión sonora sea inversamente proporcional a la distancia de la fuente. La siguiente tabla muestra esta relación. A una distancia de 10 m la presión sonora es de 20 dB menos que a 1 m.

Distancia (metros)	Db (nivel respecto a 1m)
2	-6
3	-10
5	-14
10	-20
20	-26
30	-30
50	-34

Tabla 2: Pérdida de nivel por distancia

En la tabla se muestran las relaciones lineales (metros) en la izquierda y logarítmicas (decibelios) en la derecha. Con sólo unos pocos valores de la tabla se puede calcular la pérdida de nivel para múltiples distancias. Multiplicar elementos de la columna izquierda equivale a sumar los de la derecha.

### ejemplo

**¿Qué pérdida de nivel tendremos a 60m?**

$60 = 2 \times 3 \times 10$  , así pues,  $6 \text{ dB} + 10 \text{ dB} + 20 \text{ dB} = 36 \text{ dB}$

## 4. Transductores

### 4.1 Definición

Las principales instalaciones de megafonía que podemos encontrar en un edificio son timbres, micrófonos, altavoces y sistemas de reproducción sonora.

Los aparatos electrónicos para música o sonido se pueden clasificar en los siguientes grupos: generadores, procesadores, grabadores, reproductores y transductores. Cada uno de ellos tiene una misión de-

terminada: los generadores producen un sonido, los procesadores lo modifican, los grabadores lo almacenan en un medio determinado para su posterior reproducción en los reproductores.

Lo que tienen todos en común, es que operan o producen sonido no como onda de presión, sino como una representación de ésta en forma de fluctuación de tensión eléctrica. El enlace entre ambas se realiza mediante transductores.

Un transductor es un dispositivo que convierte una señal de un tipo de energía en otra. La base es sencilla, se puede obtener la misma información de cualquier secuencia similar de oscilaciones, ya sean ondas sonoras (aire vibrando), vibraciones mecánicas de un sólido, corrientes y voltajes alternos en circuitos eléctricos, vibraciones de ondas electromagnéticas radiadas en el espacio en forma de ondas de radio o las marcas permanentes grabadas en un disco o una cinta magnética.

Una característica importante de los transductores es su reciprocidad. Para una transformación de energía de A a B, la conversión inversa, de B a A, se consigue con el mismo transductor operando en sentido inverso. Un buen ejemplo es la transformación de energía sonora a energía eléctrica y viceversa:

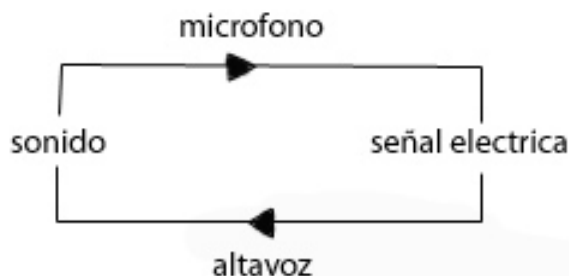


Fig. 4: Familia de transductores.

Los micrófonos y los altavoces constituyen una única familia de transductores, operados de forma inversa. Para cada tipo particular de micrófono existe un altavoz que funciona, en sentido inverso, con los mismos principios físicos; en otras palabras, un micrófono sería un altavoz (en miniatura) operando en sentido inverso. Por esta razón, ambos son transductores electroacústicos.



## 4.2 Tipos de transductores

Existen diferentes tipos de transductores electroacústicos que se basan en leyes y propiedades físicas diferentes. A continuación vamos a describir los más importantes:

### Electrostático o de condensador

Cuando la separación entre las placas del condensador varía, también varía su capacidad, lo que a su vez provoca una variación del voltaje entre las placas (micrófono). A la inversa, cuando una de las placas recibe una cantidad variable de carga eléctrica, la fuerza con la que atrae a la otra placa cambia, y como consecuencia ésta vibra (altavoz).

### Piezoeléctrico

Cuando un material piezoeléctrico se comba, aparece una cierta cantidad de carga eléctrica positiva en uno de sus lados, y la misma cantidad de carga negativa en el lado opuesto. Esta polarización puede ser recogida por un circuito eléctrico (micrófono). A la inversa, cuando un material piezoeléctrico es polarizado por un circuito externo, se deforma (altavoz)

### Dinámico

Cuando una corriente alterna recorre una bobina, un campo magnético externo ejerce sobre ella una fuerza, que también es alterna (micrófono). Cuando una espira conductora se mueve en el seno de un campo magnético externo, de forma que el flujo del campo magnético varíe con el tiempo, en la espira se induce una fuerza electromotriz (altavoz).

### Magnético

Es similar al dinámico; existe una pieza de material magnético (armadura) que se mueve, mientras que la espira o arrollamiento permanece en reposo

### De carbón

Se utiliza un recipiente lleno de gránulos de carbón. Cuando se aplica una presión en una de las paredes del recipiente, el área de contacto

entre los granulos de carbón y sus vecinos también aumenta, favoreciendo el paso de corriente eléctrica de uno a otro (micrófono).

Podríamos hacer una lista similar para los denominados transductores electromecánicos, cuya misión es convertir oscilaciones de ciertos sólidos en oscilaciones eléctricas. Este tipo de transductores tiene importancia en la construcción de instrumentos musicales eléctricos.

En las siguientes imágenes podemos ver transductores electroacústicos utilizados como micrófonos y altavoces:

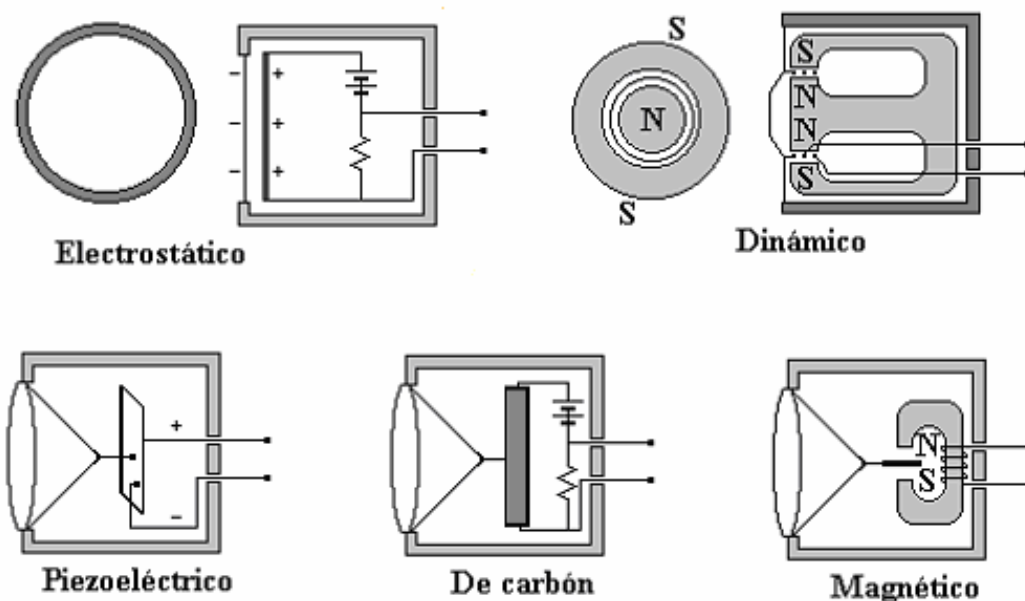


Figura 5: Ejemplo de distintos tipos de transductores actuando como altavoces.

Como ya habíamos dicho, las principales instalaciones de megafonía que podemos encontrar en un edificio son timbres, micrófonos, altavoces y sistemas de reproducción sonora. Así pues, pasamos a estudiar cada uno de los elementos:

## 5. Micrófonos

### 5.1 Definición

Un micrófono es un elemento capaz de captar ondas sonoras convirtiendo la potencia acústica en eléctrica de similares características ondulatorias. Para ello se necesita la combinación escalonada de dos tipos de transductores.

El **primero** de ellos consiste en una fina lámina, denominada diafragma. Su misión es transformar las variaciones de presión en vibraciones mecánicas, es por tanto un transductor mecanoacústico.

El **segundo** transforma las vibraciones mecánicas recibidas en magnitudes eléctricas, es por tanto un transductor electromecánico. El conjunto de los dos transductores puede considerarse como un electroacústico.

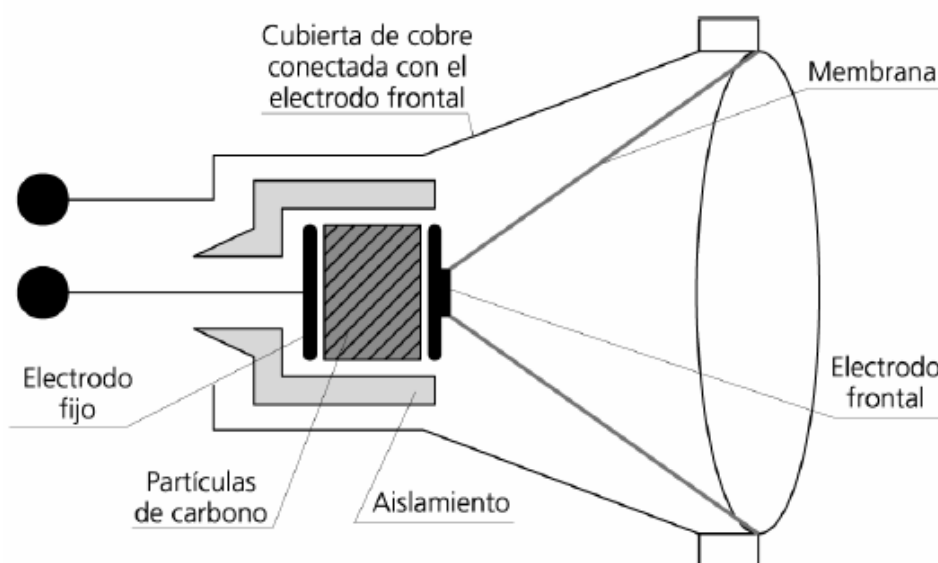


Figura 6: Esquema de un micrófono.

Pueden clasificarse los micrófonos atendiendo a diversas características:

**De presión:** el diafragma está situado en uno de los extremos de la cámara cerrada; responde a los cambios de presión externa.

**De gradiente:** se obtiene abriendo la cámara y exponiendo ambos lados del diafragma a la presión sonora; responde a la diferencia de presión entre la parte anterior y posterior.

**De presión y gradiente:** se cierra parcialmente la cámara.

Por último, hay otro tipo, que son los **de interferencia**.

## 5.2 Características principales

Independientemente del mecanismo particular con el que funciona, un micrófono puede caracterizarse por varios aspectos relacionados

con su respuesta a las ondas sonoras. Los más importantes de estos aspectos son:

### Rango dinámico

Rango de niveles sonoros en los que la señal eléctrica que produce el micrófono es suficiente alta para ser utilizada. Está relacionado con la amplitud de la onda sonora que llega al micrófono. Es difícil construir micrófonos con un rango dinámico amplio: por un lado, deben responder a señales sonoras fuertes sin estropearse, y, por otro, deben responder correctamente a señales de una intensidad sonora muy baja.

### Respuesta en frecuencia

Se caracteriza por la intensidad de la señal eléctrica producida por un micrófono, para una amplitud determinada de la presión de la onda sonora, a diferentes frecuencias. La respuesta ideal sería una gráfica totalmente plana. En el caso real, para frecuencias bajas, está limitada por la frecuencia de resonancia de la vibración mecánica del diafragma; y, para frecuencias altas, decrece rápidamente cuando la longitud de onda de las ondas sonoras es menor que el tamaño del diafragma.

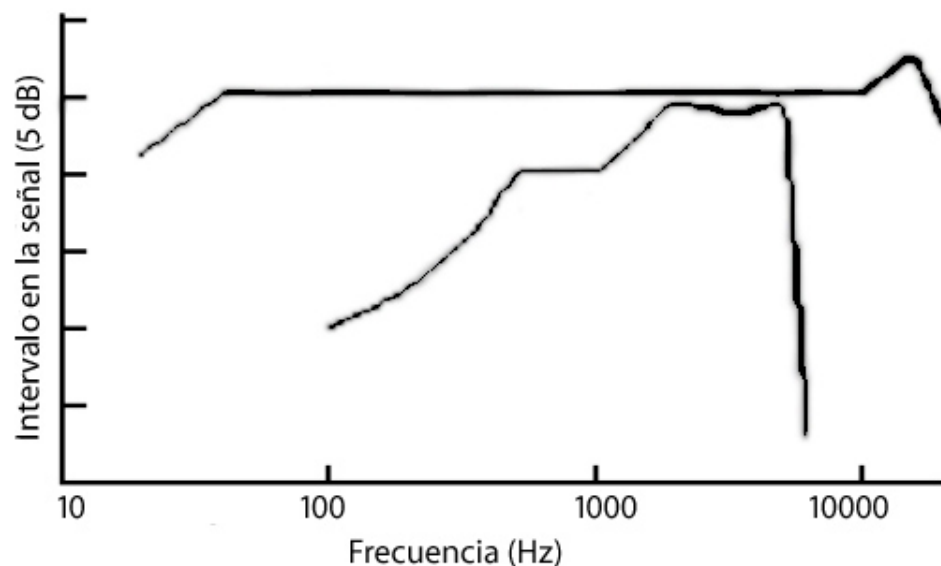


Figura 7: Respuesta en frecuencia de un micrófono electrostático y uno de carbón

Los micrófonos electrostáticos y dinámicos tienen un rango dinámico y una respuesta en frecuencias que los hacen aplicables en la buena reproducción musical.

Por último, solo nos falta ver las características direccionales de los micrófonos. La respuesta direccional de un micrófono, también denominada directividad, es el cociente entre su sensibilidad en una dirección cualquiera y su sensibilidad máxima. Y nos sirve para predecir en qué direcciones tendremos una respuesta mejor.

## 6. Altavoces

### 6.1 Definición

Un altavoz es un transductor electroacústico, es decir, convierte energía eléctrica en energía acústica. Esta conversión tiene lugar en dos etapas:

- la señal eléctrica produce el movimiento del diafragma del altavoz
- este movimiento produce a su vez ondas de presión (sonido) en el aire que rodea al altavoz.

La cantidad de aire que debe moverse depende de la potencia sonora deseada y de la frecuencia. Es muy difícil construir un altavoz que funcione en todo el espectro de frecuencias audible.

Para producir un nivel acústico determinado a bajas frecuencias, es necesario mover una gran cantidad de aire, mientras que en los agudos se obtiene el mismo nivel acústico con una menor cantidad de aire. Por tanto, normalmente compramos sistemas de altavoces, dos, tres o incluso más, montados en la misma carcasa junto con un circuito eléctrico

Los altavoces se pueden clasificar, de manera similar a los micrófonos, atendiendo al transductor electromecánico que utilizan. Por características de construcción, los más utilizados son:

- Dinámicos:** utilizan un transductor electromagnético. Son los más utilizados en equipos de alta fidelidad.
- Electrostáticos:** utilizan un transductor electrostático. No obtienen buenos resultados a bajas frecuencias.

## 6.2 Características principales

Algunas características de los altavoces son:

### Tamaño del diafragma

Depende del rango de frecuencias en el que funciona el altavoz, para bajas frecuencias es mayor que para altas.

### Respuesta en frecuencias

La frecuencia más baja que puede emitir un altavoz es cercana a la frecuencia de resonancia del diafragma. Para que la respuesta sea buena, un altavoz para bajos (woofer) tiene un diafragma masivo y muy flexible, mientras que uno de agudos (tweeter) lo tiene ligero y muy rígido.

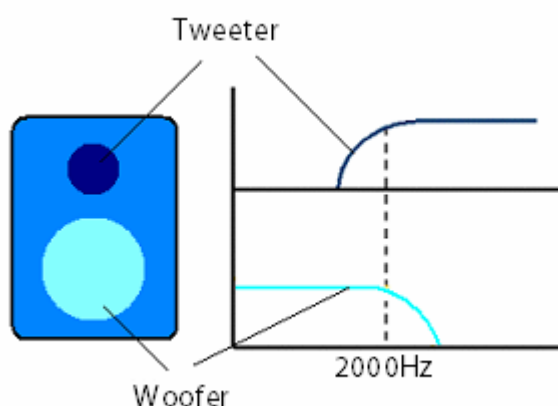


Figura 8: Respuesta en frecuencia de un sistema de dos altavoces, woofer y tweeter.

### Patrón direccional

Cuando la longitud de onda es grande frente al diámetro del altavoz, el sonido es radiado aproximadamente igual en todas las direcciones, que es lo deseable. Cuando la longitud de onda disminuye, el sonido es radiado hacia la parte delantera.

### Tipo de montaje

Un altavoz emite sonido tanto por su zona central como por su zona trasera. Estas dos señales se superponen, y para algunas frecuencias

prácticamente se cancelan. Para evitar este efecto y aumentar la eficiencia, los altavoces se suelen montar en cajas, en paneles o incluso en paredes.

## Eficiencia

Tan sólo una pequeña parte de la energía eléctrica que recibe el altavoz es transformada en sonido. En la mayor parte de los altavoces domésticos, cerca del 90% de la energía se pierde en forma de calor. La eficiencia de un altavoz (energía transformada en sonido/energía eléctrica recibida) depende de muchos parámetros, como por ejemplo el área y la masa del cono, el tipo de montaje, etc.

## 7. Timbres

La mayor parte de los timbres de puerta son del tipo *vibrador*. Cuando se suministra electricidad al timbre (es decir, cuando alguien activa el pulsador que hay junto a la puerta de entrada de casa), se activa un electroimán que atrae a un pequeño martillo haciendo que golpee contra la campana.

Sin embargo, cuando el martillo se mueve hacia la campana, el contacto eléctrico se rompe y se interrumpe el paso de electricidad hacia el electroimán, por lo que éste deja de atraer el martillo, que retrocede y vuelve a establecer el contacto eléctrico, repitiéndose este proceso indefinidamente mientras se actúe el pulsador de la puerta.

También nos encontramos con otros tipos de timbres, como los zumbadores y gongs. En los zumbadores, el principio de trabajo es exactamente el mismo que el del timbre vibrador, con la diferencia que en el zumbador el martillo golpea al propio electroimán, en lugar de golpear una campana.

Por otra parte, un juego normal de gongs lo componen dos tubos o barras metálicas diseñadas de forma que emitan notas diferentes al ser golpeadas. Entre los dos tubos se encuentra un solenoide, es decir, una bobina que actúa como imán al ser activada. Cuando se pulsa el botón de la puerta, un émbolo localizado dentro del solenoide (y cargado por la fuerza de un muelle) es impulsado hacia uno de los tubos, golpeándolo y emitiendo una nota musical.

Cuando se suelta el pulsador, la fuerza del muelle hace que el émbolo retroceda y golpee al otro tubo, emitiendo así la segunda nota antes de que el émbolo vuelva a su posición de reposo.

Otros sistemas de gongs tienen un microprocesador programado que proporciona una secuencia de notas cuando se activa al pulsar el botón del timbre.

El elemento en común que tienen todos estos tipos de timbre es el pulsador. Cuando actúa el pulsador del timbre situado junto a la puerta, se cierra el circuito que suministra energía al timbre. El pulsador es un interruptor que sólo está conectado mientras se mantenga en la posición de conexión.

En su interior existen dos contactos a los que están conectados los conductores. Uno de los contactos, que está cargado por la fuerza de un muelle, toca al otro contacto cuando se pulsa el mecanismo de la puerta y cierra el circuito, cuando se suelta el pulsador el contacto retrocede de nuevo impulsado por el muelle.

Los pulsadores de timbre provistos de iluminación están equipados con una pequeña lámpara de neón que permite ver el pulsador en la oscuridad. Los pulsadores fosforescentes brillan en la oscuridad sin necesidad de que se les suministre energía.

El sistema de alimentación eléctrica de los timbres y gongs es a través de una red o de transformadores, que reducen los 220 voltios de tensión de la red de suministro a la tensión (muy baja) que precisa este tipo de equipos.

Los transformadores que se venden para utilizar con los timbres de las puertas tienen tres salidas de baja tensión (de 6, 12 y 24 voltios respectivamente) para poder ajustarse a las diferentes necesidades.

Por lo general, las conexiones de 6 y 12 voltios son adecuadas para timbres y zumbadores, mientras que la de 24 voltios proporciona una tensión suficiente para un juego de gongs.

Los transformadores para timbres tienen que estar diseñados de forma que en la tensión alta, la red de suministro no pueda saltar nunca a los cables de baja tensión.

## 8. Sistemas de reproducción sonora

El papel cultural de la música ha evolucionado mucho con el desarrollo tecnológico: con la radio, la televisión, los satélites de comunica-



ciones y las grabaciones, podemos escuchar sonidos que han tenido lugar en cualquier lugar y/o momento.

Un buen sistema de reproducción (alta fidelidad) debe cumplir una serie de exigencias para garantizar que el sonido reproducido y el original sean lo más parecidos posible.

Una de las características que debe cumplir un buen sistema de reproducción sonora es que tiene que tener un amplio rango de frecuencias para poder conservar las componentes audibles del sistema original. Además, debe reproducir lo más fielmente posible características del sonido original como el espectro, intensidad, rango dinámico, patrón espacial y características de reverberación. Por último, el sonido reproducido debe estar libre de ruidos y distorsión.

Ningún sistema de reproducción es capaz de cumplir las condiciones anteriores al cien por cien. Existen varias formas de reproducir un sonido, que implican la utilización de uno o más micrófonos, uno o más canales de transmisión y uno o más altavoces.

Comenzando por los sistemas que utilizan un solo micrófono y un solo canal de transmisión, podemos citar dos.

- el monofónico, utiliza un solo altavoz
- el monoaural, transmite la información solo a uno de los oídos utilizando un auricular.

De cualquiera de estas formas, el sonido reproducido se percibe como procedente de un punto, por lo que el patrón espacial del sonido original se pierde por completo.

Para mejorar el patrón espacial, deben tenerse en cuenta algunas de las características de audición de música en vivo: el sonido que llega a ambos oídos no tiene ni la misma fase ni la misma amplitud. Esto sugiere utilizar dos micrófonos que envíen sus señales a través de dos canales independientes a dos altavoces.

Podemos distinguir entre dos tipos de sistemas que utilizan dos canales: el estereofónico y el binaural. En el primer tipo, dos micrófonos recogen el sonido en dos puntos distintos, la información de cada micrófono se transmite por un canal diferente y es reproducida por un altavoz. De esta forma llegan señales de ambos altavoces a ambos oídos.

En el segundo, las señales se obtienen con dos micrófonos separados por una distancia pequeña (similar a la cabeza) y se escuchan con auriculares. La audición binaural es muy realista salvo en un detalle: si el

espectador mueve la cabeza todo el sonido se traslada junto con él. El uso de la audición binaural está limitado principalmente a experimentos científicos.

Por último, están los equipos de reproducción de cuatro canales o cuadrafónicos. Los dos altavoces de la parte posterior añaden una sutil reverberación al sonido.

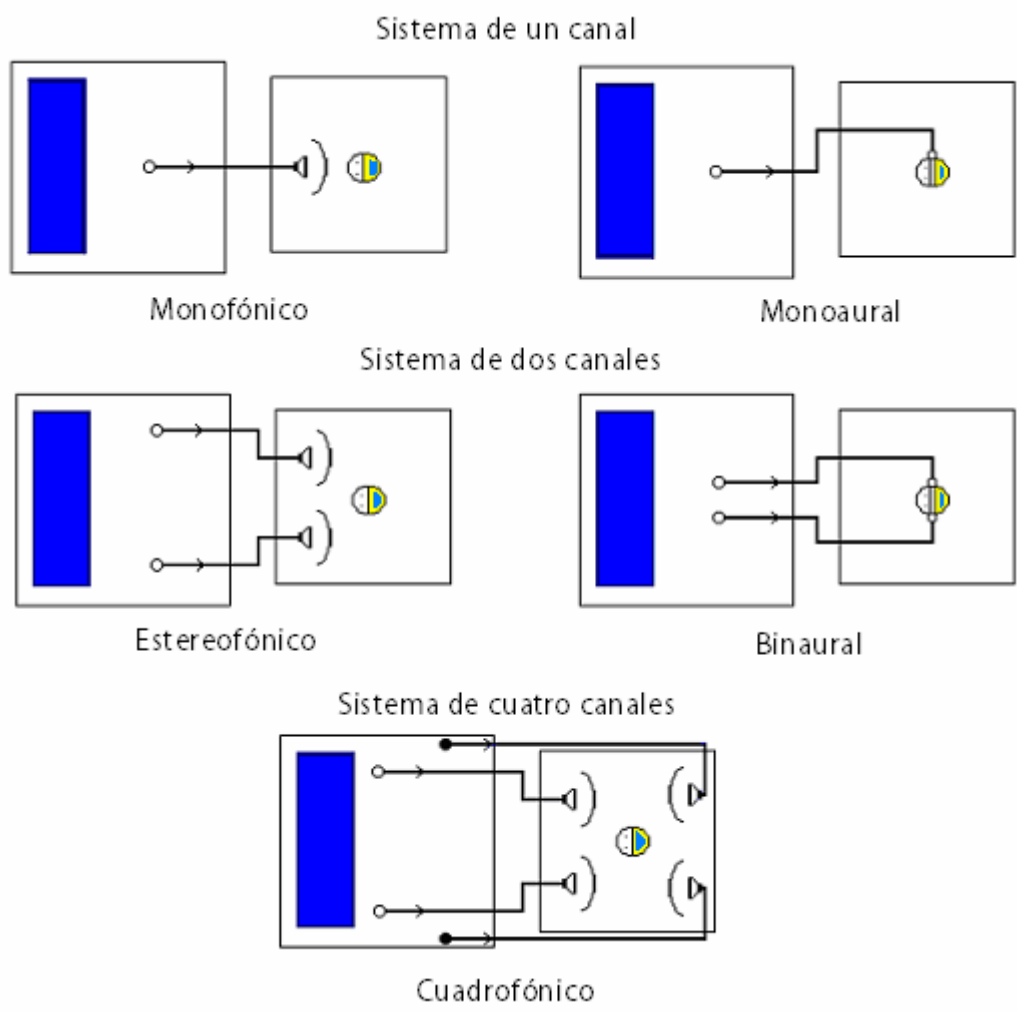


Figura 10: Ejemplos de las características de los sistemas de reproducción de sonido.

Entre los componentes de un sistema de grabación y reproducción de sonido están incluidos los amplificadores (su misión es recibir una señal eléctrica de uno de los componentes del sistema, y aumentar su valor para que pueda ser utilizada por algún otro).

## ? autoevaluación

1. ¿Qué longitud de onda ( $\lambda$ ) tiene una onda sonora cuya frecuencia es de 100 Hz?

- a) 3,43 m.
- b) 343 m.
- c) 3 m.
- d) 343 m/s.

2. ¿Cuál es el umbral de escucha mínimo para los seres humanos?

- a) 120 dB
- b) 1 dB
- c) 0 dB

3. ¿Qué tipos de micrófonos podemos encontrar según sus características?

**respuestas autoevaluación**

**1. ¿Qué longitud de onda ( $\lambda$ ) tiene una onda sonora cuya frecuencia es de 100 Hz?**

a)  $\lambda = 3,43$  m

**2. ¿Cuál es el umbral de escucha mínimo para los seres humanos?**

c) 0 dB

**3. ¿Qué tipos de micrófonos podemos encontrar según sus características?**

- De presión.
- De gradiente.
- De presión y gradiente.
- De interferencia.

## Glosario de términos

---

**Bobina:** componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

**Electroimán:** es un imán que funciona gracias a la electricidad.

**Solenoides:** hilo metálico en el cual se enrolla un cable en forma de bobina por el que circula una corriente eléctrica.

**Reverberación:** fenómeno derivado de la reflexión del sonido consistente en una ligera prolongación del sonido una vez que se ha extinguido el original, debido a las ondas reflejadas.

**Transductores:** dispositivo que convierte una señal de un tipo de energía en otra.



**GRUPO FONDO FORMACIÓN**

*FONS  FORMACIÓ*

*FONDO  FORMACION*  
*evskadi*



**Fondo de Formación y  
Gestión Empresarial, SAL**



Fundación Andaluza Fondo de Formación y Empleo  
**CONSEJERÍA DE EMPLEO**



**FUNDACIÓN METAL**  
ASTURIAS



FUNDACIÓN GALEGA DO METAL  
**FORMEGA**  
FORMACIÓN - CUALIFICACIÓN - EMPREGO

*FONDO  FORMACION*  
**Fondo Formación Centro, S.L.L.**