7 - MICRÓFONOS

Para poder realizar una grabación de un evento sonoro, es imprescindible la utilización de un dispositivo que convierta las ondas acústicas que llegan a él a través del aire, en señales eléctricas , que tras ser debidamente tratadas, podrán ser grabadas en el soporte deseado. Estos dispositivos capaces de transformar la energía acústica en energía eléctrica son los micrófonos. Existen numerosos tipos de micrófonos, cuyas características influyen notablemente en la forma que tienen de captar la presión acústica, por tanto es importante conocer las diferentes formas de funcionamiento, diseño y comportamiento, para poder seleccionar en cada ocasión el micrófono cuyas características mejor se adapten a nuestras necesidades del momento. A continuación se expondrá una clasificación atendiendo a los principios de funcionamiento y se definirán las características que diferencian unos micrófonos de otros.

7.1 - CLASIFICACIÓN

Los micrófonos son transductores electromecánico-acústicos, que convierten la energía acústica en energía eléctrica, para lo cual manejan tres tipos de energía:

- Energía eléctrica: Tensión (e) y corriente (i).
- Energía mecánica: Fuerza (f) y velocidad (u).
- Energía acústica: Presión (p) y velocidad volumétrica (U).

La transducción de variables acústicas en variables eléctricas se realiza en dos pasos. Cada uno de éstos puede asociarse a un transductor distinto, aunque en la realidad no se puedan separar. Éstos son el transductor electromecánico **(T.E.M)** y el transductor mecánico acústico **(T.M.A)** tal y como se representa en el siguiente esquema.

TRANSDUCTOR ELECTROACÚSTICO

El transductor electroacústico esta constituido por dos transductores elementales:

- T.E.M: Transductor electromecánico.

  ·Verifica una ley física que relaciona variables eléctricas (e,i) y mecánicas (f,u). Esta ley física de funcionamiento es la que origina distintos tipos de transductores.

  · Es el más importante y en general, es el que realiza el auténtico cambio de energía de un tipo en otro (transducción).

  · En general, se le denomina motor del transductor.

- T.M.A: Transductor mecánico acústico.

  · Es el encargado de transformar vibración (fuerza y velocidad) en radiación (presión y caudal) o viceversa. Está constituido por el diafragma del transductor (emisor o receptor) que ofrece una determinada superficie al medio fluido (aire o agua) que le rodea. La forma en la que actúa está determinada por cómo sea ese diafragma y cómo se encuentre en el medio.

Puesto que los micrófonos son receptores, el proceso es en sentido inverso: **T.M.A.→ T.E.M.**

7.1.1 - CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE **T.E.M.**:

1- DINÁMICOS (de bobina móvil o de cinta).
2- ELECTROSTÁTICOS (de condensador o electret).
3- PIEZOELÉCTRICOS.
4- MAGNÉTICOS.

7.1.1.1 - TRANSDUCTORES DINÁMICOS

También se llaman electrodinámicos o de conductor móvil. El principio de funcionamiento de este tipo de transductor se basa en la vibración de un conductor por el que circula corriente, en el interior de un campo magnético fijo. Por lo tanto, la clave de funcionamiento de los transductores dinámicos es que el campo magnético es fijo y el conductor es móvil. Su funcionamiento está basado en los fenómenos de inducción magnética según las leyes de Lenz y Laplace.

· Funcionamiento como receptor (micrófono dinámico):

Sea un conductor situado en un campo magnético uniforme. Si, debido a la incidencia de una onda de presión acústica, se pone en movimiento en una dirección perpendicular al campo magnético, cada carga situada dentro del conductor, experimentará una fuerza de carácter magnético (Ley de Laplace). Una fuerza magnética que actúa sobre una carga, y que es proporcional al valor de esta, puede ser asociada a un campo eléctrico inducido, que origina una tensión en bornes del conductor. Esta tensión eléctrica es proporcional a la excitación acústica (presión incidente), y debidamente amplificada es la tensión de audio que proporciona el micrófono. La ley física que verifican es lineal.

· **Configuraciones típicas:**

-Micrófono dinámico de bobina móvil: En este caso el conductor es una bobina arrollada a un cilindro. Ésta lleva unido solidariamente el diafragma y puede moverse en la misma dirección del eje del sistema. La bobina se introduce en un entrehierro de forma anular. La inducción magnética está generada también por un imán anular. El flujo magnético se encamina a través de las piezas polares (de hierro normalmente) al entrehierro, que cierra el circuito magnético. De esta forma las líneas de campo recorren radialmente dicho entrehierro y cortan perpendicularmente a todas las espiras de la bobina. Esta disposición hace que la fuerza **f** y velocidad **u** se ejerzan según el eje del diafragma, que coincide con el de todo el sistema.

Fig. 7.1 :Esquema de un transductor de bobina móvil. Detalle de la bobina

-Micrófono dinámico de cinta: En este caso el conductor es una cinta que sirve a la vez de diafragma. Las líneas de inducción magnética, recorren transversalmente la cinta. Cuando se usa en micrófonos la cinta suele ir corrugada. La utilización de la cinta como conductor implica la utilización de un transformador a la salida para elevar la débil tensión de audio inducida en la cinta y para adaptar impedancias. Estos micrófonos por las características constructivas de la cinta suelen ser de gradiente puro (bidireccionales), aunque son comunes también las configuraciones que proporcionan un diagrama polar cardiode.

Fig. 7.2 :Esquema de un transductor dinámico de cinta

7.1.1.2 - TRANSDUCTORES ELECTROSTÁTICOS

También se conocen como transductores de condensador. Están formados por un condensador de capacidad variable. Una de las placas del condensador es fija y la otra es móvil, constituyendo el diafragma del transductor. Su funcionamiento esta basado en las fuerzas, tensiones y campos eléctricos que se desarrollan en el condensador variable. El

transductor electrostático debe estar alimentado con una tensión continua de polarización **Ep,** que lo mantenga cargado en condiciones de reposo.

· Funcionamiento como receptor (micrófono electrostático):

En este caso la onda de presión acústica producida por una fuente sonora externa ejerce una fuerza sobre el diafragma del micrófono que hace que éste se mueva con una velocidad **u**. Esto modifica la distancia entre placas y por lo tanto la capacidad del condensador variable. Al variar su capacidad, tiene que liberar cargas que van de una placa a otra. El flujo de cargas genera una corriente que pasa por la resistencia de carga, en la que cae una tensión que puede ser amplificada. Esta tensión es la tensión de audio, que varía de igual forma que la presión que incidió en el micrófono.

Fig. 7.4 :Esquema de un micrófono electrostático

· **Configuraciones típicas:**

- Micrófono electrostático de condensador:

Este tipo de micrófonos suele llevar el diafragma tensado y la placa fija agujereada, para eliminar el efecto de la cavidad detrás del diafragma (espacio entre placas).

Fig. 7.5 :Micrófono electrostático de condensador

- Micrófono electrostático de electret:

Los micrófonos electrostáticos de electret se basan en los mismos principios que los micrófonos de condensador. La diferencia estriba en que no necesitan tensión continua de polarización **Ep** (son micrófonos prepolarizados) ya que el diafragma esta fabricado con materiales especiales con características electret. Esta característica le confiere "memoria de polarización", es decir carga intrínseca, incluso sin tensión aplicada, lo que hace innecesaria la fuente de alimentación continua.

7.1.1.3 - TRANSDUCTORES PIEZOELÉCTRICOS

Los transductores piezoeléctricos están basados en el principio de la piezoelectricidad, descubierto en 1880 por Pierre y Jacques Curie. La piezoelectricidad o efecto piezoeléctrico la presentan ciertos materiales como el cuarzo, sal de rochela y el fosfato amónico (ADP). Su característica principal es que tienen estructura cristalina. Además tienen carácter polar, es decir, los nodos de su estructura cristalina presentan concentración de cargas eléctricas de diferente signo. Esta polarización hace que haya una relación entre la deformación del material y los campos eléctricos internos. Estos transductores también se llaman eléctricos o de cristal.

· Funcionamiento como receptor (micrófono piezoeléctrico).

Cuando incide una onda de presión acústica puede comprimir el cristal piezoeléctrico, según una dirección determinada. Esta compresión provoca una polarización eléctrica en la dirección del esfuerzo realizado. La polarización aparece debido a que se rompe la simetría interna en la distribución de cargas. Dicha polarización está originada por cargas internas ligadas a los nudos de la red cristalina pero produce cargas libres en las caras normales a la dirección del esfuerzo, si estas caras se recubren con un electrodo conductor. Si la compresión se convierte en tracción el signo de las cargas libres se invierte. Este fenómeno se llama efecto piezoeléctrico directo. El exceso de cargas libres se equilibra a través de la impedancia eléctrica de carga, convirtiéndose en una tensión de audio que puede ser amplificada.

Los transductores piezoeléctricos se emplean para construir micrófonos y altavoces. También se construyen emisores y receptores ultrasónicos en general (proyectores y receptores (hidrófonos), sonar, alarmas por ultrasonidos...). También son utilizados en instrumentación para medir la propagación de ondas acústicas de alta frecuencia en líquidos y sólidos, así como las propiedades elásticas de ciertos materiales.

7.1.1.4 - TRASNDUCTORES MAGNÉTICOS

Funcionan por el principio de reluctancia variable de un circuito magnético. La reluctancia es una característica de los circuitos magnéticos equivalente a "resistencia magnética". Cuanto mayor sea la reluctancia de un circuito menor será la corriente magnética o flujo magnético que permita pasar para la misma excitación magnética. Están constituidos por un circuito magnético de carácter férrico. El diafragma tiene que ser magnético y es el que cierra dicho circuito magnético. Normalmente necesitan de una corriente continua y una tensión continua de polarización. La polarización continua se puede evitar colocando un imán permanente en el circuito magnético, que produzca una inducción continua en condiciones estáticas.

· Funcionamiento como receptor.

La onda de presión incidente hace que varíe la reluctancia del circuito magnético, puesto que la vibración del diafragma hace que varíe el tamaño del entrehierro. Ésta, modula el flujo magnético existente en el circuito magnético, procedente de la polarización continua. El flujo variable en el tiempo produce una tensión inducida en la puerta eléctrica, en virtud de la ley de Lenz, que puede ser convenientemente amplificada. Las leyes físicas descritas anteriormente no son lineales, pero pueden serlo aproximadamente si los términos de polarización, continuos en el tiempo, son mucho mayores que los términos dinámicos.

Los transductores magnéticos se aplican en micrófonos, altavoces y grabadores-reproductores de discos.

7.1.2 - CLASIFICACIÓN SEGÚN EL TIPO DE **T.M.A.**:

El **T.M.A.** (transductor mecánico acústico) se corresponde con el conjunto de elementos del micrófono destinados a transformar las ondas acústicas en vibración

mecánica que, como hemos visto anteriormente, será transformada en una señal eléctrica. Generalmente esta formado por un diafragma que vibra al recibir las ondas acústicas, pero según como se encuentre este diafragma en el medio la respuesta del micrófono va a variar sensiblemente, sobre todo en cuanto a su directividad. Normalmente estos transductores se diseñan como adaptadores de impedancia, buscando conseguir una adaptación de impedancias entre el transductor electromecánico y el medio, que haga más fácil la transferencia de energía entre ambos. Existen tres formas diferentes de diseño del **T.M.A.**

1- PRESIÓN .
2- GRADIENTE DE PRESIÓN O VELOCIDAD.
3- COMBINADOS PRESIÓN Y GRADIENTE.

7.1.2.1 - MICRÓFONOS DE PRESIÓN

En este tipo de micrófonos el diafragma se encuentra en una cápsula "cerrada" que únicamente permite que incidan las ondas acústicas en una de las caras de éste. La cápsula no está cerrada herméticamente, puesto que es necesario que en la cavidad que forma la cápsula tras el diafragma la presión sea igual a la exterior, que variará según las condiciones atmosféricas y la altitud. Por tanto es necesario practicar en la cápsula un **orificio de ecualización de presiones.** Este orificio limitará la respuesta en baja frecuencia del micrófono. Esta configuración confiere al micrófono un diagrama polar omnidireccional a casi todas las frecuencias. Tan solo encontramos problemas de directividad a altas frecuencias, cuando la longitud de onda es pequeña, lo que provoca la aparición de la "sombra " de la cápsula. Además, cuando las ondas sonoras inciden

de forma oblicua en el diafragma, si la longitud de onda de éstas es pequeña, se produce una falta de uniformidad en la presión que provoca deficiencias en la respuesta del micrófono. Por tanto el micrófono mantendrá la omnidireccionalidad a frecuencias más altas cuanto menor sea en tamaño de la cápsula.

7.1.2.2 - MICRÓFONOS DE GRADIENTE DE PRESIÓN.

En los micrófonos de gradiente de presión el diafragma esta dispuesto en el micrófono de manera que las ondas acústicas puedan incidir en ambas caras de éste. Lo que confiere al micrófono unas características especiales, sobre todo atendiendo a su directividad. Los micrófonos de gradiente poseen un diagrama polar bidireccional. Esto es debido a su configuración, en la que las ondas provenientes de los laterales (90º ó 270º) llegarán a ambas caras del diafragma al mismo tiempo, por lo que la respuesta será nula. Cuando las ondas alcancen al micrófono en sus caras frontal o posterior, provocaran desplazamientos del diafragma, aunque en sentidos opuestos, lo que producirá señales eléctricas de signos contrarios según la procedencia de las ondas. Ésta situación explica el diagrama polar en forma de ocho y con respuesta de cada uno de los lobulados con signos contrarios, que tienen estos micrófonos.

7.1.2.3 - MICRÓFONO COMBINADO PRESIÓN Y GRADIENTE

Los micrófonos combinados presión gradiente presentan una configuración que permite la llegada de las ondas sonoras a la parte posterior del diafragma a través de unas tomas laterales practicadas al efecto. Con este diseño se consiguen micrófonos que presentan patrones polares de tipo cardiode. Como se puede observar en los esquemas anteriores, los retardos que sufren las presiones que llegan a la cara posterior del diafragma son los que provocan las diferencias entre la respuesta frontal y posterior del micrófono. Cuando la onda incide frontalmente, primero incide en la cara anterior del diafragma produciendo el desplazamiento de éste y por tanto una respuesta del micrófono, y tras un retardo provocado por la diferencia de caminos llega a la cara posterior, por lo que estos micros presentan una respuesta frontal máxima. Cuando la señal acústica procede de la parte posterior del micrófono, provoca la aparición de presiones muy similares en ambas caras del diafragma prácticamente en el mismo instante debido a que la diferencia de caminos entre ambas es prácticamente inexistente. Por tanto la respuesta posterior del micrófono será nula. Según el diseño del micrófono se combinarán de diferente manera la componente de presión con la componente de

gradiente, lo que provocará patrones polares diferentes (cardiode, supercardiode, hipercardiode...).

7.2 - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS TRANSDUCTORES.

Todos los transductores tienen unas especificaciones electroacústicas que nos informan de las prestaciones que pueden obtenerse del transductor. Estas especificaciones nos proporcionarán una valiosa información a la hora de elegir un modelo u otro para una aplicación concreta, puesto que micrófonos que comparten un mismo sistema de funcionamiento pueden ser diseñados para obtener características muy diferentes. A continuación se describen las especificaciones electroacústicas más comunes.

7.2.1 - SENSIBILIDAD

Se define sensibilidad de un receptor como el cociente entre los valores eficaces de la tensión entregada por el receptor, en circuito abierto, y la presión recibida:

$$S_{receptor}=V_{ef}/P_{ef}$$

La sensibilidad se mide en condiciones de campo libre, con la presión incidiendo en la dirección del eje del transductor y a una frecuencia en el centro de su banda de frecuencias trabajo.

Las unidades más usadas son los milivoltios por Pascal (Pa), aunque pueden darse valores en decibelios con diferentes referencias. Generalmente los micrófonos electrostáticos suelen tener sensibilidades elevadas, por encima de 10 mV/Pa. Mientras que los dinámicos suelen tener menor sensibilidad, alrededor de 1mV/Pa.

A la hora de elegir un micrófono es muy importante tener en cuenta la presión acústica a la que va a ser sometido. Eligiendo micrófonos más sensibles para niveles

bajos de presión, lo que nos proporcionará una mejor relación señal/ruido al no tener que amplificar mucho la señal captada, mientras que con niveles altos trabajaremos con sensibilidades menores para evitar problemas de distorsión por saturación.

7.2.2 - RESPUESTA EN FRECUENCIA.

La respuesta en frecuencia de un transductor indica cómo se modifica la sensibilidad del transductor cuando varía la frecuencia, con ello se conoce el margen de frecuencias útil del transductor. Generalmente la respuesta en frecuencia se da como una curva de valores de la sensibilidad en función de la frecuencia de trabajo. Hay que apuntar que esta curva, que suelen dar los fabricantes de transductores, es de respuesta de amplitud; en muchos casos sería interesante conocer la respuesta del desfase entrada-salida en función de la frecuencia, sin embargo, este dato casi nunca lo tienen en cuenta los fabricantes.

Los transductores electroacústicos pueden dividirse en dos grupos según su respuesta en frecuencia: transductores sintonizados y no sintonizados. Los transductores sintonizados trabajan con una elevada sensibilidad, pero en una banda estrecha de frecuencias, generalmente centrada en su frecuencia de resonancia mecánica. En los transductores no sintonizados se busca que su respuesta cubra una banda ancha de frecuencia, para ello se amortigua con pérdidas la frecuencia de resonancia mecánica, lo que produce una fuerte disminución de la sensibilidad. Los micrófonos utilizados en la toma de sonido de instrumentos musicales pertenecen a este último grupo de transductores no sintonizados, que buscan tener una respuesta en frecuencias lo más amplia posible y en la mayoría de los casos lo más plana posible (similar sensibilidad para las diferentes frecuencias). Aunque hay que tener en cuenta que muchos micrófonos están pensados para aplicaciones específicas en las que es mas apropiada una respuesta en frecuencia particular, por ejemplo, los micrófonos dinámicos destinados a señales vocales, suelen añadir cierta coloración en graves para proporcionar potencia a la voz. En general para realizar una toma de sonido destinada a una grabación

buscaremos que la respuesta del micrófono sea lo más neutral posible para no desvirtuar la tímbrica del instrumento que deseamos grabar, por lo que suelen usarse micrófonos electrostáticos, cuya respuesta en frecuencia suele ser extensa y bastante plana.

7.2.3 - IMPEDANCIA ELÉCTRICA DE SALIDA DE UN RECEPTOR.

La salida eléctrica de un receptor puede representarse por un generador tensión, de valor el producto de la sensibilidad por la presión recibida, en serie con la impedancia eléctrica de salida del receptor. Aunque la impedancia eléctrica de salida de un receptor debería recoger la influencia de la impedancia mecánica, ya que en el transductor hay interacción mecánico-eléctrica, en general no se comete un gran error suponiendo que la impedancia eléctrica sólo depende del elemento eléctrico del transductor. Así la impedancia eléctrica de salida de un micrófono de bobina móvil esta formada por la resistencia R_E y la inductancia L_E de la bobina. De la misma forma, la impedancia de salida de un micrófono de condensador la proporciona la capacidad en reposo C_O del condensador.

Es necesario conocer la impedancia de salida de un receptor para elegir la impedancia eléctrica óptima que cargue dicha salida; sobre esto hay que decir que casi nunca se busca la adaptación de impedancias, que favorecería la transferencia de energía eléctrica entre receptor y carga, sino que, vista la pequeña energía eléctrica que suministra el transductor, se prefiere cargar la salida con una resistencia eléctrica elevada, con el fin de recoger la mayor tensión eléctrica en el circuito de preamplificación. Es importante señalar que los micrófonos de condensador, por las características de su impedancia de salida (prácticamente sólo capacitiva), precisan de una adaptación de impedancias específica, que suele ser proporcionada por un preamplificador de ganancia unidad incluido en el propio sistema microfónico.

7.2.4 - DIRECTIVIDAD

Para un receptor la directividad indica cómo varía la amplitud de la respuesta del transductor cuando varía la dirección de llegada al receptor de la onda de presión. Matemáticamente esta sensibilidad es el cociente entre la sensibilidad del receptor para una dirección del espacio de posición angular θ y la sensibilidad en el eje, que suele ser la máxima:

$$D_r(\theta) = 20 \log S(\theta) / S_{eje} \text{ (dB)}$$

Igual que en el caso de un emisor, la directividad de un receptor se presenta en un diagrama polar calibrado, siendo la norma dar un diagrama polar para la directividad en el plano horizontal y otro para el plano vertical.

Fig. 7.6 :Representación esquemática de los principales patrones polares

Cómo se ha visto anteriormente el fabricante dota al micrófono de la directividad deseada actuando sobre el diseño del transductor mecánico-acústico, así es posible encontrar micrófonos dinámicos y electrostáticos con numerosos patrones polares diferentes desde omnidireccionales hasta los más directivos hipercardiodes.

En referencia a la directividad hay que reseñar dos tipos de micrófonos con características constructivas especiales: son los micrófonos de cañón, que son muy directivos debido al diseño que provoca cancelaciones en las ondas que alcanzan al micrófono lateralmente y los micrófonos electrostáticos con doble diafragma, que nos permiten seleccionar el patrón polar deseado mediante un conmutador, pudiendo ser omnidireccionales, cardiodes, bidireccionales...

La utilización de uno u otro tipo de patrón polar proporciona prestaciones que pueden ser ventajosas o desfavorables según las condiciones de la toma:

Es preferible el uso de micrófonos omnidireccionales cuando se precise:

- Captación en todas las direcciones.
- Captación extraordinaria en cámaras de reverberación.
- Baja captación de vibración mecánica y ruido de viento.
- Amplia respuesta en bajas frecuencias (en micrófonos de condensador).
- Bajo precio en general.
- Libertad con respecto a los efectos de proximidad (acentuación de bajos del primer plano).

Es preferible el uso de micrófonos direccionales cuando se precise:

- Rechazar la acústica del recinto y el ruido de fondo.
- Usar técnicas de estéreo coincidentes o casi coincidentes.

7.2.5 - MARGEN DINÁMICO

El margen dinámico indica la diferencia entre el nivel máximo que puede soportar el micrófono antes de la distorsión y el nivel mínimo limitado por el ruido generado por el propio micrófono. Es un parámetro proporcionado por el fabricante y que es necesario tener en cuenta, aunque en la mayoría de los casos, con micrófonos de cierta calidad, no serán éstos los que limiten el margen dinámico del sistema, ya que los soportes de grabación u otro elemento de la cadena de grabación suelen tener un margen dinámico más limitado. Si es importante tener en cuenta el ruido generado por el micrófono que, sobre todo en sistemas de grabación digital con niveles de ruido muy bajos, podría registrarse por superar el nivel de ruido del sistema de grabación.

- Ruido inherente del micrófono: Está asociado al ruido producido por el preamplificador o al transformador incluido en el propio micrófono. Este ruido limitará la relación señal-ruido, parámetro que en la actualidad puede ser muy elevado debido a las características óptimas que presentan en cuanto a ruido de fondo los sistemas de grabación digitales.

- El ruido inherente suele indicarse como el nivel de presión sonora equivalente que produciría una respuesta eléctrica similar del micrófono. Normalmente éste valor de presión sonora equivalente se da con ponderación A. Valores típicos alrededor de 15-30dBA, similares a los valores de ruido ambiente de los mejores estudios de grabación, que se corresponden con valores de ruido térmico de –129dBm.

- Distorsión: La señal eléctrica proporcionada por el micrófono debe ser una representación lo más fiel posible de la onda acústica incidente. Por tanto las distorsiones no lineales deben ser lo más bajas posible. En la práctica las distorsiones no lineales suelen estar asociadas a niveles altos de señal que saturan el mecanismo del transductor o el preamplificador. Los valores de distorsión suelen darse asociados a un nivel de presión sonora, puesto que siempre existe algo de distorsión. Por tanto el fabricante nos proporciona el valor de SPL para el cual la distorsión armónica total se

mantiene en unos márgenes aceptables. Un valor típico pude ser THD = 0.5 % para SPL= 130dB.

7.3 - MICRÓFONOS ESPECIALES

Existen otras configuraciones constructivas o filosofías de diseño diferentes que aportan a los micrófonos características especiales. A continuación se hará referencia a los diseños especiales de micrófonos más ampliamente utilizados, exponiendo sus características y sus aplicaciones más frecuentes.

7.3.1 - MICRÓFONOS SUPERDIRECTIVOS

Con el objetivo de conseguir micrófonos muy directivos se utilizan dos diseños diferentes, con paraboloide o de cañón, en ambas configuraciones se persigue la atenuación, por medios acústicos, de las ondas acústicas que llegan desde los laterales.

- Micrófonos con paraboloide: Se basan en la colocación de una cápsula microfónica directiva (generalmente cardiode), en el foco de un paraboloide construido con material capaz de reflejar las ondas acústicas. El principio de funcionamiento es sencillo, las ondas acústicas que inciden de forma axial en el paraboloide, tras la reflexión, llegarán al micrófono en fase, por lo que se producirá una suma de éstas que genera un importante aumento en la respuesta del micrófono en el eje axial. Cuando las ondas inciden de forma oblicua, por la geometría del paraboloide llegarán al micrófono con un desfase entre sí, lo cual provocará cancelaciones que reducirán ostensiblemente la respuesta del micrófono para ondas procedentes de los laterales.

Fig. 7.7 :Directividad a las diferentes frecuencias de un micro con paraboloide

Las limitaciones más importantes a reseñar de estos micrófonos son, por un lado su pobre respuesta en frecuencia, que se encuentra muy limitada en baja frecuencia por el uso del paraboloide (en la práctica: diám.=1m con Fmin=1000Hz) y por otro lado el problema que crea su directividad fuertemente dependiente de la frecuencia. Estas limitaciones implican fuertes deficiencias para la captación de señales musicales, por lo que su utilización más habitual es la captación de señales vocales o sonidos débiles a larga distancia.

- Micrófonos de cañón: Su diseño constructivo coloca una cápsula cardiode o hipercardiode al final de un tubo de interferencia que obliga a las ondas acústicas que inciden de forma oblicua a recorrer caminos diferentes a lo largo de dicho tubo. Esta configuración provoca que las ondas que inciden frontalmente alcancen la cápsula todas en fase por lo que la respuesta frontal del micrófono no será en absoluto atenuada,

mientras que las ondas que incidan lateralmente llegarán desfasadas entre sí por lo que se producirán cancelaciones que disminuirán la respuesta lateral del micrófono.

La limitación principal de este tipo de micrófonos la impone la longitud del tubo de interferencia que fijará la mínima frecuencia para la cual el micrófono comenzará a ser directivo según la expresión: $f_{min} = c/2L$.

La utilización más habitual de este tipo de micrófonos es la captación de sonido de una fuente determinada, orador o instrumento, en ambientes ruidosos. Por lo que es muy apreciado en la toma de sonido en directo destinada a las producciones audiovisuales, lo más común es que aparezca fijado en la propia cámara de vídeo portátil o montado sobre una pértiga que permita al microfonista dirigirlo hacía la fuente sonora, en tomas de sonido relacionadas con reportajes o producciones cinematográficas.

Fig. 7.8 :Esquema y directividad de un micrófono de cañón

7.3.2 - MICRÓFONOS DE ZONAS DE PRESIÓN. (PZM)

Basan su diseño en la colocación de una cápsula microfónica, normalmente de condensador o electret, muy próxima a una superficie plana reflectante. Esta cápsula suele colocarse a no más de un milímetro de la placa reflectante para evitar el efecto de filtro peine (fuertes irregularidades en la respuesta en frecuencia) provocado por la

interferencia entre la señal directa y la reflejada que llegan al micrófono. Si el micrófono está lo suficientemente próximo, este efecto de filtro peine aparecerá a frecuencias mayores a las de audio, por lo que conseguiremos que la respuesta en frecuencia del micrófono PZM sea uniforme en toda la banda audible.

Fig. 7.9 :Esquema de colocación de cápsula PZM. Eliminación del filtro peine

En estos tipos de micrófonos encontramos características que pueden ser beneficiosas, derivadas de la especial colocación de la cápsula. La principal ventaja es la capacidad de estos micrófonos de evitar el realce que se produce, en alta frecuencia, para condiciones de campo libre (respuesta axial) en comparación con la respuesta en campo difuso de los micrófonos normales. Otra ventaja añadida es el aumento de la sensibilidad en seis decibelios (se dobla la presión) debido a la captación de las reflexiones producidas en la propia superficie reflectante próxima a la cápsula microfónica. Estos micrófonos presentan un patrón polar hemisférico que provoca la captación de ruidos provenientes de la audiencia o del escenario, circunstancia que según nuestras necesidades puede considerarse perjudicial o en ocasiones beneficiosa. También existen micrófonos de contorno unidireccionales con patrones semi-cardiodes o semi-supercardiodes.

La utilización más habitual de estos micrófonos es en la toma de sonido de oradores, puesto que sus características permiten su colocación en el suelo del escenario o sobre la mesa, frente al orador, con una gran discreción. También pueden ser

utilizados para tomas de sonido formando un par estereofónico, siendo muy apropiados para la captación de señales musicales por su excelente respuesta en frecuencia.

Fig. 7.10 :Esquema de un micrófono PZM

7.3.3 - MICRÓFONOS CON DOBLE DIAFRAGMA

Este tipo de micrófonos utilizan la combinación de dos grandes diafragmas electrostáticos y, mediante un circuito electrónico que permite el control de las señales proporcionadas por cada uno de ellos, pueden presentar el patrón polar deseado en cada momento simplemente actuando sobre los controles externos que incorporan. Cada uno de los diafragmas proporcionará señales diferentes según la dirección de llegada de las ondas puesto que cada uno de ellos presenta una figura polar cardiode y sus ejes de máxima captación se sitúan en sentidos opuestos a ambos lados del micrófono. Por tanto mediante un simple circuito eléctrico podemos mezclar apropiadamente estas señales para obtener la respuesta polar total que deseemos: omnidireccional, bidireccional, cardiode, hipercardiode... sin que existan cambios en la sensibilidad total del micrófono.

Este tipo de micrófonos se utiliza ampliamente en estudios de grabación por su excelente respuesta en frecuencia y por su versatilidad. Son muy apreciados e incluso

imprescindibles para la toma de sonido de vocalistas en estudio. Existen numerosos modelos comerciales que nos permitirán disponer de mayor o menor número de patrones polares seleccionables, preamplificadores a válvulas, diferentes ecualizaciones de la respuesta en frecuencia especificas para aplicaciones concretas, atenuadores, etc. Por tanto sus aplicaciones no se limitan a las tomas vocales, pudiendo ser utilizados para captar instrumentos, ambientes acústicos etc.

7.3.4 - MICRÓFONOS ESTÉREO.

Existe en el mercado otro tipo especial de micrófonos destinados a realizar tomas estereofónicas. Estos micrófonos pueden basar su funcionamiento en diferentes técnicas estéreo, ya sea X-Y, M-S etc. y pueden presentar diseños variados. Trataremos este tipo de micrófonos en profundidad en el capítulo destinado a técnicas estereofónicas, tras estudiar las características y prestaciones que nos ofrecen cada una de la técnicas de grabación estéreo que podemos utilizar, ya sea usando un único micrófono estéreo o la combinación de dos micrófonos monofónicos.

Fig. 7.11 :Micrófonos Estéreo

7.4 - ACCESORIOS DE MICRÓFONOS

Algunos accesorios que se usan con los micrófonos mejoran su rendimiento, ayudan a su colocación o reducen la captación de vibraciones.

· Pies y cañas

Estos dispositivos ajustables sostienen a los micrófonos y permiten posicionarlos como se desee. Un pie de micro tiene una base de metal pesada, que soporta un tubo vertical. La parte alta del tubo es una sujeción rotatoria que le permite ajustar la altura de un pequeño tubo telescópico que tiene dentro el tubo grande. En el extremo del tubo pequeño hay una rosca de 5/8”-27 que tiene el micro. Las tiendas de fotografía tienen pies que son plegables y ligeros ideales para grabación en exteriores. La rosca normalmente es de 1/4"-20 por lo que se necesita un adaptador para ajustarla a la de 5/8”-27 que tiene el micro.

Una caña es un tubo largo que está unido a un pie de micro. El ángulo y la longitud de la caña es ajustable. El final de la caña es roscado para aceptar un adaptador de pie de micro, y el lado contrario se contrapesa para equilibrar el peso del micrófono. Por ejemplo, puede usarse una caña para alejar el micro del suelo con el fin de captar en estéreo a una orquesta.

· Adaptador para los micrófonos en estéreo

Un adaptador para micros en estéreo, barra estéreo o rail estéreo permite montar dos micrófonos en un mismo pie para captación de estéreo coincidente o casi coincidente. En la mayoría de los modelos puede ajustarse el ángulo y el espacio entre micros.

· Antivibrador

Este dispositivo que se monta en un micrófono lo mantiene en suspensión elástica para aislarlo de vibraciones mecánicas como pueden ser golpes de suelo y soportes. El antivibrador funciona como un muelle que resuena con la masa del

micrófono a una frecuencia sub-audible. Este sistema muelle-masa atenúa las vibraciones mecánicas que se producen por encima de su frecuencia de resonancia.

Muchos micrófonos tienen un antivibrador interno que aísla la cápsula de la carcasa; con lo que se reduce tanto el ruido que se produce al sujetarlo como los golpes que suele recibir el pie.

· Fuente de alimentación fantasma

Los micrófonos de condensador necesitan alimentación para que sus circuitos internos funcionen. Algunos usan una batería; otros una fuente de alimentación fantasma remota. Esta fuente puede ser una caja única, que se conecta entre el micro y la entrada de la mesa. Algunas mesas de mezcla tienen alimentación fantasma incorporada y disponible en cada entrada de micro. La alimentación fantasma, normalmente es de 48 V de continúa en los contactos 2 y 3 con respecto al 1. La alimentación fantasma llega al micro a través de los dos conductores apantallados del cable de audio. El micrófono recibe alimentación y manda la señal al mezclador por los mismos cables.

· Cajas de conexión y múltiples

Si se graba con más de tres micrófonos, existe la posibilidad de conectarlos a una caja con múltiples conectores. Un único cable multiconductor, llamado multipar, lleva la señal de la caja de conexión al mezclador. En el lado de éste, el cable se divide en muchos conectores de micro que se enchufan a la mesa.

· Divisores

En la práctica puede necesitarse mandar señales de micro al mezclador de emisión, a la grabación y a un amplificador de sonido. Un divisor realizará de modo simple esta función. Tiene una entrada para cada micro y dos o tres salidas aisladas para otras utilizaciones. Este dispositivo es pasivo, a diferencia de un distribuidor amplificador que cumple la misma función de modo activo (con amplificación).

7.5 - CARACTERÍSTICAS DE MICRÓFONOS: EJEMPLOS ORIENTATIVOS.

7.5.1 - MICRÓFONO DINÁMICO DE BOBINA MÓVIL

- Sensibilidad: Mediana, valores de 1 a 5 mV/Pa.

- Respuesta en frecuencia: Irregular: diafragmas grandes y poco rígidos.

Resonancias en 2-3 KHz.

- Impedancia eléctrica: Resistiva, del orden de 200Ω.

- Directividad: Cualquiera.

- Margen dinámico: Limitado por el zumbido de red.

Puede paliarse con Bobina Antihum.

7.5.2 - MICRÓFONO ELECTROSTÁTICO

- Sensibilidad: Elevada, valores de 15 a 100mV/pa

- Respuesta en frecuencia: Generalmente muy plana y extensa.

- Impedancia eléctrica: Capacitiva, del orden de 3-100pF.

- Directividad: Cualquiera.

- Margen dinámico: Elevado: 20-140dB.

- Polarización: Entre 9 y 200V. (Estudio: 12, 24, 48).

7.5.3 **-** MICRÓFONO DE CINTA

- Sensibilidad: Baja, valores de 0.1mV/Pa, tras el transformador: 1mV/Pa.

- Respuesta en frecuencia: Con un importante refuerzo en graves (alrededor de 50Hz) y a partir de los 4KHz caída.

- Impedancia eléctrica: Antes del transformador 1Ω, después de éste 100Ω.

- Directividad: Generalmente bidireccionales, aunque pueden ser cardiodes.

- Margen dinámico: Poco ruido eléctrico, pero elevado el provocado por viento, vibraciones...

7.5.4 - MICRÓFONO DE CAÑÓN

- Sensibilidad: Media, en torno a los 10-20mV/Pa.

- Respuesta en frecuencia: Bastante plana aunque dependiente de la dirección de llegada de las ondas y de las características de la cápsula utilizada.

- Impedancia eléctrica: Depende de la cápsula microfónica, que puede ser de condensador o electret. Tras el preamplificador, unos 200Ω.

- Directividad: Muy directivos en alta frecuencia, en baja frecuencia su directividad disminuye. Cuanto mayor longitud tenga el tubo de interferencia a menor frecuencia se mantendrá la directividad.

- Margen dinámico: Bastante elevado, como los micrófonos de condensador. 100-120dB. En el caso de usar cápsula electret éste disminuye.

7.5.5 - MICRÓFONO PZM

- Sensibilidad: Baja, alrededor de 1mV/Pa.

- Respuesta en frecuencia: Bastante plana, con cierto refuerzo en alta frecuencia.

- Impedancia eléctrica: Depende de la cápsula microfónica, que puede ser de condensador o electret. Tras el preamplificador, unos 200Ω.

- Directividad: Hemiesférica.

- Margen dinámico: Elevado, ruido equivalente de unos 20dB.

7.5.6 - MICRÓFONO DE DOBLE DIAFRAGMA

- Sensibilidad: Puede ser elevada, valores entorno a 25mV/Pa.

- Respuesta en frecuencia: Varía según el patrón polar elegido, bastante plana aunque en ocasiones puede presentar cierta coloración en baja frecuencia o en alta frecuencia, según el modelo.

- Impedancia eléctrica: Presentan impedancias de unos 200Ω.

- Directividad: Seleccionable mediante conmutador externo, omnidireccional, cardiode, hipercardiode o bidireccional.

- Margen dinámico: Elevado, ruido equivalente de unos 25dB. Además estos micrófonos pueden soportar elevados niveles de presión sonora (atenuadores).