

## **8 - TÉCNICAS DE TOMA DE SONIDO**

### **8.1 - OBJETIVOS DE LA TOMA MICROFÓNICA**

Existe una medianamente difundida opinión que defiende que la toma microfónica es un arte que no está regido por unas reglas estrictas y definidas. Esta afirmación puede tener cabida en el ámbito de la música pop, en la que los músicos y el ingeniero de sonido realizan un proceso creativo conjunto para obtener el resultado sonoro final. Por tanto, este proceso creativo no debe ser mediatizado por reglas preconcebidas ni en el ámbito musical ni en el técnico.

En la grabación de música clásica, donde la labor del ingeniero de sonido es más interpretativa que creativa, no existen tampoco reglas estrictas, pero si encontramos numerosas pautas que conviene seguir. El equilibrio entre los solistas, la orquesta y las voces debe transmitir al espectador unas sensaciones lo más parecidas posible a las que percibiría en la sala de conciertos. A la hora de transmitir sensaciones que se asemejen lo más posible a las reales podemos tomar dos caminos:

- Transportar al espectador a un imaginario asiento en una sala de conciertos, ya sea ficticia o real.
- Proporcionar al espectador la sensación de que los músicos están en su misma sala de escucha o en un espacio mayor, justo a continuación de las paredes de dicha sala. Esta opción es más apropiada para grabaciones de instrumentos solistas, pequeños grupos de cámara, etc...

Una vez elegida la localización en la que se pretende presentar a los músicos, existen unas características que hay que tener muy en cuenta si queremos aproximar el resultado final a la realidad:

- Calidad del sonido y timbre de instrumentos y voces.

- Equilibrio entre las voces e instrumentos.
- Distancia aparente y profundidad espacial.
- Extensión estéreo aparente.
- Entorno acústico aparente.
- Margen dinámico o variación de intensidad aparente.

A continuación se tratarán estas características por separado aunque no hay que olvidar que están relacionadas entre si y la modificación de una de ellas puede afectar a las demás.

## **8.2 - CARACTERÍSTICAS DE LA TOMA DE SONIDO**

### **8.2.1 - Calidad del sonido y timbre**

Cada voz o instrumento debe ser reproducido lo más fidedignamente posible. Para captar, grabar y reproducir los sonidos con su timbre original, debemos utilizar una cadena de grabación-reproducción de alta calidad. Además, por ejemplo, si al realizar una toma con micrófonos muy próximos captamos muchos ruidos de mecanismo, que no serían percibidos por la audiencia, debemos alejar los micrófonos para evitar este efecto. También es importante, a la hora de posicionar los micrófonos, tener en cuenta la directividad a las diferentes frecuencias del instrumento que pretendemos grabar para no modificar su timbre original.

### **8.2.2 - Equilibrio musical**

El equilibrio entre los niveles de los diferentes instrumentos y las voces debe ser natural y respetar los matices que consiguen en su interpretación director y orquesta. Por tanto es muy importante que el ingeniero de sonido presencie conciertos en directo, como un espectador, de manera que, con un correcto posicionamiento microfónico, en la grabación se reproduzcan todos los matices y el equilibrio instrumental originales de la interpretación. Todas las tentativas de proporcionar al programa sonoro un equilibrio instrumental ficticio o un especial realce del solista, en general, deben evitarse. Cuando

los intérpretes optan por introducir un determinado equilibrio instrumental, si el ingeniero no está completamente de acuerdo, es conveniente discutirlo con mucho tacto.

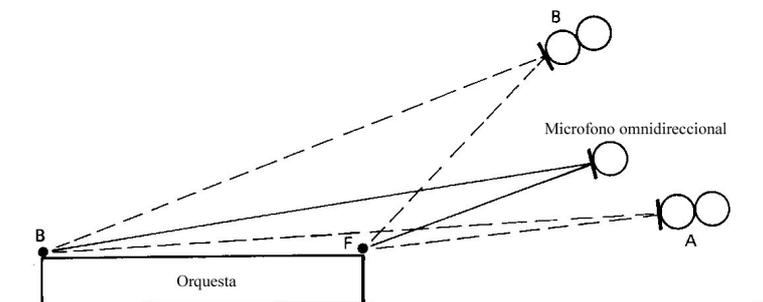
En la medida de lo posible, debemos buscar el equilibrio entre las diferentes partes instrumentales partiendo de la colocación habitual de los instrumentistas en el espacio. Esta disposición permite a los intérpretes escucharse unos a otros como están habituados y, así, ajustar las sonoridades relativas entre ellos y los matices de forma natural, como en un concierto. En el caso de realizar las tomas en estudio, las condiciones acústicas que presenta la sala de grabación diferirán en gran medida de las que presenta una sala de conciertos, el número de intérpretes será más reducido y la forma de interpretar deberá adaptarse a las nuevas circunstancias. En este caso una disposición microfónica no convencional puede ser la opción más acertada.

### **8.2.3 - Distancia aparente y profundidad espacial**

En la reproducción del programa sonoro grabado, ningún intérprete debe aparecer más próximo de lo que se percibiría desde un lugar normal de la audiencia. De hecho, puesto que un correcto posicionamiento y elección de micrófonos proporciona un elevado control de la distancia aparente, el ingeniero debe tener presente cual sería el lugar de escucha ideal, teniendo una idea más o menos precisa de las distancias efectivas que separan a la primera y última fila, para buscar recrear, en la medida de lo posible, esa situación en el programa sonoro obtenido.

Debido a las características de directividad de los micrófonos y a la acústica de la sala, la distancia percibida entre el intérprete y el espectador no es la misma que la existente entre el micrófono y el intérprete. Este efecto se puede comprobar colocando un par microfónico en un buen asiento de la audiencia, al escuchar el sonido captado se aprecia como los músicos aparecen demasiado lejos y el sonido presenta una definición y calidad deficientes, además la perspectiva y los planos sonoros aparecen desvirtuados. Por tanto una correcta elección de la distancia a la que colocar los micrófonos requiere experiencia y un tiempo de experimentación y corrección del posicionamiento microfónico.

También hay que tener en cuenta la directividad del micrófono y como ésta influye en la relación señal directa-reverberante captada. Cuanto más directivo es un micrófono menor proporción de señal reverberante captará, luego la distancia a la que debe ser colocado ha de ser mayor si deseamos reproducir el mismo ambiente aparente (relación señal directa-reverberante). Pero la modificación de la distancia microfónica también va a influir en gran medida en las distancias relativas de la parte anterior y posterior del conjunto instrumental respecto al micrófono. Por tanto un cambio en el tipo de micrófono irá acompañado de una modificación en la distancia y altura microfónica, si queremos mantener la anterior profundidad espacial. Además con pares estereofónicos surge el problema añadido de mantener el ángulo correcto de cobertura del estéreo. Encontrar la mejor posición microfónica que permita conjuntar en la captación distancia aparente, profundidad espacial y cobertura estéreo de la forma deseada, es un difícil arte en el que participan numerosos parámetros subjetivos.



**Fig. 8.1 : Colocación de dos tipos diferentes de micrófonos para mantener la misma profundidad espacial. Colocando un bidireccional en la posición A se obtiene la misma relación señal directa-reverberante pero se pierde efecto de profundidad. En la posición B se compensa la falta de profundidad.**

En las situaciones prácticas aparecen numerosos factores que restringen la libre elección de la distancia microfónica, algunos son:

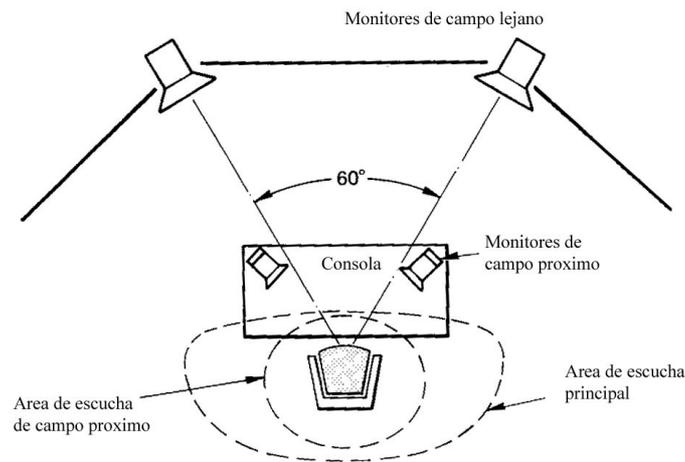
- 1- Presencia de ruido de fondo.
- 2- Proximidad de otros instrumentos o voces.
- 3- Tiempo de reverberación de la sala.
- 4- Características tonales de la reverberación.

- 5- Uniformidad de la reverberación.
- 6- Directividad de los instrumentos.
- 7- Directividad de los micrófonos.
- 8- Ruido de mecanismo en los instrumentos.
- 9- Efecto proximidad (en micrófonos de gradiente de presión).

En muchas ocasiones, resulta necesario añadir un micrófono de apoyo para un solista o un instrumento que presenta una menor sonoridad (un arpa, por ejemplo), en esta situación hay que actuar de manera correcta para que la posición, en cuanto a profundidad en la escena sonora, no se vea modificada, apareciendo dicho instrumento en un primer plano irreal. Para ello, además de mezclar la señal del micrófono de apoyo en una pequeña proporción es muy conveniente introducir un retardo a dicha señal que represente el tiempo que hubiera transcurrido si la señal hubiera alcanzado el par microfónico principal.

#### **8.2.4 - Cobertura estéreo**

Excepto en los casos de sistemas de escucha envolvente (surround) o monofónicos, el posicionamiento de los altavoces suele mantener la configuración estéreo estándar: con los dos altavoces y el oyente situados en los vértices de un triángulo equilátero (altavoces a 60° del oyente). Por ello los ingenieros y productores monitorizan las grabaciones con sistemas estéreo estándar, aunque en la actualidad, cada vez es más común la presencia en los estudios de grabación (sobre todo broadcast) de sistemas surround para monitorizar las grabaciones destinadas a cine, dvd, etc...



**Fig. 8.2 : Configuración habitual de una sala de monitoreo para estéreo.**

En el caso de las grabaciones de música clásica, la cobertura estéreo percibida con los altavoces en un ángulo de  $60^\circ$  es apropiada para representar una sala de concierto idealizada. Por tanto una orquesta completa suele repartirse por completo en el espacio definido por los altavoces a  $60^\circ$ . Es cierto que en la mayoría de los asientos de la audiencia de una sala de conciertos, la visión de la orquesta es mucho más estrecha que los  $60^\circ$  antes citados. Este aumento de la amplitud del estéreo para reproducción es una licencia que pretende compensar la deficiencia sufrida por el oyente al no disponer de ninguna referencia visual como ocurre en la sala real, situándolo en un asiento privilegiado, centrado y muy próximo a los intérpretes.

En el caso de la música de cámara o pequeños grupos instrumentales, la amplitud percibida es aún menor, de manera que es necesario representar a los intérpretes en una imagen más estrecha, que mantenga las posiciones relativas de cada uno de ellos, aunque la reverberación de la sala si que debe ocupar todo el espacio que permiten los altavoces. Sin embargo, en ciertas ocasiones es preferible distorsionar en cierta medida la situación física real de los músicos, por ejemplo, una voz solista en un recital debe situarse en el centro de la imagen sonora aunque en el escenario no se sitúe en dicho lugar.

### 8.2.5 - Entorno acústico aparente

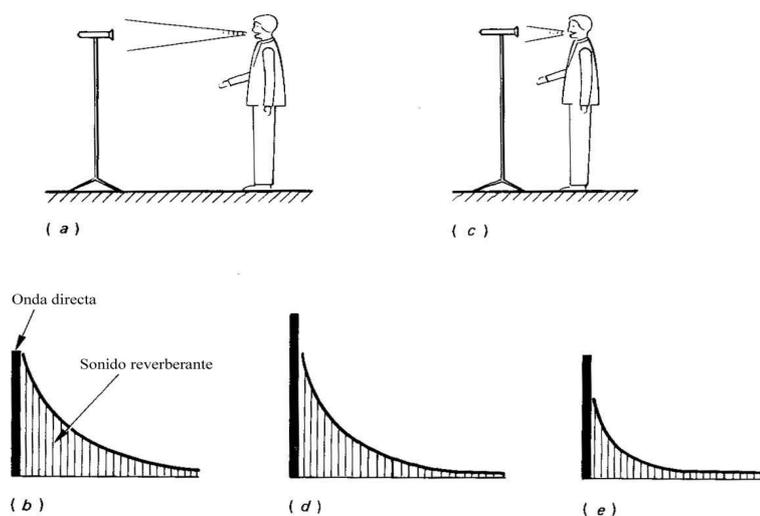
En el programa sonoro, los intérpretes deben situarse en un lugar apropiado, si es posible en un entorno ideal. Por ejemplo, para una orquesta interpretando música romántica o del siglo XX, convendría usar o simular un gran sala de conciertos. En el caso de tratarse de música religiosa o coral, son apropiados los entornos acústicos con elevada reverberación, mientras que una pequeña sala es el lugar apropiado para situar recitales de solistas o música de cámara.

Es muy ventajoso realizar las tomas de sonido en una sala o estudio cuyas características acústicas sean las apropiadas para el tipo de música interpretado, de esta forma los problemas relacionados con las técnicas microfónicas se reducen al mínimo. Es común que, a posteriori, sea necesario realizar ciertos ajustes, añadiendo algo de reverberación artificial. El mayor problema estriba en el reducido número de salas realmente apropiadas acústicamente para realizar las tomas. No es suficiente con que las dimensiones y el tiempo de reverberación sean los apropiados, el sonido reverberante debe ser difuso y extenderse en todo el espectro de frecuencias. Además el nivel de ruido deber ser lo suficientemente bajo.

Aunque el entorno acústico influye notablemente en la grabación, el ambiente aparente que escucha el oyente de la grabación puede ser variado ostensiblemente según la técnica de grabación utilizada. Obviamente, si las tomas se realizan en una sala demasiado seca, es posible mitigar este defecto añadiendo al programa sonoro reverberación artificial.

De todas formas, lo mejor es conseguir aproximarse lo más posible al ambiente acústico deseado mediante una técnica microfónica apropiada. El efecto percibido, como se ha referido anteriormente, depende directamente de la relación entre las señales directa y reverberante que alcanzan al micrófono. Por tanto, simplemente modificando la distancia ejecutante-micrófono se produce un importante cambio en el ambiente acústico aparente según aumente o disminuya el nivel de señal directa que alcanza al micrófono, puesto que el nivel de señal reverberante prácticamente no cambia.

Este efecto se ilustra en la siguiente figura, para una determinada posición del micrófono (a), éste capta la señal directa más la señal reverberante con su curva de caída (b). Si se aproxima el micrófono, como en (c), la señal captada presentará un mayor nivel de señal directa, pero el nivel de señal reverberante prácticamente no varía (d). Entonces, si reducimos la ganancia para obtener el mismo nivel de señal directa que en (b), el nivel de señal reverberante disminuirá en la misma proporción (e), obteniéndose una mayor proporción de señal directa en la señal captada.



**Fig. 8.3 : Dependencia de la reverberación aparente con la distancia microfónica.**

Un buen método para añadir reverberación a una toma realizada con micrófonos muy próximos a la fuente sonora (impuesta por la presencia de ruido en la sala), es introducir micrófonos de ambiente. Estos micrófonos se situarán más alejados de los músicos y dirigidos hacia las paredes, para captar la mayor cantidad posible de sonido reflejado y evitar que su señal captada interfiera negativamente en la imagen estéreo que proporciona al par estéreo principal. Mezclando la señal principal con una pequeña porción de la de ambiente, evitamos la utilización de reverberación artificial y además añadimos reflexiones naturales a la señal captada por el par microfónico principal. Esta técnica es útil cuando la reverberación de la sala cumple las condiciones anteriormente citadas de difusión y distribución en frecuencias, puesto que si el par microfónico principal se ha situado próximo a la fuente sonora para reducir la captación de señal reverberante, la inclusión de micrófonos de ambiente será contraproducente.

Otra cuestión importante es la necesidad de representar la posición real de los músicos en el programa sonoro, no sólo en cuanto a su situación espacial, izquierda o derecha, sino también en cuanto al ambiente acústico en el que se encuentran. Si se coloca un micrófono de apoyo para un solista, es preciso mezclar cuidadosamente esta señal, para que no se produzca la sensación de que el solista se encuentra en una sala mucho más pequeña y con menos reverberación.

### **8.2.6 - Margen dinámico**

La música clásica generalmente presenta un amplio margen dinámico, de unos 80 dB, entre el *pianísimo* más extremo, en el que los intérpretes ajustan la intensidad sonora de manera que la audiencia pueda percibir el sonido por encima del ruido de fondo de la sala, hasta el mayor *fortísimo* que aparece en la obra, donde los músicos producirán la mayor intensidad posible, dentro de los límites del instrumento y en el contexto de la obra. Este margen dinámico se puede manejar sin problemas, tanto en los sistemas de grabación actuales, como en los soportes digitales de hoy en día (CD, DAT, etc... ). Por tanto no debe representar ningún problema para el ingeniero de sonido el ajuste de ganancias y niveles de grabación, pidiendo a los músicos que interpreten un pasaje *fortísimo* de la obra, para controlar el nivel máximo. Una vez realizado correctamente el ajuste que evita la saturación en el *fortísimo*, no será necesario modificar durante la ejecución dichos ajustes.

No hay que olvidar que la escucha en casa de la grabación no presenta las mismas condiciones que la escucha en directo en una sala de conciertos, generalmente, para la escucha doméstica, es preferible que el programa sonoro presente un margen dinámico más reducido por varias razones:

- Los espectadores en un concierto están situados a una considerable distancia de los instrumentos que poseen un sonido más potente, además pueden ver al viento metal y a la percusión prepararse para tocar en los pasajes más fuertes.

- Los picos de sonoridad aparecen más rápidamente en salas pequeñas y proporcionan una mayor sensación de elevada sonoridad que en salas de mayores dimensiones.

- Existen restricciones inevitables en cuanto a la máxima presión sonora que puede reproducirse en la escucha doméstica, tanto por molestias a los vecinos como por las limitaciones por saturación del propio sistema de reproducción.

- También los niveles más bajos han de tratarse con precaución, puesto que en la mayoría de las situaciones de escucha doméstica el ruido de fondo es bastante elevado debido al tráfico y los diferentes ruidos del entorno.

Estas circunstancias imponen la necesidad de realizar una compresión del programa sonoro destinado a escucharse en las condiciones anteriormente descritas. De hecho si se aprovecha todo el margen dinámico que nos proporciona el CD, actualmente el más difundido soporte doméstico, en la mayoría de las ocasiones el oyente deberá ajustar el volumen del equipo reproductor constantemente, subiéndolo en los pasajes de menor intensidad y bajándolo para evitar molestias o saturaciones en los pasajes *fortísimo*.

Esta compresión anteriormente citada puede ser realizada de manera manual durante la grabación aumentando el nivel de grabación en los pasajes de mínima intensidad y controlando el nivel de los picos para evitar la saturación, esta técnica requiere una gran concentración por parte del ingeniero que debe anticiparse a los picos de nivel y modificar los niveles de manera lo suficientemente sutil. En la actualidad debido a los importantes avances en la tecnología digital, es preferible realizar las tomas sin ningún tipo de compresión y sin modificar los niveles, ya que el margen dinámico de la cadena de grabación es lo suficientemente elevado, y posteriormente, en postproducción, con sumo cuidado y sutileza, realizar una compresión ya sea analógica o mediante los modernos compresores digitales, prestando especial atención al tratamiento de los sonidos percusivos y al de los matices interpretativos.

### **8.3 - TÉCNICAS ESTEREOFÓNICAS**

Las técnicas de micrófonos en estéreo se utilizan fundamentalmente para grabar conjuntos musicales y solistas en localizaciones concretas. Para realizar una captación mediante técnicas de grabación estéreo suele ser habitual no usar más de dos o tres micrófonos. Durante la reproducción de la grabación en estéreo, las imágenes sonoras de los instrumentos musicales se oyen en un espacio físico situado entre los altavoces. Estas imágenes deberán estar situadas en las mismas posiciones, de izquierda a derecha, que los instrumentos ocupaban durante la captación. Además, la toma de sonido en verdadero estéreo incluye percepciones de:

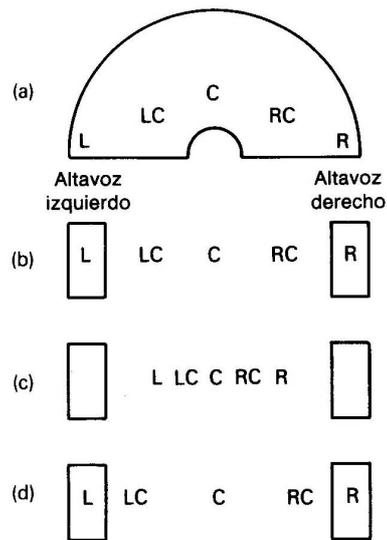
- la profundidad o distancia de cada instrumento.
- la distancia del conjunto al oyente.
- la sensación espacial del entorno acústico o reverberación local.

En la música clásica se prefiere la toma con micrófonos estéreo por la capacidad de reproducir fielmente el espacio sonoro y el timbre que percibe la audiencia, representándose el evento sonoro con un mayor realismo que si se realizasen tomas multimicrofónicas. Con micrófonos próximos, los instrumentos, suenan demasiado brillantes o muy detallados, en comparación con el sonido real del área de audiencia. Además, es posible aplicar técnicas microfónicas estéreo para la captación de un solo instrumento, sobre todo si las dimensiones de éste son elevadas como en el caso del piano, la batería, xilófonos, etc. Sin olvidar que es posible, dentro de una toma multimicrofónica, captar con un par estéreo grupos de cantantes o grupos instrumentales incluyendo luego estas señales estereofónicas en la mezcla total.

#### **8.3.1 - OBJETIVOS DE LA TOMA CON MICRÓFONOS EN ESTÉREO**

Centrándonos en la toma con micrófonos en estéreo de un gran conjunto musical y veamos lo que queremos conseguir. Un primer objetivo sería obtener una buena "localización". Esto es, que los instrumentos reproducidos aparezcan en las mismas

posiciones relativas que tienen en la actuación. Cuando esto se consigue, los instrumentos del centro del conjunto se reproducirán con precisión a medio camino entre los altavoces de reproducción y los instrumentos de los lados del conjunto se reproducirán en el altavoz izquierdo o derecho según el caso. Los instrumentos localizados a mitad de camino a un lado, se reproducirán mediante ambos altavoces, con diferente nivel y retardo en cada uno, situándose su imagen a mitad de camino de ese lado, y así sucesivamente.



La Fig. 8.4 muestra tres efectos de localización en estéreo. En la Fig. (a) se muestran diferentes posiciones de instrumentos de una orquesta: izquierda (L), centroizquierda (LC), centro (C), centro-derecha (RC), derecha (R). En la Fig. (b), las imágenes reproducidas de altavoces estéreo. El estéreo se extiende o amplía entre el par de altavoces estéreo. El estéreo se extiende o amplía desde un altavoz al otro. Si los micrófonos se colocan mal, se produce una escena sonora estrecha como se muestra en la Fig. (c) o de separación muy exagerada como se muestra en la Fig. (d). (Observe que un gran conjunto se extendería de altavoz a altavoz, mientras que un cuarteto puede tener una escena sonora más estrecha).

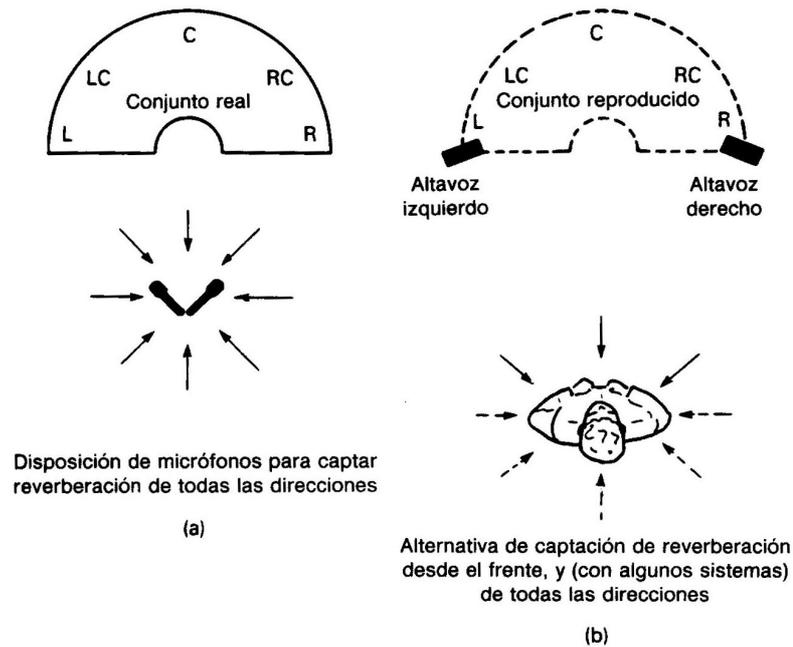
Es importante que el observador se coloque de manera apropiada con respecto a los altavoces del monitor para juzgar correctamente estos efectos de localización estereofónica. La distancia de esta observación debe ser mayor cuando los altavoces

estén muy espaciados. Es aconsejable sentarse exactamente entre los dos altavoces (en un punto equidistante a ambos); de otra forma, las imágenes sufrirán desvíos hacia un lado u otro, lo que se traduce en una pérdida de la agudeza en estéreo. También es necesario colocar los altavoces a cierta distancia de las paredes; esto retrasa y debilita las reflexiones próximas que pueden degradar la imagen estéreo o causar problemas en la respuesta en frecuencia.

El tamaño de la imagen reproducida de un instrumento o sección instrumental debería coincidir con su tamaño real. Una guitarra podría ser una fuente puntual; un piano o sección de instrumentos deberá estar claramente definida según estuvo en la sala de concierto, como se oiría desde un asiento ideal. Puesto que no podemos ver los instrumentos mientras se reproducen en los altavoces, en algunas situaciones puede ser beneficioso acentuar la precisión posicional para mejorar el realismo.

La reverberación reproducida (ambiente de una sala de concierto) debería envolver al oyente, o al menos dispersarse uniformemente entre los altavoces. Las técnicas de micrófonos en estéreo típicas reproducen la reverberación de la parte frontal, a lo largo de la línea que existe entre los altavoces, de forma que no se obtiene una sensación de estar inmerso en el ambiente de la sala. Para hacer que la reverberación grabada rodee al oyente, se necesitan altavoces extra a los lados, o en la parte posterior, y añadir un simulador de reverberación, o un cancelador de diafonía, con referencia a la cabeza. Sin embargo, las grabaciones hechas con micrófonos espaciados artificialmente, producen la sensación de cierta reverberación ambiental. Es posible captar la reverberación posterior si el par estéreo está formado por micrófonos omnidireccionales.

Es muy importante conseguir una sensación de profundidad de la escena sonora. Los instrumentos de la primera fila deberían sonar más próximos que los de la última fila. Por tanto, si se usan micrófonos para apoyar la captación de algún instrumento, es importante añadir un retardo (el tiempo que tardaría en llegar el sonido desde el instrumento al par estéreo) a la señal captada por el micro de apoyo, además de ajustar la panoramización.



**Fig. 8.5 : Buena localización de los elementos del conjunto: durante la reproducción se preservan la localización y el tamaño de la fuente sonora. También se reproduce el campo reverberante. (a) Grabación. (b) Reproducción.**

### 8.3.2 - TIPOS DE TÉCNICAS DE MICRÓFONOS EN ESTÉREO

Se pueden diferenciar tres tipos de técnicas que se usan comúnmente en la captación en estéreo: la de pares coincidentes, la de pares espaciados y la de pares casi coincidentes. Además es posible añadir una cuarta técnica más que se basa en utilización de cabezas artificiales o elementos similares, que disminuyen la diafonía.

#### 8.3.2.1 - Par coincidente

En la configuración de par coincidente, también denominada **XY** o de estéreo en intensidad, dos micrófonos direccionales se montan con sus rejillas próximas y sus diafragmas colocados uno encima de otro, separados en ángulo, con el eje axial de los micrófonos aproximadamente hacia los lados izquierdo y derecho del conjunto. Lo más común es utilizar dos micrófonos cardioides montados en un ángulo que puede variar

según la situación y con sus rejillas una encima de la otra. Aunque también pueden usarse otros diagramas polares. Cuanto más grande sea el ángulo entre micrófonos y más estrecho sea el diagrama polar, mayor será el ancho del estéreo.

A continuación se hará referencia a la manera en la que la técnica de los pares coincidentes produce imágenes localizables. Un micrófono direccional proporciona mayor nivel de señal si los sonidos proceden del frente (dentro del eje), y progresivamente proporcionará menos señal si los sonidos se apartan del eje.

El método del par coincidente utiliza dos micrófonos direccionales simétricamente angulados con respecto a la línea central, como se muestra en la Figura 8.6, los instrumentos situados en el centro del conjunto producen una señal idéntica en cada micrófono. Durante la reproducción, una imagen de los instrumentos del centro se oye a mitad de camino entre el par de altavoces en estéreo. Esto es debido a que las señales idénticas de cada canal producen una imagen centralmente localizada.

Si un instrumento se encuentra fuera del centro, desplazado hacia la derecha con respecto al eje, el micrófono de la derecha producirá una señal de más alto nivel que el de la izquierda. Durante la reproducción de esta grabación, el altavoz de la derecha dará un nivel más alto que el de la izquierda, reproduciendo una imagen fuera del centro hacia la derecha donde los instrumentos se encontraban durante la grabación.

La configuración coincidente codifica las posiciones de los instrumentos mediante diferencias de nivel (diferencias de intensidad o de amplitud) entre canales. Durante la reproducción, el cerebro decodifica estas diferencias en las correspondientes imágenes sonoras localizadas. Un potenciómetro panorámico (pan pot) de la mesa de mezclas, trabaja bajo este mismo principio. Si un canal es 15 a 20 dB más fuerte que otro, la imagen se desvía hacia el altavoz más fuerte. Esto ocurre cuando los micrófonos se colocan separados por un ángulo lo suficientemente amplio uno con respecto al otro. El ángulo correcto depende del diagrama polar.

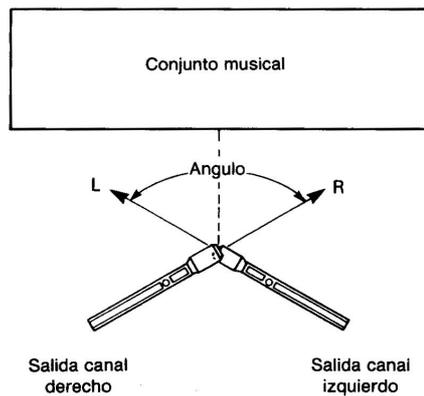


Fig. 8.6 : Esquema de colocación microfónica para técnica de par coincidente.

De las pruebas de escucha realizadas, se infiere que los micrófonos cardioides coincidentes tienden a reproducir el conjunto musical con una amplitud estrecha de estéreo. Esto, es, el conjunto reproducido no se dispersa completamente entre los altavoces.

Un método de par coincidente que proporciona una excelente localización es la configuración de Blumiein, que usa dos micrófonos bidireccionales angulados a  $90^\circ$  cuyos ejes de captación se dirigen hacia los lados izquierdo y derecho del conjunto.

La técnica MS es una forma especial de par coincidente es su denominación proviene del inglés Mid-Side = Medio-Lado. Se sitúa un micrófono de frente, en medio de la orquesta, y se suma y resta con un micrófono bidireccional que apunta a ambos lados. Las señales de los canales izquierdo y derecho se obtienen combinando las de ambos micros mediante una matriz adecuada. Con esta técnica, la magnitud del estéreo puede variarse por control remoto modificando la relación de la señal del "Medio" con respecto a la señal de los "Lados". Este control remoto es útil en conciertos en directo, donde no se puedan ajustar físicamente los micrófonos durante la acción. La precisión de la localización con el método MS es excelente.

Pero esta técnica puede presentar un inconveniente, ya que en algunas situaciones, la espacialidad que ofrece la grabación MS es insuficiente. Esto puede mejorarse con una ecualización espacial, en la que un circuito realce los bajos en 4 dB

(+2 dB a 600 Hz) para la señal L-R o señal lateral, introduciendo un corte correspondiente en la señal L+R o señal media. Otra forma de mejorar la espacialidad consiste en mezclar señales de un micrófono distante MS con las de un micrófono principal MS situado entre 9 y 22 m.

Dos cápsulas de micrófonos coincidentes pueden montarse en un único ensamble: esto constituye un micrófono en estéreo.

Una grabación hecha con técnicas coincidentes es mono-compatible, esto es, la respuesta en frecuencia es la misma en mono que en estéreo. Puesto que la configuración coincidente sitúa las cápsulas microfónicas, prácticamente, a la misma distancia de las diferentes fuentes sonoras, no existen diferencias de tiempo o de fase entre los canales que puedan degradar la respuesta en frecuencia cuando ambos canales se combinen para formar el mono. Por tanto, si la grabación va a ser reproducida en mono (por ejemplo en radio, TV o película) debería ser realizada con el método del par coincidente.

### **8.3.2.2 - Par espaciado**

En la técnica del par espaciado (o técnica A-B), dos micrófonos idénticos se colocan un poco separados, con sus ejes axiales dirigidos frontalmente hacia el conjunto musical (como se muestra en la Fig.8.7). Los micrófonos pueden tener cualquier diagrama polar, pero el omnidireccional es el más popular para aplicar este método. Cuanto mayor es el espaciamiento entre los micrófonos, mayor es la amplitud del estéreo.

Los instrumentos que ocupan la parte central del conjunto producen una señales idénticas en ambos micrófonos. Durante la reproducción de la grabación, la imagen de los instrumentos situados en el centro, se oye a mitad de camino entre el par de altavoces estéreo.

Si un instrumento está desplazado hacia uno de los lados, su situación será más próxima a un micrófono que a otro, por lo que su sonido llegará al micrófono más cercano antes que al otro. Por tanto, los micrófonos producen una señal aproximadamente idéntica, excepto que la señal de un micrófono está retardada con respecto a la del otro. Si se envía una señal idéntica a los dos altavoces en estéreo con un canal retardado, la imagen sonora se desplaza hacia el altavoz que reproduce la señal no retardada. En una grabación de par espaciado, los instrumentos que están fuera del centro producen un retardo en un canal de micrófono, por lo que resultan reproducidos efectivamente fuera del centro.

La técnica del par espaciado codifica las posiciones de los instrumentos en forma de diferencias de tiempo entre canales. Durante la reproducción, el cerebro decodifica estas diferencias de tiempo en localizaciones de la imagen sonora correspondiente. Con 1,5 milisegundos (mseg) de retardo se consigue desviar una imagen sonora completamente a un altavoz, de forma que si queremos que el lado derecho de la orquesta se reproduzca en el altavoz de la derecha, su sonido debe llegar al micrófono de la derecha aproximadamente 1,5 milisegundos antes que al de la izquierda. En otras palabras, los micrófonos deberían encontrarse espaciados aproximadamente a 60 cm., porque este espaciamiento produce el retardo apropiado para situar los instrumentos del lado derecho en el altavoz derecho. Los instrumentos a mitad de camino fuera del centro, producen retardos intercanal menores de 1,5 mseg, por lo que se reproducirán con el correspondiente desvío angular con respecto al centro.

Si el espaciamiento entre los micrófonos es, por ejemplo de 3,65 m los instrumentos que estén ligeramente fuera del centro producen retardos intercanal mayores de 1,5 milisegundos, lo que sitúa sus imágenes en el altavoz izquierdo o derecho. Esto se denomina "separación exagerada" o efecto "ping-pong".

Por otra parte, si los micrófonos están demasiado juntos, los retardos producidos serán inadecuados para conseguir una separación mayor del estéreo. Además, los micrófonos tienden a favorecer el centro del conjunto porque se colocan normalmente más próximos a los instrumentos centrales.



**Fig. 8.7 : Esquema de colocación microfónica para técnica de par espaciado o no coincidente.**

Para grabar un buen equilibrio musical, necesitamos colocar los micrófonos separados aproximadamente de 3 a 3,65 m., pero tal separación es la que corresponde a una separación exagerada. Una solución sería colocar un tercer micrófono a mitad de camino del par original y mezclar su salida con ambos canales. De esta forma, el conjunto se graba con un buen equilibrio, y la extensión del estéreo no resulta exagerada.

La configuración de par espaciado tiende a producir imágenes fuera del centro relativamente desenfocadas o duras de localizar. Esto es debido a que las grabaciones de micrófonos espaciados tienen diferencias de tiempo entre canales, y las imágenes estéreo producidas únicamente por este procedimiento resultan relativamente desenfocadas. Los instrumentos centrados se oyen claramente en el centro, pero los instrumentos fuera de centro son difícilmente localizables entre los altavoces. Este método resulta útil si se prefieren imágenes sónicas más bien difusas, sin un enfoque de precisión.

Encontramos otro problema con los micrófonos espaciados: las grandes diferencias de tiempo entre canales corresponden a grandes diferencias de fase entre sus señales. Las señales fuera de fase de baja frecuencia pueden causar excesiva modulación vertical en la grabación, haciendo difícil su corte, a menos que se reduzca el nivel o la separación de estéreo a bajas frecuencias. Además, la combinación de ambos

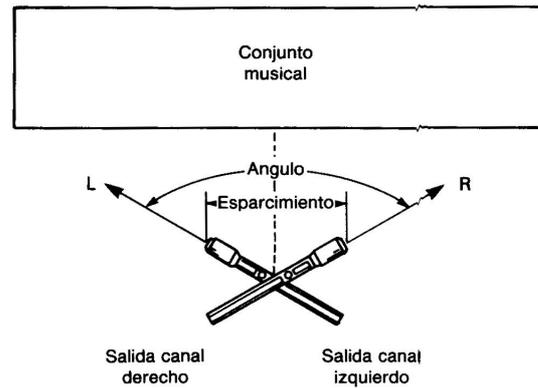
micrófonos para mono a veces causa cancelaciones de fase a varias frecuencias que pueden o no ser audibles.

No obstante, existe una ventaja con los micrófonos espaciados. Se dice que este método proporciona una sensación "caliente" del ambiente, en el que la reverberación de la sala de conciertos parece rodear a los instrumentos, y a veces al oyente. Esto es debido a que los dos canales de sonido reverberante grabado son incoherentes; esto es, tienen relaciones de fase aleatorias. Las señales incoherentes de los altavoces en estéreo suenan difusas y espaciosas. Puesto que la reverberación se capta y reproduce incoherentemente por los micrófonos espaciados, el sonido suena difuso y espacioso. La espacialidad simulada generada por la fase no es necesariamente realista, pero es agradable para muchos oyentes.

Otra ventaja de la técnica de micrófonos espaciados es que nos proporciona la posibilidad de usar micrófonos omnidireccionales. Un micrófono de condensador omnidireccional tiene una respuesta a baja frecuencia más extendida que un micrófono de condensador unidireccional y tiende a tener una respuesta más suave y con menos coloración fuera del eje.

### **8.3.2.3 - Par casi-coincidente**

La técnica del par casi-coincidente utiliza dos micrófonos direccionales angulados, con sus rejillas horizontalmente espaciadas algunos centímetros. Incluso con algunos centímetros de espaciamiento se incrementa la extensión del estéreo y se añade sensación de profundidad y volumen a la grabación. Cuanto más grande sea el ángulo o espaciamiento entre micrófonos, más grande resultará la extensión del estéreo.



**Fig. 8.9 : Esquema de colocación microfónica para técnica de par casi-coincidente.**

El funcionamiento de este método se basa en los principios de los anteriores: la angulación de los micrófonos direccionales produce diferencias de nivel entre canales; el espaciamiento de micrófonos produce diferencias de tiempo. Las diferencias de nivel entre canales y las diferencias de tiempo se combinan para crear el efecto estéreo. Si la angulación o espaciamiento es demasiado grande, el resultado produce una separación exagerada. Si la angulación o espaciamiento es demasiado pequeño, el resultado producirá extensión del estéreo demasiado estrecha.

El método de par casi-coincidente más común es el sistema ORTF, que utiliza dos cardioides angulados a  $110^\circ$  y espaciados a unos 17 cm horizontalmente. (ORTF: Office de Radiodiffusion Télévision Française). Este método tiende a proporcionar una localización precisa; esto es, los instrumentos de ambos lados de la orquesta se reproducen en o muy cerca de los altavoces, y los instrumentos a mitad de camino de uno de los lados tienden a reproducirse a mitad de camino de ese lado.

### 8.3.3 - LOCALIZACIÓN DE IMÁGENES SONORAS. ELECCIÓN DE LA ANGULACIÓN Y ESPACIAMIENTO

Conociendo los diagramas polares, la angulación y el espaciamiento de los micros de un par estéreo se pueden predecir las diferencias de amplitud y los retardos inter-canal que se producen cuando se recibe sonido de una fuente situada

en un ángulo determinado. Por tanto es posible hacerse una idea, a priori, de la localización espacial que nos va a proporcionar una configuración microfónica concreta.

Para simplificar los cálculos hemos de suponer que los diagramas polares de los micrófonos son ideales y permanecen constantes para todas las frecuencias.

### 8.3.3.1 - Diferencia de amplitud entre canales:

$$dB = 20 \log \left[ \frac{a + b \cos \left( \left( \theta_m / 2 \right) - \theta_s \right)}{a + b \cos \left( \left( \theta_m / 2 \right) + \theta_s \right)} \right]$$

Donde:

- $\Delta dB$  = diferencia de amplitud en dB.
- $a + b \cos(\theta)$  = ecuación polar para el micrófono.

|                 |          |          |
|-----------------|----------|----------|
| Omnidireccional | a =1     | b =0     |
| Bidireccional   | a =0     | b =1     |
| Cardioides      | a =0.5   | b =0.5   |
| Supercardioides | a =0.366 | b =0.634 |
| Hipercardioides | a =0.25  | b =0.75  |

- $\theta_m$  = ángulo entre los ejes del micrófono en grados.
- $\theta_s$  = ángulo de la fuente con respecto al eje central del par microfónico.

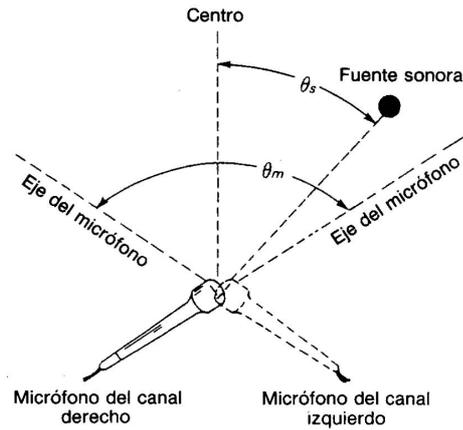


Fig. 8.10 :Ángulos del micrófono ( $\theta_m$ ) y de la fuente ( $\theta_s$ ).

### 8.3.3.2 - Diferencia de tiempo entre canales:

$$T = \frac{\sqrt{D^2 + [(S/2) + D \tan \theta_s]^2} - \sqrt{D^2 + [(S/2) - D \tan \theta_s]^2}}{C}$$

Donde:

- $\Delta T$  = diferencia de tiempo entre canales en segundos.
- $D$  = distancia de la fuente a la línea de unión de los micrófonos, en pies.  
(1 pie = 0.3048 m)
- $S$  = espaciamiento entre los micrófonos, en pies.
- $\theta_s$  = ángulo de la fuente con respecto al eje central del par microfónico.
- $C$  = velocidad del sonido. (1130 pies por segundo)

Para micrófonos con escaso espaciamiento (casi-coincidentes) es posible simplificar la ecuación:

$$T = \frac{S \sin \theta_s}{C}$$

Donde:

- $\Delta T$  = diferencia de tiempo entre canales en segundos.
- $S$  = espaciamiento entre los micrófonos, en pulgadas. (1 pulgada = 25,4mm)
- $\theta_s$  = ángulo de la fuente con respecto al eje central del par microfónico.
- $C$  = velocidad del sonido. (13560 pulgadas por segundo)

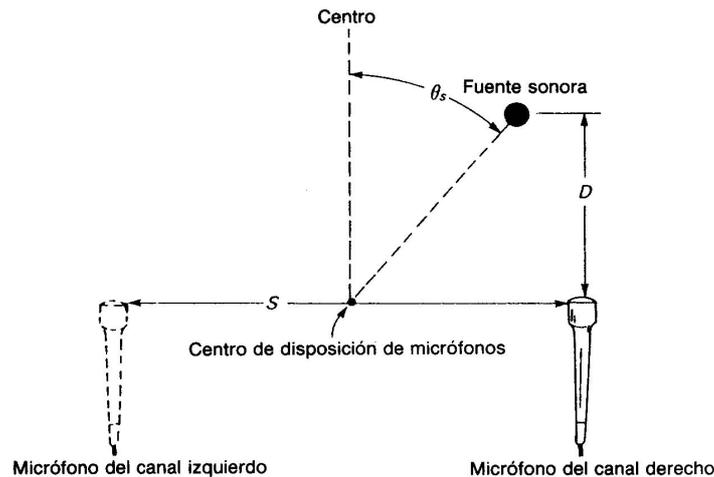


Fig. 8.11 :Ángulo de la fuente ( $\theta_s$ ), distancia micro-fuente ( $D$ ) y espaciamiento ( $S$ )

### 8.3.3.3 - Angulación y espaciamiento

Es posible conseguir, en una situación concreta, una extensión plena del estéreo y una localización correcta de los instrumentos con numerosas combinaciones de angulación y espaciamiento de los micrófonos. Se puede usar un espaciamiento estrecho y un gran ángulo, o un espaciamiento amplio y un ángulo estrecho. La angulación y espaciamiento no tienen por qué estar prefijados. Si el ancho de la escena reproducida es demasiado estrecho, es conveniente aumentar la angulación o el espaciamiento ligeramente. Si, en la reproducción, el nivel de los instrumentos del centro es demasiado elevado, los micrófonos se pueden angular más, mientras se disminuye el espaciamiento para que el ancho de la escena reproducida no cambie. De esta forma, se puede controlar la sonoridad de la imagen central para mejorar el balance.

Para reducir la captación de las primeras reflexiones procedentes del suelo y paredes es posible adoptar las siguientes medidas: (1) aumentar la angulación, (2) disminuir el espaciamiento y (3) situar los micrófonos más cerca de la orquesta. De esta forma se producen los siguientes hechos:

1. Al ampliar la angulación de los micrófonos se reduce la captación de la señal proveniente de los instrumentos del centro.
2. Al disminuir el espaciamiento entre los micrófonos, se compensa la variación anterior, manteniéndose el ancho de la escena reproducida original.
3. Si se reduce la captación de la señal de los instrumentos del centro, se pueden situar los micrófonos más cerca de la orquesta y todavía conseguir un buen balance.
4. Si los micrófonos están más cerca, la relación entre el sonido reflejado y el directo disminuye. Se pueden añadir micrófonos distantes o una reverberación artificial para conseguir el ambiente que se desee en la sala.

En general, una combinación entre angulación y espaciamiento (diferencias de intensidad y de tiempo) proporciona una localización más exacta y una creación de imágenes sonoras más nítidas que las obtenidas sólo con diferencias de intensidad o de tiempo.

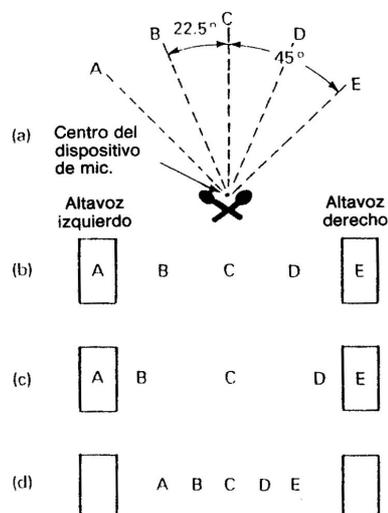
Si se amplía la angulación de los micrófonos se aumenta la proporción de la reverberación en la grabación, lo cual hace que el sonido de la orquesta se aleje. Si se espacian más los micrófonos, el sentido de la distancia no cambia pero degrada la nitidez de las imágenes sonoras.

#### **8.4 - TÉCNICAS ESPECÍFICAS DE MICRÓFONOS EN ESTÉREO DE CAMPO LIBRE.**

Dependiendo de las condiciones de la toma de sonido, encontramos técnicas de micrófonos en estéreo que funcionan mejor que otras. Cada método tiene efectos diferentes. Algunos producen imágenes más nítidas, otros crean un estéreo muy estrecho para la escena y otros una exagerada separación de la misma. A continuación, compararemos las características de varias técnicas específicas para micrófonos. Todas ellas referidas a micrófonos de campo libre.

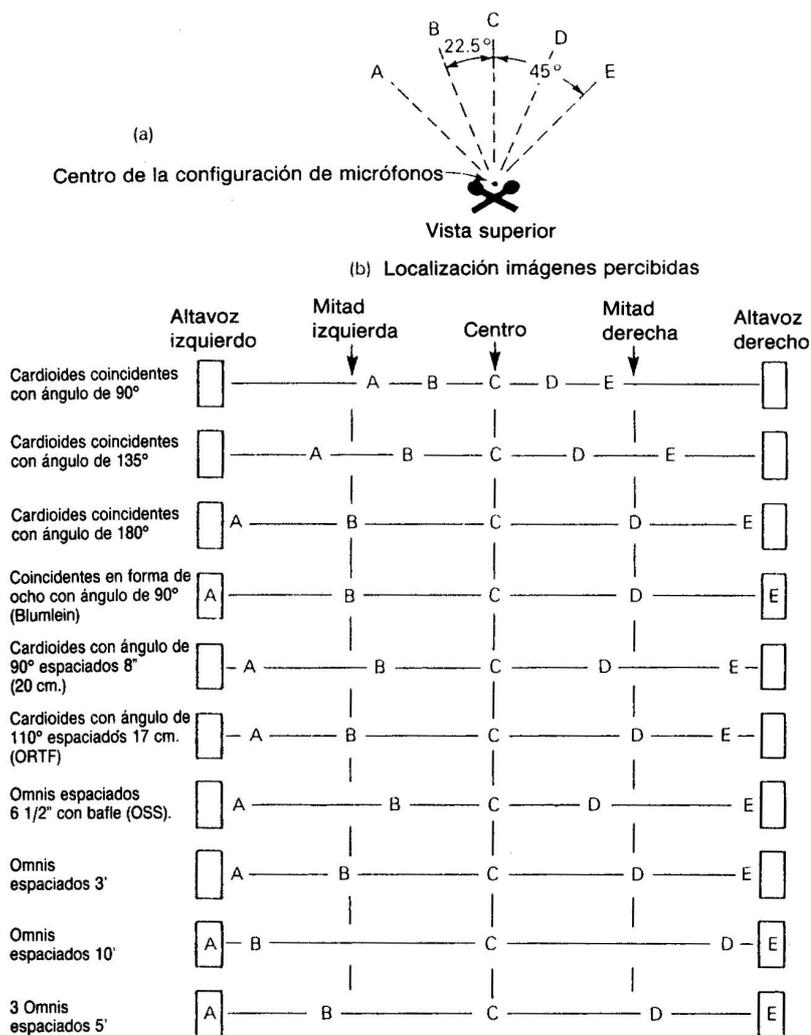
#### 8.4.1 - PRECISIÓN DE LA LOCALIZACIÓN

Para poder comparar las diferentes técnicas, podemos fijarnos en la *precisión en la localización* ya que varía entre los diferentes tipos de configuraciones. La localización es precisa si los instrumentos situados a los lados del conjunto se reproducen en el altavoz izquierdo o en el derecho en sus correspondientes lados, y los instrumentos a medio camino del centro lo hacen con esa misma orientación entre el centro y su altavoz. En otras palabras, no hay, o hay muy poca distorsión en la geometría del conjunto musical.



**Fig. 8.12 :Efectos de localización en estéreo para una amplitud de 90°. (a) Posiciones de las fuentes respecto a los micrófonos. (b) Localización precisa de las imágenes. (c) Separación exagerada. (d) Separación estrecha.**

Aumentando el espacio o el ángulo entre los micrófonos más de lo necesario para conseguir una captación totalmente estéreo, se produce un efecto de "separación exagerada". En este caso, los instrumentos que se sitúan cerca del centro se reproducen en el extremo derecho o izquierdo, en lugar de ligeramente a los lados del centro. Los instrumentos que estén exactamente en el centro se siguen reproduciendo en esa posición entre los altavoces (c). A la inversa, demasiado poco ángulo o espaciamiento produce un estéreo pobre o un efecto de "anchura estrecha de la escena" (d).



**Fig. 8.13 :Posiciones de la fuente con respecto a la localización de la imagen sonora de varias configuraciones de micrófonos: (a) Las letras A a E representan posiciones de la fuente hablada en directo con respecto a la configuración de micrófonos. (b) Localización de la imagen estéreo de varias configuraciones de micrófonos (percepción de los oyentes). Las imágenes de A a E corresponden a las fuentes reales de A a E.**

Se ha realizado un "test" de escucha para determinar la precisión de la localización con varias técnicas en estéreo, para una anchura orquestal de 90°. Las grabaciones se hicieron con una fuente de diálogo hablado a 0°, 22,5° y 45° con respecto al par de micrófonos (como se ve en la Figura (a)). Las pruebas se hicieron en una cámara anecoica y en un gimnasio reverberante. A los oyentes se les solicitó anotar la localización de la imagen sonora reproducida según las distintas técnicas. La localización para ambos casos, cámara anecoica y habitaciones reverberantes, se promediaron, dando los resultados expresados en la Figura (b).

Puesto que los resultados pueden variar bajo condiciones de escucha diferentes, esta información es más bien indicativa que definitiva. Para distintos oyentes, la percepción de los efectos en estéreo es también diferente, por lo que sus propias percepciones pueden no coincidir exactamente con la nuestra. Con todo, la Figura permite comparar una técnica con otra.

La anchura orquestal de 90° que hemos usado es arbitraria. La verdadera anchura varía con el tamaño del conjunto y con la distancia micrófono-fuente. Si la anchura orquestal es más de 90°, la cobertura estereofónica conseguida con todas estas técnicas es más ancha que la mostrada en la Figura (b).

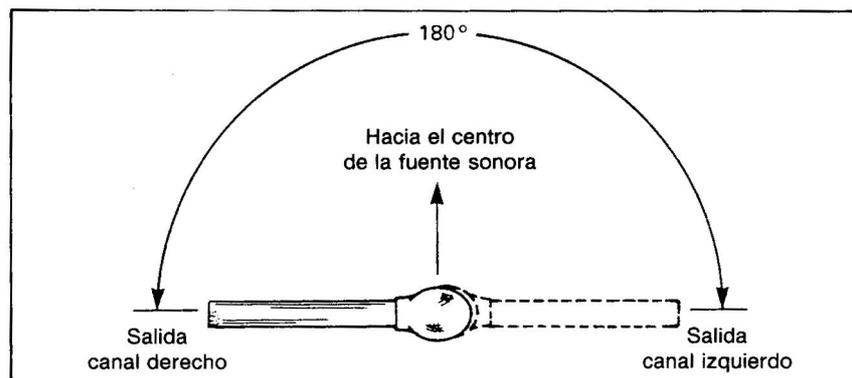
Cuanto más cerca esté una configuración de micrófonos al conjunto, mayor será la anchura orquestal vista por el par de micros, y por lo tanto, más ancha será la cobertura estéreo (hasta el límite del espaciamiento entre altavoces).

#### 8.4.2 - EJEMPLOS DE TÉCNICAS COINCIDENTES

Normalmente, las configuraciones basadas en el uso de cardioides coincidentes, suelen proporcionar una cobertura estéreo carente de espacialidad. Las imágenes sonoras correspondientes a altas frecuencias no son óptimas porque no hay diferencias de tiempo entre canales. También, cuando los micrófonos se colocan en ángulo, reciben gran parte del sonido fuera de eje. Muchos micrófonos tienen coloración fuera de eje (diferente respuesta en frecuencia en el eje que fuera de él). Las técnicas coincidentes son mono-compatibles: la respuesta en frecuencia es la misma en mono que en estéreo ya que no hay diferencias de fase o de tiempo que puedan causar cancelaciones de fase entre los dos canales cuando se mezclan para obtener el mono.

#### 8.4.2.1 - Cardioides coincidentes con ángulo de 180°

Parece razonable dar un ángulo de 180° a dos micrófonos cardioides coincidentes para conseguir la mayor cobertura de estéreo (como se ilustra en la Figura). Sin embargo, los sonidos que llegan directamente de frente alcanzan cada micrófono con un ángulo de 90° con respecto al eje. La respuesta en frecuencia de algunos micrófonos para esta orientación es débil a las altas frecuencias, dando un sonido apagado a los instrumentos del centro de la orquesta. Además, con esta configuración, la reverberación reproducida se sitúa en los extremos izquierdo y derecho.

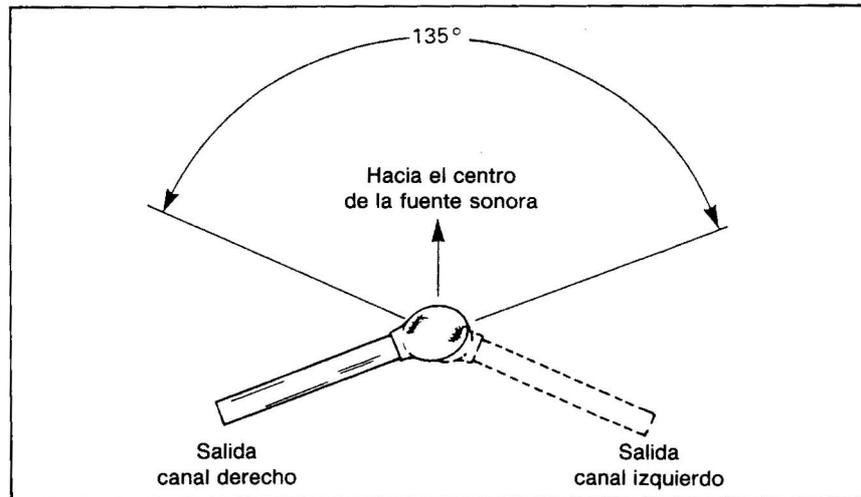


Cardioides coincidentes con ángulo de 180°.

#### 8.4.2.2 - Cardioides coincidentes con ángulo de 120° a 135°

Para alcanzar un mejor compromiso entre respuesta en frecuencia y cobertura amplia del estéreo, un ángulo de 120° a 135° entre micrófonos puede ser una buena

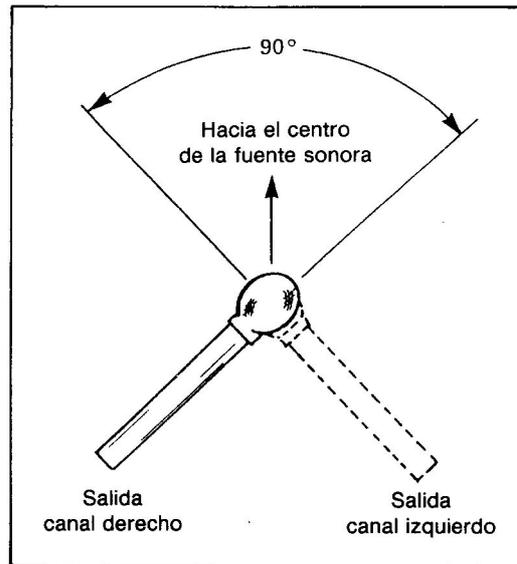
elección. Un ángulo de  $120^\circ$  proporciona una cobertura uniforme de la reverberación entre altavoces, mientras que un ángulo de  $135^\circ$  da una cobertura estéreo un poco más ancha. Estos ángulos son usuales cuando no se desea la máxima cobertura estéreo de la fuente. Para una cobertura más ancha, se puede usar un par casi-coincidente o uno espaciado. Sin embargo, el ángulo descrito de  $135^\circ$  puede dar una cobertura estéreo total siempre que la anchura orquestal o ángulo de la fuente sea de  $150^\circ$ .



Cardioides coincidentes con ángulo de  $135^\circ$ .

#### 8.4.2.3 - Cardioides coincidentes con ángulo de $90^\circ$

Situando dos cardioides con una angulación de  $90^\circ$  se reproduce la mayor parte de la reverberación en el centro. Esto produce una anchura de escena estrecha, a menos que el conjunto rodee el par de micros en semicírculo (ángulo de fuente de  $180^\circ$ ).



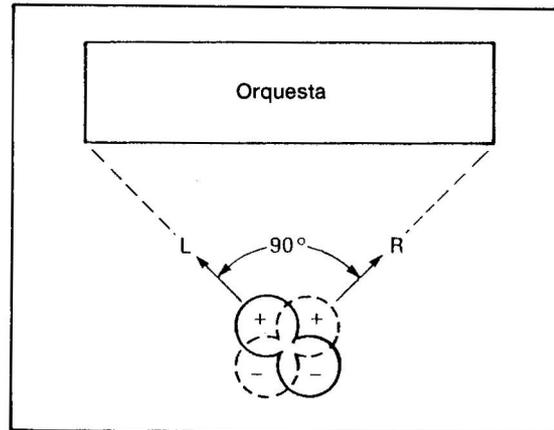
Cardioides  
coincidentes con ángulo de  
90°.

#### 8.4.2.4 - Técnica de Blumlein o estereosónica (bi-direccionales coincidentes con ángulo de 90°)

Esta técnica, como se ha mencionado, proporciona una localización muy precisa. Además, de acuerdo con las pruebas de escucha, también proporciona una imagen definida, una fina sensación de profundidad, y la cobertura de reverberación más uniforme posible a través de la escena en estéreo reproducida. Con respecto a otras técnicas, ésta es la que produce un foco más nítido de la imagen percibida (a excepción de los sistemas ecualizados espacialmente).

Recordemos que el diagrama bidireccional tiene un lóbulo posterior de polaridad opuesta al frontal. Si la fuente sonora está a más de 45° del centro (por ejemplo, hacia el lado izquierdo), se está captando por el lóbulo frontal izquierdo y por el lóbulo posterior derecho. Esto produce información en contrafase entre canales, lo que proporciona una localización vaga. Por esta razón, los micrófonos deberían apuntar a los extremos izquierdo y derecho del conjunto musical. Esto evita que las fuentes sonoras estén fuera del límite de 45°. Sin embargo, esta limitación fija la distancia del micrófono a la fuente. No se puede ajustar esta distancia para variar el sentido de la perspectiva, a no ser que también cambie el ángulo entre los micrófonos, o el tamaño del conjunto musical.

Técnica  
Blumlein o estereosónica  
(bidireccionales  
coincidentes cruzados a  
90°).

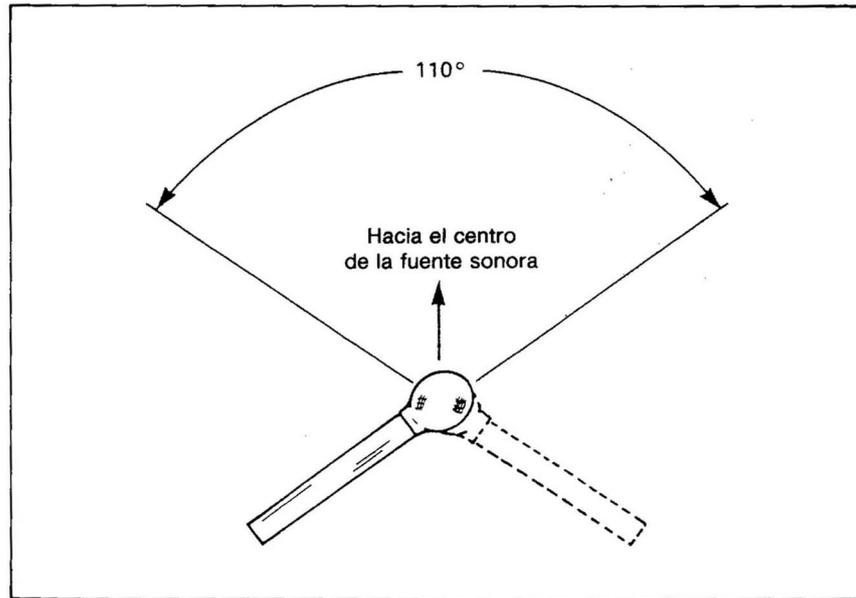


Otro inconveniente, que encontramos al utilizar la técnica Blumlein, es que los micrófonos captan una gran cantidad de reverberación. Si situamos el par de micrófonos cerca del conjunto para aumentar la relación señal directa/reflejada, la cobertura del estéreo puede hacerse excesiva y los instrumentos del centro se verán enfatizados. Además, los instrumentos de los lados del conjunto se reproducirán con las señales de ambos canales en contrafase, por lo que no aparecen localizados.

La técnica Blumlein funciona bien en un habitáculo ancho con mínimas reflexiones de paredes, y donde no se presentan señales fuertes en los lados del par estéreo.

#### 8.4.2.5 - Hipercardioides con ángulo de 110°

La utilización de micrófonos con diagrama polar hipercardiode colocados con una angulación de 110° proporciona una buena precisión en la localización. Las pruebas de escucha revelan imágenes nítidas y una espacialidad muy buena. Esta configuración tiene la región en fase más ancha de las que poseen una buena espacialidad. El estrecho diagrama polar hipercardiode permite una colocación más distante que con cardioides cruzados. Como principal inconveniente, los micrófonos hipercardioides tienden a tener una peor respuesta en bajas frecuencias, aunque esta situación se puede corregir mediante una correcta ecualización.



Hipercardioides con ángulo de 110°.

#### 8.4.2.6 - Micrófonos de cañón X Y

Para propósitos específicos se pueden cruzar dos micrófonos de cañón en una configuración X Y con sus diagramas coincidentes. Para evitar una separación exagerada, el ángulo entre micrófonos debe ser pequeño. El posicionamiento de la imagen, con micrófonos de cañón de mano es inestable, por lo que este método sólo se recomienda para fuentes sonoras estacionarias o micrófonos estacionarios.

Otra técnica coincidente es la Media-Lateral (M-S), que se verá con detalle más adelante en este capítulo.

#### 8.4.3 - EJEMPLOS DE TÉCNICAS CASI-COINCIDENTES

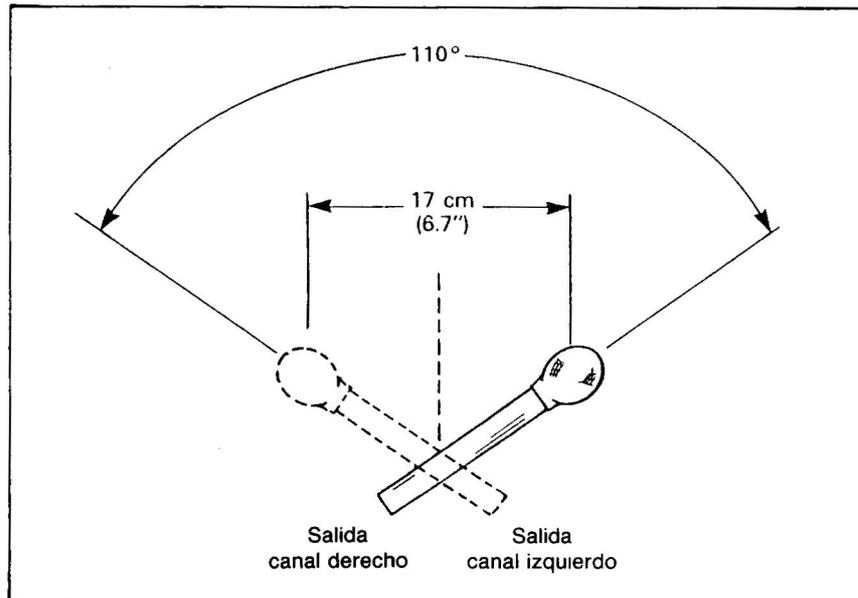
Las técnicas casi-coincidentes producen una cobertura más ancha del estéreo que las coincidentes para el mismo ángulo entre micrófonos. Si partimos de una técnica coincidente, y vamos separando los micros algunos centímetros, la cobertura del estéreo aumentará. Los métodos casi-coincidentes también tienen más espacialidad y

profundidad. Esto se debe a las relaciones aleatorias de fase (baja correlación) entre canales a altas frecuencias.

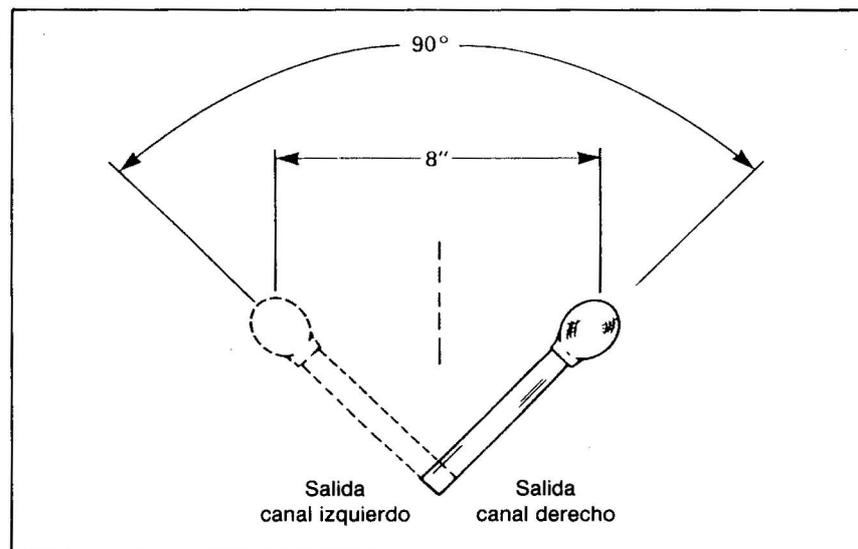
Estos métodos no son mono-compatibles; si se combinan ambos canales en mono, hay caídas en la respuesta en frecuencia que se producen por cancelaciones de fase y puesto que los micros se colocan con un cierto ángulo, la fuente sonora se puede reproducir con coloración cuando la captación es fuera del eje.

#### **8.4.3.1 - Sistema ORTF, cardioides con ángulo de 110° separados horizontalmente a 17 cm**

Las pruebas de escucha revelan que la utilización de dos micros cardioides separados 17 cm y con un ángulo de 110° (técnica ORTF, sistema de la Organización Francesa de Radiodifusión), y la configuración separada a 20 cm. y con ángulo de 90°, son propicias para conseguir buena precisión en la localización. De acuerdo con las pruebas de escucha llevadas a cabo por Cari Ceoen, el sistema ORTF resultó ser el preferido sobre otras técnicas de captación de sonido en estéreo, representando el mejor compromiso entre precisión de la localización, finura de la imagen sonora, equilibrio de la escena y calidez del ambiente.



Sistema ORTF. Cardioides con ángulo de  $110^\circ$  separados a 17 cm. (6.7").



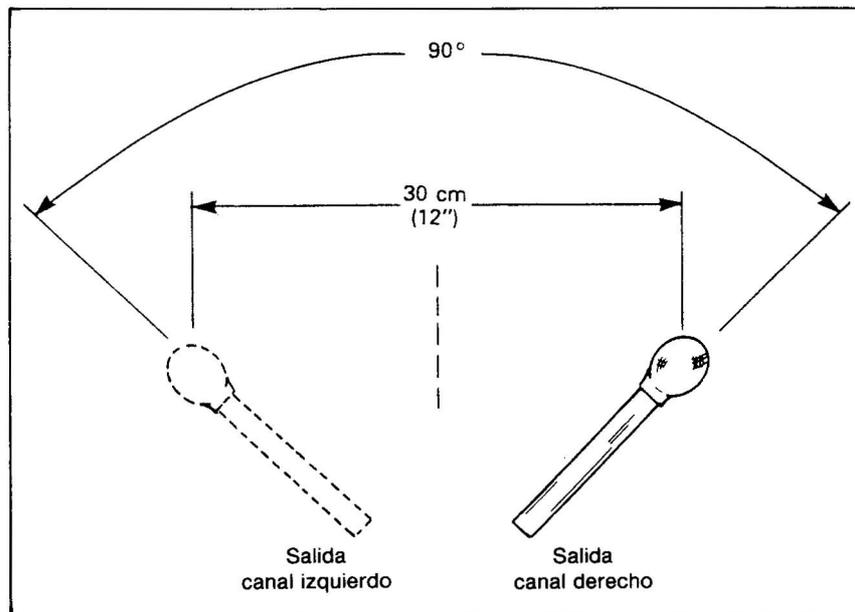
Cardioides con ángulo de  $90^\circ$ , separados a 8 pulgadas (20 cm.).

Se eligió la separación de 17 cm. porque produce la mejor estabilidad de imagen para los movimientos de cabeza, asumiendo un ángulo entre altavoces de  $\pm 30^\circ$ . El ángulo de  $110^\circ$  se eligió porque proporcionaba la mayor precisión y situación de la imagen sonora, cuando se usa una separación de 17 cm. Si el ángulo entre micros es menor de  $110^\circ$ , la escena sonora será estrecha y no se repartirá en todo el espacio entre

altavoces; si el ángulo es mayor de  $110^\circ$ , la imagen del centro se tornará débil (efecto de agujero en el medio).

#### 8.4.3.2 - Sistema NOS: cardioides con ángulo de $90^\circ$ y separación horizontal de 30 cm (12")

Este sistema fue propuesto por la Fundación de la Radiodifusión Holandesa. Puesto que la separación en este sistema excede del de la configuración de  $90^\circ$  de angulación y 20 cm. de separación, tiene una cobertura del estéreo ligeramente más ancha, con más información en diferencias de fase.



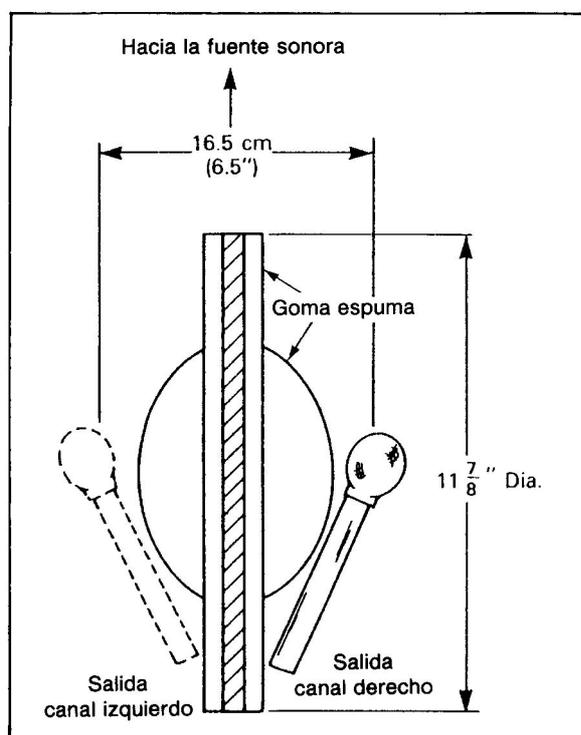
Sistema NOS. Cardioides con ángulo de  $90^\circ$  y separación de 30 cm. (12").

#### 8.4.3.3 - OSS (Señal estéreo óptima o disco Jecklin)

La técnica OSS utiliza dos micrófonos omnidireccionales espaciados 16,5 cm. y con un disco de 28 cm. de diámetro entre medias. El disco es duro y está cubierto por un material absorbente para reducir el nivel de las reflexiones (Figura ). Al sistema OSS se

le podría llamar binaural, ya que como el sistema del oído humano usa dos “micrófonos” omnidireccionales separados por un obstáculo (la cabeza).

Para frecuencias por debajo de los 200 Hz, ambos micrófonos reciben la misma amplitud, y la configuración actúa como micrófonos omnidireccionales muy poco espaciados. A medida que aumenta la frecuencia, el disco se convierte más en una barrera al sonido, haciendo que la configuración sea cada vez más direccional. En las altas frecuencias la configuración actúa como dos micrófonos sub-cardioides casi-coincidentes con ángulo de 180°.



Sistema OSS o disco Jecklin. Consta de dos micrófonos omnidireccionales separados a 16,5 cm. (6,5") y con un disco intercalado entre ambos de 28 cm. (11  $\frac{7}{8}$ ") de diámetro cubierto de gomaespuma.

Como los dos canales reciben el mismo nivel de señal a bajas frecuencias, la localización estéreo sólo puede apoyarse en la separación de las cápsulas, lo que produce retardos dependientes de la dirección. Pero, de acuerdo con Griesinger, esta distribución de los retardos no permite crear imágenes localizables por debajo de los 500 Hz. Si esta estimación es cierta, el sistema OSS sólo localiza eficazmente por encima de 200 Hz.

De acuerdo con su inventor “la imagen estéreo es casi espectacular, y el sonido es rico, completo y claro”. “Parece ser superior a cualquier otro método de grabación”.

La plenitud del sonido se debe probablemente al uso de micrófonos de condensador omnidireccionales, que tienen una buena respuesta a las bajas frecuencias.

Las pruebas de escucha muestran que la cobertura estéreo con el OSS para una anchura orquestal de 90° es algo estrecha. Pero, como el sistema usa micrófonos omnidireccionales, normalmente se sitúan cerca del escenario, donde la anchura angular del conjunto actuante es grande. Esto da como resultado una cobertura estéreo más ancha. La unidad no es compatible con mono.

#### 8.4.4 - EJEMPLOS DE TÉCNICAS DE PARES ESPACIADOS

Los oyentes sometidos a las pruebas de escucha coincidieron en que los métodos con pares espaciados dan imágenes relativamente vagas y difíciles de localizar para fuentes que estén fuera del centro. Estos métodos son útiles cuando se quiera difundir imágenes para efectos especiales. Las configuraciones espaciadas dan una agradable sensación de espacialidad. Esto se produce artificialmente por las relaciones de fase aleatorias entre canales, y por las polaridades opuestas a varias frecuencias.

Las técnicas con pares espaciados no son mono-compatibles: cuando se combinan ambos canales en mono aparecen picos y valles en la respuesta en frecuencia del sonido directo. Este efecto puede ser o no audible, puesto que la reverberación alcanza a los micrófonos desde cualquier ángulo, y todo ángulo de incidencia sonora se relaciona con un diagrama de cancelación de fase distinto. La reverberación convierte en aleatorias a las frecuencias de esas cancelaciones, por lo que el efecto es menos audible.

La utilización de pares espaciados proporciona diferencias de fase extremas entre los canales, lo cual puede producir dificultades de cortes de grabación, debido al exceso de modulación vertical en la grabación, causado por las componentes fuera de fase. Por otra parte, estas configuraciones son relativamente grandes y difíciles de manejar.

La principal ventaja de la configuración espaciada es que permite el uso de micrófonos de condensador omnidireccionales, que tienen una mejor respuesta a las bajas frecuencias que los micrófonos direccionales. Esto quiere decir que la calidad tonal es más cálida y completa en los bajos. Por supuesto, se pueden ecualizar los micrófonos direccionales para tener una respuesta plana en las bajas frecuencias a una determinada distancia.

Otra ventaja es que el área de escucha para un buen estéreo es más ancha que con las técnicas de par coincidente. El par espaciado contrarresta el desequilibrio o el retardo que se produce cuando el oyente se sienta fuera del centro.

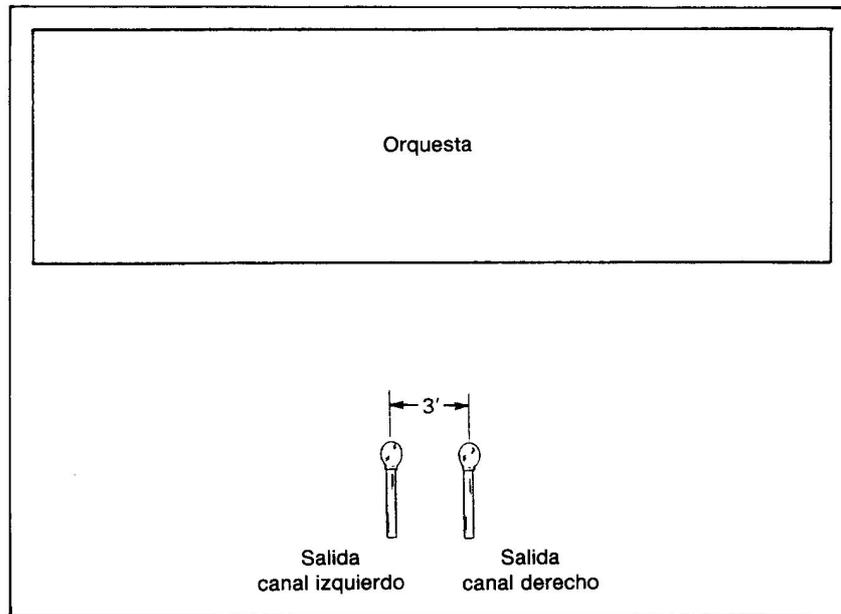
La flauta, como muchos otros instrumentos, tiene nullos en su diagrama de radiación, que varían con la nota tocada. Y por ello, un micro de par espaciado puede captar una nota con bajo nivel, mientras que el otro lo puede hacer con un nivel alto, con lo que la imagen sonora puede variar según la nota tocada. Sin embargo, un micro puede captar notas que el otro pierda. Nuestros oídos poseen la misma habilidad, debido a su separación. De esta forma el par espaciado ofrece un potencial de mejor fidelidad (no se pierden notas) al precio de cierta pérdida direccional de la imagen.

Se pueden usar cardioides u otros diagramas unidireccionales en una configuración espaciada para reducir la captación de reverberaciones de sala. Esos diagramas, sin embargo, tienden a tener peor respuesta en bajas frecuencias que los omnidireccionales. Los bidireccionales tienen una coloración fuera del eje muy baja.

#### **8.4.4.1 - Omnidireccionales espaciados a 91 cm.**

Este método proporciona bastante precisión de localización, pero con una imagen pobremente enfocada para fuentes fuera del centro. Una separación de 60 cm. daría mejor precisión a la localización. Como los micrófonos omnidireccionales se deben situar relativamente cerca del escenario para obtener una relación señal

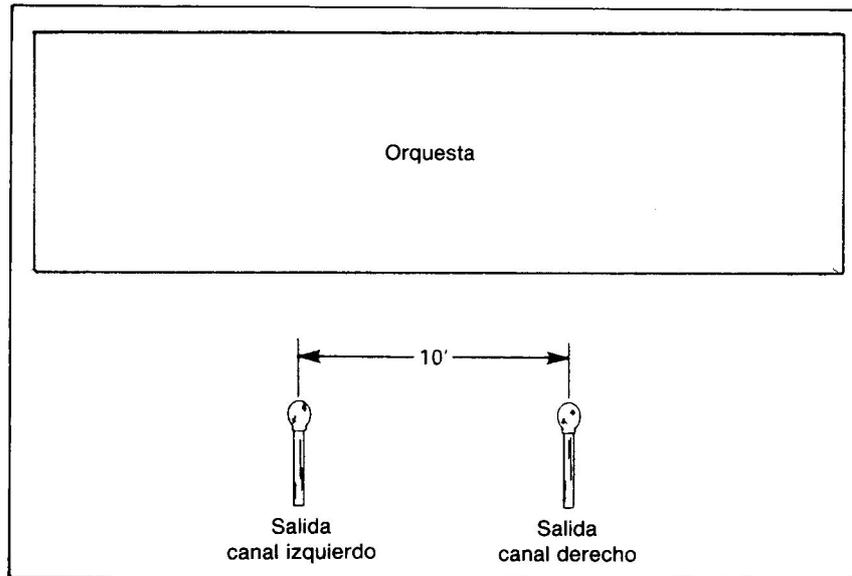
directa/reflejada aceptable, esta configuración es apropiada para sobre-enfatizar los instrumentos del centro.



Micrófonos omnidireccionales espaciados a 3 pies (91 cm.).

#### 8.4.4.2 - Omnidireccionales espaciados a 3 m.

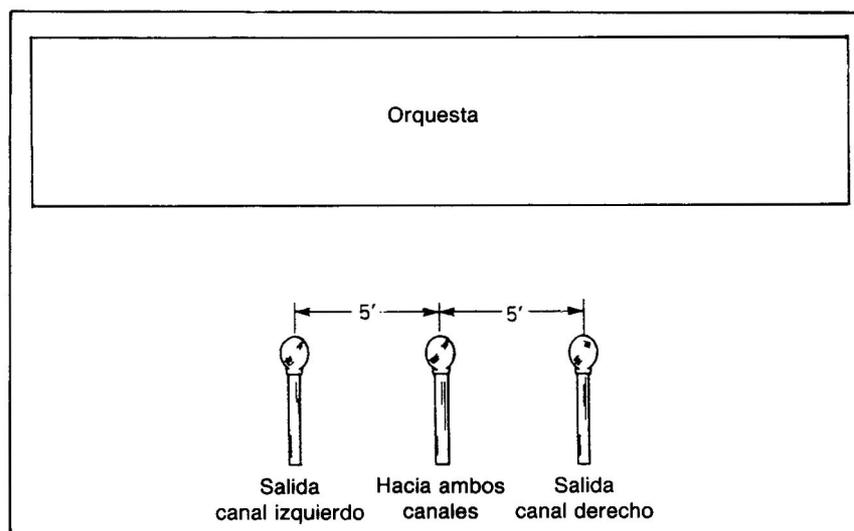
Esta separación proporciona una cobertura de la orquesta más uniforme (mejor balance). Sin embargo, espaciamientos mayores de 91 cm. producen un efecto de exagerada separación: los instrumentos que están ligeramente fuera del centro se reproducen totalmente a la derecha o a la izquierda. Esto disipa el mito de que los micrófonos separados podrían llegar a estarlo tanto como los altavoces de reproducción. Los instrumentos que estén directamente en el centro del escenario se siguen reproduciendo exactamente entre los dos altavoces.



Micrófonos omnidireccionales espaciados a 10 pies (3 m.).

#### 8.4.4.3 - Tres omnidireccionales espaciados a 1,50 m. ( 3 m. de extremo a extremo)

Con este método se sitúa un tercer micrófono entre los otros dos, mezclándolo aproximadamente al mismo nivel, y alimentando de forma equilibrada a los dos canales. Esto reduce la separación estéreo, mientras mantiene la cobertura de la orquesta. El foco de las imágenes sonoras y la mono-compatibilidad son bastante buenas.

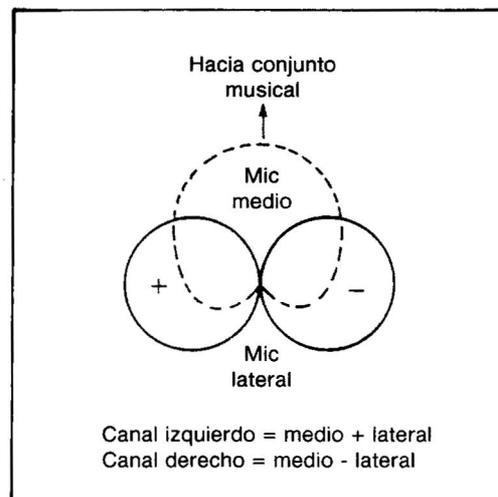


Tres micrófonos espaciados a 5 pies (1,50 m.).

## 8.4.5 - OTRAS TÉCNICAS DE PARES COINCIDENTES

## 8.4.5.1 - MS (Medio-Lateral: Mid-side)

Este sistema se compone de una cápsula microfónica dirigida hacia el centro de la escena que proporciona la señal “media”, más una cápsula bidireccional “lateral” apuntando a los lados de la misma. Estas cápsulas son coincidentes y en ángulo recto (como se muestra en la Figura). La cápsula “media”, en general, es cardioide, aunque puede presentar cualquier otro patón polar.



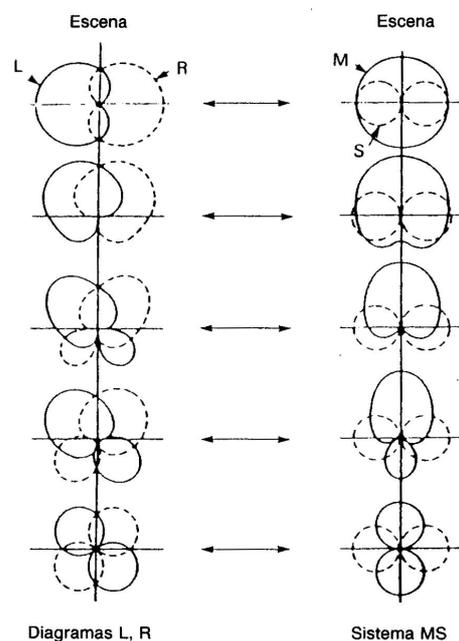
Mediante una sencilla matriz las salidas de ambas cápsulas se suman para producir el canal izquierdo y se restan para obtener el derecho. Esta operación provoca la creación de dos diagramas polares virtuales y angulados:

$$M+S=L \quad M-S=R$$

Supongamos una configuración en la que la cápsula “media” es omnidireccional y la “lateral” es bidireccional. Supongamos también que ambas tienen igual sensibilidad. Cuando sumamos los dos diagramas obtenemos un cardioide apuntando 90° a la izquierda. Y cuando se restan (los sumamos con polaridades opuestas) obtenemos un cardioide que apunta 90° a la derecha. De forma análoga, si el micrófono

medio-lateral (M-S) presenta una cápsula “media” bidireccional es equivalente a dos figuras de ocho cruzadas a 90° (técnica Blumiein).

Algunos micrófonos estéreo tienen diagramas polares conmutables. Cambiando el diagrama de la cápsula cambia el diagrama y el ángulo de los diagramas polares virtuales. Cuanto más direccional sea el micrófono “medio”, más direccionales serán los diagramas suma y resta virtuales. Consecuentemente, se puede cambiar la distancia aparente, desde la fuente sonora, cambiando el diagrama medio.



**Fig. 8.14 : Diagramas direccionales equivalentes para un sistema MS, con diagrama medio variable.**

La técnica M-S dual utiliza dos micrófonos M-S, uno situado muy próximo a la fuente sonora para captar imágenes nítidas, y otro más alejado, a unos 10-15 m para obtener ambiente y profundidad.

#### - MATRIZ M-S

Las salidas M y S del micrófono se conectan a un decodificador o matriz M-S. Este decodificador usa transformadores de suma y resta, o un circuito activo, para sumar y restar las señales M y S. La salida de la matriz es una señal de canal derecho y

la otra de izquierdo. La matriz nos permite controlar la relación señal “media”- señal “lateral”. Variando la relación entre ellas, se cambia el diagrama polar, y el ángulo de las cápsulas virtuales izquierda y derecha. Esto varía también la captación estéreo y la relación entre la señal directa y la reflejada. Si aumentamos la señal “lateral”, la captación estéreo se hace ancha y el ambiente aumenta, como muestra la Figura. Se considera que la relación óptima de M/S al comienzo debe ser aproximadamente 1:1.

Es posible sustituir la matriz M-S por una mesa de mezclas. Como se muestra en la Figura, se da panorámica a la señal M hacia el centro y a la señal S la introducimos en dos entradas con polaridad invertida en una de ellas. Ha mesas que disponen de inversores de fase, pero es posible realizar esta operación invirtiendo las conexiones de las patillas 2 y 3 en uno de los cables de micrófono. Introducimos panorámica en las señales S, que están fuera de fase (con polaridad opuesta), completamente a la izquierda y a la derecha. Así, podemos variar la relación media/lateral con el par de “faders” de los micrófonos.

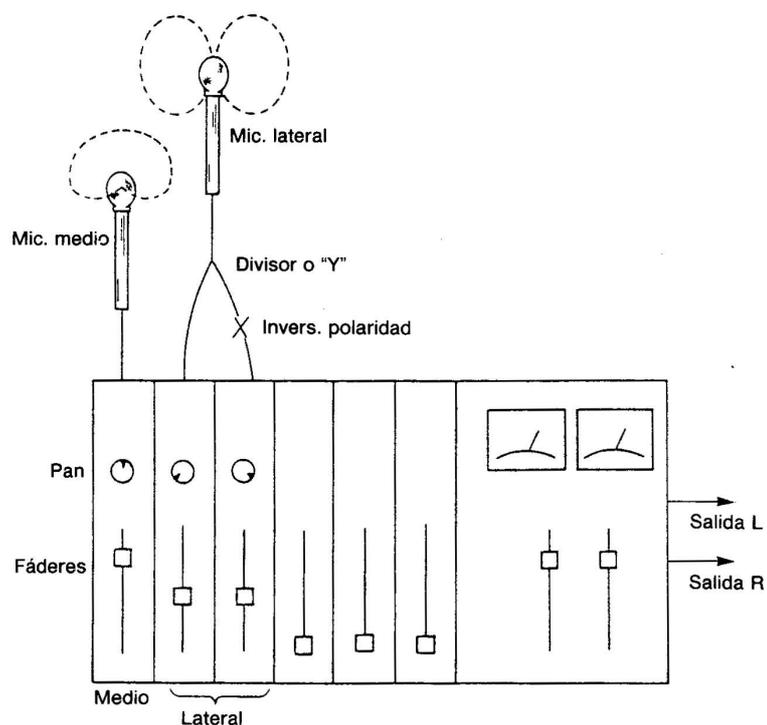


Fig. 8.15 : Esquema de utilización de una mesa de mezclas como matriz MS.

### - VENTAJAS DEL MS

Una de las mayores ventajas que puede proporcionar el sistema M-S es que podemos controlar la cobertura estéreo de forma remota. Esta característica es especialmente útil para conciertos en directo, donde no se puede cambiar la posición de los micrófonos durante el mismo.

Si grabamos las señales M y S directamente en un grabador de 2 pistas durante el concierto, podemos después, reproducirlo a través de una matriz y ajustar la cobertura estéreo. En la post-producción podemos variar esta relación desde muy estrecha (mono) a muy ancha. Mientras grabamos el concierto, monitoramos las salidas de la matriz pero no las grabamos.

El método MS tiene es completamente mono-compatible. Si sumamos los canales izquierdo y derecho para obtener una señal mono, se obtiene la salida de la cápsula “media” orientada al frente. Esto se ve en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Izquierdo} = (M + S)$$

$$\text{Derecho} = (M - S)$$

$$\text{Izquierdo} + \text{Derecho} = (M + S) + (M - S) = 2M$$

Es como si tuviéramos un micrófono separado para la grabación mono. Por esta razón la captación realizada por un micrófono MS suena menos reverberante en mono que en estéreo, lo cual, es deseable para la audición en mono.

### - DESVENTAJAS DEL MS

Las críticas dirigidas al sistema MS hacen referencia a una falta de calidez, intimidad y espacialidad. Sin embargo, Griesinger mantiene que una grabación MS se puede hacer más espacial dando un refuerzo escalonado a las bajas frecuencias de 4 dB (+2 dB a 600 Hz) en la señal “lateral” o L-R, con un corte también escalonado y complementario en la señal “media” o L+R.

Otra desventaja en la técnica MS es la necesidad de utilizar una matriz descodificadora, lo cual es un equipamiento más a tener en cuenta. Aunque es posible, como se ha comentado, utilizar una mesa de mezclas o grabar directamente las señales M-S y procesarlas posteriormente.

Cuando las señales de un micrófono estéreo MS se mezclan para obtener mono, la señal resultante procede sólo de la cápsula media. Si el diagrama de esta cápsula es cardioide, las señales correspondientes a las fuentes sonoras del extremo izquierdo y del extremo derecho estarán atenuadas. De esta forma, el balance será distinto para estéreo y para mono.

#### **8.4.5.2 - Micrófono de campo sonoro Calrec**

Este micrófono de diseño británico es una elaboración del sistema M-S. Su configuración presenta cuatro cápsulas cardioides muy próximas dispuestas en un tetraedro y dirigidas hacia afuera. Sus salidas están corregidas en fase para hacer que las cápsulas parezcan perfectamente coincidentes.

Las salidas de cápsula se llaman señales de formato-A. Estas se matrizan electrónicamente para producir:

- una componente omnidireccional (la presión sonora).
- una componente vertical de gradiente de presión.
- una componente izquierda-derecha de gradiente de presión.
- una componente de “proa-popa” de gradiente de presión.

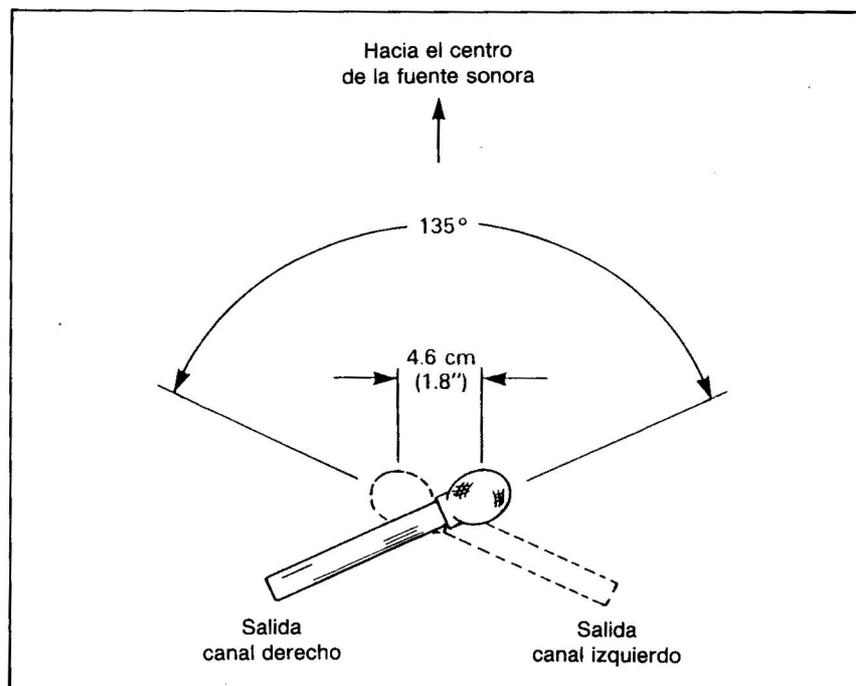
Estas señales de formato-B se pueden a su vez procesar y convertir en señales estéreo, cuadrafónicas o ambisónicas. Las señales ambisónicas incluyen información de altura, proa y popa e izquierda y derecha. Con un control remoto, el usuario puede ajustar los diagramas polares, acimut (rotación horizontal), elevación (inclinación vertical), dominio (distancia aparente) y ángulo (cobertura estéreo).

Como inconvenientes señalemos el alto precio del sistema de micrófonos y que, además, requiere un complejo circuito matriz. Aun así, es el mejor micrófono del mundo para grabación espacial.

#### 8.4.6 - OTRAS TÉCNICAS CASI COINCIDENTES

##### 8.4.6.1 - Sistema Estéreo 180

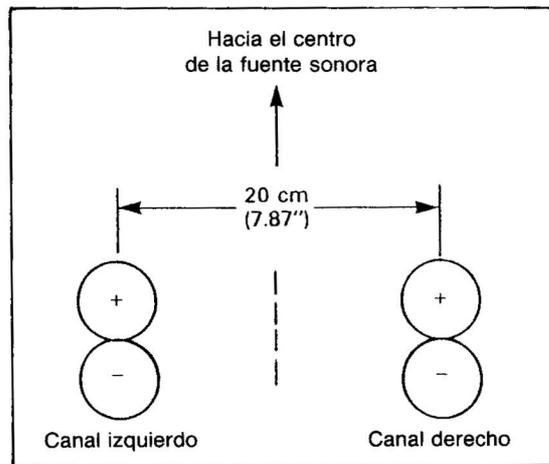
Otro método casi coincidente es el Sistema Estéreo 180 desarrollado por Lynn T. Olson. Usa dos micrófonos con diagramas hipercardioides angulados a  $135^\circ$  y espaciados a 4,6 cm. horizontalmente. Los diagramas hipercardioides tienen los lóbulos posteriores con polaridad opuesta, lo cual crea la ilusión de que la reverberación producida viene tanto de los lados de la sala de escucha como de entre los altavoces. Se estima que la precisión de la localización y del foco de la imagen conseguida son muy buenas.



Sistema Estéreo 180. Micrófonos hipercardioides angulados a  $135^\circ$  y espaciados a 4,6 cm. (1,8").

##### 8.4.6.2 - Sistema de configuración en fase de Faulkner

Este método inventado por Tony Faulkner usa dos micrófonos bidireccionales con los ejes de máxima captación dirigidos hacia delante, paralelos y espaciados 20 cm.



Sistema de configuración en fase de Faulkner. Dos figuras en ocho espaciadas a 20 cm. (7,87").

El plano de máxima diferencia de recorrido coincide con el nulo del diagrama polar direccional de los micrófonos. Como los micrófonos están dirigidos hacia delante, es posible situarlos más lejos del conjunto musical, para conseguir un mejor balance.

Faulkner dice que esta configuración no es mono-compatible en teoría, pero no ha presentado problemas en la práctica.

Faulkner indica la posibilidad de añadir un par de micrófonos omnidireccionales separados 60 a 91 cm. franqueando las figuras de ocho. Estos "omnis" añaden espacialidad ambiental.

#### 8.4.6.3 - Sistema híbrido casi-coincidente de par espaciado

Este sistema utiliza una combinación de métodos casi coincidentes y par espaciado. Un par cuasi-ORTF se sitúa a unos 1,20 m. detrás del director de la orquesta y de 2,74 a 3,35 m. de altura. Este par se halla flanqueado por dos "omnis" separados de 3,65 a 4,87 m. El par ORTF proporciona una imagen nítida y profunda, mientras que el par espaciado añade anchura a las cuerdas. Como el par espaciado usa micrófonos omnidireccionales, la reproducción de las bajas frecuencias es excelente.

Se sitúa un segundo par estéreo a unos 9,14 m. detrás del par principal para captar la reverberación de la sala. A los instrumentos de viento de madera se les capta frecuentemente con un par desde arriba y también se pueden añadir micros de acentuación para solistas, arpa, celeste y otros instrumentos, si se considera necesario.

### 8.5 - CONFIGURACIONES DE MICRÓFONOS DE CONTORNO EN ESTÉREO

Utilizándose micrófonos de contorno es posible conseguir excelentes grabaciones en estéreo. Este capítulo explica las características de varias configuraciones de micrófonos de contorno.

Es posible trabajar con micrófonos de contorno en configuraciones de par espaciado, par coincidente o par casi-coincidente.

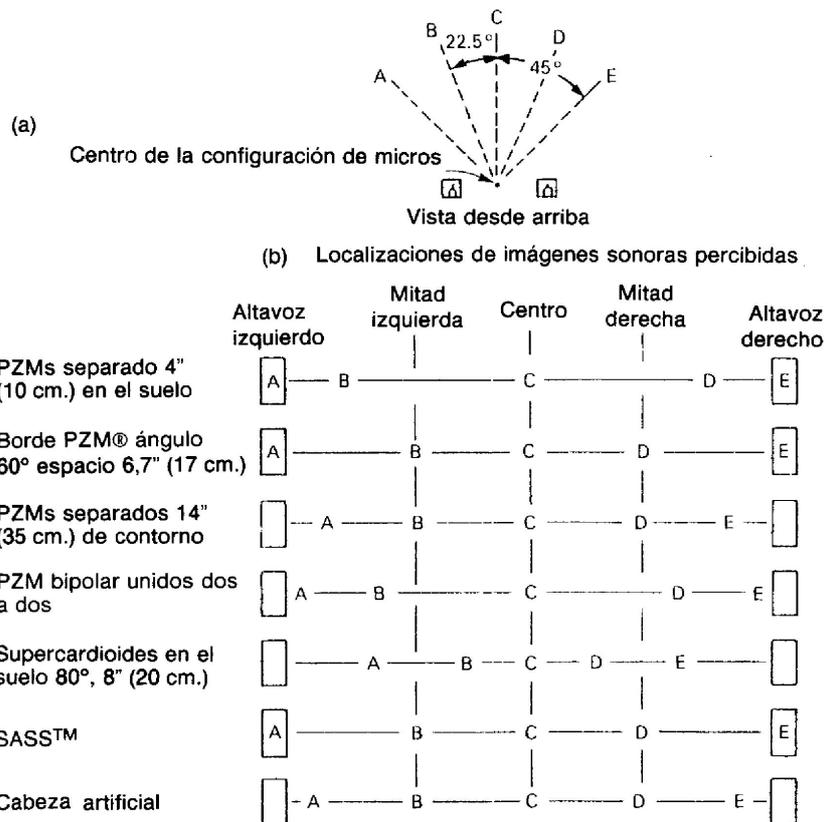


Fig. 8.16 : Configuraciones de micrófonos de contorno.

Los micrófonos de contorno se pueden situar directamente sobre el suelo o pueden elevarse por encima del suelo. Explicaremos varias técnicas de estéreo que usan ambos métodos.

### 8.5.1 - TÉCNICAS DE MONTAJE SOBRE EL SUELO

El montaje de micrófonos de contorno sobre el suelo tiene varias ventajas:

- Se eliminan las cancelaciones de fase debidas a las reflexiones de sonido procedentes del suelo.
- El montaje sobre el suelo proporciona la mejor respuesta en baja frecuencia para los micrófonos de contorno.
- Los micrófonos son muy fáciles de situar.
- Los micrófonos son casi invisibles.

En el caso de usar una configuración de micrófonos de contorno situados en el suelo para grabar una orquesta, la señal proveniente de los instrumentos de la primera fila se captará con un nivel demasiado alto con relación a las de los demás instrumentos, debido a su relativa proximidad al micrófono. Los grupos musicales con poca profundidad entre la parte de delante y la de detrás, como por ejemplo los grupos de cámara, de jazz o solistas, pueden resultar los mejores para aplicar este sistema.

### 8.5.2 - TÉCNICAS DE MONTAJE DE MICRÓFONOS DE CONTORNO ELEVADOS

Es posible montar micrófonos de contorno en configuraciones de estéreo que precisan de micrófonos direccionales, para ello es preciso conseguir que un micrófono de contorno omnidireccional sea direccional. Esto se consigue montando el micrófono PZM sobre un panel (contorno). Después se puede elevar el micrófono/panel sobre el suelo para grabar grandes orquestas. El panel provoca que el micrófono rechace los sonidos procedentes de la parte posterior del contorno. De los sonidos que se aproximan

a la parte posterior del panel, las bajas frecuencias son poco rechazadas y las altas frecuencias mucho.

Un contorno pequeño convierte al micrófono en direccional sólo a las altas frecuencias. Las bajas frecuencias se difractan o curvan alrededor de un contorno pequeño como si no existiera. Cuanto mayor sea el conjunto del contorno, más direccional será el micrófono a lo largo de la banda audible. Cuanto mayor sea el contorno, más baja es la frecuencia a la que el micrófono se hace direccional.

Los contornos crean distintos diagramas polares a distintas frecuencias. A frecuencias medias, el diagrama polar se convierte en cardioide. A frecuencias altas, el diagrama polar se aproxima a un hemisferio.

### 8.5.3 - SISTEMA DE MUESTREO DE UN AMBIENTE ESTÉREO

Este sistema es una marca registrada bajo la denominación inglesa de “Stereo Ambient Sampling System” (SASS). Consta de un micrófono de condensador estéreo que usa tecnología de micrófonos de contorno. Su diseño permite conseguir la creación de imágenes sonoras de estéreo altamente localizadas para la reproducción sobre altavoz o auricular. Se trata de una configuración mono-compatible y casi coincidente.

Para cada canal se monta una cápsula de micrófono omnidireccional muy cerca de un contorno aproximadamente de 12,7 cm. cuadrados. Los dos contornos forman un ángulo a izquierda y derecha del centro. La difracción del sonido de cada contorno en conjunción con una barrera de goma espuma entre las cápsulas, crea un diagrama polar direccional a altas frecuencias. Los diagramas se dirigen a izquierda y derecha del centro, a semejanza de una configuración casi-coincidente. Las cápsulas se separan a una distancia equivalente a la existente entre oídos, 17cm.

Los diagramas polares de los contornos y el espaciamiento entre las cápsulas se han elegido para proporcionar la creación de imágenes sonoras que se perciben como naturales.

La barrera de goma-espuma o baffle entre las cápsulas, limita la intermodulación acústica, entre los dos lados a frecuencias más altas. Aunque las cápsulas de los micrófonos están separadas, existe poca cancelación de fase cuando ambos canales se combinan para obtener la señal mono a causa del efecto de sombreado del baile. Esto es, aunque existen diferencias de fase entre los canales, hay diferencias de amplitud extremas (causadas por el baffle) que reducen las cancelaciones de fase en monofónico.

### **- Respuesta en Frecuencia del SASS**

Podría esperarse que el SASS presentase una respuesta pobre de baja frecuencia porque tiene contornos pequeños. Sin embargo, mantiene una respuesta plana hasta las bajas frecuencias. La razón es la siguiente: como las cápsulas son omnidireccionales por debajo de 500 Hz, sus salidas a bajas frecuencias son de igual nivel. Estas salidas se suman en la escucha de estéreo, lo que origina una elevación de 3 dB en el nivel percibido a bajas frecuencias. Esto contrarresta de forma efectiva con 3 dBs a los 6 dBs de caída que normalmente se experimentan en las bajas frecuencias con contornos pequeños.

Además, cuando el micrófono se usa en un campo de sonido reverberante, el nivel efectivo de baja frecuencia se eleva otros 3 dB porque el diagrama es omnidireccional a bajas frecuencias y unidireccional a altas frecuencias.

A bajas frecuencias resulta pues, todo compensado, y por tanto la respuesta efectiva de frecuencia es uniforme desde 20 Hz a 20 Khz. De acuerdo con el fabricante, este efecto se puede demostrar con una prueba de escucha A-B comparando el balance tonal del SASS con el de los micrófonos omnidireccionales de respuesta plana. Se consigue una tonalidad idéntica para las bajas frecuencias.

### **- Mecanismos de Localización en el SASS**

De manera análoga a la cabeza artificial, el SASS localiza imágenes sonoras por medio de las diferencias de tiempo y espectro entre canales. El mecanismo de localización varía con la frecuencia:

- Por debajo de 500 Hz, el SASS capta los sonidos de igual forma en ambos canales, pero con un retraso dependiente de la dirección entre los canales.
- Por encima de 500 Hz, la localización SASS se debe a una combinación de diferencias de tiempo e intensidad. La diferencia de intensidad aumenta con la frecuencia.

### **-Ventajas y Desventajas del SASS**

El SASS presenta diferentes características que le hacen superior en ciertos aspectos a las configuraciones de micrófono en estéreo convencional. Estas son:

- Comparado con un par coincidente, el SASS tiene una mejor respuesta en baja frecuencia y más “aire” o espacialidad.
- Comparado con un micrófono en estéreo, el SASS cuesta mucho menos aunque es relativamente más grande.
- Comparado con un par casi-coincidente, el SASS tiene una mejor respuesta a bajas frecuencias. También, es igualmente mono-compatible, tiene aproximadamente la misma respuesta en frecuencia en mono que en estéreo.
- Comparado con un par espaciado, el SASS ofrece una creación de imagen sonora más nítida y con menos diferencias de fase entre los canales. También, el SASS, sobre un soporte de micrófono sencillo es más pequeño y más fácil de situar que los micrófonos convencionales sobre dos o tres soportes.

- Comparado con la cabeza artificial usada en la grabación binaural, el SASS es menos notable, proporciona una respuesta más plana sin ecualización, proporciona una direccionalidad hacia adelante, y es más compatible. Su localización binaural no es tan buena como la de la cabeza artificial.

El SASS se podría llamar sistema casi binaural porque usa muchos de los mecanismos de localización de la cabeza artificial.

## **8.6 - TÉCNICAS BINAURALES Y TRANSAURALES**

En este apartado se tratará la grabación binaural mediante una cabeza artificial (dummy head). La cabeza artificial está provista de un soporte de micrófono montado en cada oído. Se puede grabar con estos dos micrófonos y reproducir la grabación mediante auriculares. Este proceso es capaz de recrear las posiciones angulares de los intérpretes originales y su entorno acústico con un realismo apasionante.

También se estudiará el estéreo transaural que es una reproducción, mediante altavoces, de grabaciones binaurales especialmente procesadas para proporcionar sonido ambiente (surround sound) con sólo dos altavoces altos y frontales.

### **8.6.1 - LA GRABACIÓN BINAURAL Y LA CABEZA ARTIFICIAL**

La grabación binaural (dos oídos) se basa en la utilización de una cabeza artificial o cabeza maniquí (dummy head). Es un modelo de cabeza humana que posee un micrófono montado en cada oído. Estos micrófonos captan el sonido que llega a cada oído. Una vez grabadas estas señales, al reproducir la grabación mediante auriculares, el oído escucha los sonidos que originalmente estaban presentes en la cabeza artificial.

La grabación binaural basa su funcionamiento en las siguientes premisas:

- Cuando se escucha una fuente de sonido natural proveniente de cualquier dirección, la entrada a nuestros oídos está formada por dos señales unidimensionales cuyo sonido presiona nuestros tímpanos.
- Si se consiguiera recrear, en los tímpanos del que escucha, las mismas presiones que existían en la escucha “en directo”, se podrá reproducir la experiencia original de escucha, que incluye la información direccional y la reverberación.

La grabación binaural con reproducción sobre auricular es el método más espacialmente exacto de los conocidos. La recreación de las posiciones angulares de la fuente de sonido y del ambiente de la sala es asombrosa. A menudo, los sonidos se pueden reproducir alrededor de toda la cabeza delante, detrás, encima, debajo, etc. A uno se le puede engañar y hacer creer que está escuchando un auténtico instrumento que suena en la sala de audición.

Pero la utilización de la cabeza artificial presenta algunos inconvenientes: la cabeza artificial es restrictiva y limita su uso a las grabaciones de conciertos en directo, no es mono-compatible y es relativamente cara.

#### **8.6.1.1 - Su funcionamiento**

Una cabeza artificial capta el sonido de forma similar a como lo hace una cabeza humana. La cabeza supone un obstáculo para las ondas sonoras en el margen de frecuencias medias a altas. En el lado más alejado de la cabeza con respecto a la fuente sonora, el oído se encuentra en una sombra acústica: la cabeza bloquea las altas frecuencias. A la inversa, en el lado de la cabeza orientado hacia el sonido, el oído recibe un mayor nivel en el margen de frecuencias medias a altas.

Los pliegues del pabellón de la oreja (oído externo) también afectan a la respuesta en frecuencia, reflejando los sonidos dentro del canal del oído. Estas

reflexiones se combinan con el sonido directo, originando cancelaciones de fase (nulos en la respuesta) a ciertas frecuencias.

El tímpano en un oyente humano se encuentra dentro del conducto auditivo, que forma un tubo resonante. La resonancia del canal auditivo no cambia con la dirección de la fuente sonora, por tanto, el canal auditivo no aporta indicaciones de localización. Por esta razón, se omite dicho canal en la mayoría de las cabezas artificiales. Generalmente, el diagrama del micrófono se monta casi a nivel con la cabeza.

En resumen: la cabeza y el oído externo provocan crestas y valles en la respuesta en frecuencia del sonido recibido. Estas varían según el ángulo de incidencia del sonido y la posición angular de la fuente sonora. La respuesta en frecuencia de una cabeza artificial es distinta para direcciones diferentes. Podría decirse que la cabeza y el oído externo actúan de forma semejante a un ecualizador dependiente de la dirección.

Cuando las señales de los micrófonos de la cabeza artificial se reproducen sobre auriculares, se escuchan las mismas diferencias interaurales que recogió la cabeza artificial. Esto crea la ilusión de imágenes sonoras localizadas donde estaban las fuentes originales.

Físicamente, una cabeza artificial es una configuración casi-coincidente que usa micrófonos de contorno. La cabeza es el contorno, y los micrófonos se montan a nivel en este contorno. La cabeza y los oídos externos crean diagramas direccionales que varían con la frecuencia. La cabeza espacia los micrófonos unos 17 cm. Algunas cabezas artificiales incluyen unos hombros o un torso, para ayudar a la localización frontal/posterior de la escucha, pero también pueden degradarla en una grabación o reproducción binaural.

Los micrófonos en una configuración casi coincidentes son direccionales, para todas las frecuencias y no usan baffles entre ellos. Al contrario, los micrófonos de una cabeza artificial son omnidireccionales para las bajas frecuencias y unidireccionales para las altas (debido al efecto baffle de la cabeza).

La cabeza artificial debe ser tan sólida como la cabeza humana, con objeto de atenuar el sonido que pasa a través de ella.

### **8.6.1.2 - Localización dentro de la cabeza**

En algunas ocasiones las imágenes sonoras se escuchan dentro de la cabeza, en vez de fuera. Una razón se debe a los movimientos de la cabeza. Cuando se escucha una fuente sonora, que está fuera de la cabeza y ésta se mueve ligeramente, se perciben pequeños cambios en las diferencias de tiempos de llegada a ambos oídos. Esto representa una clave que indica al cerebro que la fuente se encuentra fuera de la cabeza. Los pequeños movimientos de la cabeza ayudan a exteriorizar las fuentes sonoras. Sin embargo, la cabeza artificial carece de esta clave porque no se mueve.

Otra razón para la localización dentro de la cabeza: la resonancia que produce la concha del pabellón de la oreja se perturba con la mayoría de los auriculares. La concha es la gran cavidad en el pabellón de la oreja situada justo por fuera del canal auditivo. Si se ecualiza la señal del auricular para restaurar la resonancia de la concha, se oirán imágenes sonoras fuera de la cabeza.

### **8.6.1.3 - Ecualización de la cabeza artificial**

La captación realizada con una cabeza artificial (o una cabeza humana) no posee una respuesta en frecuencia plana debido a la difracción de la cabeza. Esto es debido a que la presencia de la cabeza provoca una perturbación del campo sonoro. La difracción de la cabeza y del pabellón auditivo crean una respuesta en frecuencia muy desigual, generalmente con un gran pico alrededor de 3 Khz para los sonidos frontales. Por tanto, la reproducción binaural sobre auriculares o altavoces suena tonalmente coloreada a menos que se use una ecualización a la medida. Algunas cabezas artificiales disponen de una ecualización incorporada que compensa el efecto de la cabeza.

Se han propuesto varios esquemas de ecualización:

- Ecuilización de campo difuso: compensa la respuesta media de la cabeza a los sonidos que llegan de todas las direcciones (tal como la reverberación en una sala de conciertos).
- Ecuilización frontal de campo libre: compensa la respuesta de la cabeza con respecto a una fuente sonora directamente en frente, en condiciones anecoicas.
- Ecuilización de campo libre, 10° de promedio: compensa la respuesta de la cabeza a una fuente sonora en condiciones anecoicas con un valor medio de  $\pm 10^\circ$  con respecto al centro.
- Ecuilización de campo libre con una fuente a  $\pm 30^\circ$ : compensa la respuesta de la cabeza a una fuente sonora alejada a  $30^\circ$  del centro, en condiciones anecoicas. Esta es una localización típica para altavoz estéreo.

Para proporcionar una respuesta plana desde el micrófono al oyente, la ecualización de la cabeza artificial debería ser la inversa de la respuesta en frecuencia del auricular. Por ejemplo, si se ecualiza la cabeza con una cierta atenuación a 3 Khz para tener una respuesta plana de captación, los auriculares deberían producir un realce equivalente de imagen a 3 Khz.

#### **8.6.1.4 - Creación de imágenes con altavoces**

La grabación realizada mediante una cabeza artificial, cuando se reproduce sobre altavoces, puede sonar tan bien, como una grabación normal en estéreo, con una reproducción superior de la posición angular, altura, profundidad y ambiente de sala. Pero suena mejor sobre auriculares. Las imágenes sonoras en las grabaciones binaurales principalmente están delante y arriba cuando se escucha con altavoces; sin embargo, proceden de todas las partes cuando se escucha con auriculares.

La reverberación es mayor si se escucha sobre altavoces que sobre auriculares, debido a un fenómeno llamado supresión de la reverberación binaural. Por esta razón, es importante monitorar las grabaciones de la cabeza artificial con auriculares y altavoces.

Una cabeza artificial debe situarse bastante próxima al conjunto musical para conseguir una relación adecuada de sonido directo a reverberante sobre los altavoces. Esta colocación conduce a una separación exagerada del estéreo con un agujero en el centro. Sin embargo, la imagen sonora del centro se puede hacer más sólida resaltando el margen de presencia sonora mediante una ecualización adecuada.

### 8.6.2 - EL ESTÉREO TRANSAURAL

Los oídos necesitan sólo dos canales para oír el sonido ambiental y por tanto, debería ser posible producir este efecto con sólo dos altavoces. Y así es, a este proceso se le denomina estéreo transaural.

El estéreo transaural convierte señales binaurales de una cabeza artificial en señales de sonido ambiente que se oyen sobre dos altavoces. Cuando se hace correctamente, el oyente puede escuchar los sonidos de cualquier dirección alrededor de la cabeza con sólo dos altavoces altos y frontales.

#### 8.6.2.1 - Cómo funciona el estéreo transaural

En la escucha con auriculares, el oído derecho sólo recibe la señal derecha, y el izquierdo sólo la señal izquierda. Pero cuando se escucha a través de altavoces, hay una intermodulación acústica (crosstalk) alrededor de la cabeza. El oído derecho recibe la señal no sólo del altavoz derecho, sino también la señal del altavoz izquierdo que viaja alrededor de la cabeza.

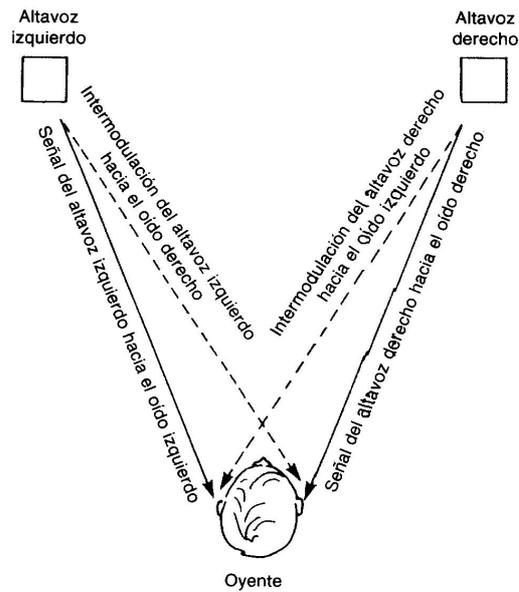
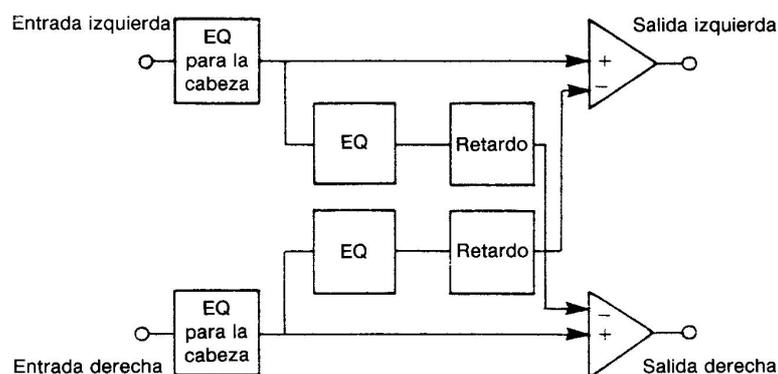


Fig. 8.17 : Intermodulación acústica en la escucha estéreo con altavoces.

El convertidor transaural cancela la señal del altavoz izquierdo que llega al oído derecho y también la señal del altavoz derecho que llega al oído izquierdo. Es decir, cancela la intermodulación acústica entre cada altavoz y el oído opuesto, de forma que el oído izquierdo sólo escucha el altavoz izquierdo, y el oído derecho al altavoz derecho. Es como si se llevara puesto unos auriculares sin la incomodidad de su uso físico. La supresión de la intermodulación se puede aplicar antes o después de la grabación.

La Figura muestra un diagrama de bloques simplificado de un supresor de intermodulación. Una señal retardada y ecualizada se introduce en el canal opuesto y se suma con polaridad contraria. Esta intermodulación electrónica cancela la intermodulación acústica que se produce durante la escucha con altavoz.



**Fig. 8.18 : Supresor de intermodulación.**

La ecualización anti-intermodulación es la diferencia en respuesta en frecuencia en los dos oídos debida a la difracción de la cabeza. El retardo es la diferencia de tiempo de llegada entre los oídos. La ecualización (EQ) y el retardo dependen del ángulo de alejamiento del centro de los altavoces que generalmente es de  $30^\circ$ .

Supongamos que queremos que sólo aparezca la señal del canal izquierdo en el oído izquierdo. Esto es, queremos cancelar el sonido del altavoz izquierdo que llega al oído derecho.

- L es la señal directa del altavoz izquierdo hacia el oído izquierdo.
- R es la señal difractada por la cabeza (ecualizada, retardada) del altavoz izquierdo hacia el oído derecho.
- -R es la señal de cancelación de intermodulación. Es una versión ecualizada, retardada e invertida de la señal L.

Las señales R y -R se añaden en contrafase (se cancelan) en el oído derecho; por lo que sólo la señal L se oye en el oído izquierdo. Obsérvese que la propia señal de cancelación es de cabeza difractada con respecto al oído opuesto, y también es necesario cancelarla.

## 8.7 - MICRÓFONOS ESTÉREO

En este apartado se incluye un listado de micrófonos estéreo comerciales que proporciona información de las características normalmente disponibles. Respecto a las especificaciones de los micrófonos en estéreo, es preciso tener en cuenta las definiciones siguientes:

- Sensibilidad máxima lateral (side-fired). El eje de máxima sensibilidad se encuentra en ángulo recto con el eje longitudinal del micrófono, por lo que se sostendrá el micrófono verticalmente.

- Sensibilidad máxima axial. El eje de máxima sensibilidad es el mismo que el eje longitudinal del micrófono. Éste se dirigirá al centro de la fuente de sonido.

- AKG C34. Micrófono de condensador de gran diafragma para grabación MS o XY: pueden seleccionarse nueve diagramas de forma remota; una cápsula es fija, la otra es rotatoria en 180°. Máxima sensibilidad lateral.

- AKG C-422. Micrófono de condensador de gran diafragma para grabación MS o XY: selección de nueve diagramas de forma remota; una cápsula fija, la otra rotatoria en 180°. Máxima sensibilidad lateral.

- AKG C-522 ENG: Micrófono de condensador con dos cápsulas fijas para grabación XY de noticias, deportes, etc. Máxima sensibilidad axial.

- AKG C-426B “Comb”: Micrófono estéreo con dos cápsulas de condensador, con diafragmas gemelos, uno sobre el otro, para uso en MS o XY; tiene tres diafragmas más seis pasos intermedios; incluye interruptor de bajo corte, atenuador y montaje antichoques. Máxima sensibilidad lateral.

- AMS/Calrec Soundfield Microphone: Micrófono para sonido de campo. Usa cuatro cápsulas dispuestas en tetraedro, con matriz de fase para conseguir buena coincidencia. Control remoto del diagrama polar, acimut (rotación horizontal), elevación (panorámica vertical) y dominancia (movimiento adelante/atrás). Salidas separadas para estéreo y Ambisónico (3-D), sonido ambiente (surround). Sensibilidad máxima lateral. Bastidor volante y cable de cabeza de 20 metros.

- AMS Calrec ST 250: Micrófono de condensador estéreo-coincidente con salidas MS o L/R, diagramas polares variables, atenuador y control angular. Incluye una unidad de control estéreo separada, operada por pilas internas o con energía fantasma. Sensibilidad máxima axial o lateral.
  
- AT 825 XY: Micrófono estéreo de Audio Technica; filtro paso alto, alimentación a pilas o fantasma. Sensibilidad máxima axial.
  
- MC 742 Beyerdynamic: Micrófono XY o MS con cápsula superior rotatoria y diagramas polares ajustables por control remoto; atenuador de 10 dB y filtro de corte bajo. Sensibilidad máxima lateral.
  
- SASS-P PZM Crown: Micrófono estéreo. Dos PZMs situados con un espaciamiento equivalente a la distancia entre oídos sobre contornos en ángulo; par casi coincidente. Grabación compatible con mono, ENG, etc. Sensibilidad máxima axial.
- SASS-B Crown: De conformación similar al SASS-P; montaje estéreo de contorno para micrófonos de estudio de bajo ruido Bruel & Kjaer 4006.
  
- M22RP Fostex Mid-Side: Micrófono M-S con diafragmas de cinta impresa; no precisa fuente de energía. Tres salidas: cardioide medio, cardioide lateral derecha y cardioide lateral izquierda; caja de transformador incluida con salidas a derecha e izquierda. Preferentemente para uso en exteriores, tomas deportivas y monitorización en auditorios al aire libre. Sensibilidad máxima lateral.
  
- M20RP Fostex Mid-Side: Micrófono lateral/medio en versión de menor coste que el M22RP; prescinde de la matriz y dispone de un cable a tres vías. Sensibilidad máxima lateral.

- OSS Disk de Josephson Engineering (Jecklin Disk): Utiliza dos micrófonos omnidireccionales de respuesta a presión espaciados a 16 cm y separados por un disco con amortiguamiento acústico de 30 cm de diámetro; usa diferencias espectrales y de tiempo para localizar imágenes en estéreo. Sensibilidad máxima axial.
  
- C-622 OSS-II de Josephson Engineering: Micrófono de condensador de contorno estéreo. Versión de contorno del disco OSS. Usa dos micrófonos de contorno espaciados a 16 cm y separados por un disco plástico semicircular recubierto de material absorbente; usa diferencias de tiempo y de espectro para localizar imágenes sonoras.
  
- SCH-Disco de Josephson Engineering (Disco Schneider): Nueva versión del disco OSS con linealidad de fase mejorada y reproducción mediante baffles de foam hemisféricos entre micrófonos y disco.
  
- Stereo-Q de Josephson Engineering: cuatro cápsulas cardioides montadas en XY. Tiene cuatro señales discretas que salen a una unidad de matriz estéreo para producir las señales de salida de-recha e izquierda. El ángulo de X puede ajustarse para tomar posiciones de 60°, 90° ó 120° para captación XY estrecha, normal o ancha. Ofrece posibilidad MS y captación de ochos cruzados. Sensibilidad máxima lateral.
  
- SM69 Fet de Neumann: micrófono MS/XY estéreo dual con diagramas polares conmutables con control remoto; la cápsula superior puede girarse con respecto a la inferior hasta 270°. Sensibilidad máxima lateral.
  
- USM 69 i de Neumann: como el anterior USM SM69 fet, pero con diagramas polares conmutables en el propio micrófono, con lo que se elimina la necesidad de nuevos controles. Sensibilidad máxima lateral.

- Sistema RSM 190S de Neumann: micrófono de cañón estéreo MS, usa como elemento medio un cañón corto y una cápsula bidireccional para elemento lateral. Las salidas M y S alimentan un amplificador de matriz MTX 190S para control remoto del ancho del estéreo (relación media/lateral). Sensibilidad máxima axial.
- RSM 191S de Neumann: desarrollo reciente del RSM 190S.
- Pearl TL4: dos cardioides adosados en sentido opuesto para grabación XY. Sensibilidad máxima axial.
- Pearl MS2: micrófono medio/lateral con matriz MS interna; dispone de salidas derecha e izquierda. Sensibilidad máxima axial.
- Pearl MS-8: Micrófono medio lateral sin matriz interna MS; tiene salidas media y lateral. Sensibilidad máxima axial.
- 33-2012 (Realista) de Radio Shack: micrófono estéreo XY; alimentación a pilas, salidas no equilibradas de 600 ohmios. Estéreo ancho o normal conmutable. Sensibilidad máxima axial.
- 33-1065 (Realista) de Radio Shack: micrófono estéreo casi coincidente, con angulación ajustable; a pilas con salidas no equilibradas de 600 ohmios. Sensibilidad máxima axial.
- CMS-2 MS de Sanken: Micrófono de condensador estéreo; unidad manual pequeña y ligera para TV, películas y música. Elemento medio cardioide y elemento lateral bidireccional. Sensibilidad máxima axial.

- CMS-7 MS de Sanken: Micrófono de condensador portátil estéreo; para radiodifusión y películas; precisa de matriz externa. Diagramas polares de ángulo fijo. El modelo CMS-7 tiene una unidad media cardioide. El CMS-7H tiene una unidad media hipercardioide. Sensibilidad máxima axial.
- CMS-9-MS de Sanken: Micrófono de condensador portátil de estéreo. Semejante al CMS-7 pero con matriz interna, por lo que no precisa de cajas externas. Salida derecha/izquierda o MS, ángulo fijo para los diagramas polares. Sensibilidad máxima axial.
- MSTC 34, 44 y 54 de Schoeps: Micrófono gemelo estéreo. Dos cápsulas de condensador cardioide permanentemente anguladas a  $110^\circ$  y espaciadas a 17 cm. (sistema ORTF). Sensibilidad máxima axial.
- CMTS 501 U de Schoeps: Micrófono estéreo de intensidad para grabación MS o XY. La cápsula superior puede girarse hasta  $360^\circ$  y se usa para el canal 2, la cápsula fija es para el 1. Cada diagrama de cápsula es seleccionable en el micrófono entre: omnidireccional, cardioide o bidireccional. Sensibilidad máxima lateral.
- VP88 Shure: Micrófono MS con salidas en estéreo o MS, control de ancho de estéreo en el micrófono; conmutador de filtro paso alto. Sensibilidad máxima axial.
- ECM 979 de Sony: Micrófono de condensador electret MS con ancho de estéreo interno ajustable. Sólo energía por pilas de 1,5 V; salidas derecha e izquierda con cable del tipo XLR dual. Sensibilidad máxima axial.
- ECM-MS5 de Sony: Micrófono condensador electret MS, de poco peso para trabajos de campo; tiene ancho de estéreo interno ajustable, conmutador de filtro paso alto,

energía por pilas AA o fantasma, además ofrece de forma opcional energía CC. Salidas derecha e izquierda con cable tipo XLR dual. Sensibilidad máxima axial.