

## Direccionalidad binaural

La comunicación inalámbrica abre las puertas a un enfoque totalmente novedoso en los sistemas multi micrófono direccionales

### Introducción

Phonak presume del honor de ser el inventor de la tecnología multi micrófono en audífonos. En la década de los 90, los audífonos con la tecnología de micrófono direccional AudioZoom ya establecieron nuevos estándares en claridad verbal cuando hay ruido en el ambiente. Tras la aparición en el mercado de los audífonos digitales, todos los fabricantes adoptaron la tecnología multi micrófono que desde entonces no ha parado de evolucionar. Hoy en día, la tecnología multi micrófono se ha convertido en un sistema estándar presente en todos los audífonos. Los límites físicos específicos derivados del uso de sólo dos micrófonos han sido siempre un obstáculo para impedir al usuario disfrutar de beneficios aún mayores. En cambio, ZoomControl constituye el sistema que ha conseguido producir por primera vez nuevos modelos de micrófonos, ya que se permite el intercambio interactivo de datos entre el audífono izquierdo y el derecho. De este modo, el usuario final ya puede orientar la audición de forma selectiva: hacia la derecha, la izquierda o hacia atrás. Phonak, por su parte, ha dado otro paso importante en el desarrollo de la tecnología de micrófono direccional. Se trata de combinar nuestra capacidad exclusiva de transmisión de la señal de audio completa entre los audífonos con la funcionalidad de micrófono direccional, de modo que ahora Phonak ofrece un sistema direccional binaural que permite crear modelos de patrones direccionales de micrófono totalmente novedosos. Al utilizar el intercambio inalámbrico de audio en tiempo real, los micrófonos de ambos audífonos funcionan juntos para orientar la audición con mayor precisión en las fuentes de sonido que proceden directamente desde delante al tiempo que se minimiza el ruido que procede de todas las direcciones. El resultado es una relación señal/ruido mejorada significativamente, lo que supone una comprensión verbal en ambientes sonoros difíciles mucho mejor de lo que había sido hasta ahora.

### Orientación de la audición natural

El sistema auditivo humano es capaz de localizar numerosas fuentes de sonido acústicas aunque sólo les separe unos pocos grados. Esto se consigue porque en el oído humano hay diferencias mínimas en el tiempo de transmisión y el nivel de señal que entra en cada oído. Además, este proceso de

localización suele ser subconsciente y se puede recurrir a él para orientar la audición en determinados sonidos. Para ello, el cerebro evalúa las señales que entran desde todas las direcciones por su importancia aparente y según un análisis del ambiente auditivo. En función de los resultados de esta evaluación, se resaltan o se suprimen determinados sonidos. Cuando existe una pérdida auditiva, este mecanismo se ve interrumpido y pierde eficacia lo que provoca una mayor dificultad en la localización de las fuentes de sonido y la supresión del ruido del ambiente cuando se procesan las señales acústicas en el oído interno y en el cerebro. La tecnología moderna trata de recuperar estas capacidades pero, al no poder intervenir en el oído interno ni en el cerebro, su funcionamiento se basa en resaltar las señales que se consideran importantes al tiempo que se suprimen otras irrelevantes o incluso molestas.

En el caso de los audífonos, la tecnología multi micrófono constituye el método más significativo y eficaz para diferenciar las señales deseadas de las molestas. Para ello, se sirve de la actitud habitual de mirar en la misma dirección de la señal de audio que se desea oír. Al conectar las características direccionales de los dos micrófonos, se suelen resaltar las señales que proceden desde delante y se suprimen las que vienen de otras direcciones.

### Los límites de los sistemas de doble micrófono

Los sistemas de doble micrófono sencillos presentan límites específicos que las leyes de la física imponen. En la ilustración 1 se muestran varias características posibles de un sistema de dos micrófonos. La gama de posibilidades direccionales o de patrones polares va desde una característica omnidireccional pura hasta una forma de ocho. En el caso de los audífonos, la orientación principal siempre es hacia delante si omitimos el patrón con forma de ocho que no se suele utilizar. Sólo hay una única dirección principal y la sensibilidad con la que el audífono reacciona en cada dirección no es muy precisa. El resultado es que, además de las señales que proceden directamente desde delante, también se incluyen con eficacia las que se encuentran en un ángulo hacia delante de aproximadamente +/- 60°. Según sea el ambiente sonoro, esto no siempre es lo deseable.

Para superar este fenómeno, el haz debe ser más estrecho y sensible, lo que se puede conseguir con una mayor distancia entre los dos micrófonos.

No obstante, esta estrategia también tiene sus inconvenientes porque las cajas de los audífonos actuales tienen un tamaño muy reducido. También han sido infructuosos los intentos de aumentar el número de micrófonos conectados en serie a pesar de que pueden crear un haz más estrecho. Si bien es cierto que esta conexión genera en un principio nuevas características direccionales, lo complicado es que sólo se puede conseguir con sistemas de micrófonos direccionales de segundo orden.

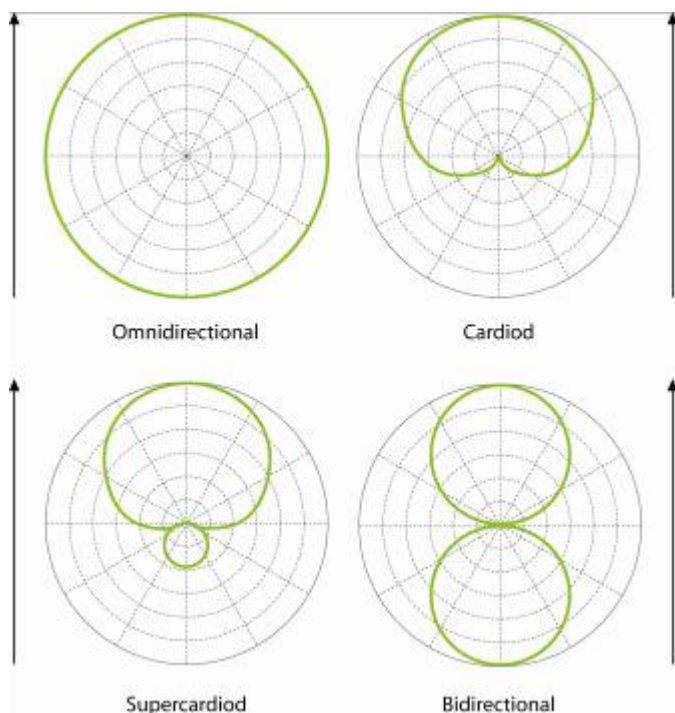


Ilustración 1: Diagramas polares que muestran los modelos de micrófono teóricos que se pueden lograr continuamente con el uso de dos micrófonos.

### El efecto del "orden"

Un micrófono direccional único también se denomina "micrófono de primer orden". Por motivos físicos, un micrófono direccional funciona con sensibilidad dependiente de la frecuencia, lo que significa que transmite las frecuencias más bajas con menos eficacia que las más altas. La sensibilidad baja 6 dB por octava cuando cae la frecuencia; si no se corrige, el sonido puede ser suave o ligero debido a una transmisión de graves deficiente. El ajuste de la respuesta en frecuencia como compensación eleva el nivel de ruido interno que puede provocar problemas, en especial cuando las señales de entrada son apenas perceptibles porque el ruido interno se hace audible. Los sistemas de doble micrófono suelen utilizar dos micrófonos omnidireccionales para lograr una característica direccional de primer orden. En consecuencia, los sistemas multi micrófono en los audífonos digitales funcionan de modo omnidireccional en los graves y de modo direccional en los agudos. La direccionalidad para todas las frecuencias se utiliza en algunas situaciones acústicas determinadas en las que se entiende que el nivel elevado del

ruido interno no es audible o no afecta a la inteligibilidad de las demás señales deseadas. Aunque los sistemas auditivos modernos ofrecen varios canales de frecuencia que pueden reducir al mínimo estos problemas, lo cierto es que esta solución no es satisfactoria por completo.

El desafío que presenta el ruido interno aumentado en los graves es más exagerado aún en los sistemas de micrófono direccional de un orden superior, entre los que se incluyen las disposiciones de micrófonos triples y en serie. Por ejemplo, la sensibilidad puede disminuir hasta 12 dB por octava en los graves en un sistema de micrófono triple (consulte la ilustración 2). La consecuencia es que en los audífonos con tres micrófonos, sólo dos de ellos funcionan simultáneamente en el rango de graves. El tercer micrófono sólo está activo para las señales por encima de 1 kHz.

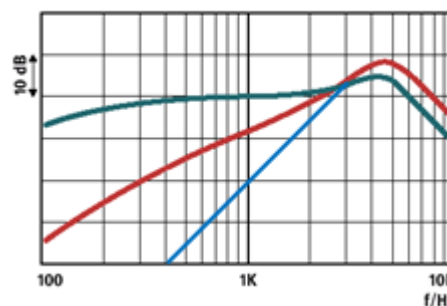


Ilustración 2: Niveles de sensibilidad de un micrófono único (línea verde), un sistema de doble micrófono (línea roja) y un sistema de tres micrófonos (línea azul).

### Características direccionales realistas

Llegados a este punto, hay que destacar que parte de esta explicación sobre la tecnología de doble/multi micrófono es sólo teórica. En el caso de un sistema de doble micrófono, las curvas teóricas mencionadas anteriormente sólo se pueden lograr en el supuesto de que el audífono no tenga ninguna obstrucción dentro de un campo de sonido libre. Los resultados obtenidos cuando se utilizan audífonos en entornos auditivos reales serán, por supuesto, diferentes. Por ejemplo, en un BTE normal el sonido entra en los micrófonos únicamente desde un lado con una interferencia relativamente pequeña. En el otro lado se encuentra la cabeza del oyente por lo que se produce un efecto de sombra (ilustración 3). El efecto neto de la difracción provocada por la sombra de la cabeza es reducido en los graves y aumenta en los agudos. Esto, en la práctica, genera que la direccionalidad sea por lo general más débil para las frecuencias más bajas.

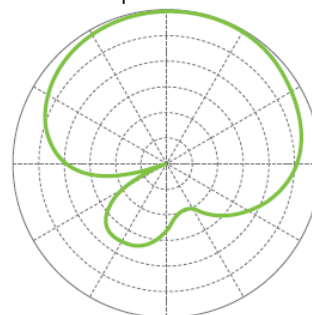


Ilustración 3: Medida de la característica del efecto sombra que provoca la cabeza en una configuración direccional.

### Desarrollos con ZoomControl

El desarrollo del sistema ZoomControl en los audífonos de Phonak ha representado un gran avance en los sistemas multi micrófono. Por primera vez, el usuario de audífonos puede elegir la orientación de la audición en otras direcciones aparte de hacia delante. ZoomControl aplica los principios de doble micrófono ya comentados pero con la particularidad de que la audición se puede orientar hacia atrás además de hacia delante. Cuando se necesita un haz hacia la derecha o hacia la izquierda en un sistema de doble micrófono, es necesario modificar la disposición de los micrófonos y colocarlos en paralelo en lugar de en serie (ilustración 4). En teoría, esto es posible con una adaptación binaural porque los micrófonos delanteros y traseros de los dos audífonos pueden conseguir esta disposición. Todo lo que queda es vincular los micrófonos entre sí que podría realizarse con tecnología de radio inalámbrica; por ejemplo, en un sistema HIBAN (Hearing Instrument Body Area Network). Si el haz debe orientarse hacia la derecha, el micrófono delantero derecho podría asumir el papel de micrófono delantero y el micrófono izquierdo el de micrófono trasero. Aunque lo parezca, esto no es tan sencillo porque en la práctica el efecto de sombra de la cabeza puede implicar que en el lado opuesto no se perciba una señal adecuada que ayude en la diferenciación. Con ZoomControl el desafío se ha enfocado de una forma algo diferente para lograr una orientación lateral eficaz.

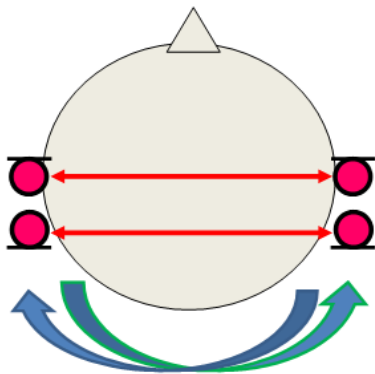


Ilustración 4: Micrófonos colocados en paralelo

Si el usuario decide utilizar ZoomControl y orienta la audición hacia la derecha, se producen varios eventos a la vez. La sensibilidad del micrófono izquierdo se ve atenuada para que no perciba señales desde la izquierda, al tiempo que el audífono derecho adopta una configuración que garantiza la mejor recepción de señal desde la derecha. Las señales recibidas en el audífono derecho se transmiten por vía inalámbrica y en tiempo real al audífono izquierdo que se encarga de amplificarlas con el modelo de ganancia del audífono izquierdo. El resultado es que el usuario final oye la señal optimizada para señales procedentes del lado derecho y amplificadas en los niveles adecuados en ambos oídos. El efecto es notable: el usuario final aprecia una orientación direccional como la que conseguiría con una direccionalidad normal pero esta orientación está dirigida al lado que ha elegido.

ZoomControl es un programa independiente que se activa a través del botón de programa integrado o del mando a distancia. Hasta ahora, el usuario final tenía que seleccionar la dirección de orientación de la audición y modificarla manualmente cuando la situación cambiaba. Ahora en cambio, en la Generación Spice, esta innovación exclusiva de Phonak ha evolucionado aún más. Así, cuando el oyente desea orientar la audición en otra dirección que no sea hacia delante, sólo necesita seleccionar el programa auto ZoomControl. Desde ahí, los audífonos seleccionan la dirección de la señal verbal dominante y ajustan la dirección de orientación cuando la fuente de la señal cambia.

### Matrices de micrófonos

En la práctica está generalizado el uso de configuraciones complejas que utilizan varios micrófonos. Estas matrices de micrófonos, junto con la tecnología informática moderna, pueden detectar y realizar el seguimiento con precisión de prácticamente todas las fuentes de sonido en movimiento. Aunque una matriz de este tipo no es viable en los audífonos, al menos sí presentan oportunidades que para los audioprotesistas y los desarrolladores de tecnología no han pasado desapercibidas. En la ilustración 5 se muestra una disposición simple en la que una persona podría "ver" acústicamente en cualquier dirección. La conexión de los micrófonos únicos (M1-M4) de un modo adecuado proporciona las direcciones Z1-Z4. Si los micrófonos M2-M4 están conectados a un micrófono "virtual" M5, también sería posible la dirección Z5. Se ve fácilmente que esta disposición de micrófonos es capaz de orientar la audición en cualquier dirección aunque, por desgracia, los límites de tamaño y espacio impiden que se pueda utilizar en audífonos.

Sin embargo, todas estas ideas conforman la base para el desarrollo de un formador de haces direccionales mejorado en audífonos. Lo cierto es que cuando hay audífonos adaptados en ambos oídos, contamos con cuatro micrófonos, así que ¿por qué no los utilizamos para desarrollar una característica direccional que suponga una mejora respecto a los sistemas actuales?

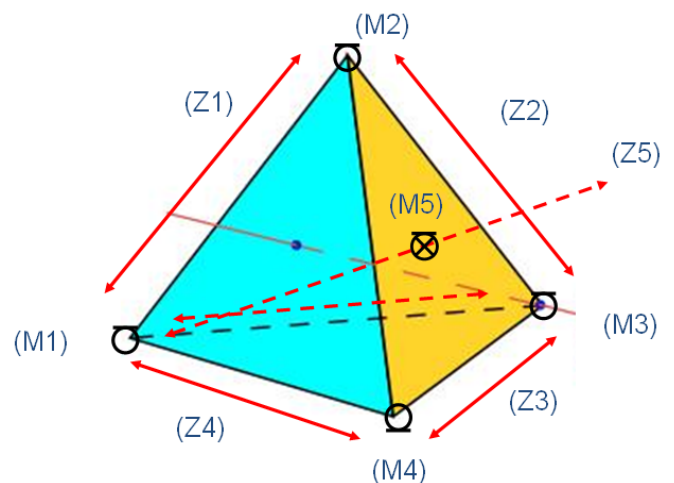


Ilustración 5: Una disposición teórica de micrófonos (m) que forman una matriz que permite una orientación precisa en cualquier dirección (z).

## **StereoZoom: la nueva matriz de micrófonos vinculados por tecnología inalámbrica**

En los audífonos, las disposiciones tridimensionales de los micrófonos no son tan importantes, ya que la mayoría de los eventos sonoros significativos suceden en el plano que nos rodea. Por último, es posible utilizar la disposición contrastada de micrófonos en audífonos que permiten la creación de características direccionales de nivel de señal. La idea fundamental que subyace en el nuevo sistema StereoZoom que Phonak ha desarrollado es el deseo de utilizar la direccionalidad que se consigue con la vinculación inalámbrica de los micrófonos de cada audífono; en otras palabras, el sistema de doble micrófono de un lado se vincula con el sistema de doble micrófono del otro lado. En la práctica, esto permite la creación de un nuevo modelo de patrones polares direccionales "más definido" que antes y que ofrece también una mejor relación señal/ruido (consulte la ilustración 6). El proceso de formación de haces en los agudos también mejora al haber más espacio entre los micrófonos. Al mismo tiempo, la configuración de máxima atenuación del haz direccional puede moverse mucho más hacia delante, en un rango de +/- 45°, de modo que se produce un haz muy estrecho y el potencial para una relación señal/ruido más favorable. En la ilustración 6 se muestra esta condición en una situación de palabra en ruido. Con un sistema de formación de haces direccionales tradicional, se amplificarían por igual a las tres personas (representadas por los iconos de boca) en el área general delante del oyente. Pero si el oyente quisiera oír sólo a uno de estos tres oradores, los otros dos molestarían si estuvieran hablando entre ellos. Gracias a StereoZoom, ahora es posible estrechar el haz y orientarlo a una sola persona, de modo que el oyente puede concentrarse en la conversación.



Ilustración 6: Los micrófonos direccionales monaurales tienen una orientación hacia delante amplia (haz gris) mientras que StereoZoom crea un haz muy orientado (verde) hacia delante para centrarse en una sola voz de entre muchas.

### **Colocación del programa**

Más de cinco años de pruebas de campo durante el desarrollo de StereoZoom han demostrado que no tiene mucho sentido integrar StereoZoom en el modo automático de los audífonos. El efecto del haz direccional muy estrecho que StereoZoom proporciona sólo es adecuado para situaciones auditivas muy específicas en las que el oyente desea centrarse en un único orador aunque haya ruido molesto alrededor. El resultado es que StereoZoom se presenta como un programa independiente que el usuario final activa cuando lo necesita, bien a través

del botón programable de los audífonos o del mando a distancia. Su uso está pensado para entornos auditivos complejos y difíciles en los que los sistemas de micrófonos direccionales tradicionales no resuelven bien las dificultades de inteligibilidad.

### **Nueva tecnología de chips**

La direccionalidad binaural con StereoZoom sólo es posible gracias a una tecnología de procesamiento avanzada y a la capacidad de transmisión inalámbrica de la señal de audio completa entre los audífonos en tiempo real que proporciona el microchip de procesamiento de audio más nuevo. StereoZoom está disponible en todos los audífonos inalámbricos de categoría premium de la Generación Spice de Phonak.

### **Resumen**

Phonak permanece en su puesto de liderazgo en el campo de la tecnología de micrófonos direccionales. Por ello, StereoZoom constituye otro hito significativo en el desarrollo de la tecnología de formación de haces direccionales que deja atrás la tecnología de micrófonos direccionales tradicional que existe en la mayoría de los audífonos. El objetivo era crear una matriz de micrófonos que además de utilizar los dos micrófonos en cada audífono de forma independiente creara una red de trabajo de micrófonos de ambos audífonos en una adaptación binaural. Todo esto, permite crear modelos de patrones polares direccionales nuevos y más estrechos que se puedan aplicar a entornos auditivos específicos y complejos. La vinculación inalámbrica de los audífonos y el intercambio de señales auditivas en tiempo real facilitan la orientación de la audición centrada en una persona concreta al tiempo que se elimina el ruido molesto que interfiere y que procede desde la parte de atrás y los laterales y ahora, por primera vez, también desde casi delante.

Esta nueva era de la formación de haces binaurales se ha hecho realidad por la sorprendente capacidad de la nueva plataforma de microchips de la Generación Spice, cuyo rendimiento supera con creces al de las plataformas actuales. StereoZoom es un programa independiente que el usuario activa cuando lo necesita, bien a través del botón programable del audífono o del mando a distancia. Ofrece una direccionalidad hacia delante mejorada y, por lo tanto, una mejora importante en la relación señal/ruido en situaciones complejas poco habituales que, hasta ahora, no tenían solución para los usuarios de audífonos.