

LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA ACTUAL APLICADA A LOS AUDÍFONOS. ¿QUÉ HAY DE NUEVO Y CUÁL ES SU APORTE?

THE CURRENT TECHNOLOGICAL REVOLUTION APPLIED TO HEARING AIDS. WHAT'S NEW AND WHAT IS THEIR CONTRIBUTION?

TM. MARCELA AGUILERA (1)

(1) Tecnólogo Médico Otorrino, Universidad de Chile. Santiago, Chile.
Audia Centro de Audiología. Santiago, Chile.

Email: marcela.aguilera@audia.cl

RESUMEN

La investigación y evolución tecnológica nos permiten contar con audífonos pequeños, ergonómicos, de estilos vanguardistas y de gran belleza estética, con elementos de amplificación y características adaptativas que logran señales con una calidad de sonido natural y con entradas de voz exaltadas, pensados en responder a la mayor queja de los usuarios: discriminar y alcanzar inteligibilidad del lenguaje en entornos ruidosos y conversaciones grupales.

La incorporación de tecnología inalámbrica en los equipos de ayuda auditiva, posibilita que el procesamiento y análisis de la señal de sonido opere de manera combinada en los dos audífonos, mejorando la percepción de direccionalidad, la reducción de ruido y la ubicación espacial de las fuentes de sonido. El objetivo de entregar una percepción auditiva cercana a la normal, busca finalmente insertar e integrar participativamente a las personas hipoacúsicas.

Palabras clave: Reducción de ruido, relación señal-ruido, realce de habla, detección 360°, conexión inalámbrica.

SUMMARY

Research and technological development, allows us to have small, ergonomic earphones, cutting-edge

styles and great aesthetic beauty, with elements of amplification and adaptive features that make signals with a natural sound quality and voice inputs exalted, designed to respond the biggest complaint from users: discrimination and achieving speech intelligibility in noisy environments and group discussions.

The incorporation of wireless technology equipment hearing aids, enables the processing and analysis of the sound signal operate combined in the two hearing aids improving the perception of directionality, noise reduction and spatial location of sound sources.

Search auditory perception deliver a close to normal, finally seeks to insert and participatory integrate hard of hearing people.

Key words: Noise reduction, signal to noise ratio, speech enhancement, detection 360°, wireless.

INTRODUCCIÓN

Durante la última década, la introducción de nuevas tecnologías ha generado un cambio drástico en nuestra sociedad, marcando una época de progreso, desarrollo e innovación.

Este desarrollo tecnológico ha trascendido en el ámbito de los audífonos, produciendo un cambio profundo en un aspecto tan sensible de la sociedad actual, como lo es la audición.

El objetivo de un audífono es resolver un déficit auditivo provocado por una lesión o disfunción de alguna de las partes o mecanismos que intervienen en el proceso de audición. El desarrollo tecnológico de los audífonos se ha enfocado especialmente en conseguir una señal de sonido lo más natural y fiel posible a la real. Sin embargo, como su objetivo es el de corregir un sistema que se encuentra alterado, sus procesos logarítmicos de amplificación deben ser capaces de resolver en sentido opuesto a la disminución de sensibilidad auditiva y distorsión de la onda de sonido registrada en el paciente, de manera de que la resultante sea una compensación de su nivel auditivo.

Sin lugar a dudas, los avances en el conocimiento de la fisiología de la audición que poseemos actualmente, ha permitido que el desarrollo tecnológico de los audífonos se enfoque en dar respuesta a las necesidades reales y exigencias a las que se ven expuestos los pacientes con hipoacusias. Actualmente, las necesidades auditivas de las personas con déficit auditivo, difieren de las que tenían nuestros abuelos o bisabuelos, pues las expectativas de vida son diferentes, el entorno social, laboral y familiar es diferente y más apremiante.

Lo anterior, ha determinado que la evolución tecnológica haya sido forzada y condicionada al logro de hitos trascendentales, tales como el procesamiento digital de la señal de sonido (DPS) y la aplicación de diferentes y más rápidos algoritmos de amplificación. Esto permitió abrir las puertas a un sinfín de posibilidades, tanto en la innovación del tamaño de los equipos así como también en la calidad de sonido resultante (1).

La capacidad de minimizar el tamaño de los audífonos fue lograda a raíz de que las industrias contaron con circuitos de amplificación cada vez más pequeños, los cuales funcionan con bajo consumo y baja tensión energética, permitiendo el uso de pilas muy pequeñas. Esto posibilitó la fabricación de audífonos que podían posicionarse completamente en espacios tan pequeños como los encontrados en el conducto auditivo externo.

Un factor importante de considerar, son los diferentes niveles tecnológicos que se pueden lograr en los audífonos, desde un nivel básico hasta uno altamente sofisticado y cuya elección al momento de la adaptación va a estar determinada por la edad del usuario, su capacidad de discriminación del lenguaje y la actividad que desempeña, entre otros. El determinar de manera adecuada el nivel tecnológico que debe poseer el audífono a adaptar, permitirá que el paciente alcance sus expectativas respecto de la comodidad y claridad auditiva, especialmente en las situaciones críticas de su diario vivir.

La adaptación de un audífono, por tanto, requiere de un profesional altamente calificado en el manejo de las características electroacústicas y tecnológicas de los audífonos, lo cual, permitirá que el paciente acceda a las mejores prestaciones de un audífono digital.

El desarrollo logrado, permitió entre otras cosas, contar con una estrategia de amplificación denominada WRDC, la cual logra reorganizar el sonido dentro del rango dinámico que presenta el paciente hipoacúsico. Esto implica que el número de canales en el cual opera, determine mejor audibilidad e inteligibilidad del lenguaje (2,3).

Lo anterior no significa necesariamente que un número mayor de canales mejorarán proporcionalmente los factores antes mencionados, pues la mejor audibilidad se logra cuando las diferentes características de comprensión se aplican a las entradas específicas por frecuencias, manejando la ganancia y salida de sonido en base al rango dinámico del paciente.

Dependiendo de las características de la curva de audición, el número de canales para lograr un nivel óptimo de audibilidad puede variar desde 4 a 8 canales.

Sin embargo, la mejoría en la audibilidad no siempre va de la mano de una mejor inteligibilidad del lenguaje. Por lo tanto, para lograr esto, se requiere de un rango de canales de 8 a 16, contando con una gama más amplia de entradas en las cuales modificar parámetros de manera específica (4).

MICRÓFONOS DIRECIONALES

Esta característica ha sido desarrollada para responder a una de las mayores dificultades que presentan las personas con algún grado de hipoacusia: **la incapacidad de entender el habla en entornos ruidosos** (12). Para ello, una de las respuestas fue la creación de **micrófonos direccionales**, los cuales dada su eficacia para mejorar la audibilidad fueron integrados masivamente en los audífonos desde el año 1990.

Los micrófonos direccionales mejoran la relación señal-ruido (SNR), la cual corresponde a la diferencia entre la intensidad del habla y el nivel de intensidad del ruido. Entre más alta sea la SNR, más baja es la intensidad del ruido ambiente y el paciente entenderá con más facilidad la señal del habla.

El sistema más usado actualmente, es el de dos micrófonos omnidireccionales, pues operan de manera automática y adaptativa (5). El sistema de doble micrófono es altamente eficiente pues cuenta con una sensibilidad idéntica para

cada frecuencia, sin embargo, el grado de direccionalidad que logren va a estar determinado por la distancia que exista entre ellos. Al existir un micrófono anterior y uno posterior, la salida de sonido del micrófono posterior se resta a la del anterior y al sumársele el retardo electrónico de la señal de salida del micrófono posterior, el resultante es una mejor relación señal ruido.

De esto se puede inferir que mientras mayor sea la distancia entre ambos micrófonos, mejor direccionalidad, siendo esta la razón por la cual no se cuenta con esta tecnología en los audífonos que se ubican completamente en el canal auditivo (CIC). Sin embargo, las mediciones realizadas en la oreja de KEMAR (*Knowles Electronic Manikin for Acoustic Research*) registra la presencia de algún grado de direccionalidad en los audífonos ITC (*In The Canal*) y CIC, pues por su ubicación espacial aprovechan la direccionalidad natural que les brindan la cabeza y el pabellón auricular (6).

Se han realizado estudios que demuestran que los micrófonos direccionales mejoran la SNR de 2 a 5 Db, determinando una mejoría en la inteligibilidad del lenguaje, debido a que reduce la captación de ruido en el radio del usuario, es decir, los provenientes de la derecha, izquierda y atrás, pues los micrófonos direccionales no se ven influidos por el habla o ruido proveniente del frente (6).

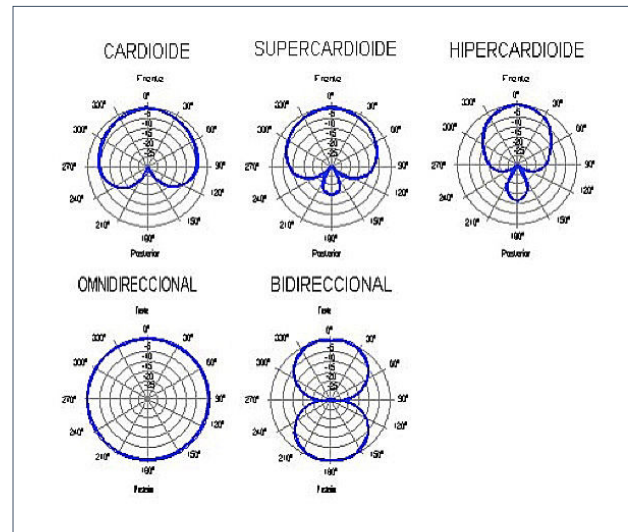
La medición de la direccionalidad de los micrófonos se realiza generalmente a través de un gráfico polar, el cual representa la salida del audífono medida en varios puntos en el perímetro de un círculo imaginario trazado alrededor del micrófono del audífono.

En la Figura 1 se muestran los diagramas polares que se pueden generar en los micrófonos direccionales de acuerdo a su capacidad de detectar presencia de fuentes de sonido: cardioide, hipercardioide, supercardioide y bidireccional. Un micrófono omnidireccional presenta la misma sensibilidad para las fuentes de sonido que provienen de todas las direcciones, lo cual se representa como un diagrama polar circular (Figura 1).

La tecnología actual ha dotado a los audífonos de la capacidad de detectar los diferentes niveles de entrada de sonido y su espectro. La sensibilidad de los sensores presentes actualmente en los audífonos posibilitan que con entradas de sonido de 60Db SPL se genere un cambio automático de micrófono, de omnidireccional a direccional, más aun con los micrófonos direccionales adaptativos el audífono analiza y elige de manera automática la mejor respuesta polar del micrófono, permitiendo entregar una máxima atenuación a los sonidos que provienen de esa

dirección, de igual manera cuando la fuente de ruido se encuentra en movimiento (6).

FIGURA 1. DIAGRAMAS POLARES GENERADOS EN LOS MICRÓFONOS DIRECCIONALES DE ACUERDO A SU CAPACIDAD DE DETECTAR FUENTES DE SONIDO



REDUCTORES DE RUIDO

Las estrategias que aplican hoy en día los audífonos para separar la señal de voz del ruido de fondo son principalmente dos: la basada en el procesamiento y los reductores de ruido en el espacio espacialmente. Esta última corresponde a la activación de un micrófono direccional para separar la señal de voz de los sonidos no deseados. Ambos sistemas trabajan de manera asociada en los equipos de ayuda auditiva.

La reducción de ruido basada en el procesamiento, mejora la calidad de sonido en ambientes ruidosos y puede ser aplicada a través de diferentes estrategias que operan de manera combinada: Modulación, de diferencia espectral, reducción de ruidos de impulso y de viento.

La estrategia de modulación, implica que el sistema analizador del audífono, cuantifica la señal de entrada de audífono, de manera independiente para cada canal, determinando el número y profundidad de las modulaciones que esta presenta. Cuando esta señal de entrada es habla, el número de modulaciones (Hz) es menor, pero la profundidad (Db) es significativamente mayor a la del ruido (7).

De esta manera, si la señal de entrada es clasificada como ruido, su intensidad es disminuida y por el contrario si se trata de señal de habla, es incrementada diferencialmente en el rango frecuencial. Esto implica que existe un

mejoramiento de la comodidad auditiva favoreciendo que el trabajo cognitivo del paciente este enfocado principalmente en discriminar el lenguaje.

Actualmente los audífonos disponen de logaritmos reductores de ruido que operan en magnitudes diferentes y selectivas según la entrada de ruido que detecte: nivel bajo, nivel promedio y alto, pudiendo aplicar un máximo de hasta 11.5dB de reducción. Las entradas de ruido a las cuales se les aplicara la reducción, van a estar determinadas según el ambiente en el que se encuentre el paciente: habla en ambiente ruidoso o habla en ambiente silente (8), pues estas serían las instancias más complejas para discriminar adecuadamente el lenguaje, reportadas por los pacientes.

REALCE DEL HABLA

Los sistemas de reducción de ruido (RR) activan un gran número de sensores en el audífono, los que están evaluando de forma permanente, automática y en tiempo real, las señales de entrada de sonido al audífono. Esto ocurre en cada uno de los canales del audífono y en torno a todas las variables antes mencionadas: profundidad de modulación (variación en la intensidad), modulación de frecuencia (frecuencia de cambio en la intensidad máxima) y duración de la señal (9).

Esta información captada, combinada y organizada logarítmicamente, permite determinar si la voz o el ruido son predominantes en un canal. En la medida que la relación señal-ruido (SNR) empeora, la RR aumenta en forma progresiva hasta el máximo de la configuración. Por el contrario, cuando este sistema determina que el habla es la señal dominante en un canal, se genera un realce de la palabra con el objetivo de entregarle mayor claridad e inteligibilidad.

Esta característica opera de manera sesgada, dependiendo del nivel de entrada de voz, siendo los canales con entradas más suaves realzados más fuertemente en comparación a los canales con entradas más fuertes, permitiendo el adecuado manejo de nivel de molestia reportado por el usuario cuando las entradas son muy intensas. Pudiendo ser configuradas de manera independiente para cada programa del audífono y según las necesidades de cada paciente.

Los programas de los audífonos, son configurados pretendiendo reproducir los diferentes ambientes a los que se puedan ver enfrentadas las personas con déficit auditivos, presentando cada uno de ellos características adapta-

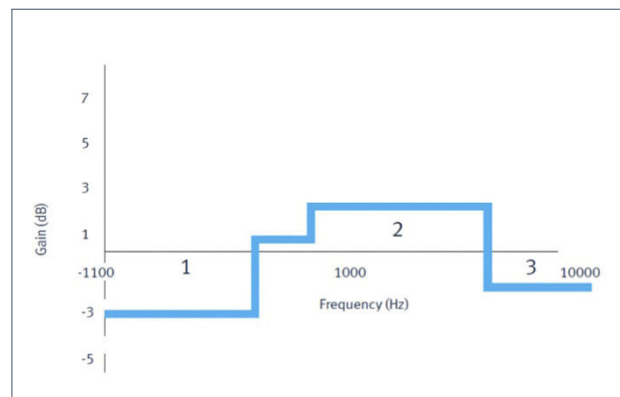
tivas y ganancias específicas para responder de manera óptima a cada requerimiento. Algunas plataformas tecnológicas han dotado a los audífonos de la capacidad de cambiar automáticamente de programa según las entradas de sonido que detecte, lo cual anteriormente era realizado por el paciente de manera manual. Esta automaticidad permite responder y aplicar con mayor rapidez y exactitud los algoritmos de amplificación establecidos para cada ambiente en particular.

El realce del habla es aplicado en cada uno de los programas, como una compensación en la ganancia en relación a la prescrita por una formula estándar de amplificación de sonido, ya sea de sustracción o adición, en el rango frecuencial. Es decir, se aplica una sustracción en la ganancia de las frecuencias graves de modo de disminuir la amplificación de ruido ambiental, una adición en las frecuencias medias, pues en ellas se encuentran las formantes de las palabras, que juegan un rol fundamental en la discriminación y por último una compensación negativa, pero de magnitud menor a la aplicada en las frecuencias graves, con el objetivo de evitar que las voces sean percibidas como metálicas y artificiales (10).

El realce descrito, puede ir desde los 9Db para las frecuencias medias, 4Db para las frecuencias bajas y 5Db para las frecuencias agudas. Esto logra que el habla adquiera una calidad de sonido más natural y con mayor audibilidad en ambientes ruidosos.

El avance tecnológico posibilita una integración sinérgica de varias funciones: realce del habla, estrategia de micrófono y reducción de ruido, logrando mejorar la relación señal- ruido un 16% mayor comparado con los niveles y características tecnológicas anteriores. (11) (Figura 2).

FIGURA 2. REALCE DEL HABLA, LOGRADA A PARTIR DE UNA GANANCIA SELECTIVA DE SUSTRACCIÓN O ADICIÓN EN EL RANGO FRECUENCIAL



CONECTIVIDAD INALÁMBRICA

Desde hace una década la tecnología inalámbrica se ha convertido en un tipo de comunicación de uso común y frecuente, que permite conectar dispositivos electrónicos entre sí de manera automática sin el uso de cableado.

La tecnología inalámbrica *Bluetooth*, es la primera comunicación abierta que utiliza ondas de radio de corto alcance (2.4 Gigahertzios de frecuencia) con el objetivo de comunicar dentro de un radio de 10 metros dispositivos móviles o computadores y otros dispositivos más pequeños (de pila de botón). Fue diseñado para que funcione con poca energía y su nombre proviene de dos palabras *wi* de *wireless* y *bree*, un término del inglés antiguo que significa travesía o atajo. Antes de junio de 2007, se denominaba *Wibree*.

Esta capacidad de comunicación inalámbrica está incorporada en los equipos de ayuda auditiva desde hace ya una década, posibilitando el intercambio de información entre el audífono derecho e izquierdo, determinando que el procesamiento y análisis de la señal de sonido opere de manera combinada en funciones determinantes como: la direccionalidad, la reducción de ruido y la ubicación espacial de las fuentes de sonido.

La capacidad de comunicación inalámbrica permite que características establecidas en un audífono, tales como: ajustes de programa y/o volumen sean activados y modificados de manera simultánea e instantánea en el audífono contralateral. Esto asegura que las características electroacústicas presentes en un audífono estén coordinadas y balanceadas con su homólogo, en una adaptación binaural.

Otra capacidad que otorga la conectividad inalámbrica es la posibilidad de escuchar simultáneamente la señal de audio de los equipos telefónicos en ambos audífonos. Ya es conocida entre nosotros la capacidad de los audífonos de captar la energía electromagnética presente en todos los teléfonos y convertirla en señal eléctrica, ésta posee la misma forma de onda que la señal de audio y que es por tanto amplificable por el audífono. En muchos audífonos este programa de telebobina se activa de manera automática cuando se acerca el receptor del teléfono y su efectividad está en directa relación con el tamaño y fuerza del campo magnético.

Hoy en día los audífonos están posibilitados para que, a través de una comunicación inalámbrica, transmitan esta señal de audio telefónica de manera simultánea al audífono del lado opuesto, alcanzando de esta manera mayor sonoridad y balance en la señal de sonido recibida.

Esta energía electromagnética es transferida y recep-

nada a través de una antena inalámbrica contenida dentro de los audífonos, generando un campo magnético de muy bajo nivel, certificado ministerialmente como muy seguro para el uso diario de los pacientes.

Por otra parte, la tecnología *Bluetooth* también fue incorporada a las potencialidades de los audífonos, con el fin de mejorar la experiencia auditiva de los pacientes y posibilitarlos a conectar sus audífonos a cualquier dispositivo que cuente con la característica *bluetooth*: televisores, teléfonos celulares, sistemas de audio, dispositivos Mp3, etc.

Es importante mencionar que la transmisión vía *Bluetooth* mejora la relación señal-ruido, ya que existe un acortamiento en la distancia que existe entre el micrófono del audífono y la fuente emisora de la señal de sonido, llegando la señal de voz directamente en los audífonos desde el dispositivo conectado a los audífonos.

Otra posibilidad presente en los audífonos con capacidad inalámbrica y equipos de audio con capacidad *Bluetooth* es el de utilizar una interface que transmita la señal de sonido a la antena contenida dentro de los audífonos para su procesamiento, pues de acuerdo al tipo de señal recibida, activa un programa específico para comunicaciones inalámbricas: programa de audio para la conexión *Bluetooth* con teléfonos celulares, programa de audio para transmisiones de equipos de sonido y televisión, y programas para comunicación con equipos FM.

Todos estos programas pueden configurarse de manera independiente respecto de múltiples características adaptativas, gananciales y frecuenciales, de modo de que el usuario logre una máxima satisfacción respecto de sus audífonos y la conexión con dispositivos de audio y comunicación.

DETECCIÓN DE FUENTES DE VOZ EN 360 GRADOS

Como ya hemos descrito, en conversaciones realizadas en entornos silentes, la aplicación de un micrófono omnidireccional logra mantener una audibilidad óptima, sin embargo, cuando el entorno es ruidoso, la solución la encontrábamos en la activación de una estrategia de micrófono direccional, contribuyendo a mejorar la inteligibilidad de la palabra. Esta solución es beneficiosa siempre y cuando el emisor se encuentre frente del usuario, pero lamentablemente esta estrategia disminuye de manera simultánea con las voces provenientes de los lados o atrás (12-14).

La tecnología anterior, solo permitía la activación simultánea de micrófonos omnidireccionales o direccionales, lo

cual no daba respuestas a todas las situaciones reales de habla a las que se ven expuestos los usuarios, pues la queja más frecuente de las personas con algún déficit auditivo es la dificultad que presentan para poder discriminar el lenguaje y las conversaciones en ambientes ruidosos especialmente cuando la fuente emisora de voz se encuentra en una posición diferente al del frente, es decir, a los lados o atrás del usuario.

El desarrollo tecnológico actual, utiliza la capacidad de comunicación inalámbrica de los audífonos cuando la adaptación es binaural, facilitando la detección de la fuente de voz en 360°. Esto se genera como resultado de una comunicación e intercambio de datos entre los audífonos derecho e izquierdo, en relación a la detección y ubicación de la fuente emisora de voz, determinando una activación automática de una estrategia de micrófono específica en los audífonos (Figura 3).

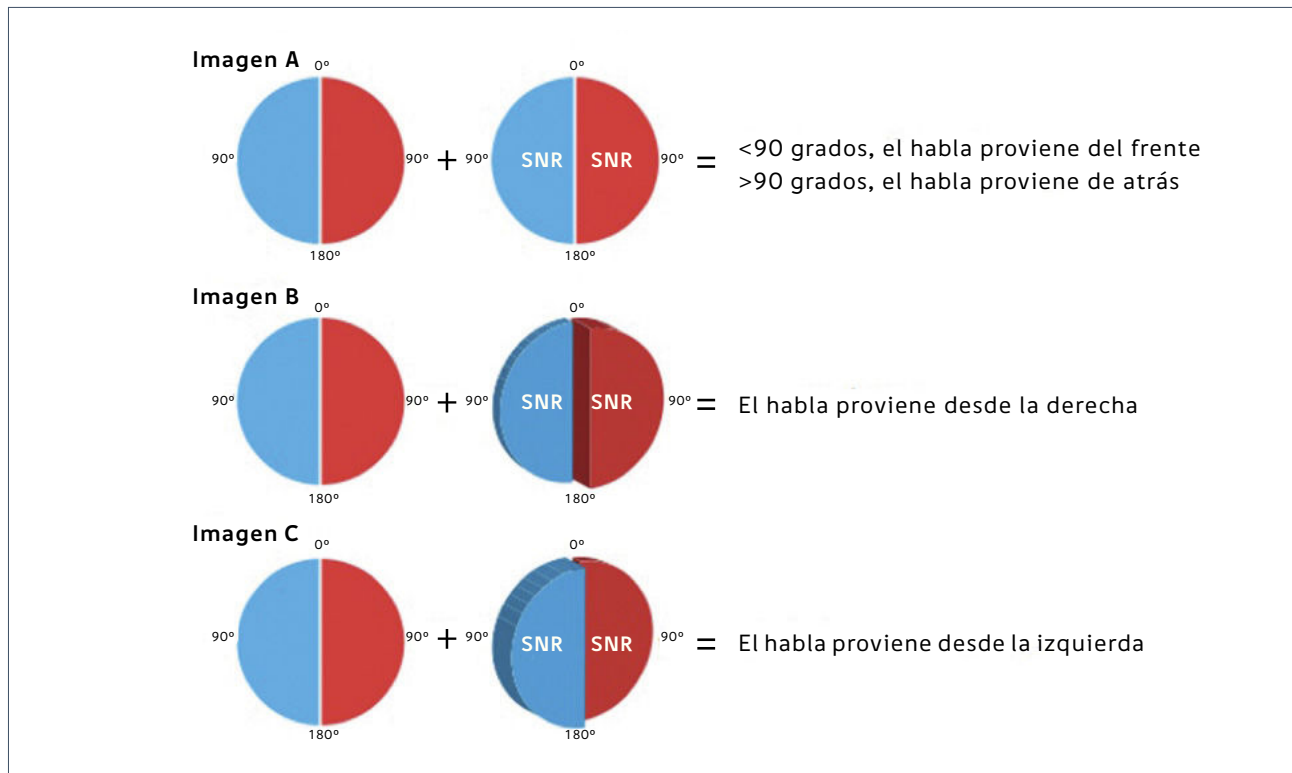
El procesamiento espacial de la señal de sonido detectada de forma binaural por los audífonos, determina que si la señal es detectada en menos de 90°, la fuente de habla se encuentra enfrente del usuario, mientras que si la detección se encuentra en un ángulo mayor que 90° la señal de voz procedería de la parte posterior.

FIGURA 3. COMUNICACIÓN INHALÁMBRICA E INTERCAMBIO DE DATOS ENTRE LOS AUDÍFONOS DERECHO E IZQUIERDO, QUE PERMITE LA DETECCIÓN Y UBICACIÓN DE LA FUENTE DE SONIDO EN 360°



Parte del proceso comprende un análisis simultáneo y sincrónico de la relación señal-ruido (SNR) en ambos audífonos, pues busca confirmar una simetría o diferencia entre las magnitudes resultantes del análisis realizado por los equipos. De esta manera, si existe coincidencia en la detección de voz y simetría en SNR de ambos audífonos, es considerado como una fuente emisora de ubicación frontal. Si existe una SNR es mayor en un audífono comparado con el otro, implica que la fuente de voz se encuentra orientada a ese lado (12-14) (Figura 4).

FIGURA 4. ANÁLISIS SIMULTÁNEO DE LA MAGNITUD DE LA RELACIÓN SEÑAL/RUIDO ENTRE LOS AUDÍFONOS, DETERMINA UBICACIÓN DE LA FUENTE DE VOZ



Cuando la voz proviene del frente del usuario, se activa una respuesta con máxima direccionalidad adaptativa del micrófono de modo simétrico en ambos audífonos.

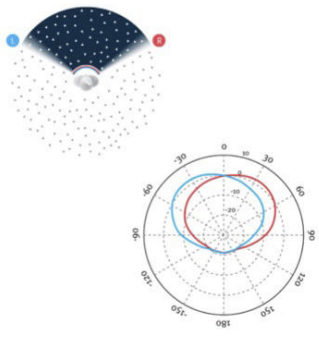
Si la voz proviene del lado derecho o izquierdo, la respuesta de los micrófonos es asimétrica, activándose un micrófono omni-

reccional en el lado de detección de fuente de voz y uno direccional adaptativo en el lado donde la señal de ruido es mayor.

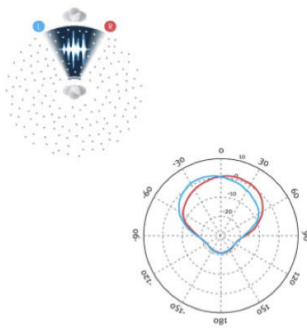
Cuando la fuente de voz proviene de atrás, la respuesta es simétrica, activándose los micrófonos omnidireccionales de ambos audífonos (Figura 5).

FIGURA 5. RESPUESTA DE LOS MICRÓFONOS DE ACUERDO AL ORIGEN DE LA FUENTE DE VOZ

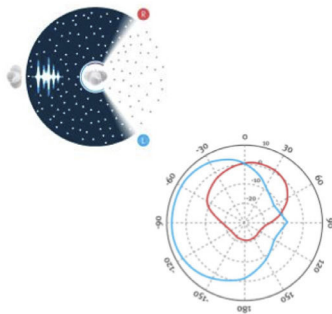
Sin presencia de habla, se activan micrófonos direccionales fijos binaurales.



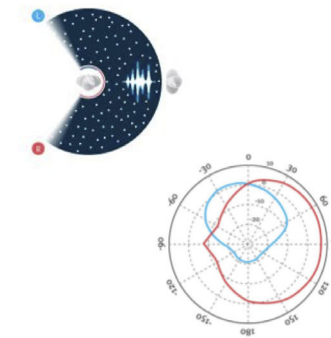
Si detecta voz del frente, activa micrófonos direccionales adaptativos binaurales.



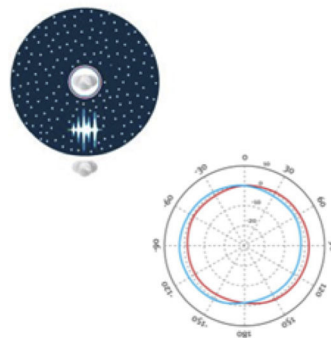
Si la voz proviene del lado izquierdo, se activa micrófono omnidireccional en el audífono izquierdo y direccional adaptativo en el audífono derecho.



Si la voz proviene del lado derecho, se activa micrófono omnidireccional en el audífono derecho y direccional adaptativo en el audífono izquierdo.



Si la voz proviene de atrás, se activan micrófonos omnidireccionales binauralmente.



El aprovechamiento de la tecnología inalámbrica permite una respuesta inteligente frente a las exigencias de un entorno ruidoso, permitiendo respuestas automáticas y acceso a estrategias de micrófonos sincronizados de manera simétrica o asimétrica, que permite al usuario lograr una mejor capacidad de comprensión de las palabras en ambientes ruidosos.

Alcanzar una mejor comprensión del lenguaje sigue siendo uno de los mayores desafíos tanto para los usuarios de audífonos como para los investigadores de nuevas tecnologías, a lo cual se ha sumado además la exigencia de contar con una calidad de sonido natural y respuesta automática frente a los diferentes requerimientos acústicos.

Hasta hace muy poco tiempo solo contábamos con micrófonos direccionales y algoritmos de reducción de ruido, que lograron mejorar la discriminación del lenguaje, pero su mayor eficiencia la alcanzaban cuando la voz provenía del frente, disminuyendo su eficacia cuando el habla provenía de otras direcciones. La evolución tecnológica logra combinar las múltiples tecnologías de reducción de ruido, mejoramiento de amplificación de voces y algoritmos de micrófonos direccionales con la comunicación

inalámbrica, como una respuesta a las necesidades reales de los usuarios dadas sus exigencias cotidianas, con la meta de acercarse a alcanzar una audición natural y comfortable con el uso de audífonos.

Finalmente, las diferentes herramientas tecnológicas habilitadas en los audífonos permiten a los profesionales ofrecer una solución real a los problemas de audición, sin embargo, la realidad nacional e internacional es subóptima en relación al uso y satisfacción de estos equipos. Estudios revelan que la adherencia oscilaría entre el 48 y 60% (15-17).

Las razones pueden ser varias, entre ellas la mala entrega de información para el adecuado cuidado, manejo y uso de los audífonos, sin embargo, no podemos olvidar que existen dos factores fundamentales en el éxito de una adaptación de un equipo de ayuda auditiva: La capacidad de determinar las características y nivel tecnológico que debe poseer el audífono a adaptar, el cual es específico y único para cada paciente. Y el de manejar de manera óptima los programas de calibración de los audífonos. En otras palabras "La mejor tecnología se vuelve básica en manos inexpertas".

La autora declara trabajar en Audia, el cual es un centro dedicado a la adaptación de audífonos en niños y adultos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Marc Monfort, Adoración Juárez Sánchez, Juan Martínez Sanjose, Barker N, Bermejo S, Gascón R, et al, Sordera y nuevas tecnologías Octubre, 2006. España.
2. Chung,K.Retos y desarrollos recientes en los audífonos. 2004 8,3,83-124.
3. Dillon,H.Audífonos.Thieme. 2000 Boomerang Press Sydney.
4. Walden,B., y col.,Comparación de los beneficios que ofrecen las diferentes tecnologías de los audífonos. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2000 11,540-560.
5. Boymans,M.& Dreschler,W. Estudios de campo usando un audífono digital con reducción de ruido activa y direccionalidad de micrófono doble. *Audiology*. 2000. 39,260-268.
6. Bentler,R., y Col. Efectividad de los micrófonos direccionales y esquema de reducción de ruido en los audífonos: Una revisión sistémica de la evidencia. *Journal of the American Academy of Audiology*. 2005. 16,7, 473-484.
7. Palmer,C., y col. Amplificación con reducción digital de ruido y la percepción de sonidos molestos y aversivos. *Tendencias en la amplificación*. 2006. 10,2,95-104.
8. Bentler,R., et al. Reducción digital de ruido: resultados de estudio de campo y laboratorio. *Internacional Journal of Audiology*. 2008. 47,8,447-460.
9. Keidser,G. Guía para adaptar audífonos de multiples memorias. *Journal of the American Academy of Audiology*. 1996. 7,6, 406-418.
10. Liejon,A., Eriksson-Mangold,M., & Bech-Karlsen, A. Ganancia preferida del audífono y corte de sonidos bajos con relación a la adaptación prescriptiva. *Scandinavian Audiology*. 1984. 13, 157-161.
11. Carhart, R. & Tillman, T. La interacción de las señales del habla competitivas con la pérdida auditiva. *Archives of Otolaryngology*. 1970. 91,273-279.
12. Kochkin, S. "MarkeTrak VIII: Customer satisfaction with hearing aids is slowly increasing." *Hearing Journal*. 2010. 63(1): 11-19. 2.
13. Valente, M., D. A. Fabry, et al. "Recognition of speech in noise with hearing aids using dual microphones." *Journal of the American Academy of Audiology* 1995. 6(6): 440-449. 3.
14. Hayes, D. "SmartFocus impact on speech in noise". *Informe Uniron* 2010.
15. León A, Ediap R, Carvallo SER. Adherencia al uso de audífonos en adultos mayores del Servicio de Salud

Aconcagua. *Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2010; 70: 37-42.

16. Tamblay N, Villalobos I, Pastene A, Rahal M. *Impacto social del uso de audífonos en adultos mayores. Rev Otorrinolaringol Cir Cabeza Cuello* 2008; 68: 21-6.
17. Smeeth L, Fletcher AE, Siu-Woon E y cols. *Reduced hearing, ownership, and use of hearing aids in elderly people in the UK-the MRC Trial of the Assessment and Management of Older People in the Community: a cross-sectional survey. Lancet* 2002; 359(9316): 1466-70.