

PREMIO DE INVESTIGACIÓN DE DEFICIENCIAS AUDITIVAS FIAPAS 2010

Área Accesibilidad

Separata

**Estudio Comparativo del
Aprovechamiento de los Sistemas
de Inducción Magnética en
Recintos Escénicos**

Premio FIAPAS
de Investigación
en Deficiencias Auditivas

2010
ÁREA DE
ACCESIBILIDAD
2010

**Por Rafael Rubio Bermúdez. Audioprotesista Titulado.
Rosa Escolán Giménez. Logopeda.
Centro Audioprotésico Aragón. Zaragoza**



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE SANIDAD
Y POLÍTICA SOCIAL

SECRETARÍA GENERAL
DE POLÍTICA SOCIAL
Y CONSUMO
DIRECCIÓN GENERAL
DE COORDINACIÓN
DE POLÍTICAS ACTUANDO
SUSO LA COORDINACIÓN



Fundación ONCE
para la Cooperación e Integración Social
de Personas con Discapacidad

INTRODUCCIÓN

La accesibilidad de las personas sordas e hipoacúsicas a recintos de media y gran superficie es un problema de solución compleja. Hay gran cantidad de tecnologías, muy diversas e incompatibles entre sí, que proporcionan una solución con mayor o menor calidad pero, o bien son sistemas personales de transmisión, o son prohibitivamente caros o tienen la necesidad de receptores más o menos complejos que complican el objetivo fundamental que se persigue, que no es otro que la persona que oye mal pueda recibir el mensaje acústico con claridad en un entorno acústicamente difícil y sin complicaciones añadidas.

Actualmente existen, a grandes rasgos, tres tipos de dispositivos, cada uno con sus ventajas e inconvenientes, que proporcionan esta accesibilidad en distintos entornos y que se pueden usar para ayudar al hipoacúsico a estar mejor comunicado con su entorno:

Sistemas de FM. Sistemas de Infrarrojos. Sistemas de Bucle Magnético.

- Los **sistemas de FM** son el mejor de todos en cuanto a fidelidad de sonido y portabilidad. Consisten en un pequeño transmisor que usa el ponente y un receptor que puede ir incorporado en las prótesis o con forma de petaca conectado a las mismas. Los transmisores son pequeños y los receptores actuales también, pero tienen inconvenientes de restricciones frecuenciales, que cambian incluso según en los países en que te encuentras, y que vienen dadas por la asignación del espectro radioeléctrico que cada país hace para el correcto funcionamiento de sus comunicaciones. Además, nos podemos encontrar en la misma aula, si hablamos en un entorno educativo, a tres niños con sistemas de diferentes marcas trabajando en distintas frecuencias, lo que obliga al profesor a llevar tres

emisores para que el sonido les llegue a todos los niños. También, se puede dar el caso de dos aulas contiguas en las que hay dos transmisores en la misma frecuencia, lo que anula la transmisión y se producen interferencias.

"El sistema de FM es de excelente calidad aunque de uso personal"

Últimamente se empiezan a ver sistemas multifrecuenciales, pero en cualquier caso el sistema tiene cierta complejidad técnica que requiere que el profesor sea hábil en el manejo de estos transmisores, punto que no se puede garantizar.

Por lo tanto, pese a la excelente calidad de los **sistemas de FM**, creemos que **se trata de un sistema más bien abocado al uso personal en vez de a un uso universal**, ya que no se puede garantizar su compatibilidad en todas las ocasiones, además de presentar un precio bastante elevado.

- Respecto a los **sistemas de Infrarrojos (IR)**, la situación es parecida a la FM. Consiste en un transmisor, normalmente fijo, que emite un rayo de luz que transporta la información del habla y que cubre una habitación entera. El receptor es una petaca que lleva el usuario conectada a sus prótesis. La transmisión es de excelente calidad, pero presenta el inconveniente de que, aunque es mucho más barato que la FM y no está sujeto a restricciones frecuenciales, no es capaz de atravesar los objetos sólidos y por lo tanto el transmisor y el receptor han de estar situados en línea visual para que haya una buena transmisión, aunque admiten cierta zona de sombra. En el caso de un niño, no podemos asegurar que no se dé la vuelta en un momento dado o se cubra el receptor de alguna

forma que impida la correcta transmisión del sonido.

Asimismo, los transmisores, al menos los que estos autores conocen, están pensados como sistemas estáticos, que se ponen en un punto y enfocan al recinto en general lo que dificulta el movimiento de la fuente de audio, sea un profesor, un ponente u otra persona la que está hablando y trata de comunicarse con la persona con dificultad auditiva. Tanto en el sistema de FM como en el de IR, se necesita un transmisor que esté fijo en la sala que pretendemos hacer accesible y que no siempre será compatible de una manera universal con las prótesis del niño, sean éstas audífonos o implantes cocleares u osteointegrados (BAHA).

- Los **Bucles de Inducción Magnética** son los grandes olvidados en materia de accesibilidad. Son el sistema más veterano lo que, sin duda, ha propiciado que se tendiera la uso de tecnologías más modernas y, sólo en apariencia, de mayor utilidad.

"La característica más importante del Bucle Magnético es su universalidad, además de su economía"

Pero de lo que nos hemos olvidado es de su característica más importante: su **universalidad**, además de su economía, puntos ambos muy importantes para convencer a las instituciones, tanto públicas como privadas, de la conveniencia de su instalación en cines, teatros, aulas, iglesias, salas de conferencias, aeropuertos y demás recintos en los que se pueda desarrollar una actividad acústica importante

y que necesitamos asegurar su correcta transmisión al mayor número posible de personas. Si bien es cierto que en el pasado los inconvenientes, en algunos casos, podían superar a las ventajas de su uso, este trabajo, además del estudio de campo comparativo de aprovechamiento, muestra una propuesta de sistema de funcionamiento de bucles avanzado, donde se superan la mayoría de los inconvenientes por los que existían reticencias al uso de la inducción magnética como sistema de accesibilidad general y donde se trata de mostrar que, como en otros países de la Unión Europea y América (Ver *American Disability Act* y normas británicas y escandinavas para la eliminación de barreras sensoriales), el uso de inducción magnética debería ser un estándar para todos aquellos lugares en los que por su carácter de espacios públicos deberían prever que entre sus asistentes se pueden encontrar personas con necesidades acústicas especiales que deberían poder cubrir.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS DEL ESTUDIO

Como resultado de los hechos expuestos en la *Introducción*, nos propusimos realizar un estudio de campo en un teatro con instalación de bucle, para averiguar si realmente los usuarios de prótesis auditivas mejoraban en su inteligibilidad cuando dicho sistema se hallaba en funcionamiento, comparándolo con la inteligibilidad que presentaban una vez se desconectaba el sistema y se dejaba funcionar solamente a sus prótesis. Nuestra hipótesis era que, si bien con una prótesis auditiva se podía entender el mensaje hablado en un recinto escénico, su comprensión mejoraría notablemente con el uso de sistemas de inducción magnética. Se ha pretendido conseguir un ejemplo fehaciente de que los usuarios encuentran útil el uso de la inducción magnética mediante un estudio comparativo.

Asimismo, quisimos averiguar si los usuarios percibían realmente este tipo de instalación como una mejora, ya que en muchas ocasiones, los profesionales tendemos a proporcionar medios técnicos a los usuarios de nuestras prótesis que, aunque efectivamente mejoran su experiencia cuando los usan, en ocasiones son tan engorrosas que dejan de utilizarlos porque realmente no les merece la pena con lo que no lo interpretan como una mejora real.

También, realizamos una pequeña encuesta para saber qué es lo que conocían los usuarios de prótesis de los sistemas de inducción de gran superficie, para saber si había que hacer hincapié en el usuario final para que pudiera solicitarlo en los lugares donde le resultaría necesario, si lo aceptaba como una solución válida. Si en el estudio obteníamos una respuesta positiva a las dos primeras cuestiones, estaríamos en disposición de aconsejar sin vacilación a los recintos donde se desarrollen actos de cualquier índole que impliquen sonido, tanto privados como públicos, la instalación de dichos sistemas para mejorar la accesibilidad de sus salas. Esto incluye cines, teatros, aulas, salas de conferencias, ventanillas de bancos o cualquier otro recinto público.

PROBLEMAS ASOCIADOS A LA CAPTACIÓN DE SONIDO CON PRÓTESIS. JUSTIFICACIÓN DEL USO DE LA TECNOLOGÍA DE TRANSMISIÓN DE SEÑAL

En todo recinto acústico existen tres factores que influyen decisivamente en la calidad de sonido (Hers, M. y otros, 2003):

■ DISTANCIA

Entendiendo por distancia la que hay de la boca del ponente o del altavoz más próximo, al pabellón auditivo de la persona que está tratando de escuchar el mensaje.

■ RUIDO DE FONDO

Sería el producido por todos los sonidos del entorno (tráfico, otros asistentes a la ponencia, objetos que caen, toses, conversaciones paralelas, etc.).

■ REVERBERACIÓN

Sería el "eco" de los propios sonidos, tanto del ruido de fondo presente, como del mensaje hablado que pretendemos transmitir. Más adelante daremos una definición precisa de este efecto.

La conjunción de estos tres factores en cualquier recinto acústico puede hacer que un mensaje hablado sea prácticamente ininteligible para una persona que tiene audición normal, con lo que estamos complicando las cosas muchísimo para aquellos que tienen especial dificultad auditiva. Uno de los aspectos más beneficiosos del sonido para las personas hipoacúsicas es la intensidad con la que les llega a las prótesis, puesto que les da la oportunidad de percibir todos los matices del espectro vocal y ello les ayuda a definir con claridad todas las variaciones producidas por la voz, de forma que se hace mucho más fácil distinguir fonemas que pueden resultar muy parecidos en espectro y les pueden inducir a confusión si están contaminados acústicamente, que es lo que hacen éstos efectos negativos. Analicemos las alteraciones comunicativas que producen cada uno de ellos separadamente:

DISTANCIA. La distancia a la fuente sonora está íntimamente relacionada con la intensidad de sonido. Conforme aumenta la distancia, la intensidad se reduce en 3 dB cada vez que se dobla la distancia al emisor. Por ejemplo, si a un metro obtenemos una intensidad para el habla de 60 dB, a dos metros será de 57 dB, a cuatro metros de 54 dB, y así sucesivamente, hasta que en distancias grandes, el sonido directo recibido se puede volver prácticamente ininteligible [Ilustración 1].

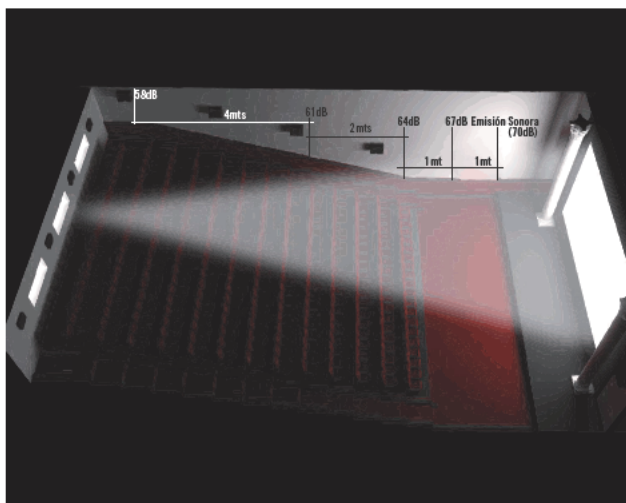


Ilustración 1: Cada vez que se dobla la distancia, cae en 3 dB la Intensidad del sonido. Dicho en otras palabras, partiendo de un origen emisor de sonido como el altavoz de un cine situado detrás de la pantalla, y un punto en el que se recibe, que puede ser la primera fila del cine, el sonido decae más rápidamente si nos movemos de la primera fila a la tercera, que de la tercera a la sexta. La variación de la Intensidad de sonido con la distancia es más patente cuanto más cerca del emisor estamos.

El factor distancia, difícilmente se puede corregir solo con medios arquitectónicos, puesto que implica necesariamente la aproximación del oyente a la fuente sonora, y esto es muchas veces imposible.

Es por eso que, en los recintos grandes es necesario reforzar el mensaje hablado con sistemas de sonorización que apoyen y acerquen la fuente de audio a las personas que pretenden escucharlas. En el caso de las personas hipoacúsicas, la aproximación que se hace para personas normoyentes no es suficiente, en muchas ocasiones, ya que los sistemas de sonorización se estudian de forma que satisfagan las necesidades de una persona con audición normal. Cuando el hipoacúsico usa prótesis (ya sea audífono, BAHA o implante coclear) los sonidos más bajos que puede escuchar vienen definidos por el llamado umbral protésico, que se define como el mínimo sonido que pueden escuchar sin percibir el ruido de fondo de su audífono o implante funcionando (se percibe como un siseo, en la mayoría de los casos).

Esto nos lleva a dos conclusiones:

- la primera es que un usuario de prótesis no tiene el mismo umbral auditivo que un normoyente, sino el umbral protésico marcado por la calidad de su audífono (típicamente de 15 dB en las prótesis digitales de calidad).
- y la segunda, si el sonido, o parte del espectro del sonido, está por debajo de ese umbral protésico, el hipoacúsico será incapaz de percibir parte de la información de la palabra, con el consiguiente error en la interpretación de la información y por tanto pérdida de concepto.

RUIDO DE FONDO. El ruido de fondo es, como hemos señalado antes, la suma de todos aquellos sonidos que se añaden involuntariamente al mensaje hablado que proceden de fuentes sonoras diversas del entorno [Ilustración 2].

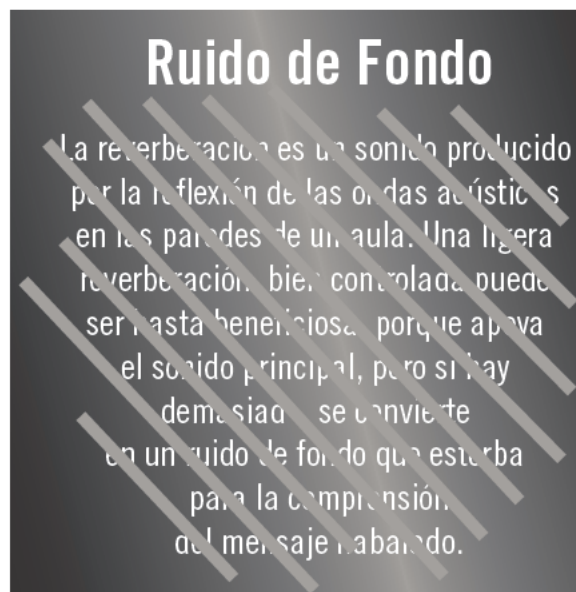


Ilustración 2: El ruido de fondo, representado en la imagen como barras oblicuas, impiden oír con claridad el mensaje hablado. Siguiendo la analogía visual, cuanto más ruido de fondo hubiera, más anchas serían las barras que tapan el texto del mensaje.

Los ruidos de fondo pueden ser de dos tipos:

Los internos al recinto donde se está produciendo la comunicación y los externos al recinto. Los internos pueden ser ruidos de diversa

procedencia, como toses, teléfonos móviles, conversaciones entre distintas personas o murmullos generalizados, ruidos mecánicos (si se está realizando otra actividad simultánea), etc. Los externos son, asimismo, de muy diversa procedencia, tráfico, pasillos con gente hablando en voz alta, obras en un lugar próximo, etc. Todos estos ruidos son capaces fácilmente de enmascarar el mensaje que se pretende escuchar y entorpecer la labor de comunicación. En nuestra explicación, hemos considerado que el ruido de fondo es uniforme en todo el recinto, aunque no sea exactamente así, ya que puede haber puntos del recinto en el que el ruido de fondo sea más intenso que en otros.

"Los ruidos son capaces de enmascarar el mensaje que se quiere escuchar y entorpecer la labor de comunicación"

TIEMPO DE REVERBERACIÓN. El tiempo de reverberación se define técnicamente como el tiempo que tarda la señal de la voz desde que se emite en disminuir 60 dB por debajo de la intensidad de emisión. Es, por lo tanto, el tiempo en que tarda en "desaparecer" la emisión acústica del ambiente una vez cesada su emisión. La reverberación puede ayudar a una correcta audición cuando su tiempo es pequeño, porque potencia la intensidad de sonido principal, pero si el tiempo de reverberación se alarga, se produce el fenómeno de todos conocido como eco, que dificulta enormemente la percepción clara del sonido, [Ilustración 3] especialmente cuando se trata de mensaje hablado. Para evitar la reverberación en los recintos, existen complejos programas de acústica que calculan y recomiendan geometrías determinadas para los diferentes espacios, en los que casi siempre se recomienda el uso de materiales absorbentes del sonido en los revestimientos de las paredes, techo y suelos, y

evitar lo más posible las paredes paralelas. Si miramos la construcción general de los recintos, notaremos que, por supuesto, casi todas ellas tienen paredes paralelas, e incluso, algunas de ellas están recubiertas de materiales reflectantes al sonido, sobre todo en recintos antiguos (la típica aula recubierta de azulejos), consiguiendo un efecto exactamente contrario al deseado. El eco producido se añade al ruido de fondo dificultando todavía más la comprensión, y esta situación puede verse todavía más agravada con el uso de sistemas de megafonía mal calculados.

Reverberación

La reverberación es un sonido producido por la reflexión de las ondas acústicas en las paredes de un aula. Una ligera reverberación, bien controlada puede ser hasta beneficiosa, porque apoya el sonido principal, pero si hay demasiada, se convierte en un ruido de fondo que estorba para la comprensión del mensaje hablado.

Ilustración 3: El tiempo de reverberación es el tiempo que tarda el sonido en desaparecer una vez emitido. Si el tiempo es muy largo, el sonido "permanece" en el ambiente demasiado tiempo, convirtiéndose en un tipo de ruido de fondo igual que los otros sonidos no deseados. Si el tiempo está correctamente ajustado, puede ayudar a reforzar la audibilidad del mensaje hablado.

Los tres efectos acústicos anteriormente descritos, unidos al mismo tiempo, y con el porcentaje correspondiente a cada uno de ellos, dependiendo del área que estudiemos, nos dan la calidad acústica del recinto. Si disponemos de un escenario en el que el ponente esté muy separado de su auditorio (en muchas ocasiones, incluso se habla de cara a la pantalla de proyección, con lo que se imposibilita la labiolectura y la calidad del sonido decrece), con un ruido de fondo alto o un mal aislamiento acús-

tico y con un tiempo de reverberación alto, la escucha por parte del público será deficiente, y en el caso de personas hipoacúsicas, imposible.

Todos los recintos presentan estas características en mayor o menor medida, y es, por lo tanto, tarea de los responsables de los mismos el facilitar la integración de las personas con dificultad de audición que quieran tener acceso a eventos de cualquier tipo. La mejora arquitectónica en los recintos ya construidos es una labor que requiere un esfuerzo ingente, tanto a nivel estructural, por las obras y modificaciones que hay que acometer, como por el coste económico, que sería elevadísimo en cualquier caso, dejando a un lado consideraciones de tipo estético, histórico u otras. Pero lo que sí es relativamente fácil, es dotar a los salones de actos o áreas de espectáculos al aire libre de sistemas específicos que existen en el mercado y que pueden corregir sobradamente todas estas deficiencias, sin ningún problema, con un gasto mínimo por parte de la entidad propietaria.

Hagamos pues, un pequeño recorrido por los diferentes sistemas existentes para solucionar estos problemas y sus ventajas e inconvenientes.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS BUCLES MAGNÉTICOS

Un sistema básico de bucle magnético funciona como el *primario* y el *secundario* de un transformador [Ilustración 4]. Para aquellos no familiarizados con la física de la electricidad, diremos que un transformador consiste en dos bobinas de cable situadas una junto a otra, generalmente con un número de espiras diferente. Por una de las bobinas (la llamada *primario*) se hace circular una corriente alterna, que genera un campo magnético solo por el hecho de hallarse recorrida por una corriente. Como este hecho físico es reversible, la segunda bobina, llamada *secundario*, genera cierta electricidad al estar inmersa en el seno de un campo magnético variable (el producido por el *primario*), y

se pueden variar las características de esa electricidad variando el número de espiras del *secundario*, la separación entre bobinas o el diámetro del hilo con el que están hechas las bobinas, resultando al final que con una corriente determinada en el *primario*, obtenemos otra diferente en el *secundario*. En otras palabras, la transformamos. Este sencillo principio aplicado a los sistemas de audio es lo que proporciona la transmisión por inducción magnética. Una señal de acústica, por ejemplo, el sonido del escenario en un teatro, se hace llegar a un amplificador de audio que tiene la propiedad de amplificar esta señal y convertirla en una corriente de gran intensidad. Dicha corriente se hace circular por un cable conductor que rodea el recinto en el cual queremos transmitir. Este cable conductor es una gran espira que rodea la sala, con lo que, por el principio que hemos visto antes, se generará un campo magnético en su interior y en sus proximidades cuando dicho cable sea recorrido por una corriente variable. Ya tenemos definido el *primario* de nuestro transformador.

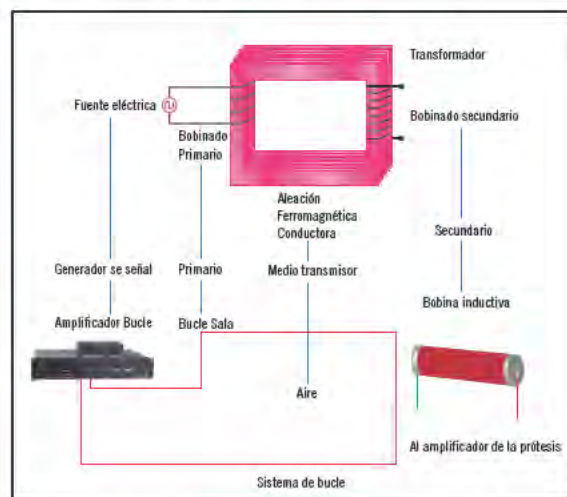


Ilustración 4: Analogía entre un sistema de bucle y un transformador. El generador de señal sería el amplificador de Inducción en un sistema de bucle y la fuente de electricidad en uno de transformador. El bobinado primario sería el cable del bucle que rodea la sala y el medio transmisor el aire en el caso de un sistema de bucle y chapa ferromagnética en el caso de un transformador. Finalmente, el secundario sería otro bobinado en un transformador, mientras que en un sistema de bucle sería el captador de bobina de la prótesis auditiva.

La mayoría de las prótesis auditivas, especialmente los retroauriculares y muchos intracanales cuando se trata de audífonos, llevan incorporada una bobina magnética en su interior [Ilustración 5], señalizada en el conmutador de la prótesis con la posición "T" (*Telecoil*, en inglés). Los implantes cocleares la incorporan en casi todos sus procesadores actuales, y en los que no, suele estar disponible como accesorio a través de la entrada de audio, y en los implantes osteointegrados de tipo BAHA, existe como accesorio fabricado por la misma casa fabricante.

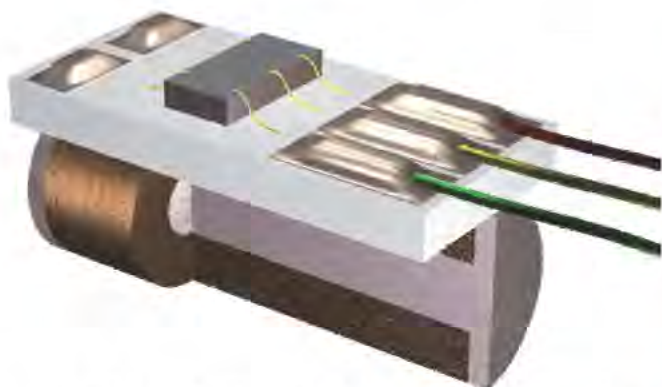


Ilustración 5: Bobina de captación de campo magnético de una prótesis auditiva.

Dicha bobina es un núcleo de ferrita diminuto rodeado con cientos de vueltas de un hilo de cobre de diámetro varias veces menor que un cabello humano, lo que constituye un excelente captador para el campo magnético que hemos generado anteriormente. Al estar dicha bobina en el interior del campo, tal y como hemos explicado antes, se produce en su interior una corriente eléctrica, que es amplificada y tratada por el amplificador de la prótesis, y convertida en sonido por el auricular en el caso de audífonos o en impulsos eléctricos reconocibles como sonido por el electródo insertado en la cóclea del usuario de implante coclear. Este es nuestro *secundario* del transformador.

Como se puede observar, basándonos en un sencillo principio eléctrico, hemos conseguido

un emisor y un receptor de unas características muy adecuadas para el fin último que nos proponemos, que no es otro que hacer llegar el sonido claramente y sin interferencias a los usuarios de prótesis auditivas. Aunque, el sistema parece aparentemente sencillo, no está exento de complicación tecnológica, en algunos casos, porque existen ciertas limitaciones que siempre debemos tener en cuenta. Aparte de los obstáculos estructurales, propiamente dichos, como la existencia de puertas y ventanas que hay que rodear con el cable, estructura de hormigón armado que canaliza y debilita las líneas de fuerza del campo y otro tipo de consideraciones, debemos plantear como inconvenientes básicos, tres principalmente: la orientación, el solapamiento y la atenuación central. El campo magnético es vectorial y, por lo tanto, las líneas de fuerza tienen orientación. Esto significa que si mantenemos la bobina del *secundario* en la posición vertical, cruzaremos las líneas de fuerza en la posición más adecuada, con lo que se escuchará perfectamente, pero conforme vamos inclinando la bobina hasta llegar a la horizontal, que es la peor de las posiciones posibles respecto al campo, vamos perdiendo intensidad de sonido bajando incluso 15 dB, dependiendo de las características de transmisión, lo que hace la señal mucho menos audible de lo que sería deseable.

Por lo tanto, variaciones en la posición de la cabeza resultan en variaciones de la intensidad de sonido recibido por el usuario. El solapamiento es el segundo problema a tener en cuenta [Ilustración 6]. Aunque la mayoría del campo magnético queda confiando en el interior del bucle, hay una parte que aparece en el exterior, lo que ocasiona un problema de funcionamiento en dos salas contiguas, como pudieran ser dos salas pertenecientes a un mismo multicine. El usuario de la sala "B" puede llegar a oír el sonido de la sala "A" si permanece junto a la pared que las separa [Ilustración 7].

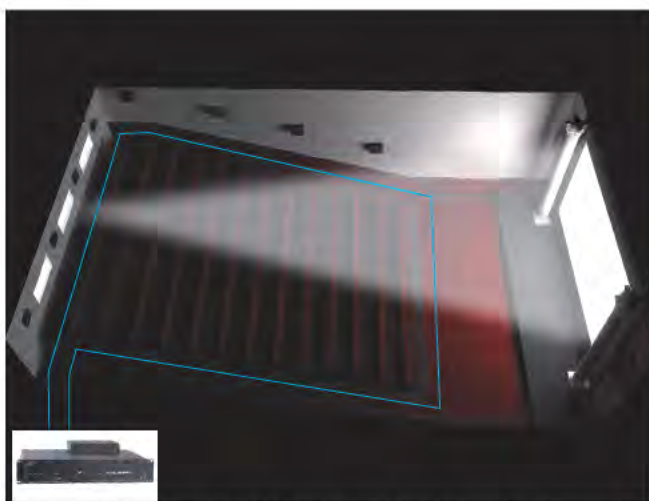


Ilustración 6: En el cuadro de la izquierda se puede apreciar el recorrido de un sistema de inducción magnética sencillo en una sala de cine. Si observamos en el cuadro de la derecha una representación en 3D de la intensidad del campo, en el interior de la sala correspondería a la meseta central, claramente más intensa, mientras que en el exterior seguiría habiendo campo, menos intenso pero audible.

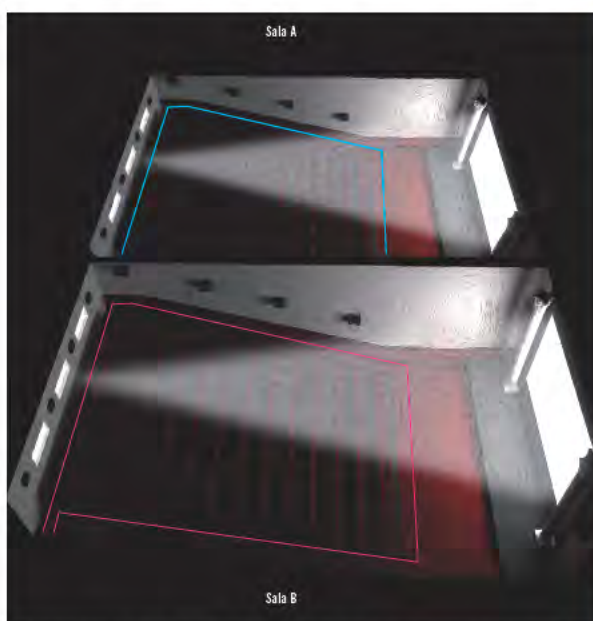
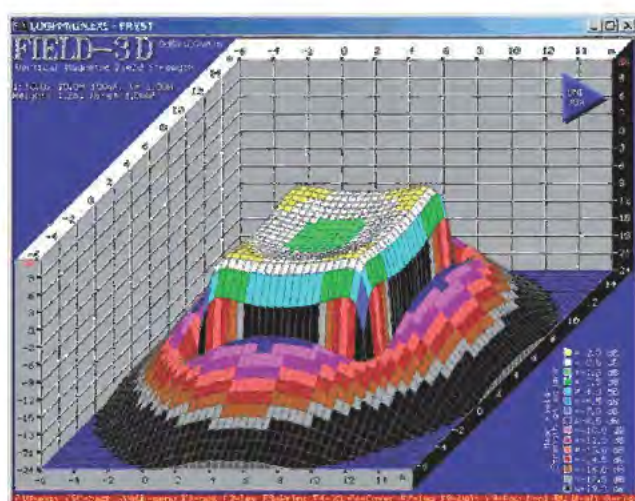


Ilustración 7: En dos salas contiguas de multicines se solapará el sonido de la sala A en la B y viceversa en las proximidades de la pared común según el gráfico mostrado en la figura 6.

Esto plantea problemas tanto de molestias para quien quiere estar atento a los acontecimientos que se producen en su recinto, como de privacidad para las personas que están en una sala en la que no conviene que personas ajenas a esa reunión o "indiscretas" puedan oír lo que allí se está hablando. Finalmente, el

tercer problema, la atenuación central se produce porque en las grandes salas con perímetros muy grandes, no se puede hacer llegar un campo homogéneo a todos los rincones, ya que siempre el sonido va a tener mayor intensidad en las proximidades del cable emisor del campo. Por lo tanto, hay ocasiones que en el centro de la sala se nota una disminución del sonido porque es el punto interior más alejado del perímetro del cable [Ilustración 8]. Con un bucle convencional, es absolutamente inevitable resolver el problema de la orientación del campo, que siempre se dará. Respecto a los otros dos problemas, pueden tener solución (nunca perfecta) a base de aumentar la complejidad tecnológica de la instalación, en el caso del solapamiento se puede añadir un bucle de cancelación en contrafase, lo que aumenta el precio de la instalación y los problemas en general y en el caso de la atenuación central instalando bucles en forma de "8". Ahora bien, ¿sería posible diseñar un sistema de bucle que no presentara estos inconvenientes y aportara las ventajas de universalidad y economía propias de los sistemas de inducción magnética e incluso mejorara la fidelidad acústica?

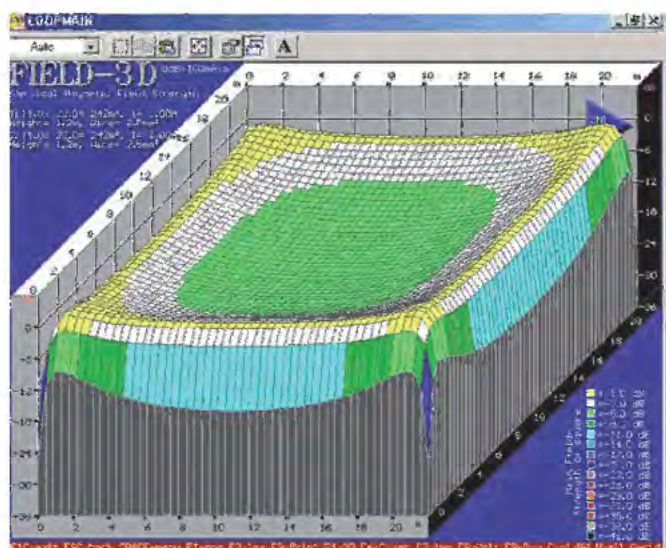


Ilustración 8: Efecto de atenuación central en un campo magnético. En el centro de la meseta se puede observar como cae el campo por el alejamiento de los cables emisores.

UN SISTEMA DE BUCLES AVANZADO

A la vista de los anteriores problemas, se ha diseñado un sistema capaz de resolver muchos de los principales inconvenientes que presenta las instalaciones de bucles magnéticos "clásicos", los llamados perimetrales y a los que antes hacíamos referencia. Los sistemas avanzados de bucle pro-

porcionan, sin duda, la opción más actual de inducción y está especialmente aconsejada en obras en curso donde se puede plantear su instalación desde las fases de diseño iniciales. Su instalación consiste en un trazado de cable por el suelo de la sala que pretendemos inducir de manera que obtenemos un campo magnético radiante [Ilustración 9]. La instalación se suele hacer con cable plano, de 0,1 mm. de grosor, con lo que el acabado superficial del suelo no se ve afectado. El único inconveniente de este sistema es que, dada la complejidad de trazado del cable, debe ser planificado con suficiente antelación para que se pueda respetar la estética de la sala, ya que de otro modo, en salas ya montadas, obligaría a levantar la superficie del suelo al realizar la instalación. Todo el trazado de cable va conectado a dos amplificadores que trabajan conjuntamente y que alimentan el campo con una señal desfasada 90° entre sí, lo que proporciona una práctica ausencia de interferencias con otros equipos electrónicos existentes en la sala, así como un confinamiento de campo limitado exclusivamente a la estancia inducida y una nula caída de potencia en el centro de la sala inducida.

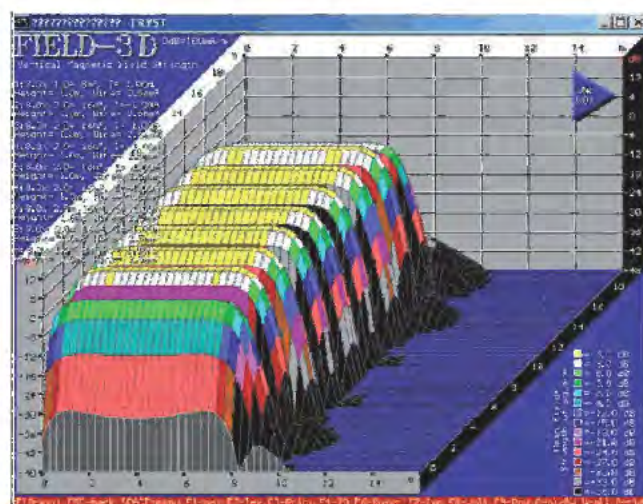
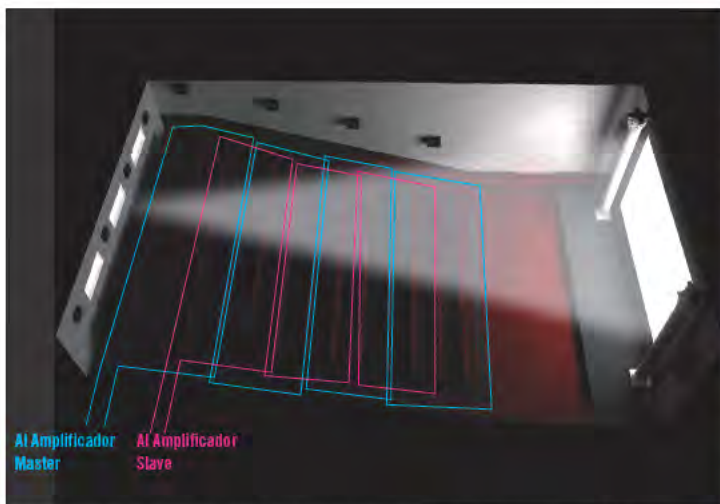


Ilustración 9: Sistema de bucles avanzado. Obsérvese la disposición de cables, mucho mas compleja que en la Ilustración 6 pero con un confinamiento de campo excelente, según muestra el gráfico de la derecha.

DESCRIPCIÓN Y REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio ha comprendido, tal y como comentábamos en la introducción, tres partes diferenciadas:

- a) Medida de la inteligibilidad vocal con y sin bucle magnético en un teatro.
- b) Medida de la satisfacción subjetiva de la instalación.
- c) Encuesta del nivel de conocimiento sobre el campo magnético que tenían los usuarios antes del estudio.

Participantes

Se seleccionaron 20 usuarios de prótesis auditiva, entre los que figuraban 14 con implante coclear y 6 con audífono, de los que algunos de ellos usaban prótesis bilateral y otros unilateral. No hemos tenido en cuenta el dato de la bilateralidad, para simplificar el resultado, pero nos aseguramos de que el grupo tuviera la máxima heterogeneidad posible, con el fin de obtener un resultado que nos aproximara a la realidad social. Respecto a las edades, había un grupo de una edad media de 18 años, más jóvenes y por lo tanto más proclives a la tecnología y otro grupo de edad media de 45 años, más mayores pero sin la edad suficiente como para presentar problemas cognitivos o de otra índole que no fuera estrictamente su sordera y nos pudiera falsear la prueba.

El sexo de los participantes era el 55% hombres y el 45% mujeres, sin tener en cuenta los grupos de edad. La pérdida auditiva media de los participantes era de 70 dB, si bien, como hemos explicado antes, las circunstancias auditivas de cada persona eran tan distintas entre sí que habría que citarlas una por una, hecho que fue totalmente intencionado con el fin de obtener la máxima diferenciación acústica entre los participantes en el estudio.

Procedimiento

Para la medida de la inteligibilidad vocal se habilitó un teatro con el sistema de bucle con un trazado de cable en forma de 8, para equilibrar la señal. Se optó por esta configuración, porque es la más común a la hora de instalar salas ya construidas, ya que se pretende acercar los resultados lo más posible a una realidad inmediata de instalación. El amplificador de bucle elegido era un PLS900 de Univox que permitió obtener fácilmente los 400mA/m. de intensidad de campo que marca la norma IEC60118/4:2007, y un sistema inalámbrico de transmisión Okayo 808 para la persona que leía las baterías de palabras, con un micrófono de solapa direccional. En primer lugar, se les realizaron a todos ellos medidas en cabina en campo libre, con sus prótesis conectadas y a 1 mt. de distancia. Se utilizó el material vocal de la Universidad de Pamplona "*Protocolo para la valoración de la audición en lengua española en un programa de implantes cocleares*" y obtuvimos la inteligibilidad individual en bisílabas y en frases cotidianas, y se obtuvo un nivel de comprensión medio del grupo de un 88% en frases y un 58% en palabras bisílabas. Con esta primera medida, nos asegurábamos del techo máximo medio que podíamos esperar de nuestro grupo, para compararlo posteriormente con su habilidad para comprender en el entorno del teatro el día de la prueba.



Ilustración 10: Momento de la toma de datos por parte de uno de los grupos de personas que seleccionamos.

Una vez en el teatro, [Ilustración 10] se pasaron listas de frases y palabras abiertas y fonéticamente balanceadas. La prueba se hizo desde el escenario a viva voz para la medida sin bucle ya que muchas de las obras teatrales no llevan amplificación electrónica y, por lo tanto, era más real e introducía mayor grado de dificultad. Los asistentes se situaron a una distancia de 2 metros del escenario correspondiente a la primera fila, después de 6,5 metros correspondiente a las filas centrales y finalmente a 11 metros en la última fila, para tener una medida a diferentes distancias ya que se pretendía saber lo que pasaba en todo el patio de butacas en general y no solo en unas filas determinadas. Todos los asistentes escribían las palabras o frases que entendían en una hoja al efecto, para su posterior análisis. Las listas eran de 10 frases y de 25 palabras, para intentar no fatigar en exceso a los sujetos de la prueba. Posteriormente, se repitió el estudio, con el bucle magnético conectado y las prótesis en posición de recepción inductiva, para establecer la comparación, y se fueron variando las posiciones de los oyentes en las filas de la misma manera que se hizo anteriormente sin amplificación. Con el bucle magnético conectado, la persona que leía las listas de palabras tenía un micrófono de solapa a 30 cms. de su boca, que conectaba con el amplificador de inducción, lo que aseguraba una transmisión clara y sin interferencias de la voz [Ilustración 11]. En ningún caso existía ruido de fondo, y el tiempo de reverberación del recinto era excelente, con el fin de evitar más dificultades de comprensión de las introducidas exclusivamente por la distancia, que es el factor que seguro tenemos presente en todos los recintos, puesto que en los más modernos los anteriores factores pueden estar corregidos. Una vez realizadas las pruebas, se obtuvieron las inteligibilidades

medias sin bucle en las tres posiciones y con bucle sólo en las posiciones primera y última, porque no tenía objeto realizar más, ya que el campo era uniforme en todo el teatro y realmente sería repetir la misma medida tres veces, con lo que la inteligibilidad media en la fila media la extrapolamos de las medidas con bucle en la primera fila y en la última que eran prácticamente iguales (variaban en un 1%). Cuando finalizaron las pruebas, valoramos la satisfacción subjetiva del sistema realizando un test en el que figuraban una batería de 12 preguntas con cinco posibles resultados, con el fin de evaluar la satisfacción con la solución técnica aportada, y al final se les permitía realizar cualquier comentario que creyeran que deberíamos saber al respecto, siguiendo el gráfico siguiente:



Ilustración 11: Rosa Escolán leyendo las listas de palabras balanceadas. Obsérvese el micrófono de solapa que transmite al sistema de inducción.



Finalmente, en la encuesta de conocimiento de la técnica del bucle se les pasó una sencilla encuesta con cuatro cuestiones para valorar el grado de conocimiento del usuario final de los sistemas inductivos.

RESULTADOS

ESTUDIO COMPARATIVO

Los resultados de las medidas realizadas los hemos tabulado por filas, ya que nos proporciona una mayor claridad de exposición y una facilidad a la hora de compararlos.

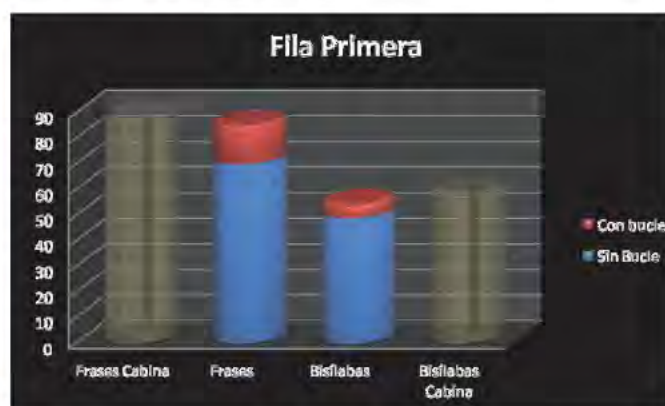
SIN BUCLE % de comprensión media	Frases	Bisílabas
Primera fila	70	49
Fila media	55	32
Última fila	55	35
CON BUCLE % de comprensión media	Frases	Bisílabas
Primera fila	85	54
Fila media	85	56
Última fila	86	57

En cabina, % de comprensión media:

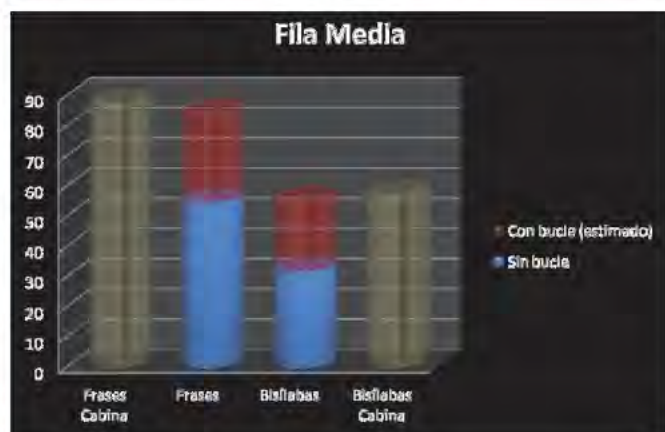
Frases	Bisílabas
88	58

En la primera fila se puede comprobar que obtenemos sin la ayuda del bucle una comprensión media en frases del 70% y en bisílabas del 49%. La diferencia de ambas responde sin duda a la mayor dificultad que introduce el test bisilábico frente al de las frases cotidianas, que dejan lugar a la suplencia mental y a la deducción del significado. Los porcentajes son bastante próximos a las medidas realizadas en cabina (88% en frases y 56% en bisílabas), dato

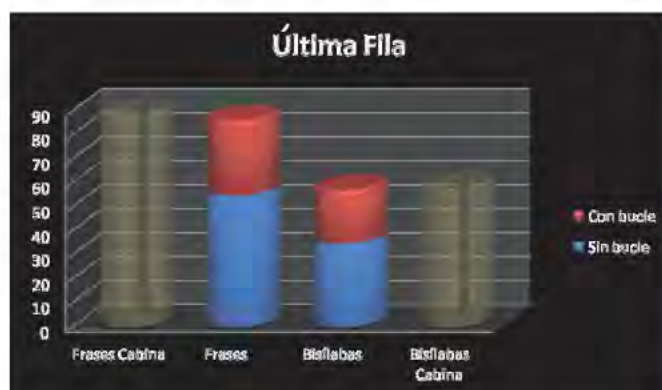
que concuerda perfectamente con la proximidad de los sujetos al escenario, donde se situaba la oradora. Cuando conectamos el bucle, se obtuvieron unos porcentajes del 85% en frases y el 54% en bisílabas, lo que nos aproximaba a los porcentajes de cabina, cayendo sólo un 3% en frases y un 4% en bisílabas. Desde nuestro punto de vista, los resultados responden perfectamente a lo esperado.



En la fila media, se obtuvo un porcentaje del 55% en frases y del 32% en palabras bisílabas sin amplificación magnética, dato coherente con la mayor separación desde la oradora, 6,5mts. Como hemos comentado antes, no realizamos medición con el campo magnético conectado, ya que la medición de la fila media se realizó en último lugar y los resultados de las anteriores medidas en la primera y última fila con bucle magnético eran los mismos.



En la última fila, a 11 mts de distancia, obtuvimos unos resultados con el bucle apagado muy similares a los de la fila media, un 55% en frases y un 35% en bisílabas.



Este dato, que al principio nos sorprendió un poco, ya que esperábamos que en la última fila tuviéramos peor comprensión que en la fila media, cuando los porcentajes obtenidos son prácticamente iguales (de hecho en bisílabas es incluso un poco mayor), lo explicamos por dos motivos. En primer lugar, la excelente acústica, que ya nombramos anteriormente, del teatro seleccionado, y, en segundo lugar, el efecto de la atenuación del sonido con la distancia. Aunque nuestros sujetos explorados se hallaban en la última fila a 11 mts. de distancia de la oradora y en la fila media se encontraban a 6,5 mts., la distancia entre la fila media y la última era de 4,5 mts., con lo que con la regla de la duplicidad de la distancia que hemos descrito antes, apenas caería la voz de la exploradora en 2dB entre las dos posiciones, cantidad demasiado pequeña como para notar un empeoramiento significativo. No obstante, cabe resaltar que una vez conectado el bucle, se obtuvo un porcentaje del 86% en frases y del 57%, en bisílabas, que nos acercaba mucho al porcentaje medio obtenido en cabina, al igual que ocurría en la primera fila.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN SUBJETIVA

Tal y como dijimos anteriormente, el objetivo de esta encuesta era saber la percepción subjetiva que tenían cada uno de los individuos respecto al uso del sistema en una gran superficie.



El primer bloque de preguntas, relativa a la calidad de sonido del bucle, arroja un resultado alentador, ya que todos ellos valoraron la percepción de sonido del bucle como muy positiva o positiva en general. Sólo en algún matiz de la calidad se mostraban indiferentes y en un porcentaje bastante bajo. En el segundo bloque, relativo a la usabilidad del sistema, obtuvimos también un resultado muy positivo, excepto un pequeño grupo de personas que no encontraban demasiado sencillo el uso del bucle, y otro pequeño grupo que, preguntado sobre si lo instalarían en su propio domicilio para ver la TV, contestaron rotundamente que no, por diversos motivos como las implicaciones de la instalación del cable en sus salones o la percepción de que no lo necesitaban en sus casas, ya que únicamente con sus prótesis les resultaba suficiente o usaban otros medios para ver la televisión. En el tercer bloque de preguntas, referido a la satisfacción de la experiencia de uso con el bucle, los resultados son unánimemente positivos, coincidiendo todos ellos en dos cuestiones, la relativa a la satisfacción general al usarlo y la de recomendar a los propietarios de los salones y auditorios la instalación de los sistemas.

ENCUESTA DE NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA

La primera pregunta, acerca de si conocían la posición T anteriormente, arroja un resultado de 100% positivo, pero carece de validez, ya que a los candidatos los preparamos anteriormente para el uso de la bobina inductiva, y a nuestros pacientes se les explica muy bien para qué sirve este dispositivo. No obstante, nos consta que habitualmente se encuentran muchas personas usuarias de prótesis que desconocen la existencia de la posición T y, lógicamente, es labor del audioprotesista explicarles detalladamente qué es y cómo se usa para que puedan extraer el máximo partido de sus prótesis.



Llama la atención que, preguntados sobre si habían usado la posición T en alguna ocasión y sobre si habían asistido a algún evento donde estuvieran instalados bucles inductivos, solamente la mitad de ellos respondieran afirmativamente a estas preguntas. Y llama especialmente la atención porque el estudio se ha realizado en Zaragoza, ciudad que el año pasado alojó Expoagua 2008, donde había instalados 76 bucles inductivos en el recinto expositivo, funcionando todos ellos a pleno rendimiento. La explicación que encontramos a este hecho, es que Expoagua no permitió la adecuada señalización de las áreas con bucle, para minimizar el impacto estético de la instalación,

y los usuarios de prótesis, aunque informados, no tienen interiorizado el posible uso del sistema, debido probablemente a la escasez de recintos inducidos. Finalmente, algo más de la mitad de los usuarios conocía que se podían instalar estos sistemas en grandes recintos, un dato que también invita a reflexionar sobre la difusión del sistema.

"Los sistemas avanzados de bucle proporcionan la opción más actual de inducción"

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES DEL ESTUDIO COMPARATIVO

1) En las primeras filas, si la acústica del teatro es buena, la audición de los sujetos explorados es bastante próxima a los resultados obtenidos en cabina. 2) Cuanto mayor es la distancia, la ayuda del bucle inductivo es más efectiva y aporta una mayor cantidad de información respecto a la recogida por los micrófonos de las prótesis. 3) El sistema de inducción magnética, aunque en diferentes porcentajes, ayuda siempre a obtener una mayor claridad. 4) El bucle inductivo permite alcanzar los porcentajes máximos de inteligibilidad posible en cada caso cuando se usa correctamente.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN SUBJETIVA

De la encuesta de satisfacción subjetiva podemos extraer las siguientes conclusiones: 1) La valoración de la calidad de sonido por parte de los usuarios del bucle es positiva o muy positiva en la mayoría de los casos.

2) La claridad y la percepción musical mejora con la ayuda del bucle.

3) Valoran el sistema de bucle inductivo como una ayuda cómoda y fácil de usar.

4) La mayoría de ellos les gustaría instalarlo incluso en su domicilio.

5) La experiencia de uso del bucle les da una sensación de integración y sensación positiva hasta el punto de que recomendarían la instalación a sus amigos y en las áreas públicas.

ENCUESTA DE NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA

Respecto al nivel de conocimiento de la inducción magnética se puede concluir:

1) Es necesario mayor información hacia los usuarios de prótesis de la posición T de sus dispositivos, así como de sus posibilidades de utilización.

2) Es imprescindible la correcta señalización de las áreas que ya están inducidas y su difusión entre el colectivo de usuarios de prótesis auditivas.

3) Es necesario mejorar y habilitar a los usuarios para que sean capaces de detectar las zonas inducidas y utilizar los sistemas cuando estén instalados.

4) Es importante divulgar la existencia de esta tecnología para que los propios usuarios puedan solicitar su instalación a instituciones públicas y privadas.

BIBLIOGRAFÍA :

Hall, Mueller (1997): *Audiologists' desk reference*. Singular Publishing Group, San Diego (EEUU).

Valente Husford-Dunn, Roeser (2000): *Audiology: Treatment*. Thieme NY (EEUU).

Chandell, Smaldino, Flexer (1995): *Sound-field FM and amplification*. Singular Publishing Group (EEUU).

Pierce (1992): *The Science of Musical Sound*. Freeman.

Departamento de Otorrinolaringología de la Clínica Universitaria de Navarra (1995): *Protocolo para la valoración de la audición en lengua española, en un programa de Implantes Cocleares*; Universidad de Navarra.

Hersh, M. and Johnson M. (2003): *Assistive technology for the hearing impaired, deaf and deafblind*. Springer-Verlag. London.

Norma UNE-EN 60118-4:2007 (IEC 60118-4:2006).