

# **Efecto de la Acústica Arquitectónica en las Personas Usuarías de Prótesis Auditivas**



**Centro Audioprotésico Aragón**  
C/ Dr. Cerrada 40 · 50005 Zaragoza  
Rafael Rubio · r.rubio@aca.es  
Telf. 976 21 58 96

## **INDICE**

**01.- Introducción y antecedentes**

**02.- Explicación del sistema**

## 01.- INTRODUCCIÓN

Los sistemas de inducción magnética son un método de transmisión de audio sobradamente conocido, aunque de escasa implantación en nuestro país. Tradicionalmente, éstos sistemas han sido instalados en salas de conferencias, aulas y recintos para espectáculos sobre todo en los países escandinavos y Reino Unido, y actualmente en España se comienza a dotar de éste tipo de infraestructuras para eliminar barreras de comunicación para las personas con deficiencias auditivas y usuarias de prótesis. Las primeras instalaciones de bucles, se realizaban basándose en amplificadores no específicos que transmitían una calidad de señal bastante deficiente, aunque en la actualidad, la tecnología ha hecho que los problemas que presentaban éste tipo de instalaciones se reduzcan a su mínima expresión, siendo capaces en éste momento de transmitir con una nitidez y precisión equiparables a los sistemas de FM o infrarrojos, con un coste de instalación mucho menor, ya que el usuario final no precisa de un receptor añadido sino que lo llevan incorporado la mayoría de las prótesis auditivas, obteniendo así otros beneficios adicionales como el de no estar pendientes de prestar y recoger los receptores y la nula diferenciación del hipoacúsico del resto de asistentes al evento que no precisan de ayuda específica. Otra ventaja que merece la pena reseñar es la universalidad y compatibilidad del sistema, ya que no está sometido a una regulación de frecuencias que pueden ser distintas para cada país, o incluso para áreas diferentes por ejemplo, dentro de un mismo recinto, de manera que un hipoacúsico con posibilidad de recepción inductiva en su prótesis podrá beneficiarse del sistema sin excepciones allá donde se encuentre instalado.

La investigación en éste campo, ha conseguido asimismo la generación de campos magnéticos extraordinariamente bien confinados al recinto objetivo, eliminando las interferencias con otros dispositivos y consiguiendo inducciones muy homogéneas con un consumo energético mínimo, sin necesidad de hacer circular por los cables que rodean las salas una cantidad alta de corriente para generar el campo con suficiente potencia como para excitar los receptores en cualquier parte del auditorio.

Los avances anteriormente expuestos han dado lugar a una concienzuda regulación de las instalaciones de bucles por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC 60118-4) y su correspondiente transposición al sistema de normalización industrial español (UNE 20603-4), aplicando distintas normas internacionalmente establecidas. Queremos hacer especial hincapié en éste detalle ya que en el mercado existen numerosos amplificadores de bucle, generalmente de fabricación oriental, que no cumplen los requisitos de corriente en pico y no se ajustan a normas, aunque aparentemente funcionen bien cuando el nivel de exigencia de fidelidad es bajo. Instalaciones de éste tipo llevan a un rápido desencanto del público al que van dirigidos al no poder garantizar la audibilidad de todos los sonidos y por lo tanto su inteligibilidad.

## 02.- EXPLICACION DEL SISTEMA

### EFFECTO DE LA ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA EN LAS PERSONAS USUARIAS DE PRÓTESIS AUDITIVAS

#### INTRODUCCION

Las personas usuarias de prótesis auditivas precisan de unos requerimientos especiales a nivel acústico para conseguir que tengan una buena inteligibilidad de habla. Esta necesidad, se pone especialmente de manifiesto en aquellos recintos que por sus dimensiones, ruido de fondo o especial importancia del mensaje hablado, constituyen un entorno desfavorable o de riesgo de interferencia acústica para los hipoacúsicos.

Tradicionalmente, la acústica arquitectónica no se ha tenido muy en cuenta en la construcción de edificaciones. Como resultado, tenemos en España, y en todo el mundo, en general, una gran cantidad de edificaciones de magnífico aspecto visual pero con unas características acústicas francamente deficientes, y en esto podemos incluir gran cantidad de salas de cine, conferencias, teatros, aulas, etc, en los que éste factor debería primar sobre muchos otros.

Para enmarcar el proyecto que nos ocupa, vamos a revisar en primer lugar los problemas que adolecen nuestros recintos acústicos en general y las soluciones que nos puede proporcionar la técnica actual para paliar el problema.

#### FACTORES ACUSTICOS

En todo recinto acústico existen tres factores que influyen decisivamente en la calidad de sonido:

- La 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.
- El 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. Mas adelante daremos una definición precisa de éste 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 factores mas beneficiosos para las personas hipoacúsicas es la intensidad con la que les llega el sonido 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 mas fácil distinguir fonemas que pueden resultar muy parecidos en espectro y les pueden inducir a confusión.

## ¿CÓMO INFLUYEN LOS FACTORES ARQUITECTÓNICOS EN EL MENSAJE HABLADO?

### 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. 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.

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 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 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 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. 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



Figura 1: Ejemplo visual de la interferencia del ruido de fondo sobre el mensaje hablado. Las barras diagonales representarían el ruido indeseado.

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 es exactamente así, ya que puede haber puntos del recinto en el que el ruido de fondo sea más intenso que en otros, aunque el ruido promediado es bastante uniforme.

## TIEMPO DE REVERBERACIÓN

El tiempo de reverberación se define técnicamente como el tiempo que tarda la señal de la voz en disminuir 60dB 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, 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



Figura 2: Ejemplo visual de la interferencia de la reverberación sobre el mensaje hablado. Una ligera reverberación potencia el texto original (Vuelve la letra parecida a la negrita). Si aumentamos el tiempo, se produce la confusión.

materiales absorbentes del sonido en los revestimientos de las paredes, techo y suelos y evitar lo mas posible las paredes paralelas. Si miramos a 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, consiguiendo un efecto exactamente contrario al deseado. El eco producido se añade al ruido de fondo dificultando todavía más la comprensión, y ésta situación puede verse todavía mas agravada con el uso de sistemas de megafonía mal calculados.

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

Todas los recintos presentan éstas 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 si 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 éstas 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 éstos problemas y sus ventajas e inconvenientes.

## ESTADO DE LA TECNICA

Con el fin de solucionar éstos problemas la industria de las prótesis auditivas ha planteado varias soluciones hasta el momento, todas ellas efectivas pero con distintos grados de utilidad según a lo que se dediquen. La primera de ellas es el sistema de FM. Consiste en un transmisor del tamaño de una cajetilla de tabaco, aunque últimamente lo han reducido más hasta el tamaño de un rotulador de marcaje fluorescente, aproximadamente, que capta la voz del ponente. Este transmisor lo traslada a radiofrecuencia, concretamente a frecuencia modulada, y lo lanza a un receptor que puede ser de dos tipos, o bien de petaca, con un cable que lo une a la prótesis o bien los mas modernos que tienen un tamaño aproximado de 1cc y se conectan directamente al audífono, haciéndolo un poquito mas grande pero casi imperceptible. Es el sistema que mas fidelidad acústica tiene, pero aunque es el mejor para una transmisión de sonido personal, presenta los inconvenientes de que necesita receptor específico, los pequeños se alimentan de la batería del audífono con lo que acortan la vida útil de la misma y están sujetos a sintonización de frecuencias, con las consiguientes desventajas que ello conlleva, la mas importante de ellas la universalidad. Estos sistemas asimismo, presentan un alto precio de mercado, y por lo tanto no son accesibles para según que economías. Por lo tanto, respecto a dichos sistemas, podemos concluir que son excelentes pero para una transmisión de sonido más o menos privada, difícil de adaptar a un sitio de pública concurrencia.

Los sistemas de infrarrojos constituyen una segunda opción, no sujeta a reglamentaciones de radiofrecuencia y con la ventaja de que se ciñen exactamente al lugar donde están ubicados, ya que su portadora es un rayo de luz infrarroja que se comporta en ésta aplicación de la misma manera que la luz visible, es decir, no puede haber objetos opacos entre el transmisor y el receptor porque en ese caso la transmisión se degrada. Respecto al precio, es sensiblemente inferior al de la FM, con un rendimiento muy parecido, aunque los receptores son siempre de petaca, lo que sienta un elemento diferenciador entre los asistentes que llevan el dispositivo y los que no.

Finalmente, existen los bucles de inducción magnética, que son, desde nuestro punto de vista, los sistemas mas recomendables para dotar de accesibilidad a recintos públicos donde

podieran encontrarse personas con prótesis auditivas.

## LA INDUCCIÓN MAGNÉTICA

La inducción magnética es un sistema conocido hace muchísimos años en el entorno de las prótesis auditivas, siendo amplísima su utilización sobre todo en los Países Escandinavos y en el Reino Unido. Básicamente, consiste en un cable que rodea el recinto donde queremos transmitir la voz, conectado a un amplificador específico que transforma las inflexiones de la voz en un campo magnético variable. El receptor, está incorporado de serie en la mayoría de los audífonos y lo empiezan a incorporar en éste momento algunas marcas de implantes cocleares y osteointegrados, y consiste en una pequeña bobina captora que está conectada a la etapa de potencia de la prótesis, con lo que no hay receptor externo al audífono que ya lo lleva el usuario, no hay ningún gasto por parte del hipoacúsico para un receptor, no gasta mas energía del audífono y no está sujeto a ninguna restricción frecuencial, además de ser compatible en todo el mundo. No obstante, también presenta algunos inconvenientes, como la complejidad de instalación en algunas ocasiones y las posibles interferencias creadas por el campo, que no deberían ser problemáticas si lo instala personal cualificado. El precio de inducir un aula es sustancialmente menor que el de los otros sistemas, si contamos que en los sistemas de FM e Infrarrojos hace falta un receptor específico por usuario.

El sistema funciona básicamente como el primario y el secundario de un transformador, y actualmente, se están estudiando sistemas que confinan el campo a un recinto específico sin interferir con otras instalaciones o receptores próximos. La fidelidad de sonido es cercana a la FM y los infrarrojos, sin llegar a alcanzarlos, pero es mucho mas que suficiente para transmitir la voz humana y la música, encontrándose instalaciones de éste tipo en lugares tan importantes como la Opera de Copenhague o en la mayoría de teatros de Escandinavia, sin que suponga una merma de calidad apreciable respecto a otros sistemas.

Su instalación es posible incluso con sistemas de enlace de FM, en los que el ponente lleva un micrófono inalámbrico sintonizado con un receptor que a su vez está conectado al emisor de bucle, de manera que tenemos total movilidad del ponente y del auditorio, sin que haya ninguna diferenciación entre los asistentes que lo están usando aparte de la propia prótesis auditiva.

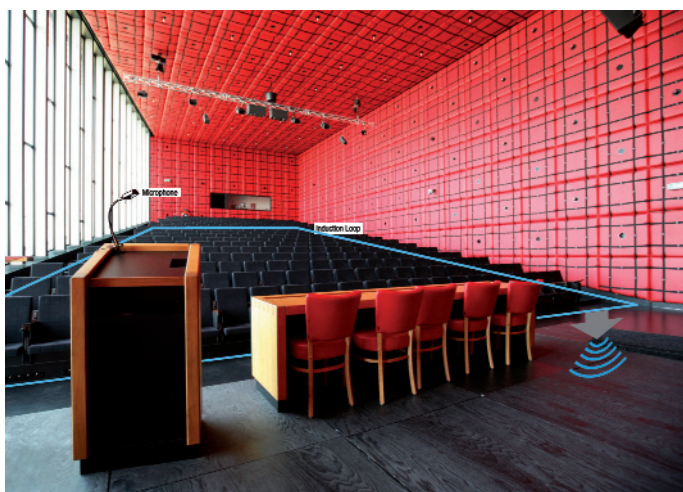


Figura 3: Instalación típica de un sistema de bucle magnético en un recinto. El cable transmisor puede ir por el suelo o por el techo a nivel estético, pero lo recomendable es calcular la altura ideal mediante un procedimiento matemático, que se suele usar solo cuando el bucle se proyecta de obra inicial.



## TIPOS DE INSTALACIONES DE ARO MAGNETICO

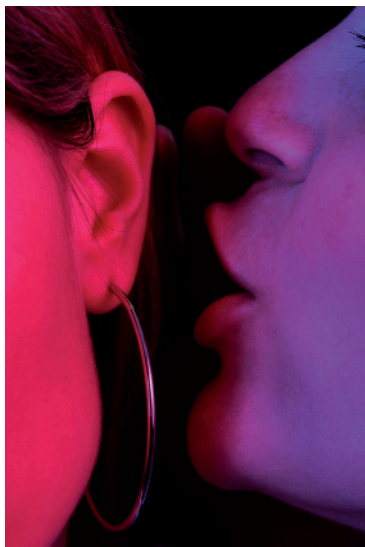
En el actual contexto tecnológico, existen dos tipos de instalaciones principales para acometer la accesibilidad de grandes recintos, el bucle perimetral y sistema avanzado de bucle (TACA), que consiste en tramos de cable con señal desfasada.

El primero de ellos, es una instalación de menor complejidad técnica, y consiste en rodear la sala que queremos habilitar con un cable a una altura determinada calculada previamente. Esto nos proporciona un campo magnético relativamente uniforme en el interior del lazo, y es un sistema válido cuando no podemos hacer otra cosa. La problemática principal de éste tipo de bucles es que conforme aumenta el tamaño de los recintos a inducir, tenemos que generar un campo magnético mayor, y se llegan a producir en algunas ocasiones interferencias con la megafonía principal de la sala, lo que lo hace inviable para según que tamaño de recinto. Asimismo, el campo no se confina exactamente al área que pretendemos inducir, con lo que se rebasan las paredes y puede percibirse desde salones contiguos en el espacio, bien sea en los laterales o en las plantas de arriba y abajo. Dicho efecto conlleva un problema de confidencialidad en los salones, ya que cualquier persona con una prótesis auditiva podría oír lo que ocurre dentro del salón en las proximidades del mismo. Este sistema, no obstante, es muy adecuado para recintos pequeños, como pequeñas habitaciones, taquillas con cristal o ascensores, por poner unos ejemplos, y lógicamente su coste es sensiblemente inferior al de los sistemas de mayor complejidad técnica, tanto por el menor trazado de cable, como por la facilidad de instalación, y se usa también en ocasiones para inducir salones en los que es imposible realizar obra porque están ya en servicio como una alternativa razonable de inducción.

Los sistemas avanzados de bucle (TACA) proporcionan 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.

## VENTAJAS PARA LA PERSONA HIPOACÚSICA

Se define la relación S/R como el número de dB que diferencia la señal del ruido, esto es, del sonido que tratamos de escuchar respecto al que nos estorba. Un normoyente puede seguir una conversación con una relación S/R de  $-5\text{dB}$ , esto es, que la conversación esté 5 dB por debajo del sonido indeseado de fondo. Para una persona con cierto grado de hipoacusia, la relación debe ser como mínimo de  $9\text{dB}$ . Como observaremos, entre una persona normoyente y alguien con hipoacusia corregida con audífonos tenemos una diferencia de 14 dB para oír correctamente la misma conversación, con lo que en ambientes aparentemente correctos acústicamente para la mayoría, para alguien que lleva audífonos puede ser todo un problema. Pues bien, la ventaja del uso de cualquiera de los sistemas anteriormente expuestos es un importante aumento en la relación S/R del mensaje hablado que está recibiendo el asistente. Es una creencia muy extendida que los sistemas anteriormente descritos mejoran o corrigen de alguna forma la pérdida auditiva de quien los usa, pero realmente lo único que hacen (que ya es mucho) es acercar la fuente de audio al oído del paciente. Es como si redujéramos la



distancia de la boca del ponente al oído del asistente a la distancia que existe entre el micrófono del sistema de accesibilidad al pabellón auditivo del paciente. Con éste aumento de la relación S/R, en la mayoría de las ocasiones es mas que suficiente para que el usuario de prótesis sea capaz de seguir con soltura una conferencia o explicación, y si además elegimos un sistema que sea universal, barato y poco diferenciador del resto del auditorio, como en el caso del bucle de inducción, obtenemos la situación ideal para la audición en cualquiera de los ámbitos expuestos.

Figura 4: La mejora de comunicación con el uso de sistemas de accesibilidad acústica se produce por el acercamiento de la fuente sonora al receptor auditivo, lo que impide que la señal se “contamine” con los efectos negativos del recinto.