

# Artefactos de asistencia a la audición en auditorios: principios físicos, instalación y costos

Maite Gil Prandi

*Instituto de ingeniería eléctrica – Facultad de Ingeniería UDELAR – Montevideo, Uruguay*

**Abstract—** Se analizan diferentes métodos que puedan solucionar el inconveniente que tienen las personas con déficit auditivo para escuchar en lugares donde hay mucha ruido e interferencia, como teatros, escuelas, centro culturales, etc. En particular se analiza la implementación del aro magnético a los efectos de estudiar cuan ventajoso resulta dicho sistema, sus principios físicos, costos, construcción e instalación. Se considerarán además otras soluciones existentes para el acondicionamiento de auditorios.

This paper presents different methods in order to facility a good hearing level from people who have hipoacusia. The main method presented is the ‘magnetic ring’, which we will analyze about how venturous is this system, its physics principles, costs, construction and its implementation. It is also mentioned other possibilities to make the non-well hearing person, hear as well as it is possible in places they frequent.

## I. PALABRAS CLAVES

Hipoacusia, aro magnético, campo magnético, modo T.

## II. INTRODUCTION

Alrededor de 360 millones de personas en el mundo padecen pérdida de audición en algún grado. Es decir, más de un 5% de la población del mundo, de los cuales, 32 millones son niños. [datos brindados por la OMS, febrero 2017]. Existen varios dispositivos para el tratamiento de esta afección como lo son los audífonos. Las personas que padecen hipoacusia y que utilizan audífonos, suele n tener dificultad en la escucha en lugares donde hay mucho ruido. En Argentina ya es ley, el acondicionamiento en auditorios en lugares públicos, para mejorar y favorecer la escucha a las personas con discapacidad auditiva.

## III. DESARROLLO

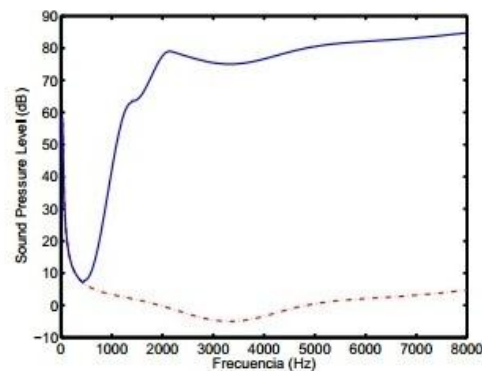
La discapacidad auditiva se la conoce como hipoacusia. Esta puede presentar diferentes grados según el nivel de pérdida de la escucha. La audiometría, lo que busca es medir la intensidad necesaria para alcanzar un umbral de audición, para cada frecuencia. Esta técnica se basa en que el oído tiene sensibilidad auditiva distinta para cada frecuencia, lo que genera distintos

umbrales para cada frecuencia. Una escala utilizada es la de dB HL: decibelios hearing level. Es una unidad logarítmica que dice la cantidad de decibelios necesarios por arriba de una curva de referencia para poder escuchar a una frecuencia determinada. El 0dB HL es el umbral de referencia promedio de audición normal, es decir la intensidad mínima de sonido que el oído humano detecta en condiciones normales. El 0dB HL indica que el individuo no tiene pérdida en la frecuencia evaluada.

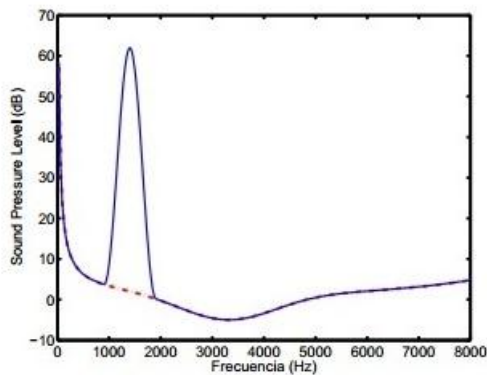
Los niveles de pérdida de la audición se clasifican según:

- Hipoacusia leve, con umbrales entre los 20 y los 40dB.
- Hipoacusia moderada, entre 40 y 70 dB.
- Hipoacusia severa, de 70 a 90 dB.
- Sordera, no percibe sonido siquiera en umbrales que superan los 90dB.[1]

En las figuras 1 y 2, se ilustra el déficit auditivo, en nivel de presión auditivo en función de la frecuencia. La línea punteada roja representa el umbral absoluto de audición de una persona joven saludable, y sin ruido ambiental. La línea azul representa, en la figura 1, el umbral de una persona con discapacidad auditiva severa, y en la figura 2 una pérdida de audición traumática, puntual en un determinado rango de frecuencias. Imágenes obtenidas de Agüero. [2]



**Figura 1** Curva SPL en función de la frecuencia para una discapacidad auditiva severa y de referencia.



**Figura 2** Funciones SPL en función de la frecuencia para una discapacidad de origen traumático y de referencia.

El 18% de la población mundial con discapacidad, padece algún grado de hipoacusia. Otros estudios, como los que surgen del INE (Instituto Nacional de Estadística) en el 2005, en España, arrojan los siguientes datos: de una población total de 43.198.000, el 4,1% (1.771.118) tiene algún grado de hipoacusia, y un 0,6% (259.188) de personas de esta población total presenta un grado severo – profundo. Asimismo, 1,8% de personas mayores a 60 años presentan niveles de pérdida de audición por encima de los 75dBHL. Con respecto a la población infantil, 4 - 5 de cada 1000 niños, presentan algún grado de hipoacusia y un 1% presentarían un grado severo-profundo.[3]

Si bien se han desarrollado dispositivos que permiten mejorar la calidad de vida de las personas con déficit auditivo, muchas veces suelen ser soluciones costosas o no se ajustan a lo que el usuario puede estar necesitando. La producción y distribución mundial de los audífonos satisface menos del 10% de las necesidades mundiales y menos del 3% en países en desarrollo. En entornos socio-económicos bajos, la falta de baterías, el mantenimiento de los dispositivos y servicios de ajuste para los mismos es una gran limitación.

Por todo lo expuesto, enfatizaremos en el análisis a este problema, en una potencial solución, tal como lo plantea el INTI (Instituto nacional de Tecnología – de Argentina) con el *aro magnético*, también denominado Lazo de Inducción, Bucle Magnético o Bucle de Inducción. Este sistema de aro magnético es válido para usuarios que hacen uso del audífono analógico y consiste en un dispositivo electrónico asistido permite mejorar la escucha de personas con hipoacusia leve o moderada en lugares donde puede haber mucho ruido ambiental.

La hipoacusia tiene restricciones en el desarrollo de la comunicación oral lo que genera una desigualdad socio-educativo-laboral y aislamiento social. Rafael Kohanoff, ingeniero que llevó adelante varios proyectos en el INTI, y que tuvo gran involucramiento en el desarrollo del dispositivo de aro magnético, afirma: “No hay que ser muy avisado para darse cuenta de que hay una exclusión y discriminación y que esto también se extendía al mercado. Y a partir de esto entonces dijimos – Lo que vamos a tratar de hacer

es identificar cuáles son las necesidades mayores; cómo de un centro de tecnología nosotros podemos dar respuesta a estas necesidades y cómo esto termina siendo usado por la gente que lo precisa –.”[4]

Sin duda el INTI promueve el desarrollo de tecnologías adecuadas y de gran accesibilidad para mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad, para lo cual impulsa la interacción entre sus propios equipos técnicos con grupos de desarrollo de las industrias, organismos públicos, sistema educativo y de salud, de ciencia y tecnología, y organizaciones de la comunidad. [5]

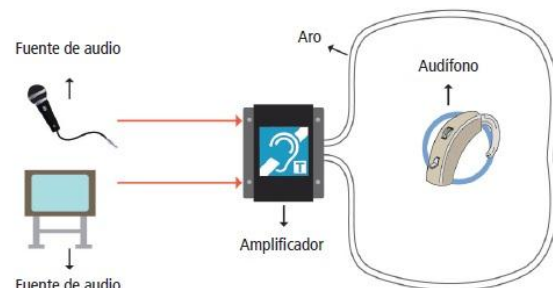
El sistema del aro magnético está diseñado para ser de utilidad en ambientes como pueden ser teatros, salas para conferencias, o reuniones, así como también en entornos donde hay mucho ruido de tráfico como terminales y estaciones. Se puede ver esta idea en la figura número 3, obtenida del INTI. [5]



**Figura 3** Esquema de instalación de un sistema de aro magnético en una sala de reunión. El trazo rojo es el aro magnético y el azul es la conexión de la señal de audio.

El esquema de transmisión en este sistema consta de: una fuente de audio (como puede ser un micrófono), un amplificador, un aro (conductor eléctrico), y un audífono como receptor de la señal a transmitir.

La base de su funcionamiento es transformar la onda sonora que se quiere transmitir, en campo magnético, para ello, el receptor debe estar inmerso en dicho campo magnético, que es generado por medio de una fuente de audiofrecuencia. La fuente generadora puede ser una televisión, un equipo de audio, etc. Un diagrama de esta transmisión se observa en la figura 4 obtenida del INTI. [5]



**Figura 4** Sistema de transmisión del aro magnético

## AUDÍFONO

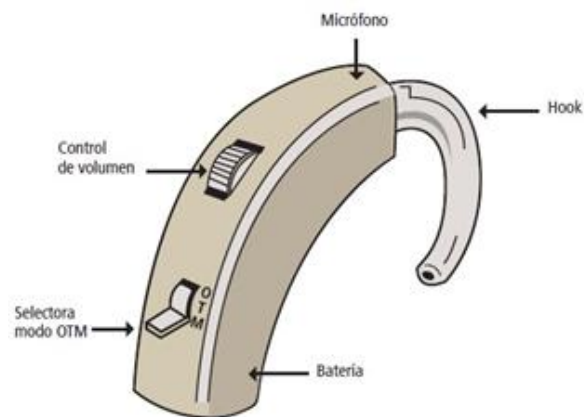


Figura 5 Esquema de un audífono

El audífono es la ayuda técnica más importante para una persona con hipoacusia. A grandes rasgos, este dispositivo se utiliza para amplificar el sonido. El audífono en el que se va a hacer hincapié es aquél que tiene como opción el *modo T*, y se puede observar en la figura 5, obtenida del INTI [5]. La letra “T” hace referencia a la bobina Telefónica. Esta bobina transforma el campo magnético transmitido en el aire a través del aro, nuevamente en sonido dentro del oído, aislado del ruido ambiente. El usuario entonces recibe una señal limpia y nítida. El audífono presentado consta de tres modos. El modo “T”, el modo “M” es referido a un micrófono, que capta la señal del aire y es amplificada en el oído, y el modo “O”, modo OFF. El modo “T” aísla a la persona de todo ruido ambiental, recibiendo únicamente las señales en forma de campo magnético. Este sistema de captar señales y amplificarlas para el usuario se puede ver en la figura 6.

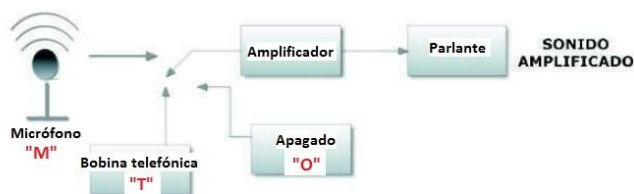


Figura 6 Esquema de funcionamiento de un audífono con modos OTM

Los audífonos pueden tener costos muy variados, desde U\$S 600 hasta más de U\$S 5.000, de ahí que dependiendo de las necesidades y de la accesibilidad económica, será la opción que elija el usuario.

“Los audífonos tienen un tiempo de vida aproximado de 5 años, lo cual en principio puede parecer poco, pero si se observa el avance tecnológico que han tenido los audífonos, tiene sentido suponer que en unos años la tecnología de hoy tendrá que ser reemplazada”. afirmó la Lic. en Fonoaudiología Nury Volpe.

## PRINCIPIO FÍSICO

Se precisa una fuente de audio como puede ser un micrófono para captar la señal que se quiere transmitir, tal puede ser el caso de un maestro en el aula, de actores en una obra de teatro, de artistas en un concierto, de un cura en la iglesia, compañeros de trabajo en una sala de conferencia o de reunión, o de cualquier orador que quiera transmitir un mensaje con micrófono, la señal pasa por el amplificador, que aumenta la ganancia, es decir la potencia de la señal y logra así generar energía eléctrica por el aro, transmitiendo la señal por el cable (aro) que rodea la sala, y así se cierra el circuito. De esa forma, se deja de oír el sonido, que se transformó en campo magnético y todo aquello que quede dentro del circuito, captará con un receptor en modo T únicamente la voz que proviene de la fuente de audio.

Existe un manual, elaborado por técnicos del INTI, que he conseguido a través del Sr. Mario Aguilar, (funcionario de INTI), que está especialmente diseñado para escuelas técnicas, que permite llevar adelante la construcción e instalación del sistema, y en el cual se detalla específicamente cada componente que utilizan. En la figura 7, se observa el circuito para el amplificador. Este circuito amplificador, tiene una potencia de 10 Watts y permite cubrir superficies desde  $25m^2$  hasta  $60m^2$ . Estos límites de área encerrada se deben a que, si ésta fuera menor, entonces la impedancia del cable sería muy baja y el amplificador se calentaría. Si el área pasa el límite superior, entonces la potencia del campo magnético generado sería insuficiente para abarcar toda la sala.

Si se quisiera instalar en una superficie menor a  $25m^2$  se podría o bien cablear al menos dos vueltas más, o bien utilizar un cable de menor sección, lo que implica una mayor resistencia. [6]

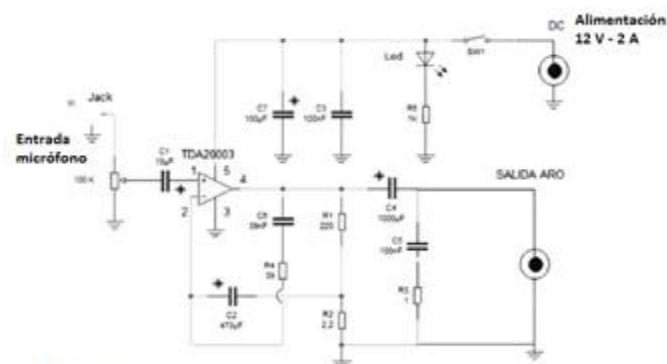


Figura 7 Circuito amplificador que constituye el sistema de aro magnético

## INSTALACIÓN

La instalación es muy sencilla, implica colocar micrófonos en la sala direccionados hacia el orador. Este micrófono se conecta a un amplificador. Luego se coloca el cable en el perímetro de la sala en cuestión. Este cable puede ir instalado en el techo, en el piso o en la pared, no puede ser instalado a la altura del

audífono. El aro se conecta a la salida del amplificador y el amplificador a una alimentación.

Es un sistema de fácil mantenimiento, poco costoso, construido por componentes que se consiguen fácilmente y a la brevedad. [6]

La Mutualidad Argentina de Hipoacúsicos, ha donado en 16 años 69 sistemas de aro magnético, que han sido colocados en varios lugares culturales del país. [7]

La INTI ha generado instancias de capacitación en muchas provincias de Argentina y también en Uruguay para alumnos de escuelas técnicas, para que ellos puedan a su vez capacitar a otros y así sea cada vez sea más sencillo construir e instalar el sistema del aro magnético en cualquier evento multitudinario.

#### PRECIO

El costo del cableado es de 4 pesos uruguayos el metro. Rafael Kohanoff dijo en 2012, que el costo total para instalar el aro magnético es de aproximadamente 780 pesos uruguayos. [4] Actualmente, Mario Aguilar, técnico del INTI, me expresó que el sistema tiene un costo de 1000 pesos argentinos aproximadamente, unos 1680 pesos nuestros.

#### MARCO LEGAL

Desde el 2005, en Argentina, existen leyes provinciales que aseguran la obligatoriedad de la instalación y uso del aro magnético en lugares públicos culturales.

##### - LEY 11.266

ARTÍCULO 1.- Establécese la obligatoriedad de la instalación del denominado Sistema de Aro Magnético para Hipoacúsicos en las Salas de Espectáculos o Teatros dependientes de la Subsecretaría de Cultura de la Dirección General de Escuelas y Cultura.

##### - LEY 8.292

ARTÍCULO 1º.- Establécese la obligatoriedad de la instalación de un sistema de Aro Magnético para hipoacúsicos en todos los cines, teatros y cualquier otro establecimiento de carácter público o privado, cerrado, con butacas, destinados a brindar espectáculos públicos dentro del territorio de la Provincia de San Juan. [5]

#### ¿DESVENTAJAS?

Para poder implementarlo y que tenga un buen funcionamiento hay que tener en cuenta a veces la forma de la sala, el lugar donde está ubicada, pues pueden haber campos magnéticos cerca del lugar a instalar el sistema que pueden llegar a interferir. Para ello, se hace un estudio previo en la sala, se realizan mediciones recorriendo el lugar para ver si hay algún ruido que el hipoacúsico podría captar y entonces interfiriera con la señal deseada. [7]

#### ALCANCE EN URUGUAY

En Junio del 2012 el MIDES junto con el INTI de Argentina, la Facultad de Ingeniería de la UDELAR, la Intendencia de Montevideo, el Consejo de Educación Técnico Profesional (CETP - UTU) y el Pronadis, impulsaron una experiencia en

conjunto para generar una mayor sensibilidad en estudiantes y docentes para la discapacidad auditiva. Agustín Guerra, químico y responsable de la Unidad de Extensión de la Facultad de Ingeniería fue quien coordinó llevar adelante esta primera experiencia. (2012). Argentina financió la construcción de 10 aros magnéticos en Uruguay. El teatro Florencio Sánchez por ejemplo, fue cedido para que se instale el sistema. [8]

#### ¿SÓLO PARA HIPOACÚSICOS?

En principio este sistema ha sido pensado y desarrollado para personas que tienen déficit auditivo. Pero qué pasa si me encuentro en un aula de clase, con cientos de personas, y cuando el docente habla adelante, yo, que me encuentro atrás y rodeada de murmullos y ruidos no logro escuchar claramente?, me convierto en *discapacitado según las circunstancias* – término que utiliza Guerra.

Este sistema de aro magnético se está adaptando para poder emitir las señales deseadas en frecuencia modulada (FM), para que cualquier receptor de FM en el aula, como puede ser un celular, o un reproductor de audio con dicho receptor, pueda captar la voz del orador.

#### OTRAS SOLUCIONES

Contactada la Lic. Nury Volpe, nos comenta sobre otros métodos que utiliza para resolver el inconveniente de las personas hipoacúsicas que no escuchan de forma clara en ambientes con mucho ruido, y resalta que el aro magnético, no ha sido de amplio desarrollo en Uruguay. Comenta que algunos audífonos cuentan con “diferentes modos” generalmente son tres, que pueden ser programados y modificados especialmente para cada usuario según los lugares que frecuenta. Por ejemplo, una persona puede tener como modos: casa, teatro y reunión. Dependiendo del lugar en el que se encuentre, puede seleccionar el modo en el audífono, ya que cada uno tiene especificado cómo recibir el sonido. Comenta Lic Volpe que es la fonoaudióloga quien le ajusta cada modo, dependiendo de las necesidades, amplificando o atenuando la señal, alejándola o acercándola, etc. Existe un modo extra: el automático, que es más abarcativo y que el usuario escoge cuando quiere evitar la configuración específica para cada ambiente.

#### IV. CONCLUSIONES

Se pudieron estudiar dispositivos de asistencia para la audición en auditorios, en particular el aro magnético como posible solución para personas con hipoacusia en ambientes donde hay mucha interferencia con la señal que quiere ser recibida. Podemos inferir que el aro magnético, permite escuchar de forma más eficiente, a través de señales electromagnéticas, evitando la intervención del aire como medio, así el ruido y bochínche proveniente del ambiente y todo aquello que no sea la fuente deseada, no es tomado por el audífono evitando la interferencia de señales que llegan en forma simultánea al oído.

Encontramos como ventaja que es un sistema de costo muy reducido, fácil de construir e implementar. También, cuenta con la gran ventaja de que no impide que otras personas puedan escuchar en forma simultánea al orador por la vía aérea normal.

Hay organizaciones, como INTI que fomentan y estimulan a docentes y alumnos de escuelas técnicas para la construcción e implementación del sistema en todos los sistemas educativos, centros culturales, y otros lugares públicos.

Finalmente, si bien existen otros métodos para facilitar la calidad de vida de las personas con déficit auditivo, la implementación de estos sistemas en auditorios para que el usuario reciba la señal proveniente del orador de forma clara y nítida, es enormemente conveniente y de gran eficiencia. Y puede aplicarse para mejorar la escucha en lugares como escuelas, o cualquier lugar de estudio, en el trabajo, teatros, terminales, y hasta en la propia casa del usuario.

#### REFERENCIAS

- [1] P. Personas and C. O. N. Deficiencia, “Escuela politécnica nacional,” 2009.
- [2] A. Uriz, F. Denk, and J. Tulli, “Simulador de Deficiencias Auditivas,” vol. 8, pp. 52–62, 2011.
- [3] P. Futuras and E. N. Audiología, “OTOLOGÍA TELEMEDICINE . CURRENT STATUS AND FUTURE PROSPECTS IN AUDIOLOGY AND,” *Rev. Clínica Las Condes*, vol. 27, no. 6, pp. 840–847, 2016.
- [4] I. Rafael, “Entrevista al Ing. Rafael Kohanoff \*,” pp. 175–182, 2015.
- [5] “Asistencia auditiva con aro magnético.” Líneas de acción del INTI.
- [6] P. Productivo, “‘ Programa Productivo , Tecnológico y Social ’ Escuelas construyendo ayudas tecnológicas para y con personas para y Manual de Fabricación,” 2010.
- [7] “Aro magnético- ¿Qué es y cómo funciona? - Entrevista a Marcos Emanuel Borello del Área de Relaciones Institucionales de la Mutualidad Argentina de Hipoacusicos. En marzo del 2015” .
- [8] Artículo del MIDES de junio del 2012.