

# PROYECTO FIN DE GRADO

“Tecnología inalámbrica  
en los audífonos”



**ESCUELA**



**AUTOR**

Diego Serrano Toca

**Director de proyecto**

A. Javier Borragán Torre

**Nombre del Ciclo**

CFGS Audiología Protésica

**Fecha de entrega**

14/06/2016

**Índice**

➤ <b>Introducción</b> .....	<b>2</b>
➤ <b>Componentes de un audífono</b> .....	<b>3</b>
✓ Audífonos analógicos.....	3
✓ Audífonos digitales.....	5
➤ <b>Tecnologías inalámbricas usadas en audiología</b> .....	<b>7</b>
✓ Infrarrojos.....	7
✓ Sistema FM.....	8
✓ Inducción magnética.....	9
✓ Bluetooth.....	10
➤ <b>Aplicaciones prácticas de las tecnologías inalámbricas en audiología</b> ....	<b>13</b>
✓ Infrarrojos.....	13
✓ Sistema FM.....	13
✓ Inducción magnética.....	15
✓ Bluetooth.....	17
➤ <b>Conclusiones</b> .....	<b>21</b>
➤ <b>Bibliografía</b> .....	<b>22</b>

## Introducción

A lo largo de este proyecto, voy a analizar las diferentes tecnologías inalámbricas que se usan actualmente en audiología y cuales son los principales ámbitos de aplicación de las mismas.

Para ello, voy a hacer una breve descripción de los principales componentes de los audífonos, tanto analógicos como digitales, aunque me centraré principalmente en estos últimos ya que actualmente son los mas extendidos en el mercado.

Seguidamente, analizaré las diferentes tecnologías utilizadas y su funcionamiento general; y para finalizar, explicaré cómo se aplican en la audiología y qué ventajas e inconvenientes provocan sobre los audífonos y el uso de los mismos sin ellas.

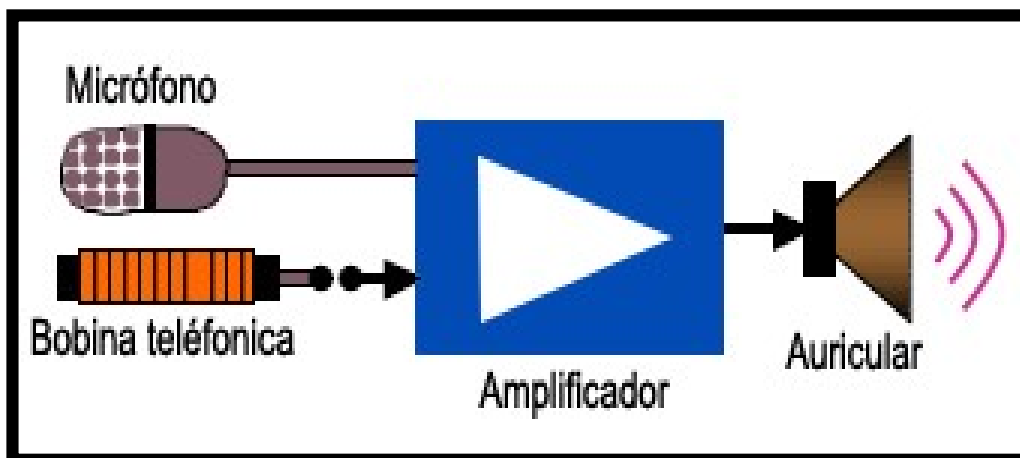
## Componentes de un audífono

Los principales componentes de los audífonos son tres tanto en audífonos analógicos como en los digitales.

- micrófono
- amplificador
- auricular

La principal diferencia entre ambos es que en los digitales el amplificador está dentro del circuito integrado, por ello, creo que es necesario explicar cada una de las tecnologías por separado debido a sus diferencias.

### ➤ Audífonos analógicos:



Me detendré brevemente en explicar este tipo de audífonos, puesto que me interesa más centrarme en los digitales, ya que hoy en día son los más extendidos.

En los audífonos analógicos los tres componentes están claramente definidos.

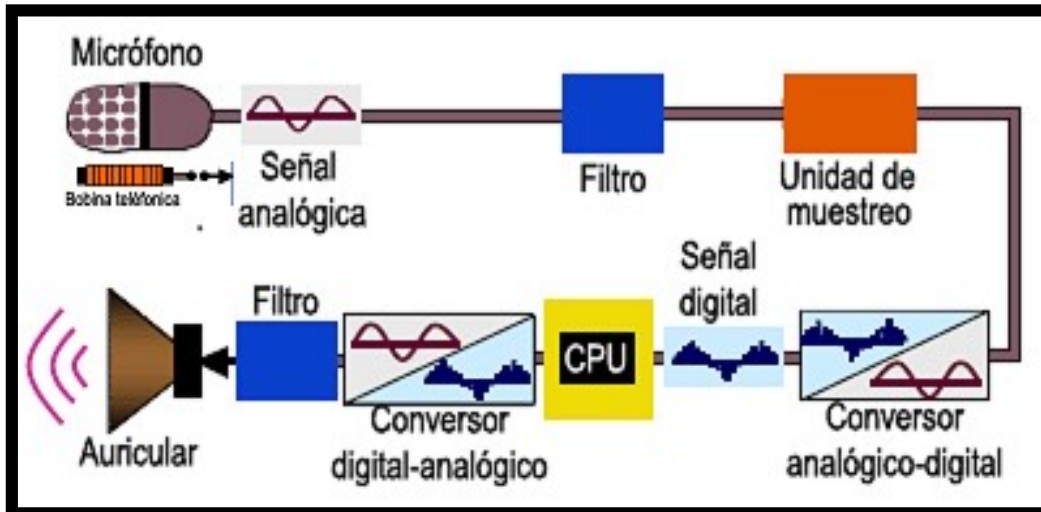
*La bobina telefónica* es un elemento opcional y no todos los modelos la tienen, pero es necesaria para un tipo de comunicación inalámbrica, así que la detallo en el esquema que he plasmado más arriba para que se vea claramente dónde está situada en los audífonos que disponen de ella.

- ✓ **Micrófono.-** Recoge las ondas sonoras del entorno y las transforma en señales eléctricas, para que puedan ser procesadas posteriormente.
- ✓ **Bobina telefónica.-** Capta los campos de inducción magnética y los transforma en una señal eléctrica al igual que el micrófono (a la salida de ambos tenemos el mismo tipo de señal).

En los audífonos analógicos no se pueden mezclar señales de entrada, por lo tanto si el audífono tiene el micrófono encendido, la bobina estará necesariamente apagada y viceversa.

- ✓ **Amplificador.-** Recibe la señal eléctrica del micrófono (o de la bobina) y la amplifica para hacerla audible por el usuario del audífono.
- ✓ **Auricular.-** Recibe la señal eléctrica del amplificador y la transforma de nuevo en energía acústica para que la información sea entendible por el oído.

➤ **Audífonos digitales:**



Como vemos, en el esquema que presento en la página anterior, los audífonos digitales comparten algunos componentes con los audífonos analógicos. Entre ellos encontramos: micrófono, bobina y auricular.

Como ya he explicado con anterioridad estos componentes, me voy a centrar en la parte en la que se diferencian, puesto que el resto funcionan exactamente igual.

La primera diferencia notable es que los audífonos digitales sí que nos permiten, mediante software, mezclar las señales de entrada que proceden del micrófono y de la bobina (o cualquier otro dispositivo de comunicación inalámbrica que actúe como entrada de audio para el audífono, pero eso lo explicaré más adelante).

Y la otra diferencia significativa es que en los digitales no encontramos un amplificador como tal sino un circuito integrado (en el esquema es la parte que va desde el filtro de entrada hasta el de salida) y esta compuesto de:

- ✓ **Unidad de muestreo.-** Es la encargada de fraccionar la señal de entrada para poder hacer la conversión analógico-digital.
- ✓ **Convertor analógico-digital.-** Hace la conversión pura y dura. Es decir, pasamos de una señal de entrada analógica a una señal digital que es con la que vamos a trabajar.
- ✓ **CPU.-** Es el núcleo del audífono, en él se procesa la señal digital para amplificar las diferentes frecuencias en su justa medida (en función de la audiometría realizada). También nos permite grabar los cambios que aplicamos en la configuración del audífono mediante el software del fabricante.
- ✓ **Convertor digital-analógico.-** Hace la conversión inversa y transforma la señal digital en una señal analógica para enviársela al auricular una vez filtrada.

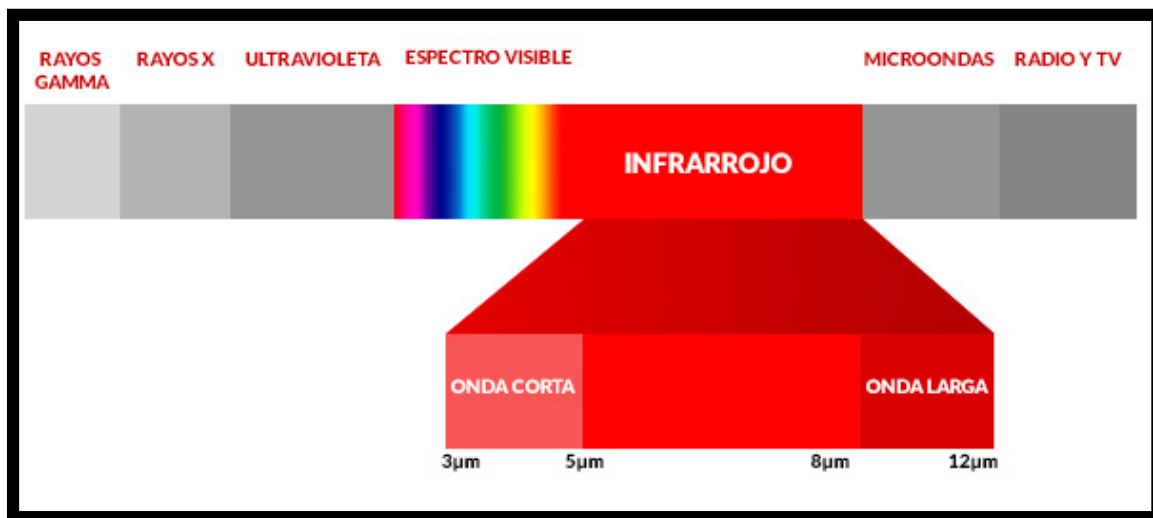
Básicamente, esta es la forma en la que los audífonos procesan la información que captan del entorno para ayudar a mejorar las deficiencias auditivas y la función que cumplen cada una de las partes de los mismos.

Seguidamente, me voy a centrar en las tecnologías inalámbricas que se aplican en la audiolgía para mejorar ciertas funciones y evitar el uso de cables.

## Tecnologías inalámbricas usadas en audiolología

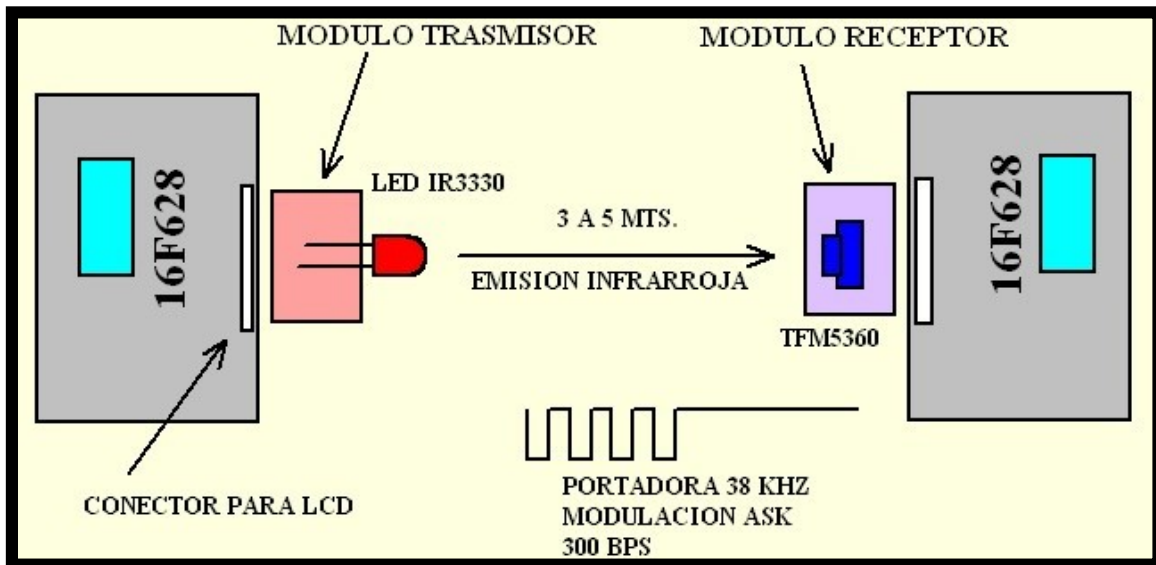
A continuación, detallaré las distintas tecnologías que se usan en audiolología y explicaré su funcionamiento y las diferencias entre las mismas.

- **Infrarrojos.-** La transmisión en este tipo de sistemas se realiza mediante un haz de luz dentro de la banda de infrarrojos.

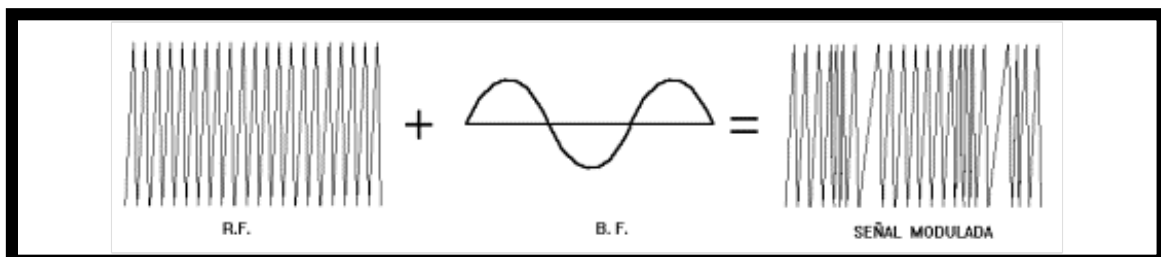


El emisor es un diodo IR mientras que el receptor es un fotodiodo o fototransistor. El principal problema de este sistema (y por lo que actualmente está prácticamente en desuso), es que necesitamos una visión directa entre emisor y receptor con lo que hay muchos elementos y variables (objetos, personas, ambiente, etc...) que pueden interferir en la señal o en la calidad de la misma. Este tipo de sistema no funciona a la luz del sol, con lo cual tiene muchas más desventajas que cualquier otro sistema inalámbrico.





- **Sistema FM.-** El sistema de emisión por FM se basa en la transmisión de ondas de radio moduladas en frecuencia. Esta modulación, es un sistema de protección para que las señales no se vean corrompidas durante su propagación y lleguen de la forma más fiel posible al receptor. En la modulación de frecuencia, la señal moduladora hace que varíe la frecuencia de un oscilador de radio frecuencia (RF) a cada lado de su frecuencia de reposo. La amplitud de la salida de RF se mantiene constante.



Donde RF es la portadora, BF la señal que se quiere reproducir en el receptor y la señal modulada es la onda de FM que se transmite entre emisor y receptor.

La desviación de frecuencia es proporcional a la amplitud de la señal moduladora. Más tarde, en el receptor, será necesario demodular esta señal, es decir, convertir esas variaciones de frecuencia en variaciones de amplitud.

En el intervalo entre la transmisión de una señal de RF por una emisora y su recepción, la portadora puede ser variada o modulada por perturbaciones eléctricas, ya sean naturales o artificiales. De esta manera, aunque una señal de FM tenga amplitud constante en la antena transmisora puede resultar alterada en amplitud cuando llega al receptor. La modulación en amplitud contiene las señales de ruido y es eliminada en el receptor de FM por dispositivos limitadores. Por lo tanto, el receptor de FM es insensible a la modulación de amplitud y, por consiguiente, es capaz de proporcionar una recepción exenta de interferencias, en tanto el nivel de la señal sea suficientemente alto para que tenga lugar la acción limitadora.

Los ruidos eléctricos también afectan a la frecuencia de la portadora, produciendo así una cierta desviación, aunque pequeña. Estos efectos no pueden ser completamente eliminados, pero pueden ser minimizados por un sistema de preacentuación o preénfasis en el transmisor y desacentuación o desénfasis en el receptor. En el receptor esto se consigue con un circuito pasabajos a la salida del "detector". De esta forma, el máximo nivel de sonido corresponde a los componentes de BF de la palabra y la música, y el mínimo nivel de sonido a las componentes de alta frecuencia.

- **Inducción magnética.-** Un sistema de bucle magnético cuenta con un micrófono, un amplificador y un cable.
  - El micrófono registra el sonido.
  - El amplificador procesa la señal y la envía por el cable.
  - El cable se encuentra fijado en un perímetro, que delimita un área específica en la que funciona.

El cable recibe la señal del amplificador y envía el sonido directamente a los audífonos de las personas que se encuentren en la zona delimitada. Previamente, deben haber activado la bobina de sus audífonos. Antiguamente, se decía que el audífono debía colocarse en posición T, mientras que hoy en día, se suele usar el botón del cambio de programa para activar dicha bobina, aunque todavía quedan audífonos con la posición T.

La bobina telefónica de un audífono, también conocida por posición T, consiste en una diminuta bobina integrada en la prótesis que induce una corriente eléctrica cuando hay un sistema de bucle magnético activo. Con la bobina telefónica, los audífonos son capaces de captar las señales magnéticas de los sistemas de bucle y amplifican dicha señal.



La señal internacional para señalar las zonas donde hay un bucle de inducción.

- **Bluetooth.-** Es el sistema que más se utiliza en la actualidad en los audífonos y tiene múltiples usos, por lo que me detendré más detalladamente en dicha tecnología para centrarme en su funcionamiento y en los usos que se pueden dar en la audiología.



Bluetooth trabaja creando una red en la proximidad del dispositivo, evitando así interferencias y utilizando poca potencia.

Bluetooth es esencialmente una red que trabaja a dos niveles:

- Nivel físico Radio frecuencia estandar.
- Nivel de protocolo.

Existen dos versiones de bluetooth:

- La versión 1.0 que tiene una velocidad de transferencia de 1 Mbps
- La versión 2.0 que es más moderna, pero compatible con la anterior, con 3 Mbps.

Como ya he dicho anteriormente, Bluetooth utiliza poca potencia en sus emisiones y utiliza una frecuencia de 2.45 GigaHertzios (actualmente entre 2.402 GHz and 2.480 GHz, para ser exactos). Un gran número de aparatos que utilizamos habitualmente, usan esta banda de radio frecuencia. Algunos ejemplos son: la radio-vigilancia para bebés, los mandos a distancia para las puertas automáticas de los garajes, las nuevas generaciones de teléfonos inalámbricos, todos ellos utilizan las frecuencias de la banda ISM. Por todo ello, asegurar que Bluetooth no interfiera con todos ellos ha sido una de los mayores problemas de diseño.

Una de las explicaciones de porqué no interfieren unos aparatos con otros es la baja potencia de emisión que utilizan, alrededor de 1 miliwatio. Un claro ejemplo de esta afirmación es que, un teléfono inalámbrico puede utilizar hasta 3 Watios y esta baja potencia limita el alcance de Bluetooth a un radio de 10 metros, limitando así las posibles interferencias entre un ordenador, un teléfono inalámbrico o una televisión. Por este hecho, no es necesario que los aparatos que utilicen Bluetooth se estén "viendo". Las paredes de una vivienda normal no detienen la señal, lo cual permite controlar o comunicar aparatos desde distintas habitaciones.

Bluetooth puede conectar ocho aparatos simultáneamente con la única condición de que todos ellos estén en un radio de 10 metros, y aunque parezca imposible no se interfieren. Bluetooth usa una técnica llamada "*spread-spectrum frequency hopping*" que hace improbable que dos equipos coincidan en la misma frecuencia al mismo tiempo. Con esta técnica, un aparato usará 79 frecuencias, todas ellas aleatorias y cambiantes que saltan de una a otra de manera constante. Este cambio de frecuencia ocurre 1600 veces por segundo, de forma que se aprovecha al máximo el espectro.

Concluyendo, como todos los dispositivos Bluetooth usan automáticamente "*spread-spectrum*", es prácticamente imposible que dos de ellos coincidan en la misma frecuencia al mismo tiempo. Por último y por este el mismo motivo, esta técnica minimiza las posibles interferencias que teléfonos inalámbricos u otros dispositivos que utilicen el mismo espectro puedan ocasionar, ya que coincidirán en la misma frecuencia sólo una fracción de segundo.

Cuando un aparato equipado con Bluetooth se encuentra dentro del radio de actuación de otro Bluetooth, se establece una comunicación para determinar si tienen que compartir datos y sus respectivas necesidades de control. Esto ocurre sin tener que presionar ningún botón o activar comando alguno, ocurre automáticamente.

De esta manera, los aparatos, ya sean un ordenador o un equipo de música, forman una red y Bluetooth crea un área de red personal (PAN), o piconet, que puede cubrir o abarcar una distancia corta, no más que la distancia que separa un móvil y el auricular que colocamos en el oído, cuando dicho móvil lo llevamos en el bolsillo o el cinturón. Finalmente, una vez establecida la piconet, los aparatos que la conforman sincronizarán sus saltos de frecuencia para que ocurran al unísono y evitarán otras piconet que puedan estar operando en el mismo cuarto.

### Aplicaciones prácticas de las tecnologías inalámbricas en audiolología

Por último, me gustaría detallar las aplicaciones prácticas de las tecnologías antes explicadas, puesto que su uso en audiolología es extenso y variado.

- **Infrarrojos.-** Este sistema no se usa en los audífonos propiamente dichos, pero sí que se emplea en soluciones auditivas para personas con problemas de audición, más concretamente en auriculares para la TV. Consiste en una base o emisor conectado al dispositivo del que queremos transmitir el audio (normalmente una TV) y los auriculares que son el receptor. El audio se transmite mediante un haz de luz infrarroja desde la base a los auriculares y así el sonido llega claro y nítido, ya que se aísla al usuario de cualquier ruido de la sala y le llega la señal de manera directa.



- **Sistema FM.-** Este sistema se compone de dos partes; por un lado, está el emisor y por otro, encontramos el receptor. La comunicación entre ambos se realiza mediante ondas de radio FM y, para que ambos funcionen correctamente, deben estar sintonizados en el mismo canal. Este sistema es muy útil y se emplea sobre todo en los colegios, puesto que con una sola emisora de FM, se pueden conectar varios receptores. De esta forma, sólo hace falta sintonizar el canal en el que está emitiendo, pudiendo dar servicio así a varios niños en un mismo aula con una sola emisora.

- ✓ **Receptor.-** En este sistema consta de una pieza pequeña que se acopla al audífono para que reciba la señal procedente de la emisora. Es necesario además, activar un programa específico en los audífonos para la recepción del FM. Se necesita un receptor por audífono.



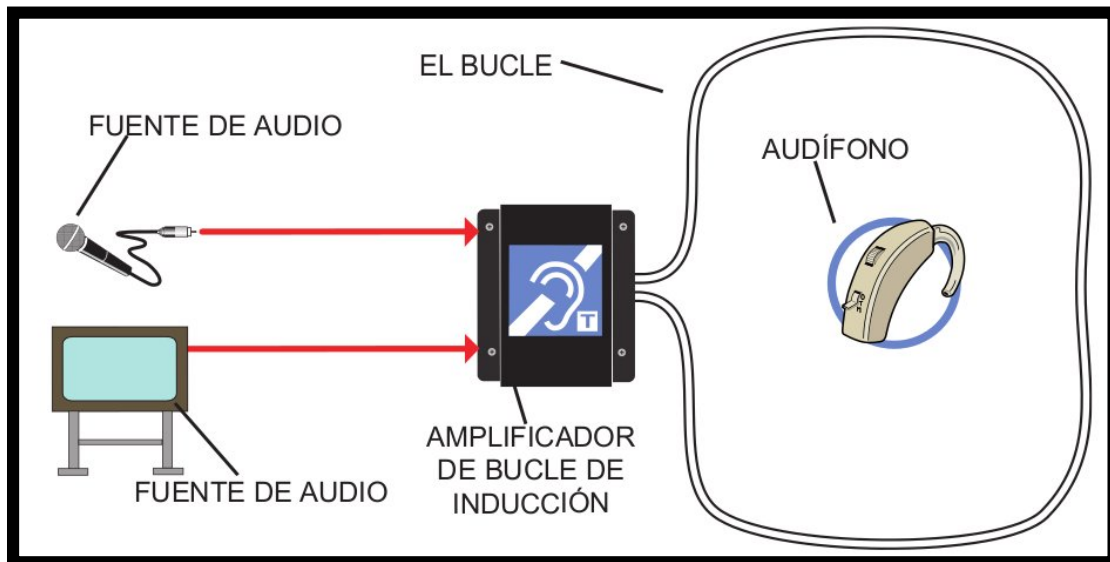
En la imagen de la izquierda receptor de FM, a la derecha acoplado al audífono.

- ✓ **Emisora.-** Es la parte que se encarga de recibir el sonido y transmitirlo en ondas de radio hacia todos los receptores interesados, es decir, que estén en el mismo canal. Está equipado con un micrófono propio para poder recoger el sonido de la fuente concreta que queremos que el usuario reciba en sus audífonos. Generalmente, es utilizado por niños en los colegios.



Emisor de FM para un aula.

- **Inducción magnética.-** En el sistema con bucle magnético podemos diferenciar dos partes claramente:
- ✓ La parte emisora.
  - ✓ La parte receptora.

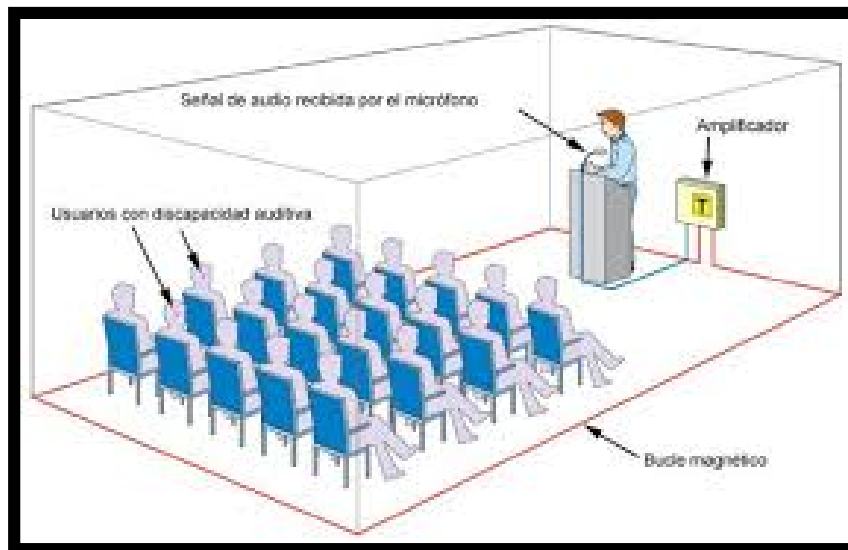


- ✓ **La parte emisora.-** Es el propio bucle en sí, esta parte se encarga de recoger el sonido y transmitirlo por inducción magnética al receptor que se localiza en el audífono.

Esta parte se compone de:

- **Micrófono**, es el encargado de recibir la señal que se quiere transmitir, puede haber uno o varios en el mismo recinto.
- **Amplificador**, es el encargado de ampliar o amplificar la señal captada por el micrófono y convertirla en inducción magnética.
- **Lazo o bucle de inducción**, es el cable que se sitúa rodeando todo el perímetro que acota el área donde se puede recibir la señal del bucle magnético, este cable actúa como antena emisora hacia los audífonos.





- ✓ **La parte receptora** es el propio audífono. Éste debe estar equipado con una bobina telefónica para recibir la señal de la inducción. Antiguamente, había una palanca donde había que seleccionar la posición "T" y, hoy en día, ya no se realiza de esta manera. Este procedimiento es diferente en la actualidad pues, en la mayor parte de los audífonos equipados con bobina telefónica, para activar dicha bobina, habrá que pulsar el botón de cambio de programa y configurar en la programación del audífono un programa específico para esta función.

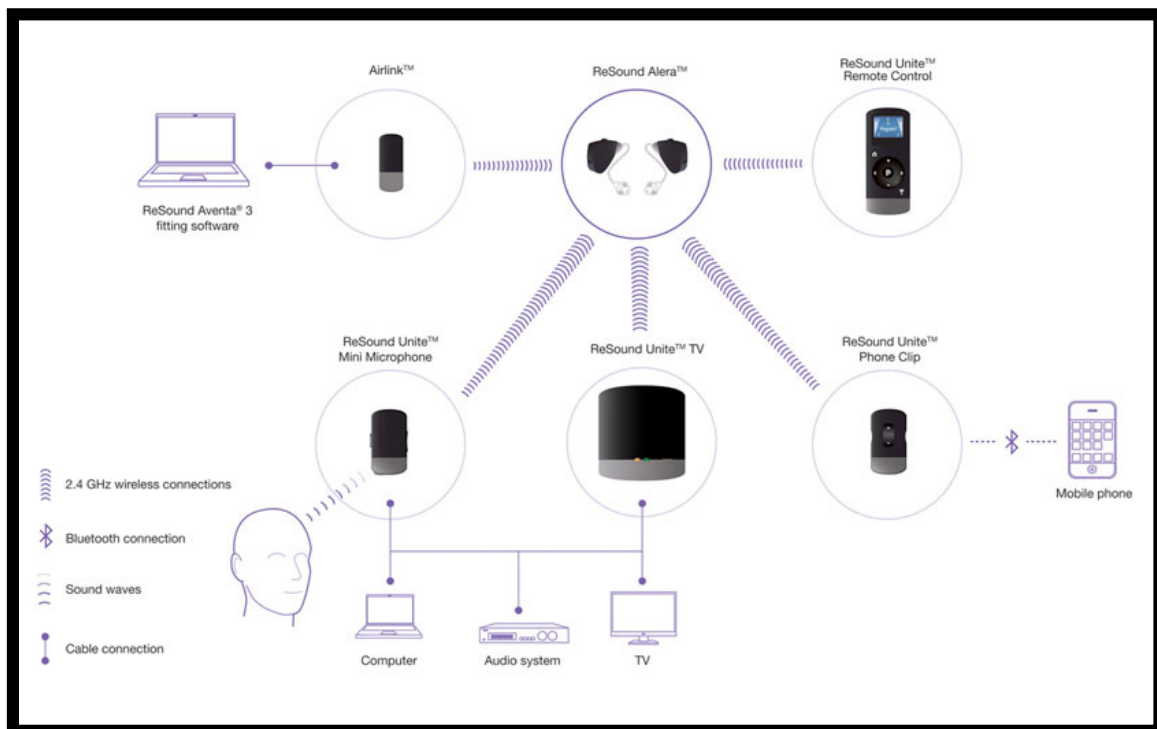
Las principales ventajas de este sistema son:

- La señal llega de una forma directa y mucho más limpia al usuario de audífonos.
- No interfiere la acústica natural del recinto donde se instala el bucle.

Sin embargo no todo son ventajas, ya que cuando el usuario coloca su audífono en la posición "T" apaga el micrófono del mismo, quedando totalmente aislado de las personas que le rodean y sólo pudiendo recibir sonido de la fuente de audio del bucle. En los audífonos más modernos esto se ha solucionado y, al configurar el programa donde actúa la bobina, nos permiten mezclar las señales de entrada en el porcentaje que considere más adecuado el audioprotesista.

- **Bluetooth.-** Esta tecnología admite múltiples usos debido a que permite el envío de una gran cantidad de datos. Por lo tanto, a diferencia de sus antecesoras no sólo se utiliza para el envío de audio a los audífonos, sino para muchas otras posibilidades más.

A continuación, voy a describir los usos más significativos que se le da al bluetooth en audiolgía.



Se pueden distinguir 3 grandes bloques dentro de las conexiones bluetooth en audioprotesis:

- ✓ Programación.
  - ✓ Complementos.
  - ✓ dispositivos externos.
- 
- ✓ **Programación.-** En la actualidad, la mayor parte de los fabricantes conectan sus audífonos (tanto intras como retros y RIC) al software de programación mediante esta tecnología inalámbrica de forma directa, aunque algunos fabricantes de audífonos usan un comunicador intermedio entre el audífono y el PC. De esta manera, la comunicación se realiza mediante inducción del audífono al dispositivo intermedio y por bluetooth de éste al PC.

Una vez tenemos el audífono conectado al software, podemos alterar todos los parámetros que el fabricante nos permita cambiando la respuesta del audífono, tanto en frecuencia como en intensidad, y activando o desactivando las diferentes prestaciones que tenga el modelo en concreto. Esto nos da una flexibilidad enorme a la hora de personalizar la adaptación a cada usuario en concreto. Anteriormente, la única forma de hacer este proceso era mediante cable y no era una opción muy cómoda para el audioprotésista aunque sí que era igual de eficaz y útil.



- ✓ **Complementos.-** Los diferentes fabricantes tienen en el mercado distintos dispositivos propios que nos permiten potenciar las características de nuestros audífonos en situaciones concretas, haciendo así la experiencia del usuario mucho más grata e interactiva con el entorno que le rodea.

Dentro de éstos, cabe destacar los mandos a distancia que permiten al usuario cambiar de programa, subir y bajar el volumen y silenciar sus audífonos.

También disponemos de micrófonos externos que vendrían a cubrir las mismas necesidades que los sistemas de FM, con la salvedad de que este tipo de complementos sólo emiten a un usuario y no a varios.

Otro de los complementos típicos, es el emisor de TV. Éste es similar a los cascos descritos anteriormente en el capítulo de los infrarrojos; pero en este caso, las prestaciones son mejores que las de dichos cascos por dos motivos principalmente.

Este tipo de dispositivos nos permiten emitir el sonido en Dolby Surround con lo que los efectos sonoros de las películas serán mucho más espectaculares y notorios para los usuarios.

Además, nos permiten mezclar las señales de entrada al audífono, es decir, podemos permitir que el micrófono de los audífonos siga captando sonido del entorno y, a la vez, el usuario pueda oír la TV mucho más clara, pero sin aislarle completamente de los que le rodean.



- ✓ **Dispositivos externos.-** Estos son todos los dispositivos que no han sido desarrollados por los fabricantes de audífonos, pero que disponen de bluetooth y se pueden enlazar con los audífonos.

Dentro de éstos encontramos, *TV equipadas con bluetooth* que pueden enviar el sonido directamente de la TV a los audífonos y *móviles*, que al conectarse con los audífonos, permiten que el usuario escuche la llamada directamente en ellos y de una forma mucho más clara y en estéreo.

Por último, dentro de los *móviles* encontramos aplicaciones diseñadas por los fabricantes de audífonos que nos permiten usar el móvil como un mando a distancia, lo cual resulta mucho más discreto y cómodo que el tener que llevar un mando encima. Además, por norma general, con las aplicaciones el usuario puede personalizar mucho más la sonoridad de sus prótesis, en vez de cambiar de programa o subir y bajar el volumen simplemente, ya que le permiten mezclar las señales de entrada (en caso de que sean varias a la vez, TV y micrófono por ejemplo) y cambiar el diagrama polar del micrófono de sus audífonos, de forma que consiga eliminar gran parte del ruido de su entorno y, por tanto, logrando una mejor comprensión de lo que le interesa escuchar mejor.

Desde mi punto de vista, estas últimas utilidades necesitan de un usuario joven o, al menos, con una gran capacidad de comprensión de la tecnología disponible a día de hoy, puesto que para poder modificar tantos parámetros es imprescindible que conozcas y entiendas los mecanismos de dicha tecnología.

Una ventaja es que, siempre que se quiera o por si ha habido algún error de manipulación, se pueden reiniciar y volver a dejar en el estado inicial que marcó el audioprotesista en un principio.

## Conclusiones

Como se ha plasmado a lo largo de este proyecto, la tecnología inalámbrica ha supuesto un avance importante en la audiolología. Esto puede verse a través de tres ventajas:

- 1.- Ha hecho más cómoda la labor del audioprotesista a la hora de programar, puesto que ya no necesita cables al conectar los audífonos al ordenador.
- 2.- Cubre las carencias que tenía el audífono por sí solo, como hacer llegar de forma directa y clara los avisos en ciertos lugares con una mala acústica (bucles de inducción).
- 3.- Ha dotado de mayor control al propio usuario de una manera discreta y sencilla.

Finalmente, se han analizado exhaustivamente las diversas tecnologías inalámbricas que se pueden utilizar en el ámbito de la audiolología y se han explicado los distintos usos y aplicaciones de éstas.

## Bibliografía

**AudioPacks.** (03/10/2013). Audio [social]. El blog d'Audiologia i Logopèdia d'audio. Muntaner 142. 08036 Barcelona: Audio [packs]. Recuperado de <http://audiosocial.es/03/10/2013/comunicacion-inalambrica-con-audifonos/>

**Olgaberrios.** (19/12/2015). Wikipedia "La enciclopedia libre". Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Bucle\\_magn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Bucle_magn%C3%A9tico)

**Coel Audio Solutions.** (2016). Lazos de inducción. Barrio Elizalde 25-10. 48213 Bizkaia: Coel S.L. Recuperado de <http://www.lazosdeinducccion.es/>

**Ayutek.** (2008-2016). C/Londres 38, 28232 Laz Rozas, Madrid: Ayudas Técnicas para la Accesibilidad, S.L. (AyuteK). Recuperado de <http://www.ayutek.com/productos/bucle-magnetico-o-bucle-induccion.php>

**Acopros.** (2014). C/Petunias nº5. A Coruña: Asociación Coruñesa de promoción del sordo (Acopros). Recuperado de <http://www.acopros.org/bucle-magnetico/>

**Marc Monfort, Adoración Juárez Sánchez, Juan Martínez Sanjose, Barker N, Bermejo S, Gascón R, Mazagatos L, onrrubia E, Sánchez O.** (31/10/2006). Observatorio Tecnológico. C/ Torrelaguna 58. 28027 Madrid: Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado. Recuperado de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/es/component/content/article/391-monografico-sordera-y-nuevas-tecnologias?start=3>

**Casper, J.** (2015-2016). Google Sites. Recuperado de <https://sites.google.com/site/1instalaciones/index/monografias/monoblue>