

Amplificación No Lineal

Juan Martínez Sanjosé
Asociación Europea de Audioprotesistas

Históricamente, las pérdidas auditivas se han considerado únicamente desde el punto de vista cuantitativo. Todos sabemos que, a menudo, para diagnosticar el tipo y grado de sordera de un paciente, se utiliza, básicamente, una audiometría por vía aérea y vía ósea (Fig. 1). Todos conocemos la típicas tablas para el cálculo porcentual de una pérdida auditiva que se utilizan en la mayoría de hospitales (Fig 2).

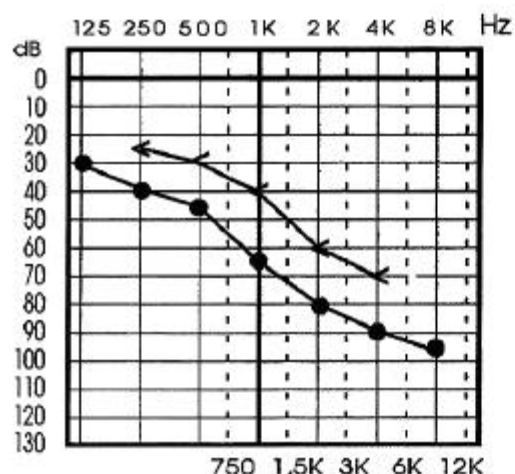


Figura 1. Ejemplo de audiograma tonal por vía aérea y vía ósea.

FRECUENCIAS				
dB	500	1000	2000	4000
5	0	0	0	0
10	0,2	0,3	0,4	0,1
15	0,5	0,9	1,3	0,3
20	1,1	2,1	2,9	0,9
25	1,8	3,6	4,9	1,7
30	2,6	5,4	7,3	2,7
35	3,7	7,7	9,8	3,8
40	4,9	10,2	12,8	5
45	6,3	13	17,3	6,4
50	7,9	15,7	22,4	8
55	9,6	19	25,7	9,9
60	11,3	21,5	29	11,2
65	12,8	23,5	30,2	12,5
70	13,8	25,5	32,2	13,5
75	14,6	27,5	34	14,2
80	14,8	28,8	35,6	14,8
85	14,9	29,8	37,5	14,8
90	15	29,9	39,2	14,9
95	15	30	40	15
100	15	30	40	15

Figura 2. Tabla de cálculo de porcentaje de una pérdida auditiva en función del audiograma tonal.

Los audífonos, también han sido, hasta hace poco, mayoritariamente adaptados de acuerdo, únicamente, a estos datos cuantitativos. Esto sería perfectamente válido si solo corrijiésemos hipoacusias conductivas.

En la actualidad, los nuevos descubrimientos sobre el funcionamiento de la cóclea nos indican que hay muchos más parámetros a tener en cuenta en una pérdida auditiva sensorial, que son tan o más importantes que la evaluación cuantitativa que nos provee la típica audiometría tonal. Estos nuevos parámetros nos darán una valoración cualitativa de la función auditiva.

La presente conferencia tratará especialmente sobre estos nuevos conocimientos, así como los últimos métodos de análisis y proceso de señal que nos permiten realizar adaptaciones protésicas auditivas más eficaces y satisfactorias para el paciente

LA AUDICIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA CUALITATIVO

Existen tres parámetros que nos pueden ayudar a valorar la pérdida desde el punto de vista cualitativo.

El primero de ellos es la evolución de la sensación auditiva en función de la intensidad del estímulo. Todos sabemos que la evolución de la sensación en una persona normoyente es prácticamente lineal, es decir, que cualquier incremento de la intensidad del sonido, cuantificada en decibelios (crecimiento logarítmico), produce un incremento equivalente de la sensación. (Fig. 3). Por el contrario, existen ciertas patologías auditivas, casi todas ligadas a la destrucción total o parcial de las células ciliadas, externas o internas, que provocan alteraciones en dicha linealidad (Fig. 4). Este fenómeno se experimenta especialmente como una carencia de audición de los sonidos de baja intensidad y una sensación de intensidad normal cuando los sonidos sobrepasan un cierto punto. Esto dificulta de forma importante una correcta inteligibilidad.

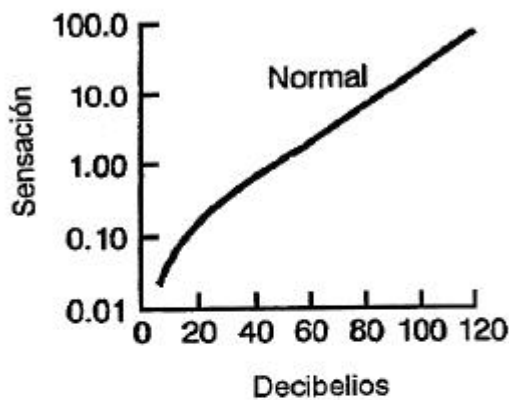


Figura 3. Gráfico de evolución de la sensación en función de la intensidad del sonido para un normoyente.

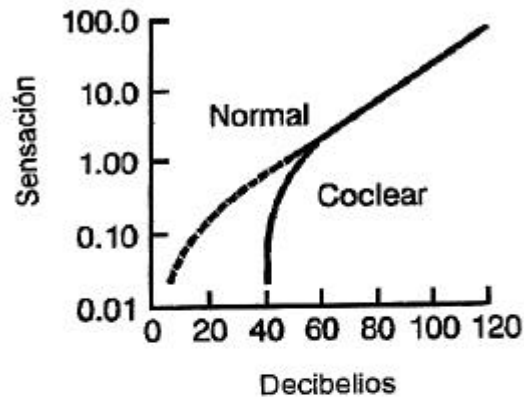


Figura 4. Gráfico de evolución de la sensación en función de la intensidad del sonido para un paciente con pérdida auditiva coclear.

El segundo parámetro es la sintonización, actualmente sabemos que una de las funciones de las células ciliadas externas de la cóclea es colaborar en el filtrado de las señales auditivas. En efecto, en la figura 5 podemos ver las diferentes curvas de sintonización de la cóclea en función del estado de las células ciliadas (Lyberman y Dodds, 1984). En base a estos datos, podemos considerar la membrana basilar, con sus estructuras y células ciliadas, como un gran filtro en el que cada zona es especialmente sensible a una frecuencia concreta. Esta función es la llamada sintonización y uno de los puntales básicos en la comprensión de la palabra. Podemos observar que la sintonización es tanto más deficiente cuanto mayor es el daño producido en dichas células y sus estructuras de contacto, como la membrana tectoria. Es evidente que cuanto peor sea la sintonización, más difícil será la comprensión de la palabra para el paciente.

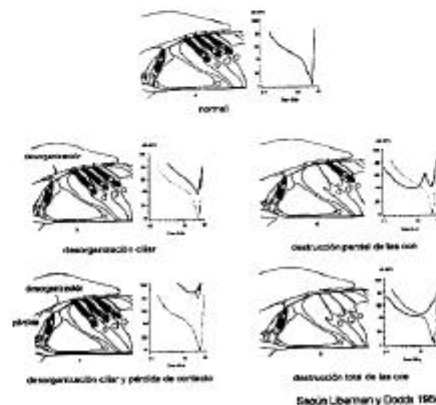


Figura 5. Ejemplos de la influencia en la sintonización de la cóclea de las diferentes afecciones de la misma.

El tercer parámetro es la integración (Fig 6). Hoy en día, es bien conocido que ciertos pacientes, y en especial los de tercera edad, experimentan dificultades de proceso en las señales auditivas de rápida evolución, como el habla. Es decir, su sistema cerebral de proceso e inteligibilidad de la voz es más lento que la evolución de la misma, siendo el resultado final una pérdida de inteligibilidad. No se conocen a ciencia cierta las causas de este fenómeno, pero existen ciertos tests, como el de Leman-Renard que nos permiten evaluar esta capacidad.

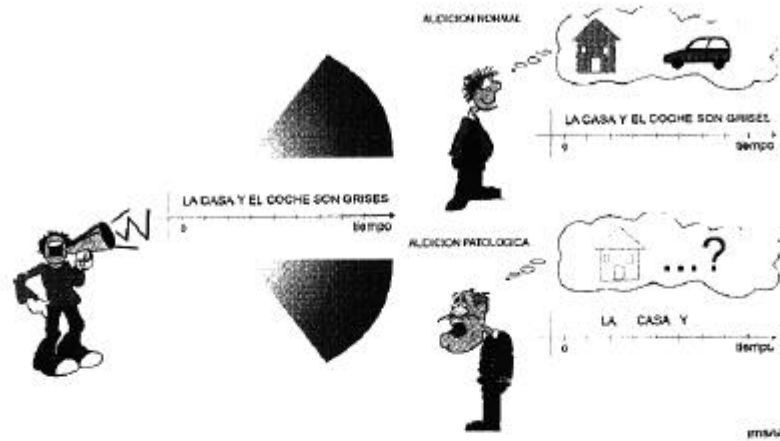


Figura 6. Ejemplo de problemas derivados de las alteraciones que algunos pacientes experimentan en la comprensión debido a problemas de integración cerebral.

LA HIPOACUSIA Y LOS AUDÍFONOS

Tal y como comentábamos anteriormente, hasta hace unos pocos años, los audífonos se adaptaban en base, únicamente, a los datos audiométricos del paciente. El mayor desarrollo de los equipos de medida, que permiten realizar con cierta facilidad logaudiometrías, audiometrías de sensación, test de integración, medidas a nivel timpánico, etc. junto a la creciente flexibilidad y sofisticación de los audífonos, nos permiten, hoy en día, garantizar una mejor eficacia e inteligibilidad a nuestros pacientes.

En efecto, en los últimos años hemos sido testigos de la aparición de nuevos audífonos con sistemas de proceso especialmente diseñados para compensar, por ejemplo, las evoluciones anormales de la sensación auditiva en ciertas pérdidas cocleares, tema tratado en el punto anterior (Fig. 7). Estos sistemas son los llamados audífonos de amplificación No Lineal.

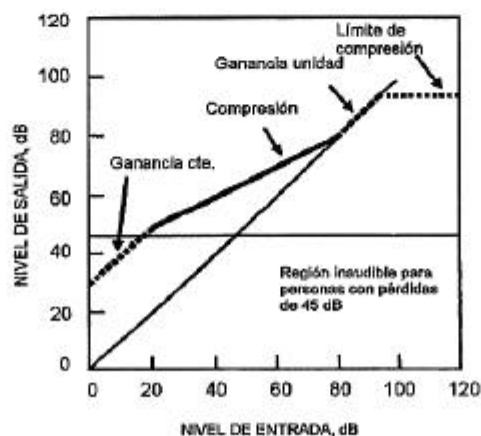


Figura 7. Curva de respuesta entrada/salida de un audífono especialmente diseñado para compensar pérdidas debidas a alteraciones de la sensación auditiva (reclutamiento).

El término **amplificación No Lineal**, en realidad, se podría utilizar para denominar a todos aquellos audífonos con **compresión o AGC** en los que la ganancia no es constante (o lineal) y esta depende del nivel de entrada o salida.

En la práctica, los sistemas **No Lineales**, al igual que todos los demás que incorporan circuitos automáticos de regulación de la ganancia (**compresión o AGC**), presentan un comportamiento totalmente distinto cuando se analizan en condiciones reales (**dinámicas**) en comparación a cuando se analizan en condiciones de medida o laboratorio (**estáticas**) (**Fig. 8**).

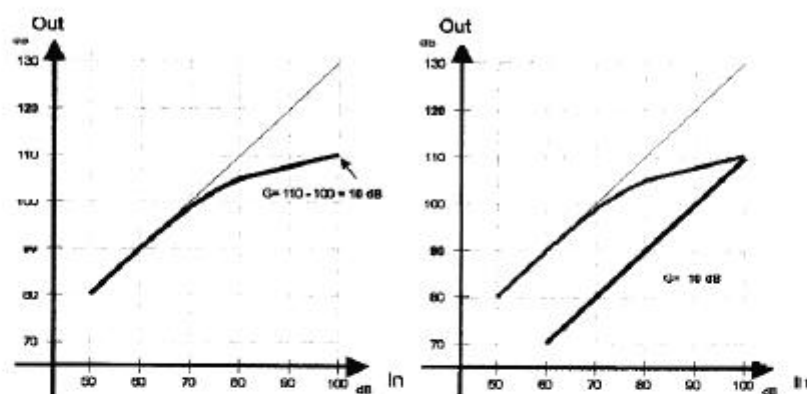


Figura 8. En el gráfico de la izquierda podemos observar, en oscuro, la curva entrada/salida de un audífono a compresión en condiciones de laboratorio. En la derecha, podemos ver, también en oscuro, la curva entrada salida del mismo audífono en condiciones reales.

A este efecto colabora el tiempo de recuperación de la compresión. El tiempo de recuperación es nombre que se da, en los sistemas de compresión, al tiempo que transcurre desde que se activa el sistema automático de regulación de volumen hasta que se vuelve a desactivar totalmente. Teóricamente, este tiempo debería ser cero, pero en la práctica, y con el fin de asegurar un mejor inteligibilidad y una audición cómoda, se aplican tiempos relativamente largos. Los tiempos largos, no obstante, provocan que el sistema casi nunca tenga tiempo de recuperar totalmente la ganancia deseada entre disparos sucesivos. Esto se traduce en una ganancia prácticamente constante, que como sabemos es lo contrario de lo que nos interesa para la corrección de sorderas en las que están presentes deficiencias en la sensación, como pueden ser la mayoría de sorderas de percepción.

Se podría pensar en implementar estos sistemas con tiempos de recuperación muy cortos, pero diversas razones desaconsejan.

Otras de las desventajas de estos sistemas, por el momento, es que exigen la realización de audiometrías de sensación muy complejas y largas que no siempre es posible llevar a cabo con todos los pacientes, dada, en la mayoría de casos, su avanzada edad (**Fig. 9**). Es de esperar que en un próximo futuro podamos disponer de nuevos sistemas de medida que permitan una verdadera universalización de estos procesos.

Además, la tecnología de proceso utilizada hasta ahora, del tipo analógico (**Fig. 10**), no permite implementar perfectamente las estrategias de proceso necesarias, que exigen poder disponer de diferentes niveles programados de ganancia dentro de cada frecuencia analizada, hecho que limita seriamente su eficacia. Hemos de ser conscientes que la tecnología analógica actual tiene serias limitaciones en lo referente a la implementación de sistemas complejos de proceso.

Es de esperar, que en breve, se incorpore la tecnología digital en el sistema de proceso de los audífonos (**Fig. 11**).

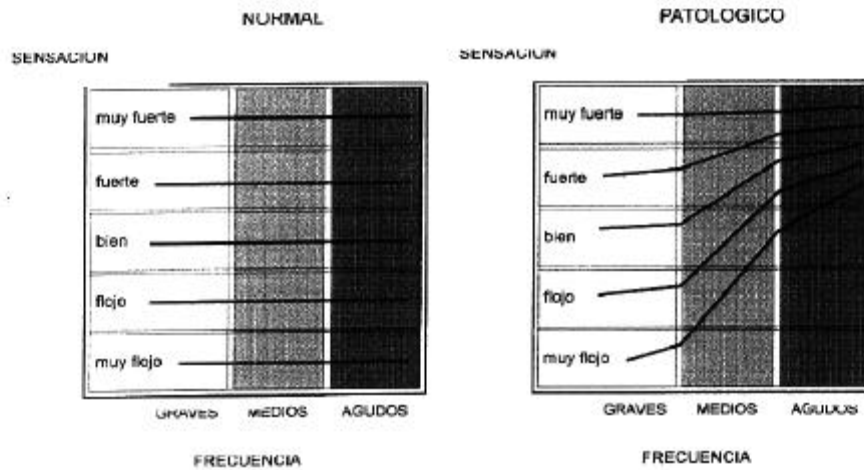


Figura 9. Ejemplo de audiograma de sensación.

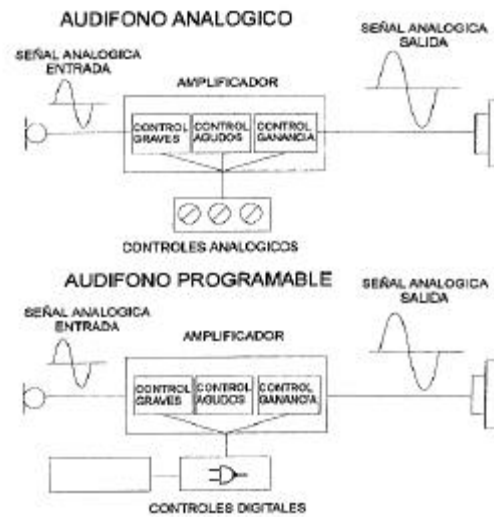


Figura 10. Esquema de bloques de un audifono analógico, uno con controles también analógicos y el otro con controles digitales.

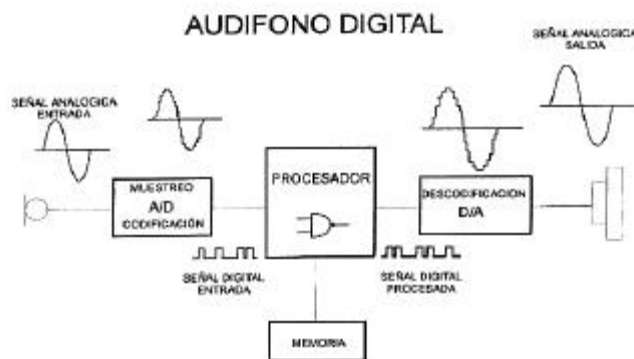


Figura 11. Esquema de bloques de un audifono digital.