

AUXILIAR AUDITIVO POR BANDAS

Gutiérrez M. Calderón J. Zarco J. Brust H.

CENTRO DE DESARROLLO Y APLICACIONES TECNOLOGICAS.

SUBSECRETARIA DE ORGANIZACION Y DESARROLLO.

SECRETARIA DE SALUD.

RESUMEN:

En este trabajo se describe el diseño, construcción y evaluación de un prototipo de auxiliar auditivo (AA) que amplifica la gama de frecuencias de 250 Hz a 8000 Hz, dividida en 6 sub-bandas independientes centradas en 250, 500, 1000, 2000, 4000 y 8000 Hz. Con esto se logra que el aparato sea adaptable para las necesidades de amplificación que cada paciente requiera en cada una de las sub-bandas que se controlan.

Está fabricado con componentes de fácil adquisición en el mercado nacional lo cual reduce el costo del equipo, aumentando la posibilidad de su adquisición para la mayor parte de la población mexicana que lo requiere. El logro de un AA con estas características globales pone de manifiesto que la Secretaría de Salud cumple con su objetivo de mejorar el estado integral de salud para la población que lo requiere calculada entre un 10 y un 15% de la total.

INTRODUCCION:

Actualmente los auxiliares auditivos (AA) son fabricados para ayudar al paciente a detectar las frecuencias del habla, es decir, los AA amplifican las frecuencias sonoras desde 150 Hz hasta aproximadamente 5000 Hz con una curva similar a la de filtro paso banda, teniendo su máxima amplificación alrededor de los 3000 Hz. Además tienen un control automático de ganancia para que no den una señal mayor a 120 o 130 dB a la salida del aparato (120 dB es la magnitud de sonido muy cercana al umbral de sensación de dolor en el sistema auditivo). Los mejores aparatos, mediante un control de tono modifican, en margen limitado, el límite de frecuencia superior de respuesta del AA. Sin embargo, la restringida variación que ejerce el control de tono, en muchas ocasiones, no es suficiente para proporcionar a las personas con una deficiencia auditiva en un determinado margen de frecuencias la amplificación que necesitan. Esto los obliga a buscar de entre los AA que existen en el mercado, aquel que más amplifique con mayor fidelidad las frecuencias que necesitan, o bien, pedir a una de las empresas que se dedican a ello, que les diseñen o adecuen un AA apropiado, lo cual resulta, por supuesto, muy costoso.

El Instituto Nacional de la Comunicación Humana (INCH) ha identificado que el 20% de niños del país padecen deficiencias auditivas desde moderada a severa por lo cual la SSA tiene como parte de sus funciones el promover el desarrollo de este tipo de AA.

Cabe mencionar, por otro lado, que la audición no tiene únicamente la función de detectar la voz humana sino que es una fuente continua de información de las cosas que suceden alrededor, además de proporcionar las señales de aviso que son necesarias para la seguridad personal.

CARACTERISTICAS DEL DISEÑO:

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores el AA se diseña y construye con las siguientes especificaciones:

- Ancho de banda para amplificación de 250 Hz a 8000 Hz.

- Mediante un ecualizador se divide el ancho de banda total en 6 sub-bandas centradas en 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz y 8000 Hz. La señal en cada sub-banda se amplifica independientemente con el fin de que un audiólogo pueda ajustar el AA para que amplifique en mayor o menor grado las frecuencias que el paciente necesite.

- Los componentes son de fácil adquisición en el mercado nacional y de bajo costo, lo cual permite que tanto su producción como su mantenimiento sean fáciles y baratos.

La estructura fundamental del diseño está resumida en el diagrama a bloques de la figura 1.

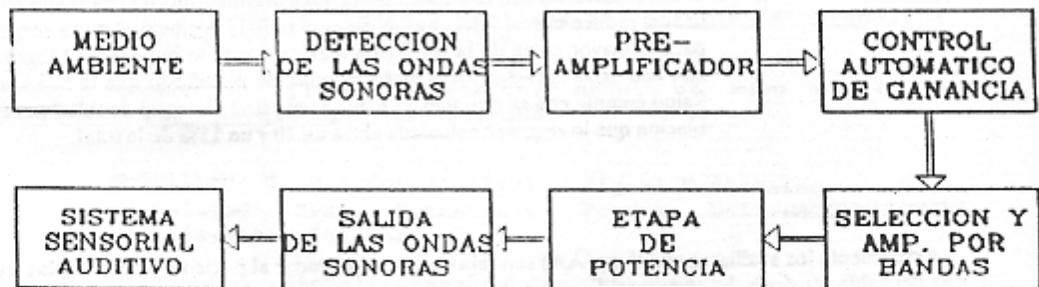


FIGURA No. 1.

DIAGRAMA A BLOQUES DEL AA

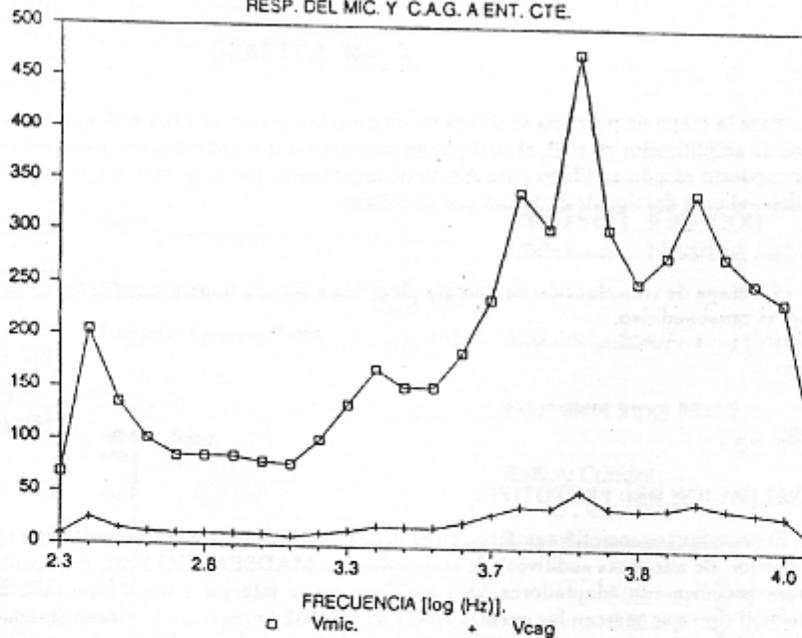
DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA DEL AA:

- Como transductor de energía sonora a eléctrica tiene un micrófono de tipo electret, no direccional, conectado a un preamplificador (con ganancia 68 en este caso), que entrega la señal a un nivel de voltaje útil para las siguientes etapas.

- El control automático de ganancia (C.A.G.), tiene la función de igualar la amplitud de la señal en diferentes frecuencias, es decir, "aplanar" aceptablemente la respuesta del micrófono, que tiene comportamiento no lineal en el ancho de banda en que funciona el aparato. Para corroborar lo anterior en la gráfica No. 1 se presentan las curvas de respuesta en frecuencia del micrófono y del micrófono seguido del C.A.G. a entrada sonora constante en amplitud en todo el ancho de banda que amplifica el equipo. Con las amplitudes de salida que se obtienen del C.A.G. combinadas con las características del amplificador de potencia y del audífono se logra también el limitador de nivel a 120 dB en promedio en todo el ancho de banda del equipo.

GRAFICA No. 1.

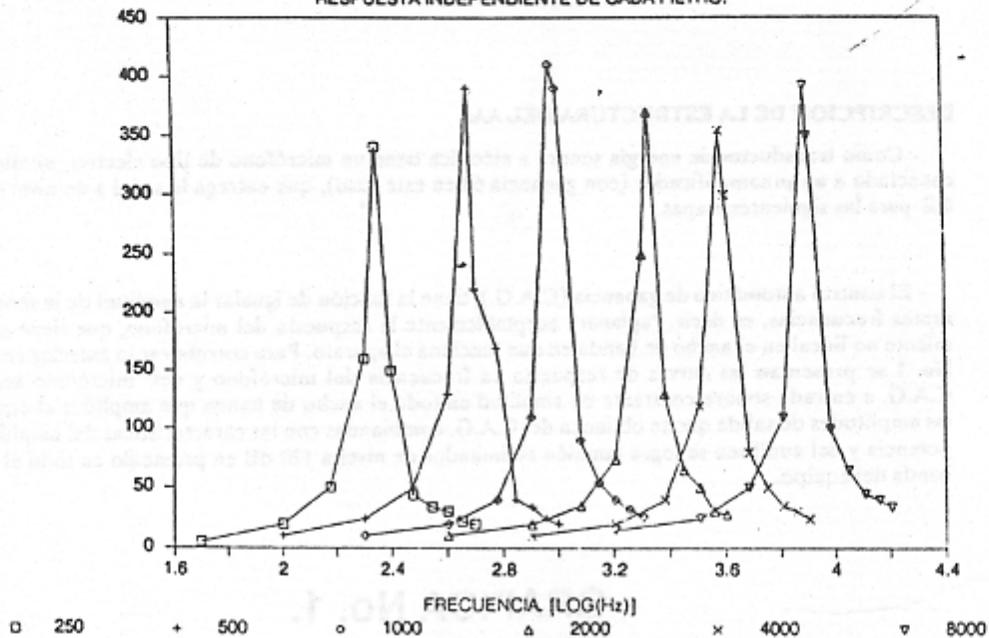
RESP. DEL MIC. Y C.A.G. A ENT. CTE.



- La etapa de filtrado y amplificación independiente por bandas, se realiza con filtros del tipo "paso-banda" con factor de calidad (Q) lo suficientemente alto para que no se permita la transposición excesiva de las frecuencias amplificadas, con lo que evita la posible saturación en alguna de ellas. Además, como se mencionó antes, la ganancia de cada una de las sub-bandas es ajustable independientemente. En la gráfica No. 2 se muestra la respuesta independiente de cada filtro, se puede apreciar en ésta las pequeñas zonas donde hay transposición, en estas regiones los niveles de voltaje se suman pero nunca llegan a saturación como se observa claramente en la gráfica 3.

GRAFICA No. 2.

RESPUESTA INDEPENDIENTE DE CADA FILTRO.



- Para la etapa de potencia se utiliza un circuito integrado, el TBA 810, que en su construcción interna tiene un amplificador clase B, el cual puede proporcionar señal eléctrica para una carga hasta de 4 ohms. Por supuesto ningún audífono para AA tiene impedancia tan baja, con lo que se garantiza que la señal no es dependiente del tipo de audífono que se utilice.

- La etapa de transducción de energía eléctrica a sonora tiene un audífono de los que necesitan molde para el canal auditivo.

EVALUACION DEL PROTOTIPO:

El prototipo se sometió a pruebas en el Instituto Nacional de la Comunicación Humana con un "caracterizador de auxiliares auditivos" de marca danesa: MADSEN IGO 1000, que cuenta con una pequeña cámara anecoica con adaptadores para audífono en su interior y micrófono calibrado (acopladores de 2 cm³) del tipo que marcan las normas ANSI S3.22-1982 (American National Standards Institute) y por la IEC 118-7, 118-2 (International Electrotechnical Commission). Dicha cámara tiene adaptado un equipo automático (del tipo "microcomputadora de uso específico") el cual despliega, y puede imprimir, curvas y valores de caracterización requeridos por las normas técnicas internacionales mencionadas.

Manufacturer: _____

Remarks: Caracterización Final
con audífono AU-270 NORMAL (OTICON)

Model: _____

Date: 18.05.90

Operator: UCCM

Reference: #CEDAT

Serial No.: #

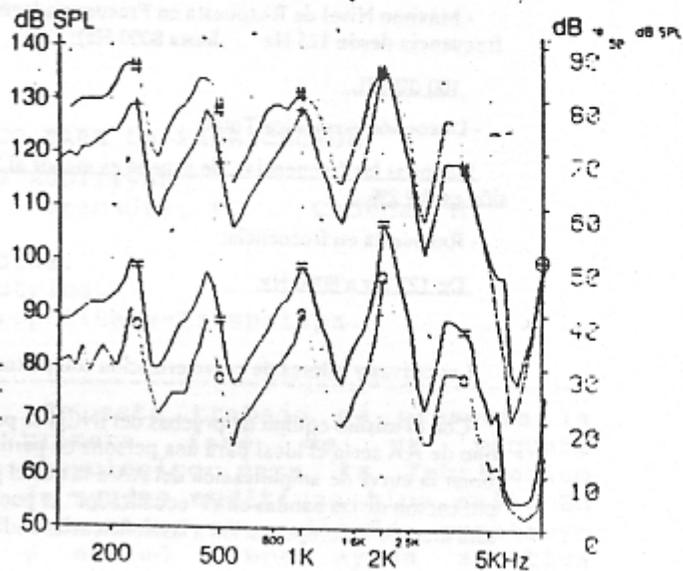
Linear/AGC: AGC Normal

Standard: IEC, 118-7, 118-2

Tip: Estim: Tones puros
Pila: 1.5 Volts, 3.5 Ohms

Freq. Response: _____ 60 dB SPL
Full-on Gain: _____ 50 dB SPL
SSPL90/OSPL90: _____ 90 dB SPL
Tolerance: _____
Freq. Resp. Tele: _____ 10 mA/m

dB SPL re 20 µPa



GRAFICA No.3

Sign.: _____

madsen IGO 1000 7-16-037/2
Electronics Hearing Aid Test

Attack Time: 0,0 ms
Release/Recovery Time: <3 ms

Max. Induction/Pick-up Coil Sens.: 113 dB SPL

Equivalent Input Noise: <50 dB SPL

Battery Current: 0,02 mA at 1,5 V

Total Harmonic Distortion:
400 Hz: 0,4 %
500 Hz: 0,4 %
630 Hz: 2,0 %
800 Hz: 0,6 %
1000 Hz: 0,5 %
1250 Hz: 0,8 %
1600 Hz: 0,9 %

Max. SSPL90/OSPL90: 2000 Hz, 137 dB SPL

HFA-SSPL90/Ref. Test OSPL90: 117 dB SPL

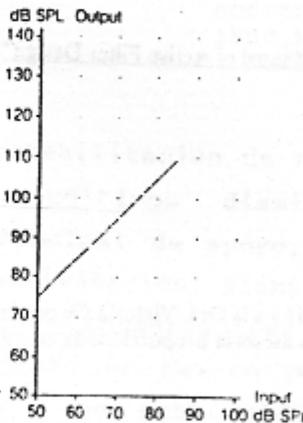
HFA/Ref. Test Full-on Gain: 27 dB

Ref. Test Gain:
Goal Value: dB
Meas. Value: dB

Max. Output Freq. Response: 2000 Hz, 109 dB SPL

HFA/Ref. Test Freq. Response: 87 dB SPL

Frequency Range: 125 - 8000 Hz



El "caracterizador", entre otras cosas, puede graficar la respuesta en frecuencia de las salidas en decibeles de los auxiliares auditivos, de esta manera, se pudieron probar varios audífonos y asegurar la elección correcta en pruebas repetitivas posteriores. El audífono seleccionado es el AN-270 NORMAL (de OTICON).

De entre los resultados proporcionados por estas pruebas para el prototipo cabe destacar los siguientes:

- Máximo SSPL90 (señal senoidal de entrada de 90 dB SPL con barrido en frecuencia desde 125 Hz hasta 8000 Hz):

130 dB SPL sin distorsión.

- Máximo Nivel de Respuesta en Frecuencia (señal senoidal de entrada de 50 dB SPL con barrido en frecuencia desde 125 Hz hasta 8000 Hz):

100 dB SPL.

- Distorsión Armónica Total:

En todas las frecuencias de prueba es menor al 1%. La única excepción es 680 Hz donde la distorsión es del 2%.

- Respuesta en frecuencia:

De 125 Hz a 8000 Hz.

Las curvas y valores de caracterización completos se presentan en la gráfica 3.

Con el mismo equipo de pruebas del INCH se puede hacer un estudio audiológico y determinar que tipo de AA sería el ideal para una persona en particular. Una vez realizado ese estudio se podría aproximar la curva de amplificación del AA a la que el paciente necesite ya que al ser independiente la amplificación de las bandas en el "ecualizador" se pueden simular un sinnúmero de auxiliares auditivos, de esta manera la compensación a las deficiencias auditivas se aproximará al ideal de cada persona.

REFERENCIAS:

- DAVIS, H. ; SILVERMAN, S.R. "Hearing and Deafness." 3a. edición. Ed. Rinchart y Winston, New York, 1970
- TREMOLIERS, J. "Electrónica y Medicina." Ed. Paraninfo. Madrid, 1970.
- AYALA, D. et.al. "Requisitos de los Auxiliares Auditivos para la Comprensión y Discriminación del Habla." Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. Vol 7 (2). México, 1986.
- AYALA, D. et.al. "Diseño y valoración de Auxiliares Auditivos." Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica. Vol 7 (2). México 1986.
- British Standard: "Hearing Aids, Part 0. Methods for Measurement of Electroacoustical Characteristics. IEC 118: 1983." British Standards Institution.
- American National Standard: "Specification of Hearing Aid Characteristics. ANSIS3.22-1982." American National Standards Institute.
- SOD, Sylvia. ¿Pueden Oír los Sordos? Revista ICYT. Vol 12. Nos. 160-161. México, ENE/FEB 1990.
- HILBURN, John. JOHNSON, David. "Manual of Active Filter Design."

AGRADECIMIENTOS:

Agradecemos a las autoridades del INCH y a la Dra. Victoria Cu por las facilidades otorgadas para realizar las pruebas al prototipo, así como la asesoría proporcionada en cuanto se refiere a adaptación de AA y sugerencias para pruebas adicionales.