

DISEÑO Y VALORACIÓN DE AUXILIARES AUDITIVOS

Dra. Dolores Ayala de Lonngi*, Ing. Juan Manuel Cornejo**
Ing. Pilar Granados** y Dr. Pablo Alejandro Lonngi V.*

* Depto. de Física, ** Depto. de Ingeniería Eléctrica.

Laboratorio de Investigación y Desarrollo Tecnológico
en Audiología

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa

RESUMEN

Se describen características generales que deben considerarse para el diseño de una prótesis auditiva. Se analiza la función de sus componentes y su interrelación. Se discute la importancia del uso óptimo de los controles de tono, AGC (control automático de ganancia), de volumen y de MPO (máxima potencia de salida). Se incluye la valoración de dos prototipos, tomando en cuenta las normas internacionales.

Introducción.

Un auxiliar auditivo es un instrumento electrónico que permite la llegada del sonido en forma más efectiva al oído, proporcionándole energía adicional. Para que el sonido amplificado pueda ser de utilidad, se requiere que éste sea de suficiente calidad para permitir la comprensión del lenguaje. Es decir, el auxiliar auditivo debe ser un elemento que favorezca no sólo la detección, sino también la discriminación de los sonidos (Ayala y col, 1986).

El diseño de los auxiliares auditivos producidos industrialmente se ha ido modificando de acuerdo a la información obtenida de la investigación de los fenómenos fisiológicos y psicoacústicos relevantes. Esta información determina las características de los recursos tecnológicos empleados en su diseño. El arte de la amplificación electrónica y de la ingeniería electroacústica han hecho posible producir sonidos amplificados de intensidad que apenas puede tolerar el oído. Es por esto que se requiere un uso cuidadoso de estos instrumentos.

Principio básico de operación.

La operación de un auxiliar auditivo consta de tres etapas básicas:

- 1o. La energía acústica de las ondas sonoras se transduce en una señal eléctrica por medio del micrófono.
- 2o. La energía eléctrica se amplifica en el circuito electrónico, agregándole energía adicional a la señal de entrada.
- 3o. El receptor transduce de nuevo la señal eléctrica amplificada en ondas sonoras más intensas que las que llegaron al micrófono, las que se conducen al oído del usuario.

En el diseño de auxiliares auditivos deben tomarse en cuenta las siguientes características importantes: su ganancia, su máxima potencia de salida, su curva de respuesta en frecuencia, su distorsión armónica y las características del AGC, si se le piensa incorporar. Todos estos controles tienen por objeto salvaguardar la audición residual del usuario, es decir, proporcionar una amplificación adecuada para contrarrestar la pérdida auditiva y que sea confortable (Ayala y Lonngi, 1986).

Normas internacionales.

Existen al menos 4 tipos de normas o recomendaciones que deben tomarse en cuenta cuando se desea hacer mediciones precisas de las características de los auxiliares auditivos. Dos de estas normas están en la publicación 118 de la comisión internacional electrotécnica (IEC, 1959) y la norma nacional americana para las especificaciones de las características de los auxiliares auditivos, ANSI S3.22-1976 (ANSI, 1976). Estos documentos se refieren a las técnicas de medición y procedimientos específicos que deben seguirse al hacer mediciones electroacústicas. Las dos normas que se encargan de los procedimientos para presentar los datos son el método de la norma nacional americana para expresar el funcionamiento de auxiliares auditivos, ANSI, R-1971a y la recomendación de la conferencia de la industria de auxiliares auditivos HAIC, 1974. También es recomendable familiarizarse con los métodos para medir las características electroacústicas de auxiliares auditivos de la norma nacional americana ANSI, R-1971b.

Prototipo de auxiliar auditivo del LIDTA.

En la figura 1 puede verse la disposición de las partes esenciales del auxiliar auditivo prototipo LIDTA. Consta de un micrófono tipo electreto, un amplificador de compresión

DIAGRAMA A BLOQUES
AUXILIAR AUDITIVO

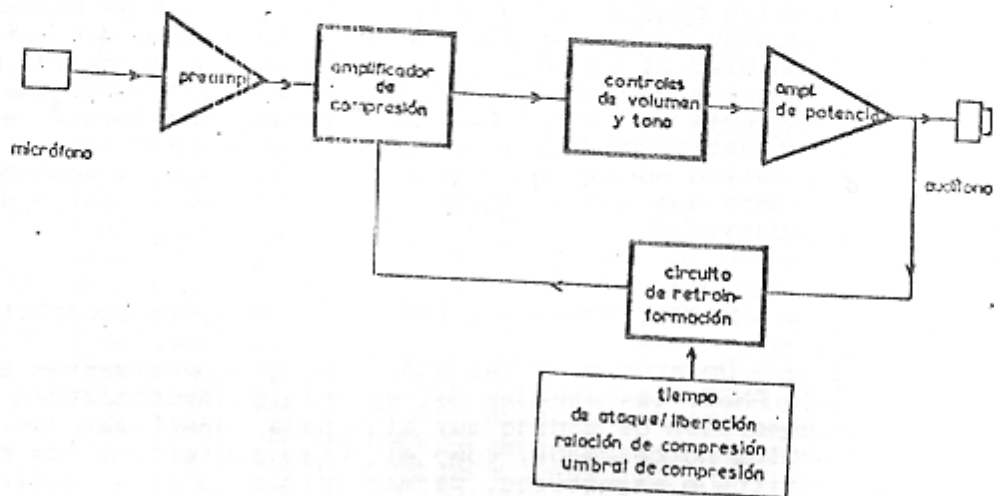


Fig. 1. Distribución de las principales componentes del auxiliar auditivo prototipo LIDTA.

para la primera etapa de amplificación, un amplificador de potencia tipo push-pull en la segunda etapa de amplificación, un receptor de potencia magnético externo (audífono) y controles de tono, de volumen, de la potencia de salida máxima y el automático de ganancia. El control de tono permite cambiar el énfasis relativo de las frecuencias altas y las bajas. Para reforzar las altas frecuencias se escoge una combinación de condensadores y resistencias que forman un filtro pasa altas. Por medio del control de volumen se puede ajustar la ganancia a valores intermedios del intervalo disponible. El control de máxima potencia de salida permite asegurar que los sonidos más intensos no sean amplificados más allá de los límites aceptables. Finalmente, el control automático de ganancia (AGC) permite comprimir el intervalo dinámico normal del habla y de los sonidos ambientales de manera que quepan dentro del intervalo dinámico del oído del usuario.

Condiciones para las mediciones electroacústicas.

De acuerdo a las modificaciones propuestas en 1976 por la ANSI, las paredes del espacio de prueba deben tener una absorción de sonido muy alta para garantizar que los estímulos no deseados, como el ruido ambiente y los campos eléctricos o magnéticos, permanezcan a un nivel suficientemente bajo, de manera que no afecten a los resultados por más de 0.5 dB. La fuente de sonido, incluyendo el micrófono de control, debe ser capaz de mantener un nivel de presión de sonido en el micrófono del auxiliar dentro de ± 1.5 dB entre 200 y 2000 Hz y dentro de ± 2.5 dB entre 2000 y 5000 Hz. La fuente de sonido debe poder producir niveles de presión de sonido SPL entre 50 y 90 dB (re 20 μ Pa) en la posición del micrófono del auxiliar auditivo. Para medir la curva de respuesta en la frecuencia, la distorsión armónica total no debe exceder del 2% en la fuente, cifra que debe disminuir al 0.5% para medir la distorsión. El micrófono de control debe tener una respuesta en frecuencia plana dentro de ± 1 dB en el intervalo de frecuencias de 200-5000 Hz. La frecuencia que se tenga en la caja de prueba debe estar dentro del 2% de la del indicador de la fuente sonora y las frecuencias registradas deben tener una precisión del 5%.

Dentro del sistema de medición, el acoplador del receptor es crítico para la obtención de las características de la salida del auxiliar auditivo. La norma establece el uso de un acoplador de 2 cm de paredes rígidas, con una tubería de dimensiones totales 2.5 cm \pm 4% de longitud y 0.193 cm \pm 2% de diámetro. El nivel de presión del micrófono, del amplificador y del instrumento de lectura debe ser uniforme, con ± 1 dB en el intervalo normal de frecuencia.

Las condiciones ambientales óptimas para realizar estas mediciones son: una temperatura entre 18 y 27°C, una humedad

relativa entre 0 y 80% a una presión atmosférica entre 610 y 735 mm de mercurio. Por esta razón deben medirse y anotarse las condiciones ambientales bajo las cuales se realizan las mediciones electroacústicas, así como el tipo de fuente de poder usada, su impedancia interna y el voltaje proporcionado, con el objeto de poder aplicar las correcciones pertinentes y poder comparar con las características de otros aparatos y las especificaciones nominales en condiciones estándar.

Finalmente, para obtener las características del auxiliar auditivo, deben identificarse las posiciones de los controles del instrumento que produzcan el intervalo de frecuencia más amplio posible, el nivel de presión de saturación (SSPL) o máximo y la más alta ganancia. Si no pudieran lograrse estas tres condiciones, entonces los controles deben colocarse en la posición del máximo SSPL. Si el auxiliar auditivo tiene un AGC ajustable, debe ajustarse a la mínima salida, aunque esta posición produzca un nivel de saturación algo reducido.

El SSPL, o máxima potencia de salida, se mide de la curva de saturación en el intervalo de 200-5000 Hz usando un nivel de presión de sonido a la entrada de 90 dB. El promedio de alta frecuencia del SSPL se calcula de las frecuencias de 1000, 1500 y 2500 Hz. La ganancia de alta frecuencia a volumen máximo se determina del promedio de los niveles de presión del sonido a las frecuencias anteriores, con un nivel de entrada de 60 dB (50 dB para instrumentos con AGC). La ganancia de referencia de prueba se establece usando un nivel de entrada de 60 dB y ajustando el control de ganancia, de manera que el promedio de los valores de la ganancia a 1000, 1500 y 2500 Hz sea igual al promedio de alta frecuencia del SSPL-90 menos 17 ± 1 dB. Si el auxiliar no tiene suficiente ganancia para alcanzar este nivel, el control de ganancia se coloca en la posición máxima. La razón de establecer esta ganancia de referencia de prueba es que el promedio del SPL para el espectro global del habla a una distancia de 1 m es de aproximadamente 65 dB y que los picos del espectro global del habla están aproximadamente 12 dB por arriba de ese promedio. De esta manera, usando un SPL de 65 dB como nivel de entrada con un control de ganancia ajustado para dar una salida en el acoplador 12 dB menor que el nivel de saturación, puede suponerse que los picos del habla global no excederán el SSPL en ningún auxiliar auditivo.

De acuerdo con la norma de 1976, la curva de respuesta en frecuencia debe obtenerse usando un SPL a la entrada de 60 dB con el auxiliar auditivo en la posición de la ganancia de prueba en cuestión, al menos en el intervalo de 200 a 5000 Hz. Las tolerancias en esta curva se calculan determinando el promedio de los niveles de respuesta a 1000, 1500 y 2500 Hz. De ese promedio se restan 20 dB y se traza a este nivel una línea paralela al eje de las abscisas. La frecuen-

cia más baja en la que la línea cruza a la curva de respuesta se le llama " f_1 ", y al cruce con la frecuencia más alta (que no exceda de 5000 Hz) se le llama " f_2 ". La curva de respuesta se divide así en una banda de baja y otra de alta frecuencia. Los límites para la banda de baja frecuencia son desde $1.25 \times f_1$ hasta 2000 Hz. En esta región de frecuencia la curva de respuesta debe quedar dentro de ± 4 dB de la curva del fabricante. La banda de alta frecuencia se extiende desde 2000 Hz hasta 4000 Hz o $0.8 \times f_2$, el menor de los dos. En esta banda la curva de respuesta debe concordar con la curva del fabricante dentro de ± 6 dB (Kaster y Franks, 1981). Nótese que el tope absoluto de esta banda son los 4000 Hz (vease figura 2).

Valoración del auxiliar auditivo prototipo LIDTA.

Como se muestra en la figura 3, el control de máxima potencia de salida, SSPL (también llamado MP0) del auxiliar permite que el nivel promedio de saturación a altas frecuencias varíe entre 102 y 122 dB.

El control de tono permite reforzar los tonos graves desde una curva de respuesta con máximo de 123 dB a 1.7 kHz y un promedio de tonos altos (HTA) de 118 dB, hasta una curva mínima con pico de 120 dB en 1.7 kHz y un HTA de 114 dB, para un nivel de entrada de 50 dB (véase figura 4). Este control permite variaciones en el nivel de intensidad en el intervalo de frecuencias ≤ 2000 Hz, con un aumento máximo de intensidad de 12 dB en 630 Hz y una distorsión armónica total del 13% (véase figura 5).

En la figura 6 puede observarse el efecto del control automático de ganancia AGC en combinación con las posiciones extremas del control de tono. Las parejas de curvas de arriba corresponden a la posición de tono normal, la superior es la respuesta con la menor limitación en la ganancia, que llamamos AGC máximo en la gráfica; la inferior corresponde a la posición con mayor limitación, AGC mínimo. Las dos curvas inferiores son las correspondientes a la posición de tono alto o agudo.

Puede decirse que el prototipo de auxiliar auditivo desarrollado en el LIDTA funciona aceptablemente de acuerdo a las normas internacionales y puede recomendarse su uso como prótesis de ayuda en la habilitación audiológica. Sin embargo, aún esperamos reducirle la distorsión armónica a un nivel inferior al 5%.

En LIDTA continuamos trabajando en el desarrollo de auxiliares auditivos con el objeto de poder producir instrumentos que puedan adaptarse a los distintos tipos de pérdidas auditivas con las mejores condiciones para la discriminación del habla y la comodidad del usuario.

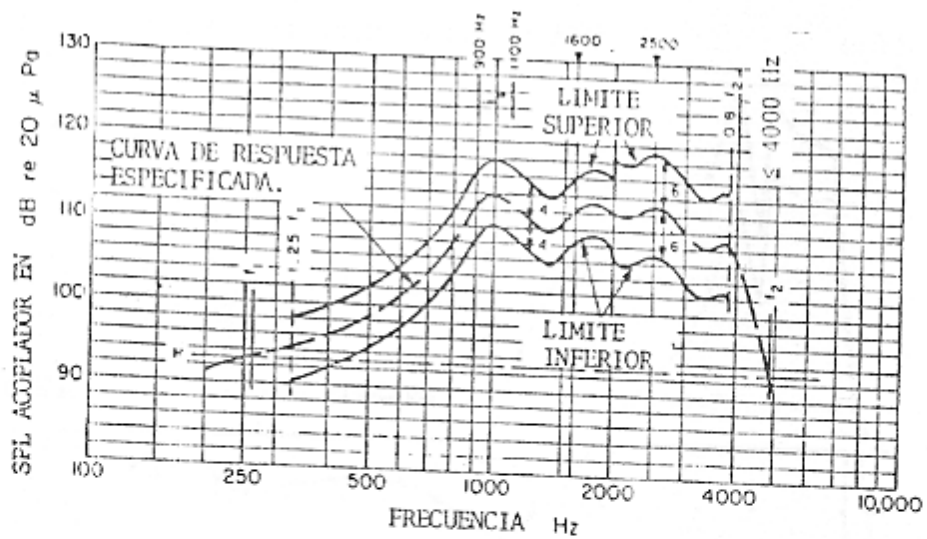


Fig. 2. Región de tolerancia de la curva de respuesta en frecuencia. La línea horizontal H está 20 dB abajo del promedio de los niveles a tonos altos. La curva admite ajustes verticales por cualquier cantidad y horizontales hasta de + 10% en frecuencia. Las líneas a 0.9 y 1.1 kHz muestran el movimiento horizontal máximo permitido con referencia a la ordenada de 1 kHz sobre la curva medida, la cual debe estar contenida entre los límites inferior y superior después del ajuste.

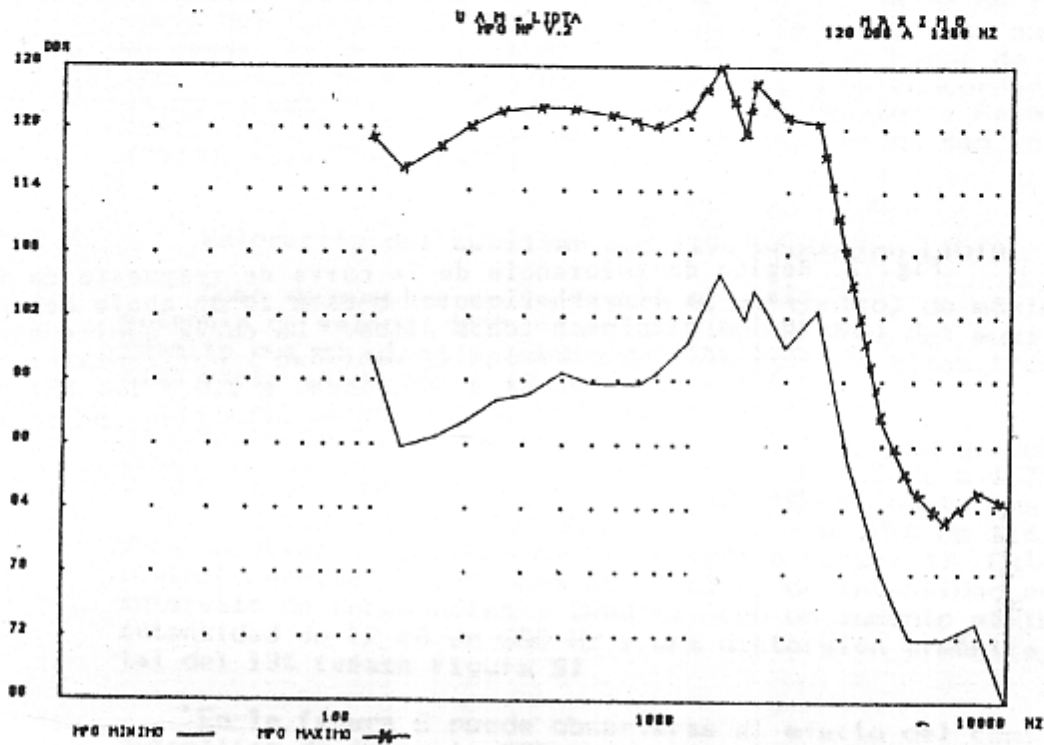


Fig. 3. Respuesta en frecuencia del auxiliar auditivo LIDTA en las posiciones mínima — y máxima —x— del control de potencia de salida.

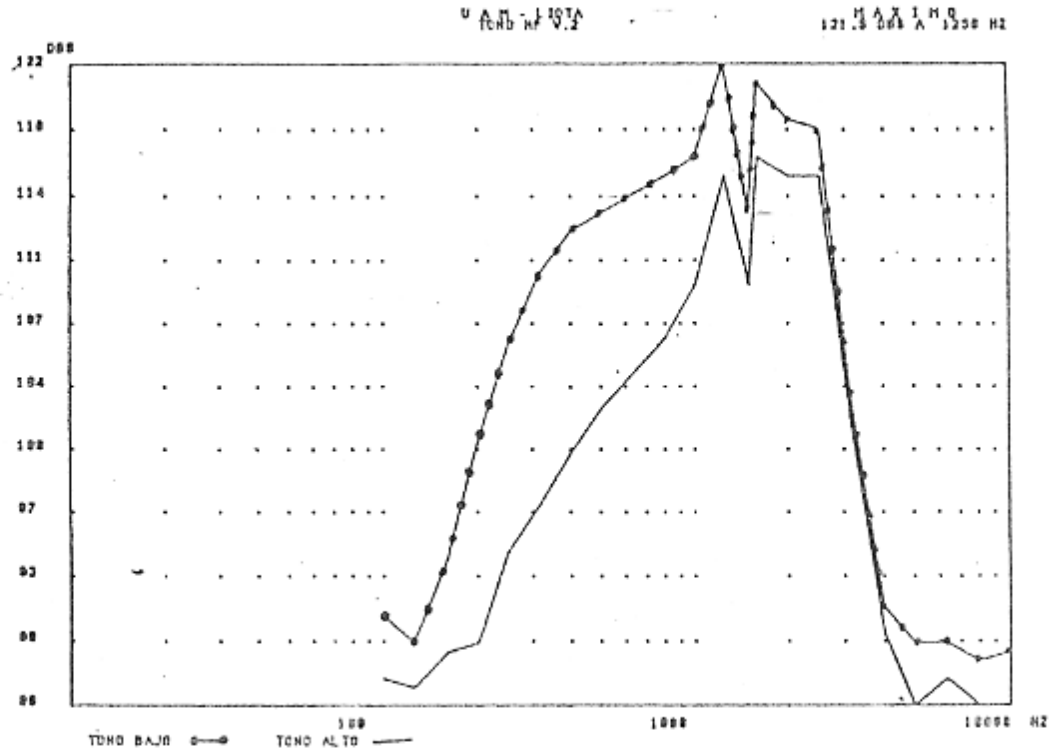


Fig. 4. Efecto del control de tono en la curva de respuesta en frecuencia del auxiliar auditivo, LIDTA.

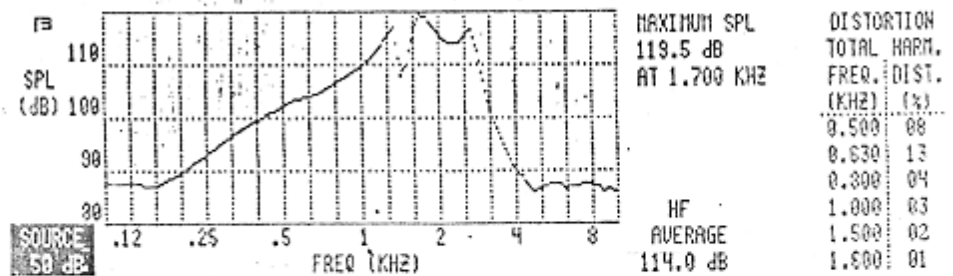


Fig. 5. Respuesta en frecuencia del AA. LIDTA con el control de tono en la posición que da menor énfasis a las frecuencias graves con los valores de la distorsión armónica total.

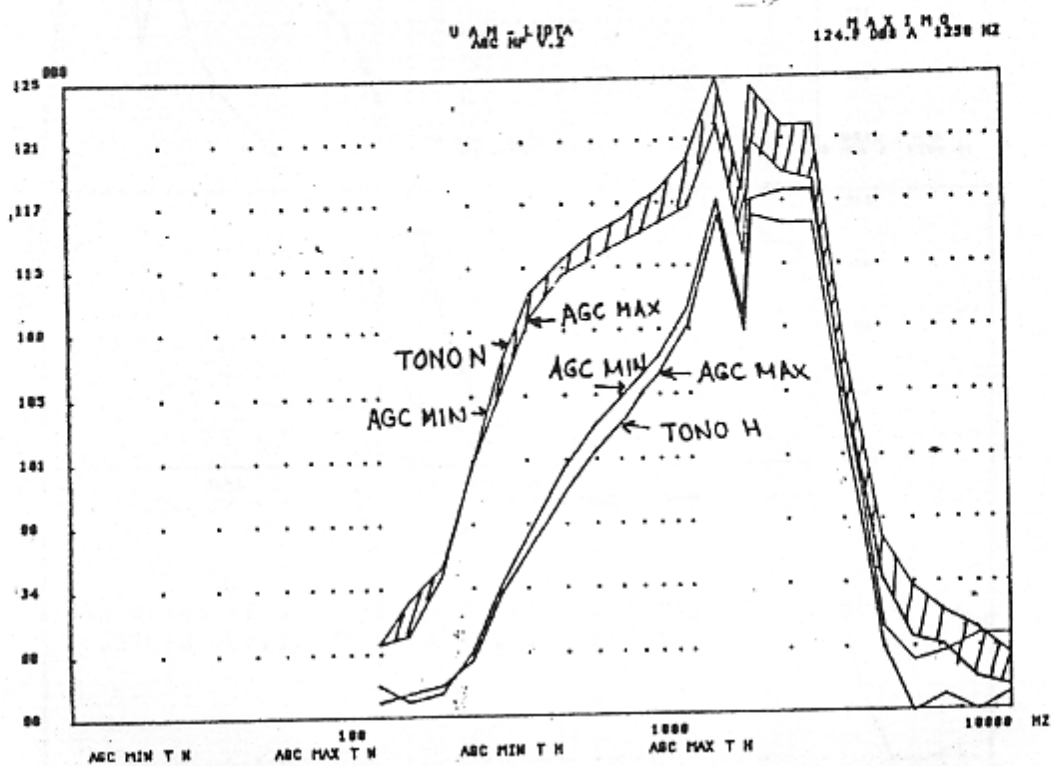




Fig. 6. Combinación de efectos por las posiciones extremas de los controles de tono y AGC.  Tono enfatizando las bajas frecuencias con mínimo y máximo AGC.  Tono con menor énfasis en los graves entre los mismos límites de AGC.