



Florianópolis - SC - Brasil - De 05 a 08 de Abril de 1998

PROTECTORES AUDITIVOS - QUE HAY DE NUEVO

Ing. Alberto Behar

1.

INTRODUCCIÓN

Los protectores auditivos son el medio más comúnmente empleado para controlar la exposición a niveles elevados de ruido. Existen en la actualidad más de 400 productos, fabricados en diferentes sitios y países. Los hay de diferentes tipos (cobertores, tapones, semi-insertados), variantes de los mismos (con o sin cordón, con o sin vincha), de materiales, colores y formas diversas. En suma, el esfuerzo de los fabricantes se ha concentrado de manera tal, para poder cubrir no solo las diferentes situaciones laborales, sino también las preferencias individuales de los operarios.

De las dos características más importantes de un protector: la atenuación y el confort, solamente la medición de la primera ha sido normalizada al presente, si bien la segunda es tan importante como la primera. Aún con las normalizaciones existentes hoy en día, referente a la atenuación existen serias dudas respecto a:

- a) su validez en la vida real, y
- b) el uso de los resultados como para asegurar que la persona que usa al protector no está expuesta a niveles peligrosos de ruido.

Si bien la tecnología del protector ha sido perfeccionada con el correr del tiempo, todavía persisten problemas difíciles de resolver, tanto desde el punto de vista de su medición, como el referente a como hacer que la gente que los necesita los use y que los use correctamente.

En esta presentación pasaremos revista a los hechos más comunes relacionados a los protectores auditivos: diferentes tipos, como funcionan, como se los mide y evalúa. Luego examinaremos los últimos desarrollos en protectores, tales como los activos, los lineales en frecuencias y alineales en el rango dinámico. Finalmente se van a presentar recomendaciones en cuanto a su uso, aplicaciones y la manera de hacerlos parte de un

programa integral de la conservación de la audición en el medio laboral.

I. ESTADO ACTUAL

2. PROTECCIÓN AUDITIVA - COMO FUNCIONA?

Son dos las vías por las cuales el estímulo acústico puede llegar a la membrana basilar y excitar la sensación sonora:

- a) **por la vía aérea** los sonidos penetran por el oído externo, atraviesan el oído medio y, finalmente ponen en movimiento el líquido contenido en la cóclea.
- b) **por la vía ósea**, los sonidos ponen en vibración los huesos de cráneo, excitando finalmente el líquido arriba mencionado.

En resumen, el protector auditivo previene el da_ño al delicado mecanismo del oído interno, al bloquear la vía aérea, que es la única importante en los casos comunes en la industria.

Desde el punto de vista del usuario y por lo expuesto más arriba, la atenuación de un protector se incrementa mejorando el cierre del mismo contra el cráneo (en el caso del cobertor) o contra las paredes del oído externo (en el caso del tapón). Si bien el protector mismo esta construido de manera tal de poder asegurar este cierre, en la mayoría de las veces cuanto mejor es el cierre, mas incómodo es el uso del protector. Por otra parte, si la persona está apurada y no presta mucha atención, la colocación puede ser deficiente y la atenuación resultante - pobre.

Es por ello que el uso correcto del protector es de una importancia máxima, para obtener una protección adecuada.

3. MEDICIÓN DE LA ATENUACIÓN

Existen varios métodos para medir la atenuación de los protectores auditivos. Los mas conocidos y utilizados son los siguientes:

a) REAT - Real Ear Attenuation at Treshold (Atenuación del oído real, en el umbral)

Es el método aceptado como el más válido y sirve como la base de numerosas normas nacionales e internacionales.

Consiste básicamente en la medición del umbral de la audición, a las frecuencias de 0.125, 0.250, 0.500, 1, 2, 3, 4, 6 y 8 KHz. La medición, realizada siguiendo procedimientos audiométricos, se repite dos veces: una vez con el oído no protegido y otra con el protector colocado. La diferencia entre los dos valores es la atenuación deseada. Esta medición se realiza sobre 10 sujetos, otológicamente normales, se repite tres veces y el resultado se presenta como el promedio aritmético de las 30 atenuaciones a cada frecuencia y sus desvíos standard.

El resultado de la medición efectuada siguiendo este método, se considera como el límite máximo de atenuación, conseguido en condiciones de laboratorio y, por lo tanto, muy superior a lo que se observa en la vida real. Una modificación del procedimiento ha sido incorporada en la nueva norma ANSI. Su uso resulta en atenuaciones mas cercanas a éstas en la vida real. Esta norma se discutirá mas adelante en este texto.

b) Micrófono en el oído (MIRE - Microphone in Real Ears)

Un pequeño micrófono se coloca en el medio del conducto del oído externo. Se mide el nivel sonoro del oído abierto y protegido, sin la intervención del sujeto. Es una medición mas objetiva que la anterior.

Tiene la ventaja de que se puede realizar con cualquier señal y en cualquier ambiente y la duración de la medición es mucho mas breve. Por otra parte, la colocación del micrófono es muy delicada y las variaciones en los resultados es mayor. Se ha utilizado con mayor frecuencia para medición de la atenuación de ruido impulsivos.

c) Uso del ATF - Acoustic Test Feature (Dispositivo acústico para mediciones, también conocido como "cabeza artificial").

Se trata de un dispositivo con la forma de la cabeza humana, que tiene un micrófono en un oído (o dos, en ambos, para otros usos). La medición se realiza de una manera similar como los otros casos. Se utiliza extensamente para medición de la atenuación de ruidos impulsivos, como control de calidad y para fines de investigación.

La construcción del ATF y los materiales utilizados son muy críticos, ya que deben ser similares, en lo que a sus características mecánicas se refiere, a la piel que recubre el conducto auditivo externo y a la piel en proximidad del pabellón.

Los resultados del uso del ATF son similares al REAT cuando se trata de cobertores. Con los tapones, las diferencias son mas significativas.

La desventaja de este método es de que no toma en cuenta las diferencias anatómicas de las distintas personas.

4. EVALUACIÓN DE LA PROTECCIÓN

La medición de los protectores tiene un objetivo: el de predecir el nivel sonoro del oído protegido, o sea el de decidir si un protector es adecuado para un ambiente ruidoso dado.

Para hacer esto, existen varios métodos, de los cuales tres han sido adoptados por la ISO¹:

¹ISO 4869-2: Acoustics - Hearing Protectors - Part 2: Estimation of effective A-weighted sound pressure levels when hearing

el método de bandas de octavas (conocido como "el largo"), el del Single number rating (clasificación con número único) y el HML (Alto, medio, bajo).

La razón para esta multiplicidad, es de que ninguno ofrece una ventaja definida frente a los demás: si uno es sencillo para ser usado, el resultado de su uso no es muy exacto. Otro es muy complicado para ser usado por personal no especializado, etc. De todos modos, todos proporcionan resultado normalizado para calcular el nivel del ruido del oído protegido.

El problema fundamental con todos ellos, es de que todos parten de resultados de medición de la atenuación efectuada en condiciones de laboratorio. O sea con resultados muy superiores a los encontrados en la vida real. No es un problema de métodos de evaluación, sino de medición. El resultado neto de esta combinación es de que la persona que usa los protectores se cree protegida, cuando en realidad puede no serlo.

4.1 EL MÉTODO "LARGO"

Para este método, el ruido ambiente se debe medir en bandas de octavas entre 125 y 8000 Hz. Luego se sustrae la atenuación del protector de los niveles de ruido. Los niveles resultantes, son las bandas de octava del oído protegido. Estas se convierten en dBA, que es el nivel deseado.

El principal problema de este método es el hecho de que asume que los niveles del espectro son constantes durante el día de trabajo. Por otra parte, en un ambiente fabril, los niveles varían con el sitio así como con el tiempo, lo cual hace que este método resulte un tanto teórico.

4.2 SINGLE NUMBER RATING - SNR (CLASIFICACIÓN CON NÚMERO ÚNICO)

Para usar este método se necesita medir el nivel sonoro del oído no protegido en dBC. De este valor se sustrae el SNR del protector. El resultado es el nivel sonoro del oído protegido en dBA. El SNR del protector es suministrado por el fabricante del protector.

Tal vez el SNR mas popular es el NRR usado en numerosos países alrededor del mundo. La diferencia entre el SNR y el NRR radica en la proporción de la población que tendrá al menos éste valor de atenuación: en el caso del NRR, la población es del 95%. En cambio para el SNR existe una tablita de valores que se deben utilizar para el cálculo de la población, tomando en cuenta la atenuación y el desvío standard. Y para el caso del 95% de la población los valores de SNR y el NRR se igualan.

protectors are worn. International Organization for Standardization, Geneve, 1994.

4.3 EL MÉTODO HML (ALTO, MEDIO, BAJO)

Para aplicar este método es necesario medir el nivel sonoro ambiente (= al del oído no protegido) en dBA y dBC.

Para usar este método es necesario tener los coeficientes H, M y L, que son normalmente suministrados por el fabricante (o se pueden calcular usando la atenuación y el desvío standard). Con estos valores y con las diferencias entre los niveles sonoros ambientes medidos en dBA y dBC el nivel sonoro del oído protegido se puede calcular fácilmente.

En términos de exactitud, el método "largo" es el más exacto, en términos teóricos, pero el menos fácil para ser aplicado en la práctica. El NRR, en cambio, si bien no tan exacto, es mucho más fácil tanto de medir, como para aplicar, lo cual explica su enorme popularidad. El HML se sitúa en la mitad: menos exacto que el primero y no tan difícil de aplicar, sigue siendo incomparablemente menos práctico que el segundo de los métodos.

5. EFECTOS DEL USO DE LOS PROTECTORES

5.1 COMFORT

Tal vez el problema más serio derivado del uso de cualquier dispositivo protector personal es la falta de confort: sea éste un respirador, antejo de seguridad o zapato de seguridad, todos ellos reducen el confort del trabajador.

El protector auditivo no es ninguna excepción a ésta regla: en mayor o menor grado, tanto los tapones como los cobertores padecen del mismo defecto. Desgraciadamente, todavía no se ha inventado ningún test para el confort, que sea tan universal como para que sea incluido en alguna norma. Muchos investigadores han trabajado en este tema desarrollando métodos, ninguno de ellos normalizado.

La única recomendación que se puede hacer en este sentido, es de ofrecer a los trabajadores varios modelos tipos de protectores (por lo menos un par de tapones y cobertores) y dejar que ellos elijan el que más les guste, después de probarlos. Por supuesto, en este, como en todos los casos, la entrega de los protectores se deberá efectuar luego de una sesión de entrenamiento, o sea luego de que ellos estén al tanto de la importancia del protector para su salud auditiva.

5.2 INTELIGIBILIDAD

Numerosos estudios han demostrado de que la inteligibilidad de la palabra en un ambiente ruidoso, no solo no disminuye sino que aumenta, cuando el oído está protegido. Para ello, en los estudios los sujetos escuchan palabras no relacionadas, en ambientes silenciosos y ruidosos, con y sin protectores. La inteligibilidad se mide como el porcentaje de las palabras correctamente identificadas del total transmitido.

En todos estos estudios, se ha comprobado que la inteligibilidad disminuye en ambientes silenciosos, pero aumenta cuando el ruido es elevado. Esta conclusión, aparentemente paradójica, se debe a que cuando uno se quiere comunicar con otra persona, estando en un sitio ruidoso, debe elevar la voz por encima del ruido ambiente. Al hacer ésto, la señal "satura" al oído del oyente, ya que está en la parte alineal de la audición. Por el contrario, al estar protegido, el oyente sigue percibiendo la misma relación señal - ruido, pero en la región lineal de su audición.

Lo dicho anteriormente respecto al incremento de la inteligibilidad es cierto con sujetos otológicamente normales, que conocen bien el idioma en el que se les está hablando. No obstante, para sujetos con pérdida de sensibilidad auditiva o extranjeros, la inteligibilidad no solo que no aumenta, sino que disminuye. Es por ello que la identificación de personas con problemas auditivos que deben ser protegidas, es muy importante ya que para algunas tareas en las que la inteligibilidad es primordial (p.ej. pilotos de avión, conductores de vehículos dentro de la planta, o de grúas puente) su presencia puede presentar riesgos para ellos o para gente que los rodea.

II. NOVEDADES EN EL CAMPO DE LA PROTECCIÓN AUDITIVA

6. NUEVOS TIPOS DE PROTECTORES

La tecnología de los protectores ha seguido mas o menos constante durante muchos años. Diferentes fabricantes han ensayado el uso de materiales diversos, formas, colores etc. En suma, variantes de los mismos productos, sin mayores diferencias.

En los últimos años, no obstante, han aparecido productos que utilizan tecnologías totalmente diferentes, tratando de cubrir campos no explorados anteriormente, o situaciones no cubiertas con los protectores clásicos.

6.1 Protectores no-lineales con el nivel

El protector clásico tiene la atenuación constante en función del nivel de la señal, dentro del rango de uso normal en la industrial moderna, o sea por debajo de los 120 dBA. O sea que el incremento del nivel de la señal, no modifica la atenuación del protector.

Esta característica resulta contraproducente en situaciones donde el ruido ambiente es bajo, pero la señal, cuando aparece, es de nivel elevado. Un ejemplo típico es el stand de tiro donde el nivel del ruido ambiente es del orden de los 60 dBA o incluso menor. Pero el nivel sonoro de un disparo es del orden de los 160 dBA. Evidentemente, tanto el instructor como la persona que tira deben estar protegidos, lo cual hace muy difícil su comunicación oral.

La solución para este problema se presenta en la forma de dispositivos pasivos o activos.

Los primeros utilizan la propiedad de orificios en placas delgadas de actuar como tales para señales por debajo de los 110 dBA. Tan pronto como se supera dicho nivel, las ondas sonoras generan turbulencias, que pueden reducir la señal hasta en 30 dB. Estas placas se pueden instalar tanto en tapones, como el cobertores. El resultado, tal como se indicó, es la mejora de la comunicación oral

Otro procedimiento para el mismo fin, es la amplificación de la señal, siempre y cuando el nivel del ruido del oído protegido no excede un nivel prefijado, por ejemplo de 85 dBA. Para ello, el cobertor viene equipado con un amplificador y un parlante debajo de la copa y un micrófono afuera de la misma. En ausencia de una señal elevada, el sistema amplifica la señal, de manera progresiva: cuanto menor la señal, mayor es la amplificación, manteniendo el nivel debajo del cobertor por debajo de los 85 dBA. Esta amplificación es tal, compensa la atenuación del cobertor. Tan pronto como la señal externa crece, la amplificación del sistema disminuye, hasta hacerse cero cuando el nivel por debajo del cobertor sobrepasa los 85 dBA. Este tipo de protectores se lo conoce como "cobertor con restauración de la señal" (sound restoration earmuff).

6.2 Protectores lineales con la frecuencia

Uno de los problemas relacionados al uso de los protectores auditivos, es la distorsión armónica resultante de la alinealidad de la atenuación con la frecuencia. Dicha atenuación es siempre relativamente baja a bajas frecuencias, se incrementa a frecuencias medias y luego vuelve a decaer, aunque no tanto a frecuencias elevadas. El efecto para la audición es de que el sonido suena distorsionado. Este efecto no es de gran importancia cuando se trata de trabajar en ambientes ruidosos, ya que, a la larga, la persona termina acostumbrándose a este nuevo ruido, de menor nivel y frecuencia diferente.

Existe una profesión, donde las personas están expuestas a niveles elevados, pero que necesitan oír las señales tal como son, sin distorsión alguna: se trata de los músicos, tanto de orquestas sinfónicas, como de conjuntos de música, digamos de recreación. Es un hecho bien conocido, que en un concierto de música rock, los niveles continuos equivalentes sobrepasan los 100 dBA.

Para miembros de esta profesión se han desarrollado los así denominados "tapones para músicos" (musician earplugs), cuya atenuación tiene una respuesta casi lineal con la frecuencia. Esto se obtiene mediante el uso de un filtro insertado en el tapón. Si bien la atenuación es relativamente pequeña (NRR entre 10 y 20 dB), ella es suficiente para los niveles y duraciones de la exposición típicas para esta profesión.

6.3 Control activo (cancelación del ruido).

El control activo del ruido es una de las técnicas más modernas en lo que al control del ruido se refiere. Se trata básicamente de generar un ruido igual pero de fase opuesta al que se quiere controlar. Si bien el principio es simple, la ejecución genera un sinnúmero de

problemas, difíciles de solucionar. Tal es así, que luego de varios años de trabajo intenso, el único campo donde este control funciona de manera definida, es en el control del ruido equipos de aire acondicionado, cuando se lo quiere controlar en los conductos del mismo, en vez de los clásicos silenciadores. En general, resulta más fácil emplear este control en sitios de una geometría definida y en locales cerrados, donde el campo sonoro es uniforme.

Desde unos 5 años, el control activo ha sido incorporado a la protección auditiva, y en el interior de vehículos. Debido al elevado costo de los equipos (un protector puede costar en el orden de los US\$ 1,000,-), su uso por el momento ha sido limitado al uso militar, sobre todo en cascos de aviadores o conductores de tanques de guerra o vehículos similares. El control es efectivo solamente por debajo de los 1000 Hz, o, incluso por debajo de los 500 Hz. Por lo tanto la reducción sonora en dBA es mínima (del orden de los 5 dBA). Donde sí se observa una mejora notable es en la inteligibilidad de la palabra. Osea que en situaciones donde la comunicación oral es de importancia primordial, es uso de protectores con sistemas activos se hace imprescindible.

La tecnología es similar al de los protectores alienales activos, descriptos más arriba: un micrófono montado en el exterior del protector recoge la señal, que es girada 180 grados antes de ser amplificada e inyectada en el interior del protector. El problema más serio se presenta en el continuo giro que debe ser muy veloz. Esto se logra únicamente con la tecnología digital, que, además miniaturiza los componentes del equipo y su consumo.

6.4 Equipos para comunicación

Si bien no es una novedad desde el punto de vista tecnológico, la inclusión de equipos de comunicación dentro del protector es una técnica que está en plena expansión. A punto tal, de que muchos sitios de trabajo los están incorporando tanto para la comunicación oral, como para la transmisión de música funcional.

Existen varias ventajas cuando se los compara con los equipos de comunicación tradicionales (Public Address). Entre ellas podríamos subrayar las siguientes:

- a) Los PA funcionan generalmente a niveles excesivos para exceder los niveles del ruido ambiente. Muy a menudo distorsionan y su inteligibilidad es deplorable. Además la señal llega a todas las personas en el área: al que la necesita y al que no. Los equipos individuales, en cambio, proporcionan la señal al que la necesita, a un nivel óptimo y con una calidad alta.
- b) En el caso de la música funcional, la situación es idéntica: el nivel es alto y la calidad baja. Con los equipos individuales, en cambio, la situación se invierte, incrementándose el confort de la persona.

7. MÉTODOS DE MEDICIÓN

7.1 La nueva norma ANSI

Este año dio nacimiento a la nueva norma ANSI S12.6-1997 "Methods for Measuring Real-Ear Attenuation of Hearing Protectors". Preparada por el Grupo de trabajo S12/WG11 de la misma institución, la norma es la culminación de diez años de esfuerzos para llegar a un método que permita obtener resultados de la medición similares a éstos obtenidos en la vida real, en sitios de trabajo con programas establecidos y eficaces de conservación de la audición. Resultados de las investigaciones fueron o van a ser publicados en la revista de la Acoustical Society of America.

La Norma propiamente dicha hace uso del procedimiento de la Norma anterior, o sea se basa en el método REAT, midiendo el nivel del umbral del oído protegido y abierto a un grupo de sujetos a las frecuencias audiométricas entre 125 y 8000 Hz. También el uso de los resultados es similar: éstos se presentan como el promedio y el desvío standard de todas las atenuaciones, calculadas como la diferencia entre ambos umbrales, medidos para cada sujeto y en cada una de las pruebas. El número de sujetos en este caso es de 20 y las mediciones se repiten dos veces.

La diferencia fundamental consiste en el tipo de sujetos usados y en el procedimiento para la colocación de los protectores. En este sentido la Norma especifica dos tipos de sujetos y mediciones.

El primer tipo, es el uso de sujetos experimentados, que están familiarizados con el uso de protectores. En este caso, el instructor les entrega los protectores y les instruye de manera tal de que ellos solos se colocan los protectores sin ayuda alguna por parte del mismo. Con este tipo de medición, llamado de "sujeto experimentado" se obtienen los valores mas elevados de atenuación.

El segundo tipo, llamado de "sujeto ingenuo" ("naive") requiere sujetos que no han usado protectores en los últimos 2 años. A ellos se les entrega el protector en su estuche. No se le da ninguna instrucción de como colocarlos. Simplemente se le dice de que lea las instrucciones del fabricante y los coloque de acuerdo con ellas. El técnico no debe ayudarlo de ninguna manera en esta tarea.

Los resultados de éste último tipo de mediciones se aproxima mucho a estos obtenidos en la vida real.

7.3 Medición de protectores no-lineales

La medición de los protectores no-lineales con el nivel de la señal de entrada presenta problemas muy serios, ya que requiere la medición de la atenuación para niveles diferentes. Es por ello que el grupo de trabajo WG17 de la ISO/TC 43 decidió tratar los diferentes tipos de protectores por separado, comenzando con los cobertores con restauración de la señal.

Para su medición, se comenzó con un proyecto, en el año 1994, que hacía uso de un micrófono miniatura que se colocaba en el oído del sujeto, siguiendo la técnica ya mencionada mas arriba. Hubo varias objeciones para este método, por lo cual se decidió usar la técnica de la cabeza artificial (ATF). Este intento fue también rechazado, volviéndose al primer método, con algunos cambios. El resultado fue nuevamente negativo. Fue entonces que, basándose en el trabajo de un grupo de investigadores franceses, encabezado por A. Damongeot, se llegó al presente Draft, sobre el cual se está trabajando en la actualidad.

La técnica se basa en dos determinaciones separadas: por una parte se mide el nivel del oído protegido con el protector, en su modo pasivo (o sea con la amplificación desconectada), en bandas de 1/3 de octava, usando ATF/HATS y siguiendo el método de la Norma ISO 4869-3:1990. Esto se hace para senales entre 50 y 110 dBA en pasos de 10 dBA.

Luego se conecta la parte activa y se coloca el volumen al máximo. Se mide nuevamente el nivel del oído protegido en 1/3 de octava entre 125 Hz y 8000 Hz, también para senales entre 50 y 110 dBA, en pasos de 10 dB.

El nivel del ruido protegido resultante del uso del protector, con el control de volumen al máximo, será la suma de los dos niveles: el amplificado, mas el que penetra a través del protector (y todas las filtraciones resultantes).

El procedimiento está todavía a nivel de Draft, o sea que no está aprobado. No obstante, se cree que, con modificaciones no sustanciales, podrá ser aprobado en uno o dos años mas.