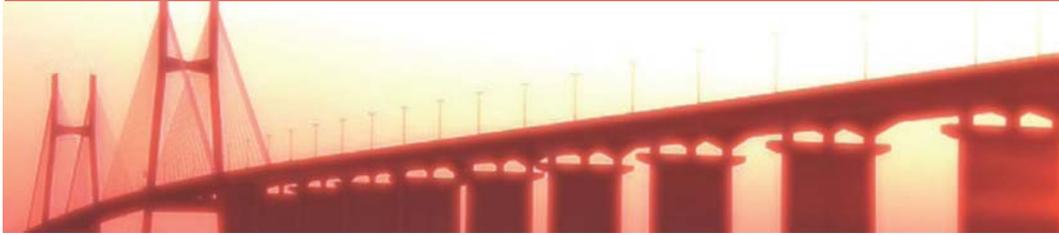


PRIMERAS JORNADAS REGIONALES DE ACÚSTICA AdAA 2009

19 y 20 de noviembre de 2009, Rosario, Argentina



AdAA2009-A022R

Aplicación de métodos normalizados de ensayos acústicos y físicos a protectores auditivos en el CINTRA

Germán Miretti^(a), Mario R. Serra^{(a), (b)},
Christian Henin^(a), Ignacio Roggio^(a)

^(a)Centro de Investigación y Transferencia en Acústica, CINTRA, Unidad Asociada del CONICET, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Maestro M. López esq. Cruz Roja Argentina, X5016ZAA Córdoba, Argentina. Email: german.miretti@gmail.com

^(b)Miembro de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, CONICET, Argentina.

Abstract

The main objective of using hearing protectors is to reduce to acceptable levels the noise that people are commonly exposed to in labour environments, as well as to provide a better protection for the hearing organ. To achieve this aim there are now standard methods for acoustic and physical testing, which are applied at the CINTRA, to verify the quality and attenuation provided by the protector. In addition, the methodology that has been applied allows the comparison between performance data or functional behavior obtained in various laboratories under similar conditions. These data can be used to classify and select different brands and models as well as to assess design and constructive features that influence hearing protectors performance. Given the conditions and development attained by the CINTRA in such tests, it is committed to managing the quality of the data, demonstrating technical competence to produce results in accordance with the framework of Standards IRAM 4060 (Part 1, 2 and 3) and IRAM 4126 (Part 1, 2 and 3).

Resumen

El uso de los protectores auditivos tiene como finalidad la reducción a niveles aceptables del ruido al que se está comúnmente expuesto en los ambientes laborales, intentando proveer la mejor protección posible al órgano de la audición. Para lograr este objetivo existen en la actualidad métodos normalizados para la realización de ensayos acústicos y físicos, los que son aplicados en el CINTRA, a fin de comprobar tanto la calidad como la atenuación brindada por el protector. A su vez, la metodología aplicada permite comparar los datos de rendimiento o comportamiento funcional obtenidos en distintos laboratorios, pero en condiciones similares. Estos datos pueden utilizarse para la clasificación y la selección de distintas marcas y modelos, así como la evaluación de las características de diseño y construcción que influyen sobre su desempeño. Dado las condiciones y desarrollo alcanzado por el CINTRA en este tipo de ensayos, se asume el compromiso de gestionar la calidad de los mismos, demostrando competencia técnica para generar resultados válidos en el marco de las Normas IRAM 4060 (Parte 1, 2 y 3) e IRAM 4126 (Parte 1, 2 y 3).

1 Introducción

En los ambientes laborables, dentro de las medidas a implementar para reducir la inmisión sonora se pueden mencionar: 1- el uso de ingeniería de control pasiva tales como cerramientos, materiales absorbentes, barreras acústicas, aisladores de vibración, etc.; 2- la utilización de medidas administrativas, tal como la limitación de la exposición del personal mediante la reducción de la jornada laboral en los puestos de trabajo próximos a las fuentes de ruido; 3- en los casos en que no es viable, por razones prácticas o económicas, reducir la exposición del personal a niveles elevados de ruido que pueden causar daño al sistema auditivo, debe usarse protección auditiva personal.

Los protectores auditivos pueden dar una protección contra el ruido del orden de los 30dB a 40dB dependiendo de la frecuencia, si es que son usados correctamente. Desafortunadamente, si son colocados en forma incorrecta o se les da un uso inapropiado, la atenuación esperada puede verse drásticamente afectada (Malcolm J. Crocker, 2007).

La importancia de reducir los niveles de ruido en el oído radica en que en la actualidad la pérdida auditiva es uno de los problemas más dominantes en cuanto a salud ocupacional a nivel mundial. Según los datos aportados por NIOSH, en Estados Unidos, aproximadamente 30 millones de trabajadores están expuestos en sus ámbitos laborales a niveles de ruido u ototóxicos que son potencialmente peligrosos para la audición (NIOSH, 1996).

Afortunadamente, la pérdida auditiva inducida por ruido puede ser reducida, o hasta incluso eliminada, mediante la aplicación exitosa de programas de prevención.

2 Prevención de pérdida de la audición

Un programa de prevención de pérdida de la audición (PPPA) ejecutado de forma exitosa beneficia tanto a los empleados afectados como a la empresa involucrada. Los empleados se encuentran a salvo de las deficiencias auditivas y la evidencia sugiere que pueden sufrir menos fatiga y su correspondiente mejora general en la salud. Y a su vez, la empresa se beneficia de la reducción de gastos médicos y costos de compensación de los trabajadores a través de su ART, propiciando en algunos casos un aumento de la eficiencia del trabajo.

Sin embargo, se debe ser consciente de que la sola existencia de un programa adecuado no garantiza la prevención de la pérdida ocupacional de la audición. La experiencia sobre el desempeño de programas de prevención exitosos muestran la necesidad de desarrollar y adherir a políticas específicas desde un comienzo. Estas políticas se deben integrar al programa de seguridad e higiene de la empresa tomando en cuenta los 7 componentes básicos que integran un programa de prevención de la audición:

- 1- Monitoreo de la exposición al ruido
- 2- Ingeniería y administración de control
- 3- Evaluación Audiométrica
- 4- Uso de protectores auditivos (PA)
- 5- Educación y motivación
- 6- Registro del plan de acción
- 7- Programa de evaluación

Con el objeto de acercar a la sociedad los resultados de las investigaciones, y de este modo facilitar la transferencia a la sociedad de los conocimientos desarrollados en las mismas, es misión del CINTRA colaborar en el desarrollo y optimización de procedimientos de medición y evaluación, como así también la capacitación dirigida al sector industrial.

Es dentro de este contexto, y más específicamente dentro del punto 4 de los componentes básicos de un PPPA -el uso de protectores auditivos-, que personal del CINTRA viene trabajando desde hace casi 20 años en el campo de la protección auditiva, con el desarrollo de diversos dispositivos de medición que han sido adoptados por la ISO, los que están permitiendo en la actualidad llevar a cabo ensayos acústicos y físicos de PAs para certificar la calidad de los productos ya comercializados y aquellos que aspiran a ser comercializados, así como también para facilitar el soporte técnico necesario en el desarrollo de nuevos productos (Serra, 1978, 1979, 1982, 1985, 1986, 1998).

3 Marco Normativo

Es el Estado Nacional, en cumplimiento de sus responsabilidades en la regulación de los requisitos de seguridad que deben cumplir los productos, equipos y medios de protección personal, conducentes a reducir la siniestralidad laboral, quien ha dispuesto la obligatoriedad del cumplimiento de la Resolución N° 896/99 de la ex Secretaría de Industria, Comercio y Minería, sobre la certificación de elementos de protección personal.

La certificación por tercera parte es un mecanismo apto e internacionalmente aceptado para lograr el control sobre la comercialización de estos productos, en tanto la misma sea realizada por Organismos de comprobada competencia técnica en la materia (IRAM, 2005).

A nivel nacional la evaluación técnica de la calidad de los protectores auditivos se realiza a través de un conjunto de normas IRAM que especifican los requisitos esenciales que deberán cumplir los protectores auditivos como elementos de protección personal:

Serie IRAM 4060 – Métodos de Ensayos Acústicos

IRAM 4060-1:1999. Acústica. Protectores auditivos. Parte 1: Método subjetivo de medición de la atenuación sonora.

IRAM 4060-2:1996. Acústica. Protectores auditivos. Parte 2. Estimación de los niveles de presión sonora efectivos compensados con la red de ecualización "A" cuando se utilizan protectores auditivos.

IRAM 4060-3:1999. Acústica. Protectores auditivos. Parte 3: Método simplificado de control de calidad para medir la pérdida por inserción de protectores del tipo cobertor.

Serie IRAM 4126 – Requisitos de Seguridad y Ensayos (físicos y acústicos)

IRAM 4126-1:1999. Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 1: Cobertores.

IRAM 4126-2:2000. Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 2: Tapones auriculares.

IRAM 4126-3:2007. Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 3: Cobertores acoplados a cascos de seguridad para uso industrial.

Estas series de normas se corresponden con normas que provienen de organismos encargados de promover estándares internacionales de calidad, que abarcan casi todo el espectro de las ramas industriales, como lo son ISO (Organización Internacional para la Estandarización) y CEN (Comité Europeo de Normalización).

Diagramas de flujo que esquematizan la correspondencia entre las diferentes normas internacionales y nacionales se pueden apreciar en las figuras 1 y 2.

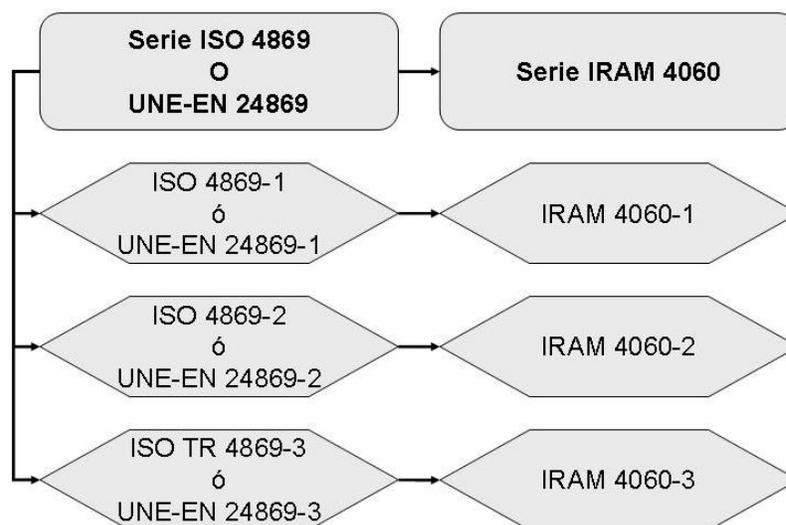


Figura 1 – Correspondencia entre Normas – Serie ISO 4869 ó UNE-EN 24869 y la Serie IRAM 4060.

4 Tipos de protectores auditivos ensayados

Si bien los títulos de las normas de la Serie IRAM 4126 hacen referencia al tipo de protector auditivo a ensayar, a continuación se presentará una clasificación contemporánea internacionalmente aceptada de los PA (Berger, 2000), los que a su vez se muestran en detalle en la Figura 3:

- Tapones auriculares (Earplugs)
- Tapones Supraaurales (Semiinserts)
- Cobertores (Earmuffs)
- Cascos (helmets)

En la última década han surgido muchos otros PAs más sofisticados y de características especiales para las comunicaciones y estos son típicamente considerados como mejoras de los tipos básicos de PAs mencionados anteriormente. Entre algunos de los tipos de PAs con características especiales podemos mencionar: cobertores dependientes del nivel, cobertores con reducción activa del ruido, cobertores con entrada eléctrica de audio, tapones dependientes del nivel y cobertores con audio de entretenimiento. Estos tipos especiales están contemplados en las normas UNE-EN 352-4:2001, UNE-EN 352-5:2003/A1:2006, UNE-EN 352-6:2003, UNE-EN 352-7:2004 y UNE-EN 352-8:2008 respectivamente.

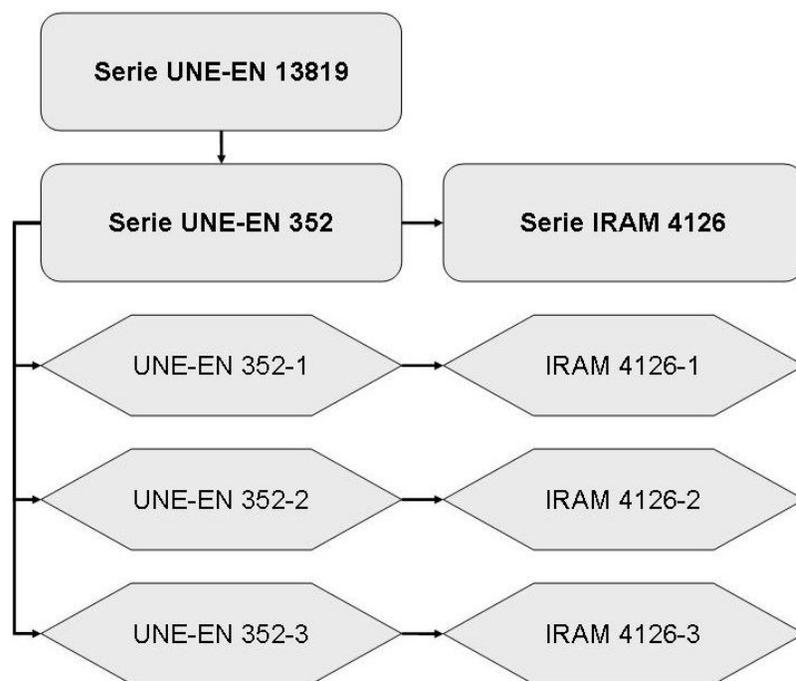


Figura 2 – Correspondencia entre Normas – Serie UNE-EN 352 y la Serie IRAM 4126.

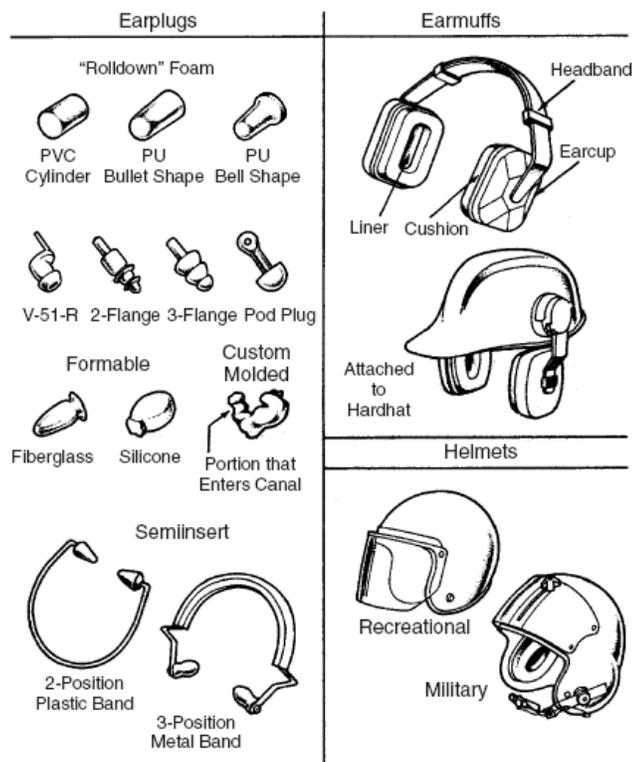


Figura 3. Tipos de protectores Auditivos (Berger, 2000).

Al seleccionar un tipo de PA para un determinado uso, no es conveniente tomar en consideración sólo su máxima atenuación dado que los niveles de atenuación de la mayoría de los PAs varían con la frecuencia y esto podría producir disconformidad en los usuarios debido a que modifica su habilidad de discriminar sonidos, impidiendo percibir con claridad los sistemas busca-personas, así como también ciertas señales de alarma y/o señales auditivas de sus máquinas.

Por lo tanto, la selección del mejor PA será aquel que el trabajador acepte usarlo correctamente con conformidad y manteniéndolo colocado todo el tiempo de exposición al ruido (Gerges, 2003).

Los factores de mayor importancia para determinar la aceptación del trabajador de un cierto tipo de PA depende de:

- Estar convencido de que el uso del PA previene la pérdida auditiva
- Estar de acuerdo que el PA debe ser colocado correctamente
- Usar el PA con conciencia
- Saber de la incomodidad del PA, pero saber de los beneficios de usarlo
- Percibir la reducción de ruido producida por el PA
- Practicar su colocación
- Utilizarlo junto con otro elementos de seguridad personal
- Cuidar, guardar limpio y cambiar si es necesario.

5 Ensayos sobre protectores auditivos

5.1 Método subjetivo de medición de la atenuación sonora (ensayo acústico)

De los diferentes ensayos que se le realizan a los PAs, el ensayo de atenuación sonora en el oído es el más conocido. Este ensayo no es aun del todo satisfactorio por dos motivos: 1- la reproducibilidad de la información de un laboratorio y otro muestran variaciones en la atenuación, los desvíos estándares y los coeficientes de reducción, 2- los resultados de la mayoría de los procedimientos de ensayos a nivel internacional (con excepción de por ej. ANSI S12.6 1997 – método B) no son representativos de la atenuación real desempeñada por el PA en entornos de trabajo industriales o militares (Gerges et al, 2007).

La norma IRAM 4060-1:1999 especifica un método subjetivo para la medida de la atenuación sonora de los PAs contra el ruido en el umbral de audición. El método y los procedimientos se destinan a la obtención de valores próximos a la atenuación máxima, que normalmente no se alcanzan bajo condiciones de campo. La elección de esta aproximación se debe al hecho de que asegura una buena reproducibilidad (intra-laboratorio, para medidas bajo condiciones de ensayo idénticas) de los valores de atenuación. Estos valores no reflejan realmente las características del protector sino en la medida en que los usuarios lo utilicen de la misma manera que los sujetos sometidos a ensayos. Con el método de ensayo que se describirá a continuación, se obtienen resultados medidos a niveles de presión sonora próximos al umbral de audición, pero que son también representativos de los valores de la atenuación de los PAs a niveles de presión sonora más altos. Esta norma no es aplicable para el caso de PAs de características variables con la amplitud (IRAM, 1999).

El parágrafo 4 de la norma IRAM 4060-1:1999 describe todos los ítems que componen la medición de la atenuación sonora de los PAs contra el ruido, enunciados a continuación:

- Señales de ensayo
- Lugar de ensayo
- Equipo de ensayo
- Personas utilizadas para los ensayos
- Procedimiento de ensayo
- Fuerza de aplicación
- Presentación de los resultados

En la figura 4 se observa el esquema en planta de la cámara semi-anecoica y los equipos de la cadena de medición utilizados en el ensayo.

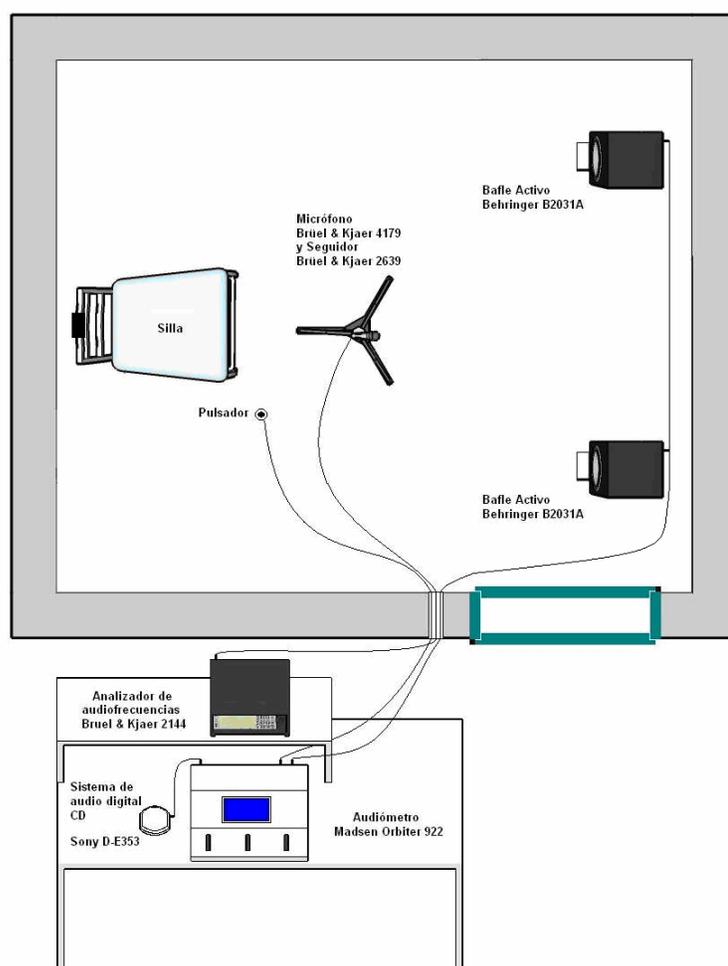


Figura 4. Esquema en planta del lugar de medición y equipos de ensayo.

El método utilizado para evaluar la atenuación sonora en forma subjetiva es el de medición de la atenuación real en oído por mediciones del umbral (REAT – real ear attenuation at threshold). En este método, se determina el umbral de audición a varias frecuencias con y sin el PA. La diferencia de sensibilidad entre los dos umbrales de audición es la atenuación provista por el PA (solo para PAs pasivos y/o lineales).

5.2 Estimación de los niveles de presión sonora efectivos compensados con la red de ecualización "A" cuando se utilizan protectores auditivos (ensayo acústico)

Idealmente, la estimación de la reducción de nivel sonoro producida por PAs, debería efectuarse sobre la base de los datos de atenuación en bandas de octava, determinados según norma IRAM 4060-1. Sin embargo, es evidente que muy frecuentemente en la práctica, especialmente cuando no se dispone de mediciones de ruido por bandas de octava, es aconsejable una descripción más simple, que pueda ser utilizada cuando se cuenta solamente con mediciones de sonido compensadas por curva "A" o "C". La norma IRAM 4060-2:1996 se refiere a ambas situaciones mencionadas, al describir un método de cálculo basado en bandas de octava a la vez que de dos procedimientos simplificados alternativos, denominados el método HML y el SNR, respectivamente.

5.2.1 Método de bandas de octavas:

Consiste en un cálculo directo de la reducción de ruido a partir de los niveles sonoros por bandas de octava en el puesto de trabajo y los datos de atenuación sonora en bandas de octava del PA que está siendo evaluado. Aunque puede suponerse que se trata de un método "exacto", de referencia, debe tenerse en cuenta que posee sus propias inexactitudes, ya que se basa en valores de atenuación sonora promedio con las correspondientes desviaciones estándar y no en los valores específicos de atenuación para el individuo en cuestión (IRAM, 1996).

5.2.2 Método HML:

Se especifican tres índices de atenuación H, M, L, determinados a partir de datos de atenuación sonora por bandas de octava de un PA. Estos índices, cuando se combinan con los datos de una medición de nivel de presión sonora del ruido compensado "A" o "C", se utilizan para calcular el nivel de presión sonora efectivo "A" cuando se usa el PA.

5.2.3 Método SNR:

Especifica un solo valor de atenuación, el Índice de Reducción de Número Único (Single Number Rating Reduction), determinado a partir de los datos de atenuación por bandas de octava de un PA. Este valor, el SNR, se sustrae del nivel de presión compensado "C" a fin de calcular el nivel de presión sonora efectivo compensado "A", cuando se usa el PA.

5.3 Ensayo de pérdidas por inserción (ensayo acústico)

La norma IRAM 4060-3:1999 especifica un método para medir la pérdida por inserción de los protectores auditivos del tipo cobertor. Este método puede emplearse también para el ensayo de diferencias ocasionales de rendimiento en el curso de fabricación, durante los procedimientos de homologación o de certificación, y para investigar el cambio de

rendimiento debido al envejecimiento. Se especifica un procedimiento de medición de fuerza de aplicación, ya que esta influye en los rendimientos acústicos. Además, el método especificado en esta norma no debe considerarse como el ensayo básico utilizado para la homologación. Los valores obtenidos aplicando este método no deben considerarse como resultados de medida de la atenuación sonora de cobertores sobre un oído o de la protección obtenida utilizando éstos (IRAM, 1999).

El párrafo 5 de la norma IRAM 4060-3:1999 describe todos los ítems que componen la medición de pérdidas por inserción de los PAs, enunciados a continuación:

- Dispositivo de ensayo acústico, se aprecia en la figura 5;
- Señal de ensayo;
- Entorno de ensayo;
- Aparatos de ensayo;
- Procedimiento de ensayo.



Figura 5. Dispositivo de ensayo acústico – Pérdidas por inserción.

5.4 Medición de fuerza de ajuste

La fuerza de ajuste proporcionada por la vincha (o por brazos soporte, en el caso de cobertores acoplados a cascos) debe ser suficiente para lograr una colocación óptima del PA pero tampoco excesiva, lo que reduce apreciablemente el confort de uso de los mismos. Además, es necesario medir la fuerza de ajuste para realizar un control de calidad y otros ensayos relacionados con su vida útil.

La reducción de la fuerza de contacto entre la almohadilla y la cabeza produce una fuga de energía sonora hacia el oído. El incremento en la fuerza de contacto elimina parte de la energía sonora que se fuga hacia el interior de las copas cobertoras de los PAs en el rango de bajas frecuencias. Este incremento en la fuerza de ajuste de la vincha es sin embargo un factor limitante en el uso del protector auditivo, que hasta llega a causar incomodidad. En los ambientes de trabajo reales, los usuarios intentan disminuir esta fuerza para hacer el protector más confortable, forzando la vincha hacia fuera (Zannin et al, 2006).

5.4.1 Dispositivo de montaje para medición de fuerza de ajuste

En la figura 6 se puede observar el dispositivo de medición utilizado en el CINTRA. Este dispositivo mide electrónicamente la fuerza de ajuste ejercida a través de un sensor denominado celda de carga y es visualizada a través de un voltímetro de uso específico que indica directamente el valor adquirido de la celda de carga en newtons. Este dispositivo es ideal para realizar tal medición ya que durante la aplicación de la fuerza de ajuste la distancia de separación entre las placas de montaje se mantiene inalterada.



Figura 6. Dispositivo de montaje para la medición de fuerza de ajuste.

5.4.2 Procedimiento de medición

Para realizar la medición se debe leer el valor marcado en el indicador $2\text{min} \pm 5\text{s}$ después de haber distendido el PA sobre el dispositivo de montaje y de acuerdo con las especificaciones de las normas IRAM 4126-1 o IRAM 4126-3, según corresponda a cobertores o a cobertores para acoplar a casco de seguridad, respectivamente.

5.4.3 Ensayo de variación de la fuerza de arnés

Como se mencionó anteriormente es necesario medir la fuerza de ajuste para realizar un control de calidad y ensayos relacionados con su vida útil. Una forma de evaluar la vida útil de un PA es midiendo su fuerza de ajuste posterior a la realización de un ensayo de flexión. Si después de una determinada cantidad de ciclos de flexión la fuerza de ajuste se ve significativamente alterada, esto es sinónimo de baja calidad. La norma indica que la fuerza de ajuste no debe variar más del $\pm 15\%$ con respecto a la fuerza medida inicialmente (antes del ensayo de flexión). La finalidad básica de este ensayo es el determinar la variación de la fuerza de ajuste por estrés de la vincha del cobertor mediante un envejecimiento acelerado simulado. Ver figura 7.



Figura 7. Dispositivo de ensayo de flexión de vincha (o brazos soporte, en el caso de cobertores acoplados a cascos).

5.5 Ensayo de presión de almohadillas

La presión producida por un PA sobre la piel y sobre tejidos adyacentes y huesos es probablemente la mayor causa directa de incomodidad. Si la presión ejercida es elevada y continua por un periodo de tiempo relativamente largo, la molestia puede llegar a ser intolerable. Aquí, dos factores están involucrados, la fuerza total del PA contra la zona circumaural y la distribución de la fuerza sobre la superficie de contacto. Cuando se realice este ensayo la presión de las almohadillas de cada muestra no debe ser superior a 4500 Pa.

5.5.1 Dispositivo de ensayo

La presión de las almohadillas se mide en forma indirecta a través de la medición de la fuerza de ajuste y la superficie de contacto por separado. Se utiliza para medir la fuerza de ajuste el dispositivo ya visto previamente, agregándosele una plantilla de papel en cada placa soporte como la que se observa en la figura 8. Estas plantillas se colocan con el fin de obtener una impresión de la almohadilla que se impregna con tinta antes de ser colocada.



Figura 8. Elementos utilizados para obtener impresiones de la superficie de contacto: Dos dispositivos de montaje y plantilla de papel digitalizada de una impresión con tinta de almohadilla de PA tipo cobertor.

5.5.2 Procedimiento de medición

Se configuran los cobertores según unas dimensiones dadas y se mide la fuerza ejercida por las almohadillas sobre las placas que las soportan según las normas IRAM 4126-1 o IRAM 4126-3, según corresponda a cobertores o a cobertores para acoplar a casco de seguridad, respectivamente. Luego, se digitaliza la impresión de la almohadilla y con un software de planimetría se la procesa para determinar la superficie total de contacto.

Una vez determinadas ambas magnitudes se realiza el cociente entre la fuerza de ajuste y la superficie de contacto para obtener así la presión aplicada.

5.6 Ensayo de inflamabilidad

Se deben ensayar dos muestras, las cuales deberán superar el ensayo de inflamabilidad que muestra las propiedades de los materiales constitutivos del protector auditivo cuando se someten a la acción de una varilla de acero a una temperatura elevada. Debemos destacar que este ensayo se realiza de acuerdo con la norma IRAM 4126 sobre todo tipo de PA, aplicando la parte 1, parte 2 o parte 3 de la serie de normas según el tipo de PA a ensayar.

5.6.1 Dispositivo de ensayo

Se cuenta con una mufla eléctrica que es controlada por un dispositivo electrónico de control de temperatura que permite llevar el interior del mismo a la temperatura de ensayo fijada por la norma. El dispositivo se puede observar en la figura 9.

5.6.2 Procedimiento de ensayo

Una vez colocada en la mufla la varilla de acero de (300 ± 3) mm, se configura el controlador para que la temperatura llegue hasta los 650°C . Una vez alcanzada la temperatura, se retira la varilla del interior, se la coloca en posición vertical y se aplica sobre la superficie del cobertor o tapón auricular con la fuerza ejercida por su propia masa, durante un periodo de $(5 \pm 0,5)$ s.



Figura 9. Dispositivo de ensayo de inflamabilidad – Mufla eléctrica.

5.7 Otros ensayos

Hasta aquí se han mencionado los ensayos de protectores auditivos más importantes y significativos en lo que hacen a su calidad. No obstante hay varios otros ensayos también

normalizados tales como resistencia al deterioro en caso de caídas, tallas nominales, resistencia a las fugas de almohadillas, etc. Adicionalmente para PAs sometidos a condiciones ambientales especiales, se tienen otros ensayos adicionales tales como resistencia a bajas o a altas temperaturas, higroscopicidad de vincha, etc., todos estos últimos de carácter optativo.

6 Conclusiones

El objetivo de este trabajo es el de aclarar la importancia de la realización de los ensayos dentro de un marco normativo así como incrementar el entendimiento de los métodos utilizados.

Las series de normas argentinas IRAM 4060 e IRAM 4126 cubren la mayoría de los tipos de protectores auditivos comercializados en el mercado local, ya que es vital que estos realmente provean al usuario la protección que ellos requieren y que su calidad esté certificada por un organismo de tercera parte.

Debido a que la producción y el mercado de PAs se ha globalizado, es que las normas de calidad deberían ser las mismas internacionalmente para de esta forma eliminar barreras técnicas innecesarias que permitan la comparación de resultados de ensayos realizados en cualquier país. Así como también se hace necesaria una constante actualización y revisión, en donde dichas revisiones tienen por objeto reforzar las especificaciones para establecer métodos de ensayo que sean más precisos y menos abiertos a libre interpretación.

Aun existe una gran controversia dentro de la comunidad profesional y la bibliografía científica sobre cuan aplicable son los resultados obtenidos en laboratorio, por ejemplo de atenuación sonora, para ambientes del mundo real (mediciones en campo). Numerosos estudios ponen de manifiesto que la atenuación medida en campo de los PAs convencionales es menor que la obtenida conforme a los ensayos de laboratorio, así como también la actual inquietud sobre el estudio de la evaluación de la expresión de la incertidumbre (Gerges, 2003; McKinley et al, 2005; Berger, 1996; Lima et al, 2006).

Por lo tanto, queda en evidencia que un método de laboratorio para medir atenuación sonora de PAs que produce resultados que se correlacionan cada vez más aproximadamente con los datos existentes, igual que en las mediciones de campo, sería una herramienta de gran utilidad que permitiría extrapolar el comportamiento de los PAs a condiciones de uso real.

Referencias

- Malcolm J. Crocker; (2007) "General introduction to noise and vibration effects on people and hearing conservation", Handbook of Noise and Vibration Control. Chapter 23. Edited by Malcolm J. Crocker.
- NIOSH (1996); "Preventing Occupational Hearing Loss – A Practical Guide". NIOSH Publication No. 96-110.
- Serra, M. R.; Brinkmann, K.; (1978) "Objektive Schalldämmungsmessungen an Kapselgehörschützern im freiem und Difusen Schallfeld. PTB Bericht, PTB-Ak-15.
- Serra, M. R.; Brinkmann, K.; (1979); "Sicherheitstechnische Anforderungen an die Akustischen und Mechanischem Eigenschaften von Kapselgehörschützern und deren Prüfung". Schütz der Arbeiter vor Lärm, Tomo III, pág. 279-288.
- Serra, M. R.; Brinkmann, K. (1982) "Acoustical and Mechanical Properties of Earmuff Type Hearing Protectors and their Testing". Personal Hearing Protection in Industry, Capítulo 8. Copyright © Editor P. W. Alberti, Raven Press, New York, 1982.
- Serra, M. R.; (1985); "Protectores auditivos". Revista Telegráfica Electrónica, no. 864, pág. 733-736.
- Serra, M. R.; (1986); "Requerimientos de seguridad para las propiedades acústicas y mecánicas de protectores auditivos tipo cobertor y sus ensayos". VI Simposio "El ruido y las vibraciones en la industria". Ed. Asociación de Acústicos Argentinos, pág. 36-42.

- Serra, M. R.; (1998); "Los protectores auditivos y sus ensayos". Revista IRAM, edición no. 4
- IRAM (2005); "Boletín IRAM- Enero 2005".
- Berger, E, H; (2000); "Hearing Protection Devices", in The Noise Manual, 5th ed., E. H. Berger, L. H. Royster, J. D. Royster, D. P. Driscoll, and M. Layne, Eds., American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, pp. 379–454.
- Gerges, Samir N. Y. (2003); "Protetores Auditivos" ,NR Editora, Florianopolis, Santa Catarina, Brazil,
- Gerges, Samir N. Y; Casali, John G (2007); "Hearing Protectors". Handbook of Noise and Vibration Control. Chapter 31. Edited by Malcolm J. Crocker.
- IRAM 4060-1:1999. Acústica. Protectores auditivos. Parte 1: Método subjetivo de medición de la atenuación sonora
- IRAM 4060-2:1996. Acústica. Protectores auditivos. Parte 2. Estimación de los niveles de presión sonora efectivos compensados con la red de ecualización "A" cuando se utilizan protectores auditivos.
- IRAM 4060-3:1999. Acústica. Protectores auditivos. Parte 3: Método simplificado de control de calidad para medir la pérdida por inserción de protectores del tipo cobertor.
- Zannin, P. Hernique Trombetta; Gerges, Samir. N. Y. (2006); "Effects of cup, cushion, headband force, and foan lining on the attenuation of an earmuff". International Journal of Industrial Ergonomics 36, p 165-170.
- McKinley, R.L.; Bjorn, V.S.; Hall, J.A. (2005); "Improved Hearing Protection for Aviation Personnel". In New Directions for Improving Audio Effectiveness (pp. 13-1 – 13-12). Meeting Proceedings RTO-MP-HFM-123, Paper 13. Neuilly-sur-Seine, France: RTO.
- Berger, Elliott. (1996); "A New Hearing Protection Attenuation Standard – ANSI S12.6". Sixteenth in a comprehensive series of technical monographs covering topics related to hearing and hearing protection.
- Lima, F. R.; Gerges, Samir N. Y.; Zmijevski, T. R. L.; Bender, D. F. (2006); "Uncertainty For Noise attenuation Measurement of Hearing Protectors by REAT Method". En XVII IMEKO WORLD CONGRESS, Metrology for Sustainable Development, Rio de Janeiro, Brasil.