

## **POSSIBLE FACTORS OF THEORETICAL ATTENUATION REDUCTION IN USE OF HEARING PROTECTOR DEVICES (HPD). IDENTIFICATION AND ANALYSIS**

Navarro Roldán, Miguel Ángel

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Alicante

Hearing Protection Devices (HPD) use is widespread at workplaces with noise exposure, places of application of the RD 286/2006 relating to protection of workers to this physical agent (Directive 2003/10/EC), sometimes HPD are being the only one preventive measure used at the companies with noise risk exposure. HPD selection is mostly based on the results of noise level measurements present at the workplace and in the ability of theoretical attenuation that they provide. This attenuation data (issued by the manufacturer) is often too optimistic when is compared with the real attenuation grade that provide "in situ", due to multiple technical and management factors in the manufacture process, that should be analyzed globally with sufficient breadth and detail. Therefore, in this work, from a whole of applicable normative and technical criteria accepted internationally, identifies and analyzes the key factors that influence in the observed difference between theoretical and real attenuation values, and proposing a set of structured and proper corrective and preventive measures to palliate the values discrepancy observed.

**Keywords:** *Safety and health management; Occupational noise exposure; Hearing protector devices (HPD); Attenuation; Assessment*

### **IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS POSIBLES FACTORES DE REDUCCIÓN DE LA ATENUACIÓN TEÓRICA DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS**

El uso de protectores auditivos está ampliamente extendido en los lugares de trabajo donde existe exposición a ruido, lugares de aplicación del RD 286/2006 sobre protección de los trabajadores a dicho agente (Directiva 2003/10/CE), siendo en ocasiones esta medida preventiva la única aplicada en la empresa respecto al ruido. La selección de estos protectores auditivos se basa fundamentalmente en los resultados obtenidos de las mediciones del nivel de ruido presente en el puesto de trabajo, así como en la capacidad de atenuación teórica de los mismos proporcionada por su fabricante. Dicho valor teórico puede ser demasiado optimista cuando es comparado con el grado de atenuación real que proporcionan "in situ", debido a múltiples factores técnicos y organizativos del proceso productivo, que conviene ser analizados globalmente con suficiente amplitud y detalle. Para ello, en el presente trabajo, a partir del conjunto de la normativa de aplicación y distintos criterios técnicos internacionales de reconocido prestigio en la materia, se identifican y analizan aquellos factores que influyen en que exista tal diferencia entre los valores teóricos y reales, proponiendo además, un conjunto adecuadamente estructurado de medidas correctivas y preventivas tendentes a minimizar la incertidumbre asociada a dicha diferencia.

**Palabras clave:** *Prevención de Riesgos Laborales; Exposición a ruido; Protectores auditivos; Atenuación; Evaluación*

Correspondencia: m.navarro.rolan@gmail.com

## 1. Introducción

El ruido, como riesgo laboral, puede ser causante de daños auditivos y extra-auditivos. Entre los daños auditivos se encuentra la Hipoacusia, considerada como enfermedad profesional según el Grupo 2, del Anexo I del RD. 1299/2006 de Enfermedades Profesionales.

Para controlar este riesgo laboral, se promulga el RD. 286/2006, el cual está subordinado a las disposiciones que marca la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (L. 31/1995). Además, traspone al ordenamiento jurídico español la Directiva 2003/10/CE.

Este RD. 286/2006, establece una serie de valores de acción, que se dividen en: valores inferiores, valores superiores y valores límite. Comparados éstos con los niveles de exposición a ruido que encontremos en los lugares de trabajo, se establecerán las medidas preventivas oportunas, que pueden ser de carácter colectivo o individual.

Este estudio se centra en las medidas preventivas de carácter individual, como es el uso de protección auditiva, y dentro de ésta, en la protección auditiva de tipo pasivo, como son las orejeras y los tapones en sus diferentes modalidades.

Para poder determinar los niveles de exposición a ruido, se siguen las especificaciones que marca la Guía Técnica que desarrolla al RD. 286/2006 (INSHT, 2009), mientras que para la determinación de la atenuación que proporciona un protector auditivo se empleará la metodología descrita en la Norma UNE-EN 458:2005 (AENOR, 2005).

## 2. Objetivos

Este estudio parte de la base de que los valores de atenuación que proporciona un protector auditivo en "condiciones reales" pueden ser inferiores a los proporcionados por los fabricantes de los mismos. Y en base a ello, se establecen los siguientes objetivos:

1. Integrar en un único estudio toda la información, que de manera dispersa, se encuentra relacionada con la reducción de la atenuación teórica de un protector auditivo y la atenuación que proporciona "*in situ*".
2. Identificar los posibles factores que influyen en la reducción de la atenuación teórica, así como analizar las causas que los generan.
3. Proponer soluciones de actuación que permitan corregir los efectos que puedan generar tanto los factores de reducción de la atenuación teórica identificados, como la obtención de sus valores en condiciones reales de los lugares de trabajo.

## 3. Metodología

Para dar respuesta a los objetivos planteados, se ha empleado una metodología consistente en las siguientes fases:

- Fase 1. Análisis de los textos de referencia en el campo de la protección de la seguridad y salud de los trabajadores expuestos a ruido y el uso de protectores auditivos, como son: el RD. 286/2006, junto con la Guía Técnica que lo desarrolla (INSHT, 2009), y la Norma UNE-EN 458:2005 (AENOR, 2005).
- Fase 2. Consulta de webs institucionales que abordan la temática de la prevención de riesgos laborales, concretamente la exposición de los trabajadores al ruido, como son: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA), Health and Safety Executive (HSE), Occupational Safety and Health Administration (OSHA), National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Canadian Centre for Occupational Health

and Safety (CCOHS), Institut National de Recherche et Sécurité (INRS), Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL).

- Fase 3. Búsqueda bibliográfica de artículos científicos, empleando “palabras clave”: *Hearing protector device (HPD), Noise attenuation, Real attenuation, Occupational noise exposure, Noise measurement, Wearing time, Noise rating, Earplug, Custom moulded earplugs, Earmuff, Perception risk, Workers perception, Safety climate, Insertion loss, Noise-induced hearing loss (NIHL), Hearing conservation, MIRE, REAT, individual fit test.*
- Fase 4. Exhaustivo análisis bibliográfico de las fuentes mencionadas para identificar los posibles factores de reducción de la atenuación teórica, sobre los que se actúa en la siguiente fase.
- Fase 5. Propuesta de soluciones de actuación, que por un lado aborda la forma de corregir los cálculos de la atenuación y por otro la propuesta de medidas preventivas.

#### 4. Resultados y Discusión

En un primer apartado de resultados, se agrupan los posibles factores de reducción de la atenuación teórica identificados. Para tratar de corregir la influencia de éstos sobre la reducción de la atenuación, se proponen una serie de soluciones de actuación en forma de correcciones de los cálculos de atenuación y en forma de medidas preventivas, que se describen en un segundo apartado de resultados.

##### 4.1. Posibles Factores de Reducción de la Atenuación Teórica. Identificación y Análisis de Causas

Figura 1. Posibles factores de reducción de la atenuación teórica identificados



En la Figura 1 se muestran los posibles factores de reducción de la atenuación teórica que, a partir de las fuentes consultadas, se han identificado. Del análisis de cada uno de ellos y de las causas que los generan, se obtienen las siguientes afirmaciones.

#### 4.1.1. Tiempo de uso

El tiempo de uso de los protectores auditivos hace referencia a la relación entre el tiempo que el trabajador está expuesto a ruido y el tiempo que usa sus protectores auditivos durante esa exposición.

Por tanto, la adecuada atenuación que proporciona un protector auditivo está ligada a su uso continuado (INSHT, 2009); (Arezes & Miguel, 2002); (Arezes & Miguel, 2012).

Además, la influencia que el tiempo de uso de un protector auditivo tiene sobre la reducción de la atenuación del mismo es significativa, como se observa en la Figura 2 izquierda.

Los motivos que hacen que un trabajador no use su protector auditivo durante todo el periodo de exposición son los siguientes:

- Incomodidad del usuario al llevar el protector auditivo. Sensación desagradable o molestia percibida por el usuario que le impide concentrarse en sus tareas, no sintiendo sensación de bienestar. Hecho que, según los autores, influye sobre el confort del usuario (Arezes & Miguel, 2002), (Berger, 2000), (Neitzel, Somers & Seixas, 2006).

Las causas que generan sensación de incomodidad en los protectores auditivos tipo orejera son: la presión que los cascos ejercen sobre la cabeza del usuario, agravar el efecto negativo de las condiciones ambientales, la acumulación de polvo y suciedad, la interferencia en la percepción de conversaciones o señales, su uso simultáneo con otros EPI (Equipos de Protección Individual) y ropa de trabajo (Brueck, 2009).

Mientras que para los protectores auditivos tipo tapón, se encuentran: la dificultad para mantener conversaciones con otros trabajadores, la sensación de opresión en el canal auditivo e irritación del mismo, así como la sensación de suciedad y de taponamiento (Hsu, et al., 2004). Pese a existir diferencias entre las causas que generan incomodidad entre ambos protectores auditivos, no se encuentran diferencias significativas entre ambos en términos de sensación de confort (Arezes & Miguel, 2002).

- Falta de percepción del riesgo. La forma individual en que un trabajador percibe un riesgo influirá sobre su comportamiento (Glendon & McKenna, 1995), lo que supone un buen indicador de su comportamiento frente al uso de protección auditiva (Arezes & Miguel, 2008).

La percepción del riesgo por exposición a ruido es menor que en otros riesgos del ambiente de trabajo (Benavides, et al., 2013), Figura 2 derecha.

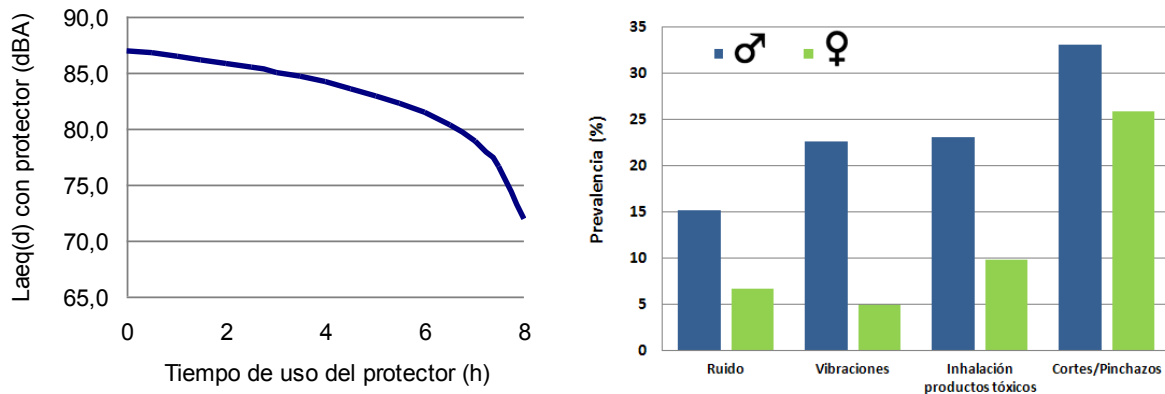
Los colectivos identificados como más susceptibles a no percibir el riesgo de forma individual son: los trabajadores con mayor edad, o con bajo nivel educativo, o aquellos con excesiva experiencia (Arezes & Miguel, 2005).

- Política de seguridad en la empresa. La política de seguridad que se desarrolla en una empresa influye sobre la percepción colectiva que se tiene del riesgo en los lugares de trabajo, a su vez esta percepción colectiva influye sobre el comportamiento individual de los trabajadores (Stewart-Taylor & Cherrie, 1998).

El objetivo principal que se debe conseguir es la motivación y la concienciación de los trabajadores en el uso de sus protectores auditivos (Berger, 2000), (Arezes & Miguel, 2002), por tanto, entender los aspectos de percepción individual y colectiva

resulta fundamental para realizar una adecuada gestión de los riesgos (Rundmo, 1996).

**Figura 2. Tiempo de uso y percepción del riesgo**



Nota. Izquierda: Variación de un nivel de exposición a ruido diario (87 dBA) en función del tiempo de uso de un protector auditivo, cuya reducción prevista del ruido (PNR) es de 15 dBA. (Adaptado de INSHT, 2009). Derecha: Porcentaje de exposición percibida a una serie de factores de seguridad para el año 2011. (Adaptado de Benavides, et al., 2013)

- **Disponibilidad de protectores auditivos.** Los empresarios deben poner a disposición de los trabajadores protectores auditivos, así como fomentar su uso y velar por el mismo, cuando éste sea obligatorio (INSHT, 2009). Sin embargo, una de las razones que afecta a que los trabajadores no usen protectores auditivos, es la propia actitud de los empresarios (Brueck, 2009), ya que la falta de percepción del riesgo por parte de éstos evita que se tomen las medidas adecuadas.

#### 4.1.2. Colocación inadecuada de los protectores auditivos

Ocurre cuando los usuarios de protectores auditivos no realizan un ajuste y colocación de los mismos de forma correcta. Debido a la falta de información en cómo realizar una adecuada colocación (Neitzel & Seixas, 2005), y a la falta de entrenamiento en el uso de los protectores auditivos (Brueck, 2009), (Toivonen, et al., 2002). La estrategia llevada a cabo para facilitar la información sobre la colocación, tiene una importante influencia sobre la atenuación, llegando incluso a triplicarla cuanto más completas sean las instrucciones presentadas a los usuarios (Casali & Epps, 1986), mientras que el entrenamiento en la colocación de los protectores auditivos tipo tapón puede mejorar su atenuación entorno a unos 10 dB (Toivonen, et al., 2002).

#### 4.1.3. Interferencia con otros Equipos de Protección Individual (EPI)

Hace referencia al uso simultáneo de protectores auditivos con otros EPI de protección de la cabeza y/o ropa de trabajo, o también al uso combinado de protectores auditivos tipo tapón y tipo orejera, hecho que aumenta la sensación de incomodidad (Behar, 1991).

Por otro lado, un uso combinado de protectores auditivos tipo orejeras con otros EPI (no compatibles) o ropa en la cabeza, generalmente induce en un decremento del valor de atenuación que proporciona la orejera, al verse comprometida su hermeticidad, perdiendo así, parte de su propiedad de atenuación (Brueck, 2009). No se han encontrado referencias a este respecto para protectores auditivos tipo tapón.

Finalmente, existen una serie de condicionantes individuales que interfieren con el uso de protectores auditivos, como son: que el usuario porte gafas de vista, tenga barba o incluso el

pelo largo (Kusy, 2008), y que pueden generar pérdidas de atenuación en protectores auditivos tipo orejeras.

#### 4.1.4. Mantenimiento inadecuado de los protectores auditivos

Entendido como la pérdida de cualidades en las prestaciones de los protectores auditivos debido a un mantenimiento inadecuado, ya sea por envejecimiento del protector o por no seguir las instrucciones de mantenimiento dictadas por el fabricante.

La pérdida de tensión de la banda de sujeción de una orejera disminuye su capacidad de atenuación entre 1.5 y 8.5 dB (para bandas de plástico) y de 3 a 5.5 dB (para bandas de metal). El deterioro de la almohadilla del casco de la orejera puede suponer una pérdida de 2 dB en la atenuación (Brueck, 2009).

Desde un punto de vista técnico, se puede afirmar que el mantenimiento inadecuado de un protector auditivo tipo tapón puede influir sobre su propiedad de compresibilidad, lo que afectaría a la propiedad de sellar el canal auditivo, aunque no hay estudios que lo confirmen.

#### 4.1.5. Determinación de los valores de atenuación en condiciones de laboratorio

Los valores de atenuación que proporciona un protector auditivo y que son facilitados por el fabricante del mismo, son obtenidos mediante ensayos normalizados de laboratorio. Sin embargo, estos valores obtenidos en laboratorio no suelen coincidir con los valores de atenuación que realmente son conseguidos *"in situ"* (Neitzel, Somers & Seixas, 2006), (Kusy, 2008), (Brueck, 2009), (Kusy & Châtillon, 2012). Principalmente, debido a que los ensayos de laboratorio no siempre tienen en cuenta variables que pueden encontrarse en los lugares de trabajo, tales como: la frecuencia y naturaleza variable del ruido, el usuario puede estar en movimiento, el usuario no siempre recibe instrucciones de colocación del protector, los protectores auditivos no siempre están en buen estado, entre otras (Kusy, 2008). De forma cuantitativa, las diferencias en los valores de atenuación observados entre unas condiciones y otras se pueden consultar en la Tabla 1.

**Tabla 1. Diferencia entre valores de atenuación dados por los fabricantes y medidos *"in situ"***

Tipo de Protector Auditivo	Diferencias de atenuación		
	Mínima	Media	Máxima
Orejera montada en casco	2.3	5.0	7.6
Orejera	2.0	11.5	19.6
Tapón hecho a medida	6.6	10.0	13.5
Tapón moldeable de fibra	6.8	14.9	21.0
Tapón premoldeado	3.9	19.2	26.2
Tapón moldeable espuma	16.6	21.8	26.1

Nota. Valores (mínimo, medio y máximo) de las diferencias entre los valores de atenuación facilitados por los fabricantes (medidos en laboratorio) y los valores de atenuación medidos en condiciones reales (*"in situ"*), para diferentes grupos de protectores auditivos. (Kusy, 2008).

De igual manera, se pueden observar diferencias en los valores obtenidos en función de la técnica empleada en los ensayos de laboratorio. Los principales métodos son REAT y MIRE. (Toivonen, et al., 2002), (Neitzel, Somers & Seixas, 2006).

Sin embargo, el futuro de la medida de atenuación de un protector auditivo, pasa por estimar ésta en las condiciones más reales posibles, es decir *"in situ"* y mientras el trabajador realiza sus tareas habituales. Para ello, (Kusy & Châtillon, 2012), proponen la técnica F-MIRE.

#### 4.1.6. Precisión en los cálculos y evaluación de la exposición a ruido

Hace referencia a aquellos aspectos que pueden inducir en valores de atenuación diferentes de los reales durante las etapas del proceso de determinación de los niveles de exposición a ruido y del proceso de selección de los protectores auditivos.

Por tanto, si se supone que el técnico de prevención en riesgos laborales realiza una precisa toma de datos, junto con unos cálculos adecuados y exactos, ¿qué otros factores o aspectos pueden influir?, se destacan los siguientes:

- Inadecuada selección de la estrategia de medida. En la selección de la estrategia de medida de entre las propuestas por ISO 9612:2009 (AENOR, 2009), se debe atender al criterio de estrategia “recomendada”, usar cualquier otra supone diferentes valores de incertidumbre estadísticamente significativos (Arezes, Bernardo & Mateus, 2012).

Realizar evaluaciones individualizadas junto con el conocimiento del nivel de ruido mediante toma de datos por bandas de frecuencia, es la mejor forma de obtener la exposición real (Nélisse, et al., 2012), completar ésta con datos de valoraciones subjetivas realizadas por los trabajadores, suponen herramientas de detección sensibles y específicas para identificar trabajadores sobreexpuestos (Neitzel, et al., 2009).

- Elección del método de cálculo de la atenuación. Principalmente existen tres métodos de cálculo de la atenuación como son: Método de las Bandas de Octava, Método HML y Método SNR. Especificados por la Norma UNE-EN 458:2005 (AENOR, 2005).

La selección del método más efectivo, es una tarea compleja, si queremos tener en cuenta factores como simplicidad metodológica, consistencia del resultado, y precisión en la valoración (Gauger & Berger, 2004). El método de bandas de octava, es el más adecuado para garantizar la protección de los trabajadores (AENOR, 2005). Sin embargo, por simplicidad en aplicación se suelen usar los métodos SNR y HML, lo que puede suponer diferencias considerables en los valores de atenuación resultantes.

- Inadecuada selección del protector auditivo. Aunque la atenuación que proporcione un protector auditivo seleccionado sea la adecuada para el nivel de exposición determinado en un puesto de trabajo, de nada servirá (como ya se ha visto), si dicha selección no tiene en cuenta aspectos tales como el confort del usuario, la compatibilidad con el uso simultáneo de otros EPI, o situaciones personales de los usuarios, entre otras.

#### 4.2. Soluciones de Actuación

En primer lugar, se plantea actuar sobre los cálculos de la atenuación efectiva propuestos por la Norma UNE-EN 458:2005 (AENOR, 2005), y en segundo lugar, se sugieren una serie de medidas preventivas.

##### 4.2.1. Corrección de los cálculos de la atenuación efectiva

Diversos son los organismos internacionales que, pese a la falta de normalización, proponen recomendaciones de cómo realizar correcciones sobre el cálculo de la atenuación para que ésta se ajuste más a la realidad. En la Tabla 2 se muestran los más relevantes.

En base a estos criterios, se ha propuesto la siguiente metodología de cálculo:

1. Seleccionar el protector auditivo de forma habitual, empleando para ello cualquiera de los métodos de cálculo de la atenuación. La finalidad que se persigue es evitar un protector auditivo que pueda sobreproteger al usuario.
2. En el siguiente paso, se aplicarán criterios de corrección. Si los trabajadores están entrenados en el uso de protectores auditivos se emplearán las recomendaciones que plantean el HSE, el INRS para trabajadores entrenados, así como una combinación de ambas. Si los trabajadores no están entrenados, se aplicarán las correcciones que plantea el INRS para estos trabajadores, teniendo en cuenta, además, el tipo de protector auditivo que se esté evaluando. La finalidad de este segundo paso será evitar que el protector auditivo seleccionado cause protección insuficiente.

**Tabla 2. Criterios de corrección de los cálculos de atenuación efectiva, en base a propuestas de diferentes organismos internacionales**

		Tipo de Protector Auditivo					Indicador de Atenuación
		O.	O.C.	T.M.	T.Mo.	T.R.	
ORGANISMO INTERNACIONAL / PROPUESTA DE CORRECCIÓN.	OSHA	Reducir el coeficiente de atenuación un 50%					
	NIOSH	Reducir el coeficiente de atenuación un					NRR
		25%		50%		70%	
	HSE	Sumar al nivel de exposición atenuado un factor de corrección de 4 dB					
	INRS	Aumentar la eficacia de protección del 84% al 98%, en el cálculo de la protección asumida ( $APV_t$ ). $APV_{84\%} \rightarrow APV_{98\%}$					SNR
Cuando, además, los trabajadores no estén entrenados en el uso de sus protectores auditivos, se empleará: $APV_{98\%} - 5 \text{ dB}$ $APV_{98\%} - 7 \text{ dB}$ $APV_{98\%} - 5 \text{ dB}$ $APV_{98\%} - 10 \text{ dB}$							

Nota. Organismos Internacionales: OSHA, *Occupational Safety and Health Administration*. NIOSH, *National Institute for Occupational Safety and Health*. HSE, *Health and Safety Executive*. INRS, *Institut National de Recherche et Sécurité*. Tipos de Protectores Auditivos: O, Orejeras. O.C., Orejeras acopladas en casco. T.M., Tapones hechos a medida. T.Mo., Tapones Moldeables. T.R., Resto de Tapones. NRR y SNR: estándares de obtención de valores de atenuación, las recomendaciones realizadas para uno y otro no son comparables puesto que se calculan de forma diferente.

#### 4.2.2. Propuesta de medidas preventivas.

Empleando como base la Norma de referencia UNE-EN 458:2005 (AENOR, 2005), se han establecido una serie de medidas técnicas. Éstas se han diferenciado en función de si se aplican a la etapa de selección del protector auditivo, de su uso o su mantenimiento. Todas ellas formarán parte de un "Programa de Conservación de la Audición" en la empresa, debiendo estar procedimentado y revisado, tal y como indica el art. 6.4 del RD. 286/2006.

Durante la **selección del protector auditivo** se aconseja aplicar las siguientes medidas:

1. Adecuada selección del protector auditivo. Se atenderán a los siguientes criterios:
  - a) Protector auditivo con marcado CE y acompañado de la información necesaria (detallada en INSHT, 2011).
  - b) Garantizar una atenuación acústica necesaria.



- b.1) Determinar el nivel de ruido en la zona de trabajo. Midiendo el nivel de ruido en Bandas de Octava (preferiblemente); Aplicando las incertidumbres asociadas a los cálculos; Finalmente, valorando el resultado según criterios del RD. 286/2006.
  - b.2) Estimar el valor PNR necesario. Estimar qué valor PNR (reducción prevista del nivel de ruido) es necesaria para realizar una preselección de los protectores auditivos que cumplan este requisito, sin que sobreprotejan al trabajador.
  - b.3) Cálculo de los valores de atenuación. Mediante Método de Bandas de Octava (recomendado), tras valorar el Índice de protección que proporcionan, se descartarán los protectores auditivos menos adecuados.
  - b.4) Aplicación de correcciones al cálculo de atenuación. Sobre los resultados obtenidos de atenuación, se aplicarán correcciones (criterios aptdo.4.2.1). Se comprobará qué protector/es auditivo/s siguen manteniendo unos márgenes de seguridad aceptables.
  - c) Analizar el uso simultáneo con otros EPI. Se listarán los diferentes EPI y/o ropa de trabajo asociados al usuario y se analizarán posibles incompatibilidades de los mismos.
  - d) Analizar las condiciones del entorno laboral.
    - d.1) Ambientes con elevada temperatura y/o humedad. En éstos se recomienda el uso de tapones. Cuando se usen orejeras se emplearán cubre-almohadillas absorbentes del sudor (éstas pueden reducir la atenuación efectiva de estos protectores auditivos).
    - d.2) Ambientes con bajas temperaturas. El principal problema es que se usa ropa de trabajo para cubrir la cabeza del frío, por tanto se tendrá en cuenta la consideración c).
    - d.3) Ambientes con elevados niveles de polvo y/o suciedad. Se tendrán especialmente en cuenta las condiciones de higiene, relativas al mantenimiento del protector auditivo.
    - d.4) Espacios reducidos. Se recomienda el uso de tapones frente al de orejeras, ya que se puede comprometer el ajuste de éstas al interferir con el entorno.
  - e) Participación de los usuarios. Se les consultará, principalmente, sobre criterios de confort y percepción de la exposición a ruido.
  - f) Analizar las condiciones individuales de los usuarios. Situaciones especiales de los usuarios (enfermedades de los oídos, infecciones, alergias a materiales, etc.). Resulta importante una adecuada coordinación con el Departamento de Vigilancia de la Salud.
2. Realizar programas de prueba y adecuación de los protectores auditivos seleccionados. Pruebas en los lugares de trabajo de los protectores auditivos preseleccionados con la finalidad de garantizar la adecuación de los mismos y evaluar la aceptación de los usuarios. Los protectores auditivos se presentarán en diferentes gamas y tallas, para garantizar un ajuste y uso adecuados.

En la **etapa de uso del protector auditivo**, una vez seleccionado, el principal objetivo es concienciar a los trabajadores sobre el riesgo que supone estar expuesto a ruido, ayudarlos a que sean capaces de reconocer y percibir el mismo, y conseguir que realicen un uso adecuado de los protectores auditivos. Para ello, se proponen actuaciones tales como:

1. Formación e información de los usuarios de protectores auditivos.
  - a) Informar sobre el riesgo de estar expuesto a ruido. Contenidos: niveles de ruido en su lugar de trabajo, niveles de ruido perjudiciales para la salud, daños que provocan, beneficios de la vigilancia de la salud periódica y específica, medidas técnicas empleadas en el lugar de trabajo contra el ruido, etc.
  - b) Informar y formar sobre el correcto uso de protectores auditivos.
    - b.1) Información del protector auditivo seleccionado. Aportada por el fabricante, debe incluir aquellos aspectos determinados en INSHT (2011), y ser facilitada al usuario.
    - b.2) Instruir al trabajador en la adecuada colocación del protector auditivo. Tareas de entrenamiento en la colocación y uso de los protectores auditivos. E informar sobre la importancia de llevar el protector auditivo durante todo el tiempo de exposición.
  - c) Informar al trabajador sobre las zonas de uso obligado de protección auditiva (que estarán señalizadas), así como de las zonas de almacenaje, disponibilidad y eliminación de protectores auditivos.
  - d) Aportar la información necesaria sobre las condiciones de higiene, limpieza y mantenimiento de los protectores auditivos.
2. Establecimiento de canales de comunicación.
  - a) Canales para informar a los trabajadores. Se combinarán sesiones formativas e informativas directas con otra serie de herramientas de motivación (folletos, videos, posters, etc). Con especial atención a los colectivos definidos como más propensos a no percibir el riesgo de exposición a ruido.
  - b) Canales de participación de los trabajadores. Para que aporten información sobre la realidad percibida sobre la exposición a ruido, para transmitir preferencias en la selección de protectores auditivos, pero principalmente para que puedan comentar deficiencias o incidencias en el uso de los mismos. Canales como: comunicación directa, empleo de encuestas y/o cuestionarios, o buzones de sugerencias, entre otros.
3. Realización de programas de control de uso. Para velar por el uso de los protectores auditivos, se establecerán unos procedimientos que permitan estimar si el tiempo de uso y la colocación de los protectores auditivos son adecuados. Como: entrevistas y/o cuestionarios (Yeung, et al., 2002), (Bryce, et al., 2008), teniendo en cuenta que los trabajadores tienden a sobreestimar estos aspectos (Neitzel & Seixas, 2005), (Griffin, et al., 2009); mediante observación directa; usando otras opciones más "futuristas", como el empleo de radiofrecuencias en los protectores auditivos (Arezes & Miguel, 2012).
4. Disponibilidad de protectores auditivos. En el uso de protectores auditivos desechables siempre debe existir provisión de los mismos, las zonas de provisión deben ser conocidas por los trabajadores, siendo recomendable que éstas se sitúen en la entrada de las zonas de uso obligatorio de protección auditiva.
5. Comprobación "in situ" de la atenuación proporcionada por los protectores auditivos. Empleando técnicas que permitan determinar en condiciones reales el grado de atenuación que proporcionan los protectores auditivos. Opciones: adaptar la técnica F-MIRE a las condiciones de cada empresa (Kusy & Châtillon, 2012); emplear sistemas o softwares de validación tales como: "VeriPro Earplug Fit Testing" (marca reg. Howard Leight) o "Sistema de Validación E-A-Rfit" (marca reg. 3M), entre otros.

Un adecuado **mantenimiento del protector auditivo** resulta fundamental para evitar pérdidas en la atenuación que proporcionan los protectores auditivos. Siempre habrá que ceñirse a las recomendaciones que el fabricante haga en referencia a estos aspectos, se garantizará que el fabricante las facilita y al mismo tiempo se trasladará toda esta información al usuario, asegurando su cumplimiento. Las medidas que se plantean son:

1. Realización de tareas de higiene, limpieza y conservación de los protectores auditivos.
  - a) Garantizar el uso individual de los protectores auditivos tipo tapón. Este aspecto debe ser conocido por los trabajadores, especialmente cuando se trabaje con tapones reutilizables. Es recomendable que los de tipo orejera también sean de uso personal, cuando esto no sea así se prestará especial atención a la siguiente recomendación b).
  - b) Limpieza y desinfección de protectores auditivos. Se elaborarán procedimientos de higiene y limpieza de los mismos, que en primer lugar atenderán a las recomendaciones que los fabricantes realicen a este respecto.
  - c) Dotar de puntos de higiene y limpieza para el uso de protectores auditivos. Serán conocidos por los trabajadores, siendo recomendable situarlos en zonas cercanas a los puntos de higiene habituales o zonas de almacenamiento de los protectores auditivos.
  - d) Disponer de puntos específicos de almacenaje y conservación de protectores auditivos.
2. Inspección regular de protectores auditivos y sustitución.
  - a) Procedimiento de inspección. Detectar daños como: deformaciones, endurecimiento o rotura en las almohadillas de las orejeras; endurecimiento o acumulación de suciedad en los tapones, etc. Tarea llevada a cabo por el técnico de prevención o por la persona designada al efecto. Asimismo, de forma individual, cada trabajador inspeccionará su protector previo a cada uso.
  - b) Procedimiento de sustitución y eliminación. Detectados daños o anomalías sobre un protector auditivo se remplazará la parte defectuosa (caso de ser posible) o se desechará el protector en su totalidad. Las piezas de recambio o los protectores auditivos de repuesto deben estar fácilmente disponibles. Se respetará el máximo de vida útil de un protector auditivo. Finalmente, se debe garantizar que un protector auditivo desechado no pueda ser empleado por error por un trabajador.

## 5. Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas son:

1. Con este estudio se consigue dar una visión de conjunto de toda la información que de manera dispersa encontramos en relación al hecho de que la atenuación teórica difiere de la atenuación observada en “condiciones reales”.
2. Se logran identificar los posibles factores que influyen en la reducción de la atenuación teórica y las causas que los generan. Además, para corregir su influencia, se proponen una serie de soluciones de actuación, en forma de correcciones de los cálculos de atenuación y en forma de medidas preventivas, con la finalidad de evitar las situaciones de sobreprotección (aislamiento auditivo) y protección auditiva insuficiente de los trabajadores expuestos a ruido.

3. Se ha comprobado que todos los factores identificados inducen a una disminución de la atenuación y pueden verse influenciados unos por otros.
4. No se puede concluir de forma uniforme sobre cómo la reducción de la atenuación influye sobre el conjunto de los protectores auditivos.
5. Se recomienda reducir con un determinado factor la atenuación obtenida a través de los datos de laboratorio.
6. Para paliar los problemas asociados a la reducción de la atenuación en condiciones reales resulta necesario aplicar una serie de medidas técnicas.
7. Resulta interesante adaptar al contexto real de empresa, técnicas de comprobación "in situ" de atenuación real que pueden proporcionar los protectores auditivos.
8. Cierta cantidad de error en la atenuación de los protectores auditivos es asumible.
9. Existen ciertas limitaciones en el estudio, tales como: que no se ha considerado el ruido de impacto, ni los valores límite para los daños extra-auditivos, ni medidas técnicas diferentes del uso de protectores auditivos.

## 8. Bibliografía

- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2005). *Protectores auditivos, recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento, UNE-EN 458:2005*. Madrid: AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2009). *Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería, UNE-EN ISO 9612:2009*. Madrid: AENOR.
- Arezes, P., & Miguel, A.S. (2002). Hearing protectors acceptability in noisy environments. *Annals of Occupational Hygiene*, 46 (6), 531-536.
- Arezes, P.M., & Miguel, A.S. (2005). Hearing protection use in industry: the role of risk perception. *Safety Science*, 43, 253-267.
- Arezes, P.M., & Miguel, A.S. (2008). Risk perception and safety behaviour: A study in an occupational environment. *Safety Science*, 46 (6), 900-907.
- Arezes, P.M., Bernardo, C.A., & Mateus, O.A. (2012). Measurement strategies for occupational noise exposure assessment: a comparison study in different industrial environments. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42, 172-177.
- Arezes, P.M., & Miguel, A.S. (2012). Assessing the use of hearing protection in industrial settings: A comparison between methods. *International Journal of Industrial Ergonomics*, In press, 1-8.
- Behar, A. (1991). Sound attenuation from combinations of earplugs and earmuffs. *Applied Acoustics*, 32, 148-158.
- Benavides, P.G., Boix, P., Rodrigo, F., & Gil, J.M. (2013). *Informe de salud laboral, España 2001-2010*. Barcelona: CISAL-UPF.
- Berger, E.H. (2000). Hearing protection device utilization around around the world. *Spectrum Supplements*, 1, 17-18.
- Brueck, L. (2009). Real world use and performance of hearing protection. Research Report 720. *Health and Safety Laboratory*.
- Bryce, E., Forrester, L., Scharf, S., & Eshghpour, M. (2008). What do healthcare workers think? A survey of facial protection equipment user preferences. *Journal of Hospital Infection*, 68, 241-247.
- Casali, J.G., & Epps, B.W. (1986). Effects of User Insertion/Donning Instructions on Noise Attenuation of Aural Insert Hearing Protectors. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 28, 195-210.

- España. Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. Boletín Oficial del Estado núm. 269, de 10/11/1995, pp. 32590 a 32611.
- España. Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro. Boletín Oficial del Estado núm. 302, de 19/12/2006, pp. 44487 a 44546.
- España. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Boletín Oficial del Estado núm. 60, de 11/03/2006, pp. 9842 a 9848.
- Gauger, D., & Berger, E.H. (2004). A new hearing protector rating: the noise reduction statistic for use with A weighting. *E-A-R report n° 04-01/HP*.
- Glendon, I., & McKenna, E. (1995). *Human Safety and Risk Management*. Ed. Chapman & Hall, London.
- Griffin, S.C., Neitzel, R., Daniell, E.E., & Seixas, N.S. (2009). Indicators of hearing protection use: self-report and researcher observation. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 6 (10), 639-647.
- Hsu, Y-L., Huang, C-C., Yo, C-Y., Chen, C-J., & Lien, C-M. (2004). Comfort evaluation of hearing protection. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33, 543-551.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2009). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido (R.D. 286/06)* (1ª ed.)
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2011). *EPI. Equipos de Protección Individual. Protectores Auditivos*. (1ª revisión).
- Kusy, A. (2008). *Affaiblissement acoustique in situ des protecteurs individuels contre le bruit - etude bibliographique*. Institut National de Recherche et de Securite (INRS), ND 2295 - 212 - 08.
- Kusy, A., & Châtillon, J. (2012). Real-world attenuation of custom-moulded earplugs: Results from industrial in situ F-MIRE measurements. *Applied Acoustics*, 73, 639-647.
- Lhuede, E.P. (1980). Earmuff acceptance among sawmill workers. *Ergonomics*, 23 (12), 1161-1172.
- Neitzel, R., Daniell, W., Sheppard, L., Davies, H., & Seixas, N. (2009). Comparison of perceived and quantitative measures of occupational noise exposure. *Annals of Occupational Hygiene*, 53 (1), 41-54.
- Neitzel, R., & Seixas, N. (2005). The effectiveness of hearing protection among construction workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2, 227-238.
- Neitzel, R., Somers, S., & Seixas, N. (2006). Variability of real-world hearing protector attenuation measurements. *The Annals of Occupational Hygiene*, 50(7), 679 - 691.
- Nélisse, H., Gaudreau, M.A., Boutin, J., Voix, J., & Laville, F. (2012). Measurement of hearing protection devices performance in the workplace during full-shift working operations. *The Annals of Occupational Hygiene*, 56 (2), 221 - 232.
- Rundmo, T. (1996). Associations between risk perception and safety. *Safety Science*, 24 (3), 197-209.
- Stewart-Taylor, A., & Cherrie, J.W. (1998). Does risk perception affect behavior and exposure? A pilot study amongst asbestos workers. *Annals of Occupational Hygiene*, 42 (8), 565-569.
- Toivonen, M., Pääkkönen, R., Savolainen, S., & Lehtomäki, K. (2002). Noise attenuation and proper insertion of earplugs into ear canals. *Annals of Occupational Hygiene*, 46 (6), 527-530.
- Unión Europea. Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, 06 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 15 de febrero de 2003, núm. 42, pp. 38-50.

Yeung, S.S., Genaidy, A.S., Karwowski, W., & Leung, P.C. (2002). Reliability and validity of self-reported assessment of exposure and outcome variables for manual lifting tasks: a preliminary investigation. *Applied Ergonomics*, 33(5), 463-469.