

Unión Internacional de Telecomunicaciones

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

H.870

(03/2022)

SERIE H: SISTEMAS AUDIOVISUALES Y MULTIMEDIA

Servicios y aplicaciones multimedios de ciber salud –
Escucha segura

**Directrices para dispositivos/sistemas de
escucha segura**

Recomendación UIT-T H.870

UIT-T



RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE H
SISTEMAS AUDIOVISUALES Y MULTIMEDIA

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS VIDEOTELEFÓNICOS	H.100–H.199
INFRAESTRUCTURA DE LOS SERVICIOS AUDIOVISUALES	
Generalidades	H.200–H.219
Multiplexación y sincronización en transmisión	H.220–H.229
Aspectos de los sistemas	H.230–H.239
Procedimientos de comunicación	H.240–H.259
Codificación de imágenes vídeo en movimiento	H.260–H.279
Aspectos relacionados con los sistemas	H.280–H.299
Sistemas y equipos terminales para los servicios audiovisuales	H.300–H.349
Arquitectura de servicios de directorio para servicios audiovisuales y multimedia	H.350–H.359
Arquitectura de la calidad de servicio para servicios audiovisuales y multimedia	H.360–H.369
Telepresencia	H.420–H.439
Servicios suplementarios para multimedia	H.450–H.499
PROCEDIMIENTOS DE MOVILIDAD Y DE COLABORACIÓN	
Visión de conjunto de la movilidad y de la colaboración, definiciones, protocolos y procedimientos	H.500–H.509
Movilidad para los sistemas y servicios multimedia de la serie H	H.510–H.519
Aplicaciones y servicios de colaboración en móviles multimedia	H.520–H.529
Seguridad para los sistemas y servicios móviles multimedia	H.530–H.539
Seguridad para las aplicaciones y los servicios de colaboración en móviles multimedia	H.540–H.549
PASARELAS VEHICULARES Y SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTES (STI)	
Arquitectura de las pasarelas vehiculares	H.550–H.559
Interfaces de pasarelas vehiculares	H.560–H.569
SERVICIOS MULTIMEDIOS DE BANDA ANCHA, DE TRÍADA Y AVANZADOS	
Servicios multimedia de banda ancha sobre VDSL	H.610–H.619
Servicios y aplicaciones multimedios avanzados	H.620–H.629
Entrega de contenidos y aplicaciones de redes de sensores ubicuas	H.640–H.649
SERVICIOS MULTIMEDIOS Y APLICACIONES PARA LA TELEVISIÓN POR REDES IP	
Aspectos generales	H.700–H.719
Dispositivos terminales para la televisión por redes IP	H.720–H.729
Soportes intermedios para la televisión por redes IP	H.730–H.739
Tratamiento de eventos en las aplicaciones de televisión por redes IP	H.740–H.749
Metadatos para la televisión por redes IP	H.750–H.759
Marcos de las aplicaciones multimedios para la televisión por redes IP	H.760–H.769
Exploración de los servicios hasta el punto del consumo en la televisión por redes IP	H.770–H.779
Señalización digital	H.780–H.789
SISTEMAS, SERVICIOS Y APLICACIONES MULTIMEDIOS DE CIBERSALUD	
Sistemas de salud personal	H.810–H.819
Realización de pruebas de conformidad para el interfuncionamiento de los sistemas de salud personales (HRN, PAN, LAN, TAN y WAN)	H.820–H.859
Servicios multimedios de intercambios de datos de cibernsalud	H.860–H.869
Escucha segura	H.870–H.879

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T H.870

Directrices para dispositivos/sistemas de escucha segura

Resumen

En la Recomendación UIT-T H.870 se describen los requisitos para los sistemas y dispositivos de escucha segura, denominados sistemas de audio personales/portátiles, en particular los reproductores de música, a fin de proteger a las personas contra las pérdidas auditivas. Se incluye también un glosario para facilitar la comprensión común, además de información básica sobre el sonido, la audición y la pérdida de audición.

Se recomiendan criterios para evitar la escucha insegura: uno para los adultos y otro para niños, ambos basados en el principio de igual energía, que supone que cantidades iguales de energía sonora causarán un idéntico desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido, independientemente de la distribución de la energía en el tiempo.

Es importante señalar que en esta Recomendación pueden encontrarse directrices de comunicación sanitaria sobre la escucha segura, de manera que se puedan transmitir oportunamente los mensajes de alerta convenientes de manera eficaz. Pueden encontrarse ejemplos de tales mensajes en el Apéndice VII.

Por último, en esta Recomendación se da también información sobre la dosimetría y otros temas conexos.

Quedan fuera del alcance de esta Recomendación los dispositivos de comunicación y los dispositivos de asistencia. Quedan también en estudio los dispositivos de juego.

Esta norma es fruto de la colaboración entre la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la UIT en el marco de la iniciativa "Escuchar sin riesgos" y ambas organizaciones la han adoptado.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Grupo de estudio	ID único*
1.0	UIT-T H.870	2018-08-29	16	11.1002/1000/13686
2.0	UIT-T H.870 (V2)	2022-03-16	16	11.1002/1000/14953

Palabras clave

Dosis, escucha segura, nivel de presión acústica, pérdida auditiva inducida por el sonido, sistema de audio personal.

* Para acceder a la Recomendación, escriba la URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente/derechos de autor de *software*, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar las bases de datos apropiadas del UIT-T disponibles a través en el sitio web del UIT-T en la dirección <http://www.itu.int/UIT-T/ipr/>.

© UIT 2023

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

	Página
1 Alcance	1
2 Referencias	1
3 Definiciones	2
3.1 Términos definidos en otros documentos	2
3.2 Términos definidos en la presente Recomendación	4
4 Abreviaturas y acrónimos	6
5 Convenios	7
6 Escucha segura Introducción	7
6.1 Antecedentes.....	8
6.2 Sistema de audio personal	8
7 Criterios de riesgo de daños.....	11
7.1 Modos operativos	11
7.2 Incertidumbre en la estimación de la dosis.....	12
8 Métodos de medición.....	13
8.1 Dosimetría	13
9 Gama de sensibilidad y respuesta en frecuencia de los auriculares.....	13
10 Perfiles	14
11 Comunicación sanitaria	14
11.1 Objetivo de incluir la comunicación sanitaria en las normas sobre sistemas de audio personales de escucha segura.....	15
11.2 Principales recomendaciones para la comunicación integrada en las normas sobre dispositivos de escucha segura	15
12 Control del ruido ambiente	19
12.1 Atenuación pasiva del ruido de fondo	19
12.2 Reducción activa del ruido de fondo	20
12.3 Beneficios de los auriculares supresores de ruido	20
12.4 Problemas de seguridad de los auriculares supresores de ruido.....	20
13 Control del volumen	20
13.1 Limitación del volumen.....	20
13.2 Control de volumen protegido por contraseña	21
14 Orientaciones auxiliares.....	21
Apéndice I – Documentación actual	22
Apéndice II – Funcionalidad estimación de la dosis para su integración en un sistema de audio personal.....	23
II.1 Introducción.....	23
II.2 Principales normas conexas.....	23
II.3 Definición de dosis en el contexto de la dosimetría acústica	23

	Página
II.4 Ponderación de las distintas frecuencias	23
II.5 Punto de captura de la señal en un sistema de audio personal (PAS)	24
II.6 Tratamiento de los canales izquierdo y derecho.....	25
II.7 Ejemplo de implementación del dosímetro	25
II.8 Tratamiento de la complejidad de cálculo.....	26
II.9 Tratamiento de la dosis durante días y semanas.....	26
II.10 Desconocimiento de las características de los auriculares	26
II.11 Punto de captura de la señal de audio alternativo.....	28
II.13 Incertidumbres	29
Apéndice III – Norma Europea EN 71-1 para juguetes	30
Apéndice IV – "Música" frente a "ruido"	31
Apéndice V – Reflejo del músculo estapedio	32
Apéndice VI – Consideraciones sobre la fase de recuperación	33
Apéndice VII – Ejemplo de comunicación sanitaria	35
VII.1 Recomendaciones para la redacción de alertas y mensajes de orientación en las interfaces de los dispositivos.....	35
VII.2 Sugerencia (ejemplo de) flujo de información como parte de las normas para dispositivos de escucha segura	35
VII.3 Ejemplo de cómo se puede transmitir la información sobre los parámetros de escucha al usuario	36
VII.4 Alertas y orientaciones	37
Apéndice VIII – Mecanismo de la audición e impacto del sonido	40
VIII.1 Sonido y ondas	40
VIII.2 Mecanismo de la audición y la pérdida de audición.....	40
VIII.3 Medición de la energía sonora.....	43
VIII.4 Principio de igual energía.....	46
Bibliografía	47

Introducción

El riesgo de exposición a sonidos fuertes en entornos de ocio, como discotecas, clubs, pubs, bares, cines, conciertos, acontecimientos deportivos e, incluso, gimnasios es cada vez más preocupante. La popularización de la tecnología hace que dispositivos como los sistemas de audio personales se utilicen con frecuencia a volúmenes elevados y durante lapsos de tiempo prolongados. La participación regular en tales actividades supone una seria amenaza de pérdida auditiva irreversible.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que [b-WHO-2018]:

- Más de 1 500 millones de personas en todo el mundo sufren algún grado de pérdida de audición por diferentes causas. De ellos, 430 millones necesitan rehabilitación auditiva para garantizar un funcionamiento óptimo. Se prevé que este número aumente en las próximas décadas si no se toman medidas para reducir los factores de riesgo de la pérdida auditiva.
- En todo el mundo más de mil millones de jóvenes pueden correr el riesgo de perder audición debido a prácticas de escucha inseguras.
- Entre los adolescentes y adultos jóvenes de entre 12 y 35 años de los países con ingresos medios y altos:
 - Casi el 50 % utilizan los dispositivos de audio personales, como reproductores MP3 y teléfonos inteligentes, a volúmenes de sonido inseguros.
 - Cerca del 40 % se expone a niveles de sonido potencialmente perjudiciales en clubs, discotecas y bares.

Otro indicador de riesgo potencial es el incremento de las ventas de teléfonos inteligentes; sólo en 2019 se vendieron más de 1 500 millones de dispositivos en todo el mundo. Esta mayor accesibilidad y utilización de sistemas de audio personales para escuchar música se suma a su utilización a gran volumen durante largos periodos de tiempo. Tales comportamientos de riesgo pueden lesionar de manera permanente la capacidad auditiva.

Habida cuenta de lo anterior, la OMS lanzó la iniciativa "Escuchar sin riesgos" en 2015. El objetivo general de la iniciativa es garantizar que las personas de todas las edades puedan disfrutar de lo que oyen protegiendo totalmente su audición.

A fin de reducir el riesgo de pérdida auditiva que plantea la exposición insegura al sonido en entornos recreativos, la OMS ha identificado tres objetivos específicos:

- 1) Regular la exposición a sonidos fuertes de sistemas de audio personales.
- 2) Modificar los patrones de escucha de la población objetivo.
- 3) Limitar la exposición al sonido en entornos recreativos.

Esta Recomendación es fruto de la colaboración entre la OMS y la UIT en el marco de la iniciativa "Escuchar sin riesgos" y es una norma común reconocida por ambas organizaciones.

Recomendación UIT-T H.870

Directrices para dispositivos/sistemas de escucha segura

1 Alcance

En esta Recomendación se describen los requisitos que han de cumplir los dispositivos y sistemas de escucha segura, en particular los destinados a la reproducción y escucha de música, a fin de proteger a la población contra la pérdida auditiva.

Dado que las tendencias del mercado han difuminado la distinción entre algunos dispositivos de escucha y los dispositivos de audio personales, se incluyen casos prácticos para garantizar que esta Recomendación se aplique de la forma más amplia posible.

NOTA 1 – Algunos de estos casos prácticos siguen el principio de clasificar las fuentes de energía y prescribir salvaguardias contra dichas fuentes, tal como se recoge en [CEI 62368-1].

A los efectos de esta Recomendación se excluyen los siguientes tipos de dispositivos:

- dispositivos de comunicación bidireccional [como los radioteléfonos (*walkie-talkies*), etc.];
- los dispositivos médicos y de rehabilitación [por ejemplo, ayudas auditivas, sistemas FM y demás dispositivos de audición asistida (ALD) aprobados como parte de sistemas de ayuda auditiva e implantes cocleares, etc.];
- productos/dispositivos personales de amplificación del sonido;
- dispositivos y equipos de sonido profesionales.

NOTA 2 – Resulta preocupante la exposición al sonido de consolas de juegos, pero este tema se estudiará ulteriormente.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones, por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. La referencia a un documento en esta Recomendación no le confiere, como documento independiente, el estatus de Recomendación.

- [UIT-T G.100.1] Recomendación UIT-T G.100.1 (2015), *Uso del decibelio y de niveles relativos en las telecomunicaciones en la banda de frecuencias vocales*.
- [UIT-T P.57] Recomendación UIT-T P.57 (2021), *Oídos artificiales*.
- [UIT-T P.58] Recomendación UIT-T P.58 (2021), *Simulador de cabeza y torso para telefonometría*.
- [UIT-T P.380] Recomendación UIT-T P.380 (2003), *Medidas electroacústicas en auriculares*.
- [UIT-T P.381] Recomendación UIT-T P.381 (2020), *Requisitos técnicos y métodos de prueba aplicables a la interfaz universal de auriculares con cable de terminales digitales móviles*.
- [UIT-T P.382] Recomendación UIT-T P.382 (2020), *Requisitos técnicos y métodos de prueba para interfaces con varios micrófonos de auriculares o audífonos alámbricos de terminales digitales inalámbricos*.

- [EN 50332-1] CENELEC EN 50332-1:2013, *Sound system equipment: Headphones and earphones associated with personal music players. Maximum sound pressure level measurement methodology. General method for "one package equipment"*.
- [EN 50332-2] CENELEC EN 50332-2:2013, *Sound system equipment: Headphones and earphones associated with personal music players. Maximum sound pressure level measurement methodology. Matching of sets with headphones if either or both are offered separately, or are offered as one package equipment but with standardised connectors between the two allowing to combine components of different manufacturers or different design.*
- [EN 50332-3] CENELEC EN 50332-3:2017, *Sound system equipment: Headphones and earphones associated with personal music players – Maximum sound pressure level measurement methodology – Part 3: Measurement method for sound dose management.*
- [CEI 60268-1] CEI 60268-1:1985, *Sound system equipment – Part 1: General.*
- [CEI 61252] CEI 61252:1993, *Electroacoustics – Specifications for personal sound exposure meters*, including its AMD1:200 and AMD2:2017.
- [CEI 61672-1] CEI 61672-1:2013, *Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications.*
- [CEI 62368-1] CEI 62368-1:2018, *Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements.*
- [ISO 226] ISO 226:2003, *Acoustics – Normal equal-loudness-level contours.*
- [ISO 11904-1] ISO 11904-1:2002, *Acoustics – Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear – Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique).*

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otros documentos

En la presente Recomendación se utilizan los siguientes términos definidos en otros documentos:

3.1.1 dosis de sonido calculada [CEI 62368-1]: Estimación de la exposición al sonido durante una semana, en porcentaje del máximo que se considera seguro.

NOTA – Véase información adicional en B.4 de [EN 50332-3].

3.1.2 respuesta de frecuencias del simulador de cabeza y torso (HATS) en campo difuso (captación de sonido) [UIT-T P.58]: Diferencia, expresada en dB, entre el nivel espectral de un tercio de octava de la presión acústica en el punto de referencia tímpano (DRP) y el nivel espectral de un tercio de octava de la presión acústica en el punto de referencia HATS (HRP) en un campo de sonido difuso, en ausencia del HATS.

3.1.3 punto de referencia tímpano (DRP) [b-UIT-T P.10]: Punto situado al final del canal auditivo, correspondiente a la posición del tímpano.

3.1.4 campo de sonido libre [ISO 3745]: Campo en un medio homogéneo e isótropo sin límites.

3.1.5 respuesta de frecuencias del simulador de cabeza y torso (HATS) en campo libre (captación de sonido) [UIT-T P.58]: Diferencia, expresada en dB, entre el nivel espectral de un tercio de octava de la presión acústica en el punto de referencia tímpano (DRP) y el nivel espectral de un tercio de octava de la presión acústica en el punto de referencia HATS (HRP) en un campo de sonido libre, en ausencia del HATS (punto de prueba).

3.1.6 simulador de cabeza y torso (HATS) [b-UIT-T P.10]: Maniquí que abarca desde la cima de la cabeza hasta la cintura, diseñado para simular las características de captación de sonido y la difracción acústica producida por un adulto medio y para reproducir el campo acústico generado por la boca humana.

3.1.7 persona formada [CEI 62368-1]: Se denomina persona formada a la persona instruida y formada por una persona habilitada, o supervisada por ésta, para identificar fuentes de energía que pueden causar dolor (véase el Cuadro 1) y para tomar precauciones a fin de evitar toda exposición o contacto involuntarios con esas fuentes de energía. En condiciones de funcionamiento normal, condiciones de funcionamiento anormal o condiciones de primer defecto, las personas formadas no deben exponerse a partes con fuentes de energía capaces de causar daños.

3.1.8 deficiencia auditiva material [b-NIOSH]: Umbrales de audición medios para ambos oídos superiores a 25 dBHL a 1 000, 2 000, 3 000 y 4 000 Hz.

3.1.9 micrófono en oído real [ISO 11904-1]: Se refiere a las medidas realizadas con sondas microfónicas o micrófonos miniatura insertados en los oídos de los sujetos humanos.

3.1.10 nivel de exposición momentánea [CEI 62368-1]: Medición para estimar el nivel de exposición sonora durante 1 s a la señal de prueba HD 483-1 S2 aplicada a ambos canales, de conformidad con la cláusula 4.2 de [EN 50332-1].

NOTA 1 – El nivel de exposición momentánea (MEL) se mide en dB.

NOTA 2 – Puede encontrarse más información al respecto en B.3 de [EN 50332-3].

3.1.11 persona ordinaria [CEI 62368-1]: Se denomina persona ordinaria a todas las personas que no están formadas o habilitadas. Este término no sólo engloba a los usuarios de los equipos, sino también a todas las personas que pueden tener acceso a los equipos o que pueden situarse en sus alrededores. En condiciones de funcionamiento normal o condiciones de funcionamiento anormal, las personas ordinarias no deben exponerse a partes con fuentes de energía capaces de causar dolor o daños. En condiciones de primer defecto, las personas ordinarias no deben exponerse a partes con fuentes de energía capaces de causar daños.

3.1.12 reproductor de música/medios personal [CEI 62368-1]: Un reproductor de música personal es un equipo portátil destinado a ser utilizado por una persona ordinaria, que:

- está diseñado para que el usuario pueda escuchar contenido/material sonoro o audiovisual;
- utilice un dispositivo de escucha, como cascos o auriculares, que pueden situarse sobre o dentro de las orejas; y
- tiene un reproductor que se lleva puesto (tamaño adaptado a su transporte en un bolsillo) y está previsto para que el usuario pueda desplazarse mientras lo utiliza (por ejemplo, en la calle, en el metro, en el aeropuerto, etc.).

NOTA – Pueden citarse como ejemplo los reproductores CD portátiles, los reproductores de audio MP3, los teléfonos móviles con capacidad de reproducción tipo MP3, las agendas electrónicas y equipos similares.

3.1.13 persona habilitada [CEI 62368-1]: Se denomina persona habilitada a las personas que han recibido formación o tienen experiencia en la tecnología del equipo y conocen, en particular, las diversas energías utilizadas en el equipo y sus magnitudes. Se prevé que las personas habilitadas utilicen su formación y experiencia para reconocer fuentes de energía capaces de causar dolor o daños y tomar medidas de protección contra los daños causados por esas energías. Las personas habilitadas deben también protegerse contra la exposición o el contacto involuntario con fuentes de energía capaces de causar daños.

3.1.14 exposición sonora [EN 50332-3]: Nivel de presión acústica ponderado A, p_A , al cuadrado e integrado en un periodo de tiempo determinado entre t_2 y t_1 :

$$E = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

3.1.15 nivel de presión acústica (SPL) [b-UIT-R V.574]: Logaritmo, generalmente expresado en decibelios (dB SPL), de la relación entre la presión acústica y la presión de referencia p_0 , generalmente 20 μ Pa. Tenga en cuenta que se utiliza un factor de 20 cuando la relación es entre dos presiones sonoras, en lugar de entre dos intensidades sonoras.

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

3.2 Términos definidos en la presente Recomendación

En esta Recomendación se definen los siguientes términos:

3.2.1 umbral de reflejo acústico: Nivel de presión acústica (SPL) al que un estímulo sonoro desencadena un reflejo del músculo estapedio (SMR).

3.2.2 trauma acústico: Daño inmediato del sistema auditivo resultante de una única exposición a un sonido.

3.2.3 criterios de riesgo de daños: Término arcaico con el que se denomina al riesgo de pérdida auditiva inducida por el ruido (NIHL) que suponen distintos niveles de exposición al ruido. En esta Recomendación se sustituye este término por otros más modernos, cuya utilización se prefiere, a saber "relación dosis/respuesta", "riesgo" o "límite de exposición".

3.2.4 dBA: Decibelios de nivel de presión acústica medido utilizando el sistema de ponderación A [CEI 61672] y [CEI 60268-1], véase también la Figura II.2; una ponderación de frecuencia para medir el ruido de baja intensidad (nivel de sonoridad en torno a los 40 fonios), pero que también se utiliza habitualmente para medir la exposición al ruido ocupacional y ambiental.

NOTA – Este último uso se basa en estudios realizados en poblaciones expuestas al ruido en el lugar de trabajo en las décadas de los años 50 y 60. En ese trabajo se recomendaba el uso de la ponderación A, tanto por su disponibilidad en los sonómetros como por su capacidad para predecir la relación dosis-respuesta en los espectros de ruido estudiados [b-Burns-1973] y [b-Burns-Robinson]. Con posterioridad a ese trabajo, los análisis de las poblaciones expuestas al ruido en los que se basa la asignación sonora semanal de este documento utilizaron la ponderación A para medir la exposición al ruido [b-Neitzel] y [b-Fligor].

3.2.5 dBFS: Decibelios a escala completa es el nivel de señal de una señal digital con respecto a su nivel máximo o de sobrecarga. Existen distintos convenios. Se suele asignar a una representación digital de una sinusoidal a escala completa el valor de 0 dBFS RMS. El nivel de cresta puede, así, llegar a los +3,01 dBFS. En otros casos el valor cuadrático medio (RMS) de una onda cuadrada a escala completa recibe el valor de 0 dBFS RMS. El nivel de cresta máximo es entonces también de 0 dBFS. En estos últimos casos, dBFS es equivalente a dBov (dBov: dB con respecto a la sobrecarga digital es el nivel de señal de una señal digital con respecto a su nivel máximo o de sobrecarga. Véase [UIT-T G.100.1]).

3.2.6 dBHL: Decibelios de nivel audible a una cierta frecuencia; nivel utilizado para medir un umbral de audición audiométrico con respecto al nivel definido como normal.

NOTA – La referencia es la sensibilidad del oído de una persona con audición normal a distintas frecuencias. La Figura 1 de [ISO 226] muestra contornos de sonoridad normalizados a diferentes niveles sonoros y una correspondencia entre fonios (sonoridad) y dB SPL (nivel). Las dos escalas se encuentran a 1 kHz. Por definición, dB SPL está referenciado al umbral de audición a 1 kHz, es decir, 0 fonios (y 0 dB SPL).

3.2.7 campo de sonido difuso: Campo en que, sea cual sea la posición en el medio, el sonido incide desde todas las direcciones con igual intensidad y fase aleatoria. La reverberación no varía en función de la posición del receptor (adaptado de [b-Vér]).

3.2.8 dosis (sonora): Cantidad total de energía sonora recibida por el oído humano durante un periodo especificado. En el contexto de esta Recomendación, es igual a la exposición sonora (véase la cláusula 3.1.14). La dosis (sonora) se expresa en Pa²h.

3.2.9 dosimetría: Cálculo y evaluación de la dosis recibida por el oído humano.

3.2.10 principio de igual energía: La premisa de que el efecto total del sonido es proporcional a la cantidad total de energía acústica recibida por el oído, independientemente de su distribución a lo largo del tiempo. Según este principio, se supone que cantidades iguales de energía acústica causarán cantidades iguales de desplazamiento permanente del umbral inducido por el sonido, independientemente de la distribución de esa energía a lo largo del tiempo. Este principio permite relacionar la cuestión del riesgo de lesión auditiva que plantea una exposición sonora con una dosis sonora.

3.2.11 nivel de presión acústica ponderado A equivalente continuo: Un nivel de presión acústica (SPL) continuo, en dBA, que se considera presenta los mismos riesgos que un SPL variable en el tiempo, calculado utilizando un tipo de cambio de 3 dB entre el nivel y el tiempo. Su representación matemática es la siguiente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left\{ \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \right] / p_0^2 \right\} \text{ dBA}$$

donde:

$L_{Aeq,T}$ es el nivel de presión acústica ponderado A equivalente continuo a 20 μPa , determinado a lo largo de un intervalo de integración $T = t_2 - t_1$

$p_A(t)$ es la presión acústica ponderada A instantánea de la señal sonora

p_0 es la presión acústica de referencia de 20 μPa .

3.2.12 nivel acústico medio equivalente continuo normalizado: Un SPL continuo, en dBA, que se considera presenta los mismos riesgos que un determinado patrón SPL variable en el tiempo, medido con un tipo de cambio de 3 dB y normalizado en un periodo de exposición de n horas. Por ejemplo, el valor de n podría ser 8, en cuyo caso, también podría denominarse L_{A8h} o L_{EX8h} , o $n=40$, L_{EX40h} .

3.2.13 riesgo absoluto: Riesgo de pérdida auditiva inducida por el sonido (SIHL) asociado a una cantidad de exposición específica.

3.2.14 tipo de cambio: Cambio del nivel de ruido medio (en dB) que corresponde a la duplicación o división entre dos del tiempo de exposición permisible.

3.2.15 respuesta en frecuencia: En este contexto se utiliza respuesta en frecuencia como abreviatura de "respuesta en sensibilidad con respecto a la frecuencia", en ocasiones denominada "curva de tono" de un dispositivo de audio, como un casco, un altavoz, un micrófono, un amplificador, etc.

3.2.16 nivel del umbral auditivo: Nivel de presión acústica (SPL) a frecuencias de pruebas audiométricas específicas, medido en dBHL.

3.2.17 dispositivo de escucha: Dispositivo portátil que transmite sonido al oído.

Está formado por un transductor y un adaptador para acomodarse dentro de la oreja, sobre la oreja o pegado a la misma. Ejemplos de ello son los cascos y los auriculares.

Los auriculares y cascos pueden incluir amplificadores y otros componentes electrónicos, como conexión inalámbrica o digital, procesamiento de señales, cancelación de ruido o incluso almacenamiento de medios para su posterior reproducción. Por ello, los auriculares y cascos con esta funcionalidad podrían clasificarse como sistemas de audio personales.

NOTA – El principio de clasificar las fuentes de energía y proscribir las salvaguardias contra esas fuentes está consagrado en [CEI 62368-1], en el que se basa gran parte de esta Recomendación.

3.2.18 medios: Contenido sonoro o audiovisual destinado al entretenimiento cuya exposición a largo plazo puede causar una pérdida auditiva. Ejemplos de ello son la música, los juegos y los podcast.

3.2.19 dispositivo de audio personal: Dispositivo portátil diseñado para llevarlo en el cuerpo o guardarlo en el bolsillo de la ropa para escuchar diversas formas de medios de comunicación. Puede conectarse a un dispositivo de escucha. Un ejemplo de dispositivo de audio personal es un reproductor de medios personal (PMP).

3.2.20 sistema de audio personal (PAS): Sistema formado por un dispositivo de audio personal y un dispositivo de escucha. Algunos ejemplos son un reproductor de medios personal (PMP) conectado a unos auriculares y unos auriculares capaces de reproducir contenidos almacenados localmente independientemente de un PAD externo.

3.2.21 dispositivo de escucha seguro: Un dispositivo/sistema de audio personal que cumple los requisitos y criterios necesarios para minimizar el riesgo de que el usuario pierda audición (como consecuencia de su utilización) puede denominarse dispositivo de escucha seguro. Podría incluir reproductores de música (reproductores MP3, teléfonos inteligentes y reproductores de música personales) utilizados con un dispositivo de escucha.

3.2.22 tolerancia sonora: Dosis estimada de exposición al sonido a lo largo de un determinado periodo de tiempo (por ejemplo, un día o una semana), generalmente expresada como porcentaje del máximo que se considera seguro. Una tolerancia sonora semanal es equivalente al 100 % de la dosis de sonido calculada (CSD).

3.2.23 inducido por el sonido: Se refiere a un estado o cualidad resultante de la exposición al sonido. El sonido puede ser (parte de) música o "ruido", lo que implica que el sonido no es deseable.

3.2.24 desplazamiento permanente del umbral inducido por el sonido: Sinónimo de pérdida auditiva permanente inducida por el sonido (SIHL).

3.2.25 desplazamiento temporal del umbral inducido por el sonido: Pérdida auditiva inducida por el sonido (SIHL) resultante de la exposición al sonido, pero que se recupera tras un periodo suficiente en condiciones de baja sonoridad.

3.2.26 tinnitus inducido por el sonido: Percepción de sonidos fantasma en el oído o la cabeza de carácter temporal o permanente tras una exposición sonora excesiva.

3.2.27 reflejo del músculo estapedio: Proceso mediante el cual los músculos estapedio y tensor del tímpano de los huesecillos se contraen ante la exposición a un sonido de gran intensidad. Se denomina también reflejo acústico.

3.2.28 transductor: Dispositivo electrónico que convierte una manifestación de energía en otra diferente.

4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se emplean las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos:

ALD	Dispositivo de audición asistida (<i>assistive listening devices</i>)
ANR	Reducción activa de ruido (<i>active noise reduction</i>)
ART	Umbral de reflejo acústico (<i>acoustic reflex threshold</i>)
CLL	Nivel de escucha elegido (<i>chosen listening level</i>)
CSD	Dosis de sonido calculada (<i>calculated sound dose</i>)
DAC	Conversión digital a analógico (<i>digital to analogue conversion</i>)
dBA	Decibelios de nivel de presión acústica medido utilizando el sistema de ponderación A (<i>decibels of sound pressure level measured using the A-weighting network</i>)
dBFS	Decibelios a escala completa (<i>decibel full scale</i>)
dBHL	Decibelios de nivel auditivo (<i>decibels of hearing level</i>)

DRP	Punto de referencia tímpano (<i>eardrum reference point</i>)
ER	Tipo de cambio (<i>exchange rate</i>)
HATS	Simulador de cabeza y torso (<i>head and torso simulator</i>)
HTL	Nivel del umbral auditivo (<i>hearing threshold level</i>)
LEQ	Nivel de sonido medio equivalente continuo (<i>equivalent continuous average sound level</i>)
LEX	Nivel acústico medio equivalente continuo normalizado (<i>equivalent continuous average sound level normalized</i>)
MIRE	Micrófono en oído real (<i>microphone-in-real-ear</i>)
NIHL	Pérdida auditiva inducida por el ruido (<i>noise induced hearing loss</i>)
NIPTS	Desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido (<i>noise induced permanent threshold shift</i>)
PAD	Dispositivo de audio personal (<i>personal audio device</i>)
PAS	Sistema de audio personal (<i>personal audio system</i>)
PLD	Dispositivo de escucha personal (<i>personal listening device</i>)
PMP	Reproductor de medios personal (<i>personal media player</i>)
RMS	Valor cuadrático medio (<i>root mean square</i>)
SEL	Nivel de exposición al sonido (<i>sound exposure level</i>)
SIHL	Pérdida auditiva inducida por el sonido (<i>sound induced hearing loss</i>)
SLD	Dispositivo de escucha seguro (<i>safe listening device</i>)
SMR	Reflejo del músculo estapedio (<i>stapedius muscle reflex</i>)
SPL	Nivel de presión acústica (<i>sound pressure level</i>)
TTS	Desplazamiento temporal del umbral (<i>temporary threshold shift</i>)
VR	Realidad virtual (<i>virtual reality</i>)

5 Convenios

Ninguno.

6 Escucha segura Introducción

El desplazamiento temporal y permanente del umbral auditivo causado por la exposición al sonido y el ruido es un problema de salud pública cada vez más importante, sobre todo en niños y adolescentes. De hecho, la pérdida auditiva inducida por el sonido (SIHL) es la primera causa de pérdida auditiva prevenible en el mundo. Entre principios de la década de 1990 y el año 2000, se estima que el número de jóvenes con SIHL aumentó del 6,7% al 18,8%. Parte de ello puede atribuirse al hecho de que, en los tiempos que corren, los jóvenes emplean su tiempo libre en actividades que les exponen a altos niveles de música utilizando sistemas de audio personales (PAS) o asistiendo a eventos colectivos como conciertos, bares, discotecas, etc. A pesar de esta epidemia emergente, en la actualidad casi no existen normas establecidas para limitar la exposición sonora en entornos no laborales, especialmente para los PAS. Esta Recomendación colma ese vacío normativo.

Se puede considerar que la prevención de la pérdida de audición mediante prácticas auditivas seguras es responsabilidad de la persona física. Sin embargo, la responsabilidad de concienciar y crear un entorno de escucha seguro recae en la comunidad, los fabricantes de dispositivos, los gobiernos y otras partes interesadas.

Las pérdidas auditivas pueden ser consecuencia de la escucha de altos niveles de sonido durante periodos de tiempo prolongados. La utilización insegura de dispositivos de audio personales (PAD) supone una amenaza para la audición de millones de personas.

Tal pérdida de audición es permanente, pero puede prevenirse fácilmente adoptando prácticas de escucha segura. La tecnología adecuada puede contribuir a reducir el riesgo que supone la escucha insegura. Los dispositivos/sistemas de audio personales conformes con la normativa destinada a minimizar el riesgo para el usuario de sufrir una pérdida auditiva adquirida (como consecuencia de su utilización) pueden denominarse dispositivos/sistemas de escucha segura.

Por escucha segura se entiende la escucha que no supone un riesgo para la audición de las personas. El riesgo de que una persona pierda audición depende del volumen, la duración y la frecuencia con que una persona se expone a sonidos fuertes. Tal exposición puede deberse a dispositivos de audio personales o acontecimientos de ocio, aunque también al medio ambiente, como el tráfico o el ruido en el lugar de trabajo y el hogar.

Por tolerancia sonora se entiende el nivel aceptable de energía sonora que un individuo puede recibir sin poner en peligro su audición. El término "dosis sonora semanal" es equivalente en significado a "dosis sonora calculada al 100 % (CSD)" (véase la cláusula 3.1.1). En el contexto de la comunicación sanitaria se recomienda utilizar el término "tolerancia sonora", en lugar de "dosis". También hay que señalar que el límite sonoro determinado tal como se describe en la presente Recomendación no tiene en cuenta la exposición sonora procedente de fuentes distintas de los dispositivos de audio personales. Dependiendo de cuáles sean esas exposiciones, puede seguir existiendo riesgo de pérdida de audición para una persona.

En [b-FSTP-SLD-UC] se pueden encontrar casos prácticos que se pueden tener en cuenta a la hora de aplicar esta Recomendación.

6.1 Antecedentes

El Apéndice VIII ofrece información de referencia para una escucha segura.

6.2 Sistema de audio personal

La definición de sistema de audio personal (PAS) puede encontrarse en la cláusula 3.2.20. En la Figura 6-1 se muestra la arquitectura general de un PAS.

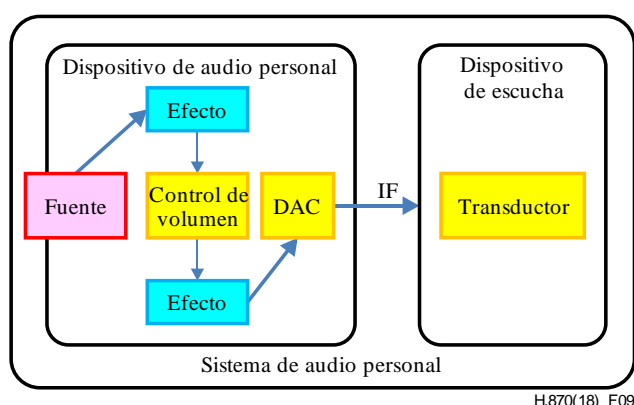


Figura 6-1 – Arquitectura de un sistema de audio personal (PAS)

En este diagrama la "fuente" puede estar almacenada localmente en el dispositivo o extraerse a distancia, por ejemplo, en difusión continua de un servidor local o Internet.

Se supone que el usuario de un PAS es una persona normal y que el PAS:

- está diseñado para que el usuario pueda escuchar contenido/material sonoro o audiovisual;

- utilice un dispositivo de escucha, como cascos o auriculares, que pueden situarse sobre o dentro de las orejas;
- tiene un reproductor que puede llevarse encima (de tamaño adaptado a su transporte en un bolsillo) y está previsto para que el usuario se desplace mientras lo utiliza (por ejemplo, en la calle, en el metro, en el aeropuerto, etc.); y
- dispone de medios que el usuario utiliza para ajustar el volumen del sonido que llega al oído.

Algunos ejemplos son los reproductores portátiles de CD, los reproductores de audio MP3, los teléfonos móviles o tabletas, los relojes inteligentes con funciones de tipo MP3 o los auriculares que pueden almacenar localmente contenidos de audio o con conexión inalámbrica integrada a un servidor de música sin necesidad de utilizar un PAD independiente.

Estos requisitos no se aplican a los siguientes dispositivos:

- equipos profesionales;
- ayudas auditivas y demás dispositivos de audición asistida;
- los siguientes tipos de reproductores de música personales analógicos:
 - receptores de radio a larga distancia (por ejemplo, un receptor de radio multibanda o un receptor de radio de banda mundial, un receptor de radio AM) y
 - reproductores/grabadores de cassettes;

NOTA 1 – Se permite esta exención porque se trata de una tecnología que está cayendo en desuso y se supone que en unos años habrá dejado de existir. Esta exención no se ampliará a otras tecnologías.

- reproductores conectados a un amplificador externo que no permiten al usuario desplazarse mientras los utiliza.

NOTA 2 – Además de los anteriores, quedan fuera del alcance de esta Recomendación los dispositivos de comunicación.

NOTA 3 – Por ahora el estudio se centra en la música, pero se estudiarán ulteriormente los juegos y la realidad virtual.

6.2.1 Consideraciones sobre los cascos y los auriculares

La escucha mediante cascos/auriculares con equipos portátiles difiere de la reproducción doméstica con altavoces. Los estudios sobre los hábitos de escucha con cascos y reproductores de música portátiles indican que el nivel de escucha varía ampliamente de una persona a otra [b-SCENIHR]. Con algunos reproductores portátiles y cascos se pueden alcanzar volúmenes muy elevados. La portabilidad del equipo aumenta también el riesgo de que la exposición se prolongue durante largos periodos.

Cuando se está expuesto a un campo sonoro a gran volumen, como puede ocurrir en un concierto o un club, además del estímulo recibido por los oídos, se pueden percibir vibraciones en el cuerpo. Cuando se utilizan auriculares/cascos, esa vibración se pierde.

En la Figura 6-2 se muestra un ejemplo de la relación entre el tipo de auricular (intraauriculares o supraaurales o aislantes) y el nivel de escucha elegido (CLL), en función del entorno (avión, autobús, silencio, etc.).

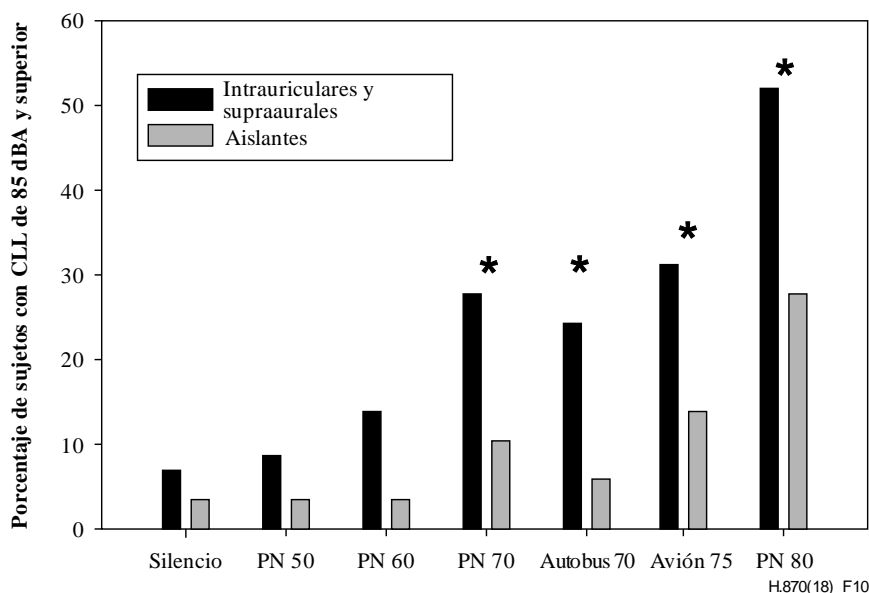


Figura 6-2 – Tipo de auricular y nivel de escucha elegido [b-Portnuff]

6.2.2 Nota sobre la individualidad

Las diferencias individuales en las dimensiones del conducto auditivo afectan a la frecuencia y la amplitud de la resonancia del conducto auditivo.

A los efectos de las prácticas médicas al respecto, se recomienda vivamente la consideración de factores como la altura y el sexo, además de la circunferencia craneal del individuo, o incluso la medición de las características de la resonancia de su canal auditivo, pues contribuirá a reducir las diferencias individuales.

6.2.3 Orientaciones para la medición

Para medir el nivel de potencia eléctrica analógica de un PAS se deben utilizar los procedimientos descritos en la cláusula 7.2.2 de [UIT-T P.381] con la configuración de prueba especificada pertinente. Esto incluye la reproducción de una determinada señal de simulación de programa a un nivel digital definido, la simulación de los auriculares utilizando una carga resistiva y la adecuada medición de la tensión de salida del reproductor.

Para medir la sensibilidad electroacústica general de los cascos/auriculares se deben utilizar los procedimientos descritos en la cláusula 8.2.2 de [UIT-T P.381] con la configuración de prueba especificada pertinente. Para medir la sensibilidad electroacústica de los cascos/auriculares en función de la frecuencia se deben utilizar los procedimientos descritos en la cláusula 8.1.5 de [UIT-T P.381] con la configuración de prueba especificada pertinente. Puede utilizarse, por ejemplo, para estimar la dosis, como se indica en el Apéndice II de esta Recomendación.

Estas mediciones de los auriculares comprenden la reproducción de una determinada señal de simulación de programa a un nivel eléctrico definido, un simulador de cabeza y torso (HATS) y la adecuada medición de la presión acústica de salida con una determinada tensión de entrada, incluida la media de varios "reajustes" de los auriculares en el HATS.

Por mor de armonización, estas Recomendaciones UIT-T se refieren parcialmente a la serie de especificaciones CENELEC EN 50332. Para las interfaces digitales, pueden encontrarse orientaciones también en las especificaciones CENELEC.

NOTA – [UIT-T P.381] se refiere al conector jack de 3 ó 4 polos de 3,5 ó 2,5 mm de diámetro. Para los conectores de 5 polos pueden encontrarse orientaciones en [UIT-T P.382].

Para medir el nivel de potencia acústica general de un reproductor de música portátil con cascos/auriculares debe utilizarse el procedimiento de [EN 50332-1].

7 Criterios de riesgo de daños

7.1 Modos operativos

Los PAS o PAD deben contener un sistema de seguimiento del tiempo de exposición del usuario que estime el nivel sonoro y el uso de un tiempo de exposición de referencia (tolerancia sonora). Esto incluye todos los medios reproducidos con el dispositivo o sistema (es decir, almacenados localmente o por difusión directa) durante el tiempo en que el usuario esté utilizando los auriculares/cascos. Pueden excluirse las llamadas vocales, pues su especificación depende de otras normas.

Este sistema determinará la exposición del usuario basándose en el siguiente modo:

- Modo 1: (OMS) nivel normal para adultos: la exposición de referencia es de 1,6 Pa²h por cada 7 días.

NOTA 1 – Este valor se ha adaptado de [CEI 62368-1] y se basa en los valores indicados en [b-2009/490/CE], que estipula que el sonido es seguro cuando se sitúa por debajo de 80 dB(A) durante un máximo de 40 horas a la semana. Por consiguiente, una dosis de sonido calculada (CSD) del 100 % es igual a 80 dB(A) durante 40 horas.

Se recomienda que el dispositivo o sistema ofrezca un modo más conservador a los usuarios que prefieran o se beneficien de un nivel más conservador como el descrito en el modo 2:

- Modo 2: (OMS) nivel estándar para los usuarios que prefieran o puedan beneficiarse de niveles sonoros más bajos (por ejemplo, los niños): se aplicará 0,51 Pa²h cada 7 días como exposición de referencia.

El dispositivo o sistema debe permitir a los usuarios seleccionar su exposición de referencia como uno de los dos modos mencionados.

NOTA 2 – Las exposiciones de referencia se derivan de una SPL de 80 dBA (Modo 1) y 75 dBA (Modo 2) por 40 horas a la semana (lo que, a su vez, se deriva de 8 horas al día, 5 días a la semana).

NOTA 3 – Una alternativa a la expresión del porcentaje de tiempo de exposición utilizado es la expresión del *tiempo restante* antes de alcanzar un determinado nivel de exposición (por ejemplo, tiempo de reproducción restante al nivel de reproducción actual hasta llegar al 100%).

Se recomienda que el modo pueda elegirse cuando se utiliza el reproductor por primera vez (o cuando se restauran los parámetros de fábrica). Se recomienda que el usuario pueda cambiar la elección del modo en cualquier momento posterior, por ejemplo, a través de un menú de configuración del dispositivo.

En los Cuadros 1 y 2 pueden encontrarse ejemplos de tiempo de escucha semanal en función de la tolerancia sonora de los modos anteriores.

Cuadro 1 – Ejemplo de tiempo de escucha semanal para el Modo 1

dB(A) SPL	Semanal (1,6 Pa ² h)
107	4,5 min
104	9,5 min
101	19 min
98	37,5 min
95	75 min
92	2,5 h
89	5 h
86	10 h
83	20 h
80	40 h

Cuadro 2 – Ejemplo de tiempo de escucha semanal para el Modo 2

dB(A) SPL	Semanal (0,51 Pa²h)
107	1,5 min
104	3 min
101	6 min
98	12 min
95	24 min
92	48 min
89	1 h 36 min
86	3 h 15 min
83	6 h 24 min
80	12 h 30 min
77	25 h
75	40 h

7.2 Incertidumbre en la estimación de la dosis

En la estimación de la dosis de sonido existe cierta incertidumbre. A continuación se indican algunas de las fuentes de incertidumbre:

- fuente sonora;
- variación en las características de un mismo modelo de auriculares, debida a las tolerancias de producción;
- variación debida al desconocimiento del tipo de auricular;
- tolerancia de fabricación;
- errores debidos a la incorrecta selección manual del tipo de auricular;
- variaciones de adaptación al oído artificial durante la caracterización;
- relación imperfecta entre el oído artificial y el oído real;
- relación imperfecta entre una corrección de campo difuso normalizada y una diversidad de funciones de transferencia de la cabeza humana;
- variaciones de adaptación al oído humano;
- incertidumbres en la caracterización de las características del reproductor, sobre todo debido al procesamiento no lineal en la aplicación alternativa ilustrada en la Figura II.5;
- errores de cálculo;
- susceptibilidad propia del usuario a la exposición sonora;
- exposición a otras fuentes.

Dado que algunas de estas incertidumbres se suelen contar en varios dB y que un error de 3 dB equivale a un error en la dosis del 100%, es previsible que las incertidumbres en la estimación de la dosis se cuenten en cientos por cien. Por consiguiente, se sugiere evitar dar al usuario las indicaciones "seguro" o "verde" en función de las lecturas por debajo de un cierto nivel.

La estimación de la dosis es, no obstante, pertinente para determinar tendencias generales:

- cuanto más alto sea el nivel de la señal, mayor será el riesgo;
- cuanto más largo sea el tiempo de exposición, mayor será el riesgo;
- se tiene en cuenta el contenido espectral de la música.

Este tema se estudiará más detalladamente con posterioridad.

8 Métodos de medición

8.1 Dosimetría

8.1.1 Principales normas conexas

[EN 50332-1], [EN 50332-2] y [EN 50332-3] describen un sistema de medición de dosis en un PMP. [CEI 61252] describe dosímetros acústicos para llevar en el cuerpo.

8.1.2 Definición de dosis en el contexto de la dosimetría acústica

En el contexto de la dosimetría acústica una dosis se calcula de la siguiente manera:

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

donde p_A es la presión acústica ponderada A y corregida en el campo difuso.

Por ejemplo, la dosis adquirida durante 40 horas de exposición a 80 dB SPL(A) se calcula de la siguiente manera:

- el valor cuadrático medio (RMS) de la presión acústica es $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0,2 Pa$. Por lo que la dosis es de $0,2^2 \cdot 40 = 1,6 Pa^2 h$.

Esta dosis concreta puede considerarse como la dosis de referencia y la estimación de la exposición durante un determinado periodo puede expresarse en porcentaje de esa dosis.

$1,6 Pa^2 h$ es el 100% de la tolerancia sonora semanal, que corresponde a una dosis de sonido calculada (CSD) del 100%, según se define en [EN 50332-3].

Puede verse un ejemplo de aplicación de la dosimetría en el Apéndice II.

8.1.3 Prueba de la funcionalidad del dosímetro

La funcionalidad del dosímetro se prueba reproduciendo un sonido de simulación de programa, conforme a [EN 50332-1] y [CEI 60268-1], y midiendo el tiempo que transcurre hasta que la estimación de la dosis alcanza una CSD del 100%, utilizando la interpolación y las tolerancias descritas en [EN 50332-3]. Esta prueba puede realizarse en el dominio acústico (cuando se utilizan unos auriculares de sensibilidad conocida frente a la respuesta en frecuencia) o en el dominio eléctrico con una carga resistiva de 32Ω (cuando se desconocen las características de los auriculares). Véase la información sobre la configuración de la medición en [UIT-T P.381].

NOTA – También se han de considerar los métodos de prueba de la señal digital, como en [EN 50332-1], que quedan en estudio.

Se recomienda verificar que la dosis se duplica con cada incremento de 3 dB del nivel de salida, cuando el nivel del contenido varía entre -28 y -4 dBFS (véase la definición de dBFS en [EN 50332-1]) y cuando varía la configuración del control de volumen.

Se recomienda probar el filtro de ponderación A y otras características concretas del dosímetro, como se indica en [CEI 61252].

9 Gama de sensibilidad y respuesta en frecuencia de los auriculares

El conocimiento de la ganancia de la cadena de señales a partir del control o controles de volumen de que dispone el usuario y la sensibilidad del dispositivo de escucha son importantes para calcular la dosis sonora con una precisión razonable. Para el PAS más sencillo compuesto por un PAD conectado a un auricular pasivo (sin electrónica) de tipo desconocido, la dosis sonora calculada asumirá la sensibilidad máxima permitida del auricular [EN 50332-3].

Sin embargo, la comodidad de uso que ofrecen los auriculares con interfaces digitales inalámbricas o por cable ha provocado un rápido abandono de estos simples auriculares pasivos. Esto aporta nuevas posibilidades para que la CSD sea más precisa y fomente mejor la escucha segura, entre otras:

- Comunicación de la sensibilidad, incluidos los cambios debidos al procesamiento interno, por un dispositivo de escucha a un PAD.
- Cálculo dentro del dispositivo de escucha de los incrementos de CSD durante una sesión de escucha, para su comunicación a los PAD.
- Sistema de conocimiento de la calidad del sellado a los oídos del usuario individual, que proporciona un valor de sensibilidad más relevante que el medido en maniqués de pruebas acústicas de laboratorio.
- Tratamiento personalizado para mejorar la claridad del contenido, haciendo más aceptables los niveles más bajos.

Un PAS cada vez más común que es capaz de poner en práctica estas posibilidades se compone de un PAD de teléfono inteligente conectado a través de Bluetooth a unos auriculares que contienen capacidades de procesamiento de señales. Teniendo en cuenta estas capacidades técnicas existentes y para estimular futuros desarrollos, se recomiendan dos principios generales:

- El cálculo de los incrementos de dosis sonora debe determinarse lo más tarde posible en la cadena de la señal, desde el archivo de música almacenado hasta el oído, ya que es ahí donde se obtiene la mejor estimación de los incrementos de CSD. En particular, los incrementos de CSD incluirán el efecto de todos los controles de volumen de la cadena de señal.
- La mejor forma de acumular las CSD a lo largo del tiempo para determinar la fracción de la tolerancia sonora semanal que ha recibido un usuario es en un dispositivo que incluya una pantalla visual para permitir que los mensajes de comunicación sanitaria abundantes influyan mejor en el comportamiento del usuario. Un dispositivo de este tipo también está mejor posicionado para mantener o conectarse a una base de datos que almacene la información sanitaria personal del usuario.

Teniendo en cuenta estos principios, si un dispositivo de escucha es capaz de comunicar a través de una interfaz digital sus valores de sensibilidad, según se vean afectados por el ajuste de volumen actual, se utilizarán éstos en lugar de la sensibilidad máxima permitida de los auriculares. Además, si un dispositivo de escucha es capaz de determinar los incrementos de CSD para una sesión de escucha total o parcial y comunicarlo a través de una interfaz digital, un PAS utilizará estos valores en lugar del cálculo del incremento de CSD o del PAD.

Tales capacidades permiten potencialmente hacer más segura la escucha en casos prácticos que van más allá del simple reproductor de música. Se trata de un ámbito que requiere más estudios.

10 Perfiles

Un objetivo propuesto de los perfiles o diferentes grados de PAS es proporcionar un medio para indicar a los usuarios finales la precisión comparativa de diferentes implementaciones de PAS, de una manera sencilla y significativa, para crear confianza en la dosis sonora calculada y las notificaciones resultantes.

11 Comunicación sanitaria

La estrategia "Escuchar sin riesgos" (véase el Apéndice I) pretende reducir el riesgo de pérdida de audición fomentando la escucha segura entre su grupo objetivo (usuarios de dispositivos de audio personales). En este contexto, las normas para los dispositivos de escucha segura incluyen una herramienta que permite a los usuarios controlar su propia exposición al sonido. Esa herramienta servirá para dar a los usuarios la opción de escuchar sin riesgos, manteniendo al mismo tiempo una buena calidad sonora. Además de esta herramienta, es importante informar y sensibilizar a los

usuarios de los dispositivos para que puedan tomar las decisiones correctas en relación con su manera de escuchar.

Con este fin, en esta cláusula se esbozan los aspectos de la comunicación sanitaria que habrán de respetarse para la aplicación completa de las normas sobre dispositivos de escucha segura.

En esta cláusula se informa a los fabricantes de dispositivos de audio personales acerca de cómo fomentar las prácticas de escucha segura entre los usuarios/consumidores. Concretamente, se presentan recomendaciones prácticas sobre cómo comunicar acerca de los riesgos que supone la escucha insegura y ayudar a los usuarios/consumidores a adoptar un comportamiento adecuado en este contexto. Las recomendaciones se basan en las pruebas disponibles en la literatura académica u obtenidas en estudios sobre los hábitos de escucha del grupo objetivo, a saber, los dispositivos de audio personales.

11.1 Objetivo de incluir la comunicación sanitaria en las normas sobre sistemas de audio personales de escucha segura

El objetivo es dar a los usuarios información y orientaciones que les permitan optar por la escucha segura. Esto incluye:

- la "información de uso personal" para que el usuario conozca:
 - sus propios hábitos de escucha (utilización de la tolerancia sonora diaria y semanal);
 - cómo utilizar las funcionalidades de escucha segura de cada dispositivo;
- las "recomendaciones y orientaciones de uso personalizadas" para la escucha segura, personalizadas en función del perfil de escucha del usuario;
- la "información general" sobre:
 - la escucha segura y cómo practicarla;
 - el riesgo asociado a la escucha insegura;
 - el riesgo de pérdida auditiva debida a sonidos a gran volumen procedentes de fuentes distintas de los sistemas de audio personales.

Estas informaciones y orientaciones se comunicarán por defecto a los usuarios a través de sus dispositivos móviles a fin de reducir los riesgos de pérdida auditiva.

11.2 Principales recomendaciones para la comunicación integrada en las normas sobre dispositivos de escucha segura

La información y los mensajes sobre escucha segura se transmitirán por los siguientes medios:

- la interfaz del dispositivo¹ (siempre que se disponga de una interfaz visual o de audio adecuada);
- el manual de instrucciones;

la información sobre las funcionalidades de escucha segura del dispositivo se incluirán en el embalaje o dentro del mismo.

11.2.1 Información al usuario en la interfaz del dispositivo

En las cláusulas 11.2.1.1 y 11.2.1.2 se indica la información que deberá facilitarse al usuario a través de la interfaz del dispositivo.

¹ Se refiere a los componentes del hardware (como la pantalla), que permiten al usuario interactuar con el dispositivo electrónico.

11.2.1.1 Información de uso personal

El usuario podrá acceder a la información sobre los distintos parámetros de escucha que definen sus hábitos de escucha a fin de poder hacer un seguimiento de su exposición al sonido con el dispositivo. En los dispositivos con pantalla esto puede hacerse con un icono en la pantalla. Tocando el icono el usuario deberá poder ver su utilización de la tolerancia sonora diaria/semanal gracias a una presentación de fácil comprensión. Por ejemplo, el usuario podrá ver cuánta tolerancia sonora semanal ha utilizado y cuál ha sido su patrón de escucha de los últimos siete días.

En los dispositivos sin pantalla, la información se facilitará por medios alternativos, como indicaciones sonoras o a través de otro dispositivo con pantalla.

NOTA – En el caso de estos dispositivos (sin pantalla), es posible que no se proporcione información al usuario en tiempo real, pero sí más adelante.

El dispositivo deberá mostrar (cuando sea posible):

- el nivel sonoro medio del día y la semana;
- el tiempo de escucha del usuario, en horas y minutos, del día y la semana.

En la Figura 11-1 se muestra un ejemplo no normativo de información para la escucha segura transmitida a través de la interfaz visual de un teléfono inteligente.



H.870(18)_F11-1

Figura 11-1 – Ejemplos de información para la escucha segura transmitida a través de la interfaz visual de un teléfono inteligente

11.2.1.2 Mensajes

El dispositivo deberá facilitar al usuario las siguientes alertas y orientaciones:

- El dispositivo deberá facilitar las alertas y orientaciones pertinentes cuando el usuario supere el 100% de la tolerancia semanal. En el Apéndice VII pueden encontrarse sugerencias para la preparación de estos mensajes.
 - El usuario recibirá en primer lugar una "alerta" textual y visual que le informe de que se ha alcanzado el umbral y que, a partir de ese momento, seguir escuchando al mismo volumen plantea un riesgo para su audición.
 - La alerta irá seguida de una "orientación" en la que se ofrecerá al usuario la opción de aceptar el riesgo que supone seguir escuchando o proteger su audición. Esta "orientación" debe ir vinculada a opciones activas del dispositivo como las siguientes:

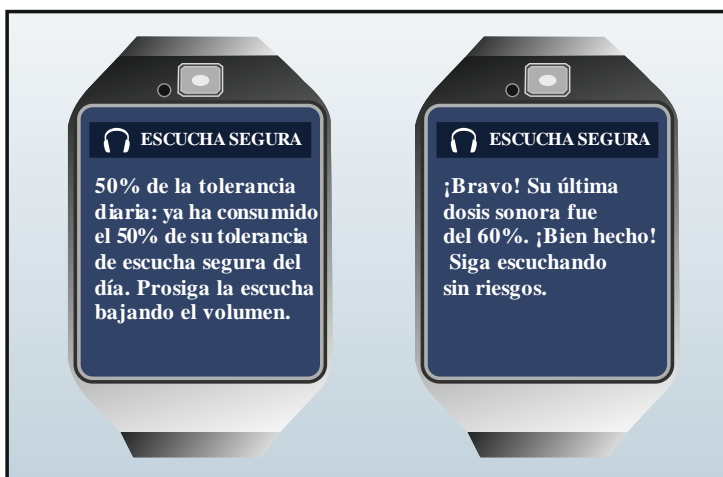
- opción volumen seguro automático, que hará que el dispositivo modifique automáticamente el volumen a un nivel más seguro;
 - acceso directo a la configuración del volumen;
 - configuración de límites de volumen por defecto;
 - opción recordar más tarde;
 - opción ignorar y continuar.
- Si el usuario no realiza ninguna acción, el volumen se reducirá automáticamente como se describe en la cláusula 13.1 (un nivel sonoro en el DRP, con corrección de campo difuso, no superior a 80 o 75 dBA, según el modo seleccionado).

NOTA 1 – El plazo límite para la aplicación de esta funcionalidad por los fabricantes se ajustará a las recomendaciones formuladas por CENELEC.

NOTA 2 – Si, al alcanzar el 100% de la asignación semanal del usuario, el nivel se reduce automáticamente a 80 dBA (75 dBA para oyentes sensibles), la exposición sonora del usuario seguirá aumentando más allá del 100%. Por lo tanto, una acción de este tipo no protege totalmente contra riesgos adicionales para la audición; más bien, la intención es garantizar que la audición se realice a un nivel moderado como máximo hasta que el usuario haya reconocido la advertencia.

- b) El dispositivo facilitará los mensajes pertinentes cuando el consumo de la tolerancia sonora alcance un nivel predeterminado. Pueden encontrarse en el Apéndice VII.1 sugerencias sobre los niveles a los que se activarán las alertas/orientaciones y muestras de su contenido.

Estas alertas dependerán de la capacidad del dispositivo y serán multimodales, por ejemplo, alertas visuales, audibles o vibratorias, a fin de captar con seguridad la atención del usuario. En la Figura 11-2 se muestran ejemplos no normativos de los mensajes mostrados en un reloj conectado.



H.870(18)_F11-2

Figura 11-2 – Ejemplo de mensaje en un reloj conectado

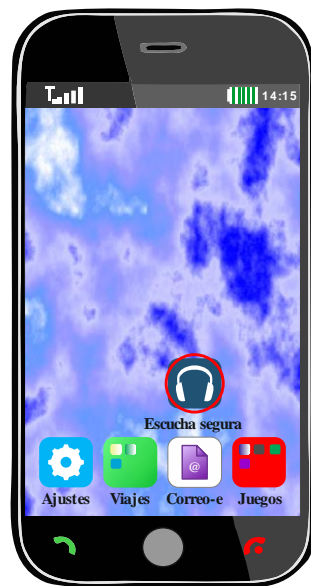
- Mensajes diarios: el dispositivo facilitará un resumen diario basado en el patrón de escucha del usuario de los últimos días, fomentando los hábitos de escucha segura y desaconsejando los hábitos de escucha insegura o alertando contra los mismos. Pueden encontrarse ejemplos de estos mensajes en la cláusula VII.3.

11.2.2 Información general

- Cuando el dispositivo disponga de pantalla, la información sobre la escucha segura y sus beneficios, así como sobre los riesgos que plantea la escucha insegura, se mostrará en la pantalla.

NOTA – Se espera que se pueda acceder a la información anterior sin necesidad de una navegación excesiva.

La disponibilidad de esta información se indicará en la interfaz del usuario (pantalla principal) con un icono propio y reconocible. En la Figura 11-3 se muestra un ejemplo no normativo de icono de escucha segura en la pantalla de un teléfono inteligente.



H.870(18)_F11-3

Figura 11-3 – Icono de escucha segura en una pantalla de teléfono inteligente

Debe haber un tutorial que informe a los usuarios de lo que es la escucha segura, los riesgos de la escucha insegura, las funcionalidades de escucha segura del dispositivo y cómo utilizarlas. En las pantallas se incluirán también enlaces a las páginas web pertinentes donde el usuario puede encontrar más información. En la Figura 11-4 se muestran ejemplos no normativos de las pantallas con enlaces a información sobre la escucha segura y otros enlaces externos.



H.870(18)_F11-4

Figura 11-4 – Ejemplos de pantallas con enlaces a información sobre la escucha segura y enlaces externos

11.2.3 Información por medios distintos de los dispositivos

11.2.3.1 Manual de instrucciones

En el manual de instrucciones se indicará claramente que adoptar prácticas de escucha insegura con el dispositivo planteará un riesgo de pérdida permanente de audición.

Se han de dar también detalles sobre las funciones de limitación del volumen y orientaciones al respecto.

En el manual de instrucciones se indicará claramente cómo funciona el sistema de evaluación de la tolerancia y cuál es su grado de incertidumbre.

En el manual se indicará claramente que el dispositivo no tiene en cuenta las eventuales exposiciones sonoras adicionales con otros dispositivos de audio o exposiciones al sonido ambiente.

En el manual puede incluirse también información sobre la protección de la audición contra los sonidos ambientales fuertes a fin de minimizar los riesgos de pérdida auditiva.

11.2.3.2 Embalaje

Se recomienda encarecidamente que se incluya un mensaje/alerta en el embalaje externo de los dispositivos. Se recomienda que tal mensaje/alerta:

- sea conciso, simple y claro;
- vaya acompañado de una ilustración correspondiente;
- se posicione sobre un fondo liso.

11.2.3.3 Sitios web y publicidad

La información sobre la escucha segura debe figurar en el/los sitio(s) web del fabricante (por ejemplo, como complemento a la información sobre la interfaz del dispositivo, véase la cláusula 11.2.1).

La información recogida en el sitio web del fabricante debe basarse en pruebas y estar armonizada con las recomendaciones formuladas en las normas sobre escucha segura de la OMS/UIT. Pueden incluirse enlaces al sitio web de la OMS y a otros sitios web reconocidos pertinentes.

Siempre que sea posible, en la publicidad de los productos también se dará la información pertinente. Esa información puede referirse a las posibles lesiones auditivas que puede causar la utilización indebida del dispositivo y a las ventajas de la escucha segura para conservar una buena audición y disfrutar al mismo tiempo de la experiencia que supone la escucha.

12 Control del ruido ambiente

Dado que el volumen de escucha está estrechamente relacionado con el volumen del ruido ambiente (véase por ejemplo la Figura 9 en [b-Portnuff]), la utilización de auriculares que ofrecen un determinado grado de atenuación del ruido ambiente contribuye a que los usuarios opten por reducir el volumen de escucha y, así, la exposición global al ruido. Esta atenuación del ruido ambiente puede lograrse por medios pasivos o mediante un control activo del ruido que ofrezca una supresión electrónica del ruido ambiente [b-Berger-Voix].

12.1 Atenuación pasiva del ruido de fondo

Un primer método para limitar el ruido ambiente mientras se escucha música consiste en fusionar las características de los auriculares con el aislamiento fónico que proporciona un dispositivo de protección pasiva de la audición. Tales auriculares pueden ser grandes cascos circumaurales con una cubierta dura y un interior acolchado que garantizará una atenuación adecuada del ruido ambiente. También pueden ser auriculares intrauriculares dotados en su extremo de una silicona preformada o moldeada de manera personalizada a fin de lograr una atenuación importante cuando están adecuadamente insertados en el canal auditivo [b-Smith-Voix]. Estos productos utilizan simplemente

la atenuación pasiva y suelen denominarse cascos/auriculares supresores de ruido. Para que la atenuación del sonido ambiente sea adecuada los auriculares han de adaptarse al canal auditivo del usuario, lo que no se puede conseguir con el "receptor botón" ubicuo – véase el auricular intraconcha en [UIT-T P.57], que simplemente se posa en la oreja o a la entrada del canal auditivo y no ofrece atenuación sustancial alguna.

12.2 Reducción activa del ruido de fondo

En los últimos años se han comercializado auriculares con reducción activa de ruido (ANR) de tipo casco y de tipo auricular intraauricular. Estos dispositivos ANR utilizan un controlador analógico o digital para generar una onda sonora de la misma magnitud que la perturbación inicial (ruido ambiente), pero de fase opuesta. De este modo se suprime o reduce con bastante eficacia el ruido de fondo en la zona del tímpano del usuario.

12.3 Beneficios de los auriculares supresores de ruido

El principal beneficio auditivo de los auriculares supresores de ruido, suponiendo que estén bien puestos, es que permiten al usuario reducir el volumen de la escucha a un valor seguro, pues el ruido de fondo está parcialmente reducido como se muestra en la Figura 9 de [b-Portnuff] (véase también [b-Voix,Cocq,Hager]). Sin embargo, puede resultar difícil colocar adecuadamente intraauriculares con supresión del ruido y/o conseguir que se mantengan en su sitio a lo largo del tiempo. Un ligero cambio en su colocación no sólo afecta a la cantidad de atenuación que ofrecen estos dispositivos, sino también a la respuesta en frecuencia de los auriculares y hace que aumente drásticamente la incertidumbre que rodea al nivel de presión acústica a que se somete el canal auditivo tapado. Este último efecto es particularmente evidente con los auriculares intraauriculares pasivos que dependen de que el canal auditivo esté perfectamente sellado para lograr un aislamiento fónico superior y una respuesta en frecuencia óptima.

12.4 Problemas de seguridad de los auriculares supresores de ruido

Los auriculares aislantes deben proporcionar una atenuación elevada para ser eficaces en la reducción del ruido ambiente. Esto también puede suscitar cierta preocupación en cuanto a la seguridad de utilizar estos dispositivos aislantes en las actividades cotidianas, por no hablar de la distracción inducida por la propia escucha de música. De hecho, cuando están adecuadamente puestos, los auriculares supresores de ruido pueden reducir el ruido de fondo hasta niveles muy bajos, que pueden resultar difíciles de percibir. Si a ello se le combina que la música que se escucha enmascarará aún más el ruido ambiente residual, resulta fácil comprender que la percepción situacional del usuario estará muy disminuida. La información útil transmitida por el ruido ambiente, como una persona que llama o un coche que claxona, se perderá y se pondrá en peligro la detección, reconocimiento e identificación de toda fuente sonora que indique un peligro. Además, la localización de la fuente sonora en acimut y elevación, así como la estimación de la distancia, velocidad y dirección pueden verse afectadas por la utilización de auriculares supresores de ruido.

Por este motivo, se recomienda a los fabricantes que alerten a los usuarios del riesgo que corren cuando utilizan un PAS con auriculares/cascos mientras realizan actividades en las que los sonidos pueden ser muy importantes (hacer *footing*, conducir, etc.) y cuya pérdida puede poner en peligro la integridad física del usuario.

13 Control del volumen

13.1 Limitación del volumen

El dispositivo o sistema proporcionará al usuario un método adecuado para limitar el volumen. Se refiere a una función que proporciona un mensaje relativo a un límite de exposición de referencia predeterminado (tolerancia sonora) y cuando este mensaje no es reconocido, el dispositivo o sistema

reducirá automáticamente el volumen del dispositivo para alcanzar un nivel sonoro en el DRP, con corrección de campo difuso, no superior a 80 o 75 dBA (según el modo seleccionado). Además, se recomienda que esta opción se establezca por defecto y que el usuario tenga la posibilidad de desactivarla si no desea utilizarla.

Cuando se aplica esta capacidad, se mostrará al usuario un mensaje con la opción de limitar el volumen cada vez que alcance el 100% de la tolerancia semanal. Se mostrará al usuario un mensaje que le permitirá "seguir escuchando", cuando no quiera reducir el volumen del dispositivo. En caso de ignorarse el mensaje, la opción por defecto será la de reducir el volumen para alcanzar el nivel predeterminado. Convendría, de ser posible, dar a los usuarios la opción de personalizar ese nivel (el nivel al que quieren que el dispositivo limite el volumen) en función de sus preferencias.

13.2 Control de volumen protegido por contraseña

El dispositivo o sistema deberá disponer de una opción de configuración mediante la cual se pueda fijar y bloquear un volumen máximo, posiblemente protegida con una contraseña.

El objetivo de esta funcionalidad es que los padres (u otros adultos) puedan limitar el volumen máximo del dispositivo del niño de tal manera que éste no pueda modificarlo.

Los usuarios pueden también utilizar esta funcionalidad para limitar su propia exposición sonora, si así lo desean, fijando un volumen máximo en el dispositivo.

14 Orientaciones auxiliares

Además del efecto directo del propio transductor y el dispositivo de reproducción del PAS, hay varios elementos que se han de tener en cuenta a la hora de considerar que un PAS es seguro. En [b-ITU-T P.360] puede encontrarse información al respecto.

- Cuando se conectan un casco o unos auriculares puede haber ruidos agudos (clics y pops) debidos a transitorios (ruido indeseable) del sistema.
- Algunos dispositivos, cuando se conectan o "emparejan", emiten un "sonido de confirmación" para indicar el adecuado emparejamiento. En tal caso, el volumen del sonido de confirmación podrá tener que situarse dentro de la gama segura.

Téngase en cuenta que estos ruidos no pueden medirse en un PAD con un dosímetro.

Apéndice I

Documentación actual

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

La OMS calcula que en la actualidad más de 1 500 millones de personas en todo el mundo sufren algún grado de pérdida auditiva, de las cuales casi el 30% es discapacitante. Se calcula que, con las tendencias demográficas actuales, en 2050 podría haber más de 2 500 millones de personas con pérdida auditiva en todo el mundo. Aunque esta tendencia al alza refleja cambios en la demografía de la población, también subraya la necesidad de abordar las causas prevenibles de la pérdida de audición.

Una de las principales causas evitables de pérdida auditiva es la denominada pérdida auditiva inducida por ruido, que se refiere a la pérdida de audición debida a la sobreexposición de los oídos a energía sonora, incluida la música escuchada a través de dispositivos y sistemas de audio personales. La OMS calcula que 1 100 millones de personas de entre 12 y 35 años corren el riesgo de sufrir pérdida de audición debido a prácticas auditivas poco seguras. Esto lo convierte en un problema de salud pública inminente, sobre todo porque, incluso ahora, la pérdida auditiva no tratada supone un coste mundial anual de 980 000 millones de dólares.

En respuesta a la petición de sus Estados miembros en la resolución de la Asamblea Mundial de la Salud (WHA70.13), la OMS está trabajando con otras partes interesadas para mitigar el riesgo de pérdida de audición debida a la escucha insegura mediante la sensibilización y la promoción de comportamientos auditivos seguros. Para realizar este cambio, los usuarios de dispositivos o sistemas de audio personales deben poder acceder a dispositivos/sistemas que incluyan funciones de escucha segura.

Para ello, la OMS, con la ayuda de la UIT, realizó un análisis de carencias en la normalización de la escucha segura cuyos resultados pueden consultarse en el siguiente informe:

https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/deafness-and-hearing-loss/monograph_on_situation_analysis_and_background_for_standards_for_safe_listening_systems.pdf?sfvrsn=336b9823_5.

Puede encontrarse información general sobre esta iniciativa en <https://www.who.int/activities/making-listening-safe>, con una visión general en https://itu.int/en/ITU-T/studygroups/2017-2020/16/Documents/Safe_listening_initiative_background_201804.docx.

Tras el lanzamiento de la primera versión de esta norma, pocas entidades empresariales han aplicado algunas de sus recomendaciones, que están proporcionando a sus usuarios información esencial y opciones para una escucha segura. La segunda versión de esta norma garantizará su aplicabilidad a una gama más amplia de dispositivos y ofrecerá más funciones de escucha segura a las personas, en un esfuerzo por promover la escucha segura y mitigar el creciente riesgo de pérdida de audición en todo el mundo.

Apéndice II

Funcionalidad estimación de la dosis para su integración en un sistema de audio personal

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

II.1 Introducción

En este apéndice se da un ejemplo de cómo se puede integrar en un sistema de audio personal (PAS) un dosímetro cuando se mide una señal de medios digital, habida cuenta de las propiedades conocidas o supuestas de los auriculares. Esta funcionalidad se basa en las evaluaciones de riesgo de degradación auditiva según el principio de igual energía, donde la presión acústica ponderada A al cuadrado e integrada en el tiempo de exposición equivale a una dosis.

También se tratan las incertidumbres que rodean a la estimación de la dosis (por ejemplo, intervalo de confianza).

II.2 Principales normas conexas

En [EN 50332-3] se describe un sistema de medición de la dosis con un reproductor de medios personal (PMP). Este apéndice sólo contiene información suplementaria a esa norma.

En [CEI 61252] se describen los dosímetros acústicos que pueden llevarse encima.

II.3 Definición de dosis en el contexto de la dosimetría acústica

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (p_A(t))^2 dt$$

donde p_A es la presión acústica ponderada A y corregida en el campo difuso.

Por ejemplo, la dosis adquirida durante 40 horas de exposición a 80 dB SPL se calcula de la siguiente manera:

- El RMS de la presión acústica es $10^{\frac{80}{20}} \cdot \frac{20 \mu Pa}{1 Pa} = 0,2 Pa$. Por consiguiente, la dosis es de $0,2^2 \cdot 40 = 1,6 Pa^2 h$.

Esta dosis concreta puede considerarse como la dosis de referencia y la estimación de la exposición durante un determinado periodo puede expresarse en porcentaje de esa dosis. En [EN 50332-3] se define esta dosis como una CSD del 100%. Además, se considera únicamente la dosis adquirida durante un periodo corriente de siete días.

II.4 Ponderación de las distintas frecuencias

Los posibles daños auditivos que interesan para la estimación de la dosis son los que ocurren en la cóclea, en el oído interno (véase la Figura II.1). Naturalmente se tendería a corregir las mediciones para reflejar directamente la excitación de las células ciliares de la cóclea. Sin embargo, la gran mayoría de las investigaciones realizadas sobre la pérdida auditiva inducida por el ruido se basa en la medición del nivel sonoro en el "campo libre", por ejemplo, en fábricas (para ser exactos, se suelen utilizar unas condiciones que se hallan entre el campo libre y el campo difuso). Por consiguiente, la evaluación del riesgo y los límites se basan en esos resultados. Aunque la ponderación A no se diseñó específicamente para la evaluación del riesgo de pérdida auditiva, las investigaciones han demostrado que las mediciones del nivel sonoro en el campo libre se correlacionan razonablemente bien con la pérdida auditiva inducida por el ruido observada, cuando la presión acústica ponderada A al cuadrado se integra en el tiempo de exposición.

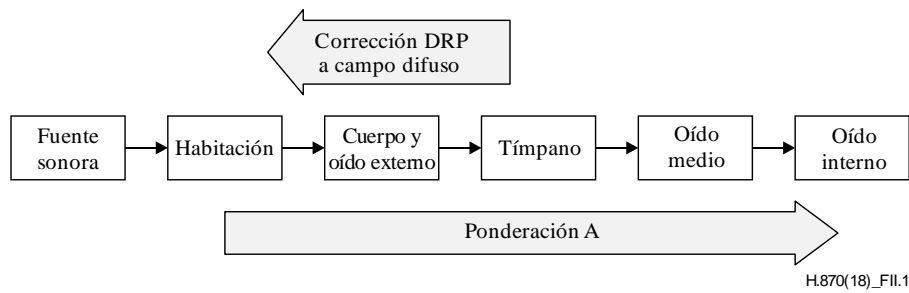


Figura II.1 – Esquema conceptual de las funciones de las distintas correcciones utilizadas en la medición a fin de ponderar las distintas frecuencias

Cuando se miden las características de los auriculares/cascos en el punto de referencia tímpano (DRP) con un simulador de cabeza y torso, la corrección en el campo difuso transforma la medición en una cantidad comparable con las mediciones del nivel sonoro típicas en el campo libre/difuso. Dado que la investigación original comprendía fuentes sonoras desde diversos ángulos de incidencia en los oídos de los trabajadores, no se asume en la estimación del riesgo un ángulo de incidencia específico (por ejemplo, corrección en el campo libre para la incidencia frontal con un ángulo de elevación de 0 grados), sino que se utiliza la corrección en el campo difuso como representación media de diversos ángulos de incidencia.

En la Figura II.2 se muestra la ponderación A y la ponderación DRP a campo difuso.

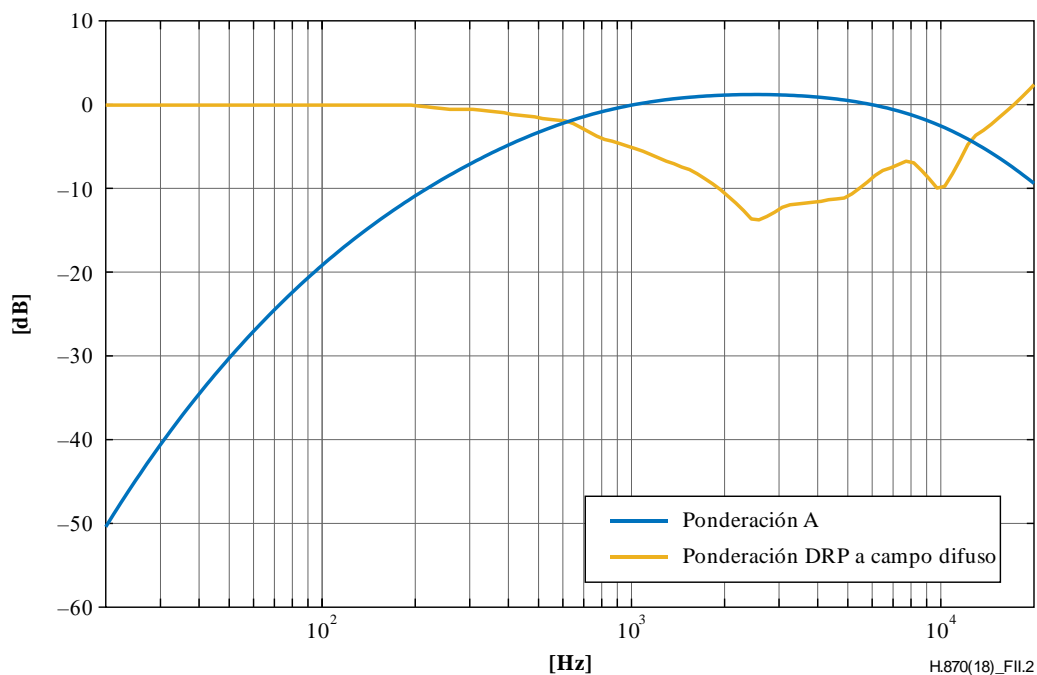


Figura II.2 – Ponderación A [CEI 60268-1] y ponderación/corrección DRP a campo difuso [UIT-T P.58]

II.5 Punto de captura de la señal en un sistema de audio personal (PAS)

En la Figura II.3 se presenta un ejemplo de sistema de reproducción de audio y se indica el punto de captura del dosímetro preferido, donde se mide la señal x junto antes de la conversión de digital a analógico.

Dado que normalmente no se dispone de p_A , se muestra aquí cómo estimar p_A a partir de una señal digital en el reproductor (PAD, dispositivo de audio personal, que carece de transductor) y de otras características conocidas o supuestas del PAD y los auriculares.

En el Cuadro II.1 se indican las cantidades necesarias para estimar la dosis.

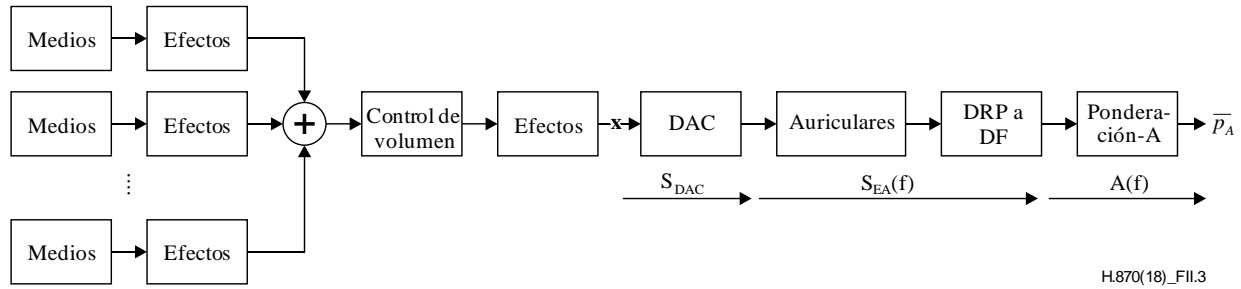


Figura II.3 – Ejemplo de sistema de reproducción de audio y punto de captura del dosímetro preferido

Cuadro II.1 – Cantidades necesarias para estimar la dosis

Cantidad	Descripción	Unidad
x_L y x_R	Señales digitales de los canales izquierdo y derecho, tomadas en el sistema de audio PAS tras la suma de todas las fuentes sonoras, después del control de volumen y después de todo el procesamiento del audio.	Muestra
S_{DAC}	Sensibilidad al convertor digital a analógico y al circuito analógico posterior. En caso de que los auriculares tengan una entrada digital, este parámetro se atribuirá al auricular, en lugar de al reproductor.	Voltio/muestra
$S_{EA}(f)$	Sensibilidad electroacústica del auricular, medida en el punto de referencia tímpano (DRP) y a la que posteriormente se aplica una corrección DPR a campo difuso para la gama de frecuencias comprendidas entre 20 Hz y 20 kHz. Véase en [UIT-T P.381] el método de medición de la respuesta en frecuencia en recepción del auricular, en [UIT-T P.58] la corrección en el campo difuso y en [UIT-T P.380] información adicional como los cinco reajustes y la media.	Pascal/Voltio
$A(f)$	Red de filtros de ponderación A. Véase en [CEI 61672-1] la especificación general y en [CEI 61252] el objetivo de diseño del dosímetro.	Voltio/Voltio
T	Duración del segmento	Horas

II.6 Tratamiento de los canales izquierdo y derecho

A fin de facilitar la aplicación e interpretación de los resultados y en función de algunas mediciones, para estimar una única dosis se utiliza la potencia media de los canales izquierdo y derecho (véase [b-SG16-R17]).

II.7 Ejemplo de implementación del dosímetro

Para una implementación discreta en el tiempo por segmentos puede realizarse, en consecuencia, una estimación de la dosis diaria/semanal en el dominio del tiempo o de la frecuencia:

- 1) Adquirir n muestras por canal de la señal x , (normalmente en una ventana de 1 segundo). Filtrar la señal para tener en cuenta la DAC, el auricular y la ponderación A.

$$z(k) = \text{filter}(x(k), [S_{DAC} \cdot S_{EA}(f) \cdot A(f)])$$

- 2) Calcular la potencia media de los canales izquierdo y derecho y multiplicarla por la duración del segmento.

$$\underline{dose}_{segment} = T \cdot \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{2} (z(k)_L^2 + z(k)_R^2)$$

- 3) Añadir la contribución a la estimación de la dosis previamente acumulada.

$$\underline{dose}_m = \underline{dose}_{m-1} + \underline{dose}_{segment}$$

- 4) (Opcional): Presentar la dosis para el día corriente y los 6 días anteriores.
 5) (Opcional): Expresar la dosis total en porcentaje de la dosis de referencia.
 6) Después de medianoche: almacenar la dosis del día terminado, poner a cero la dosis diaria e iniciar la medición del día que empieza.

NOTA – El almacenamiento de la dosis acumulada tendrá la suficiente precisión para evitar anular pequeñas porciones de un único segmento.

II.8 Tratamiento de la complejidad de cálculo

Para ahorrar recursos de cálculo y aumentar la vida de la batería, se pueden decimar las señales (sin filtros antirrepliegue). Se procurará que la precisión sea suficiente para la música y las señales vocales. Se procurará que el filtrado sea adecuado para la señal decimada.

El filtrado puede simplificarse hasta cierto punto.

II.9 Tratamiento de la dosis durante días y semanas

Se recomienda el almacenamiento de la dosis diaria durante un periodo corriente de 7 días. La dosis acumulada durante el día y los seis días anteriores se compara con la dosis de referencia, definida en la cláusula II.3.

En la Figura II.4 se muestra un ejemplo de acumulación de la dosis durante 7 días, alcanzando un total de 1,6 Pa²h, es decir, una dosis sonora calculada del 100%.

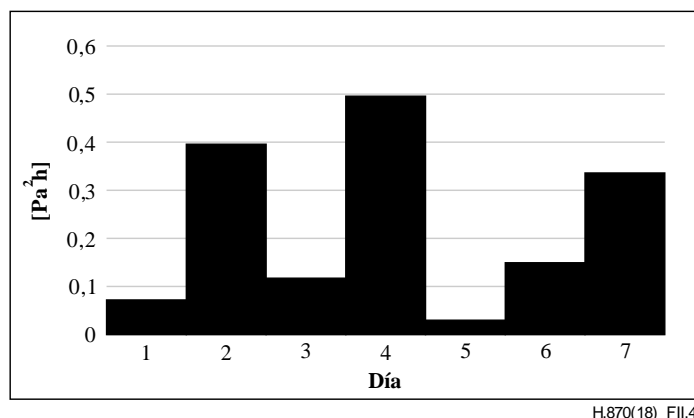


Figura II.4 – Ejemplo de acumulación de la dosis durante 7 días, alcanzando un total de 1,6 Pa²h, es decir, una CSD del 100%

II.10 Desconocimiento de las características de los auriculares

En muchos casos es posible que el reproductor no conozca el tipo de auricular y su sensibilidad varíe notablemente, como se muestra en la Figura II.5. En tal caso, el dosímetro asume lo siguiente:

- sensibilidad del auricular máxima permitida, es decir, una tensión característica de la señal de programa simulada (SPCV, *simulated programme signal characteristic voltage*) de 75 mV, véanse [EN 50332-2] y [UIT-T P.381];
- respuesta en frecuencia plana tras la corrección en el campo difuso;

– impedancia del auricular de 32 Ω (pertinente para identificar S_{DAC}).
 Esto supone que $S_{EA}(f)$ se pone a un valor constante de 12,55 Pascales/Voltio.

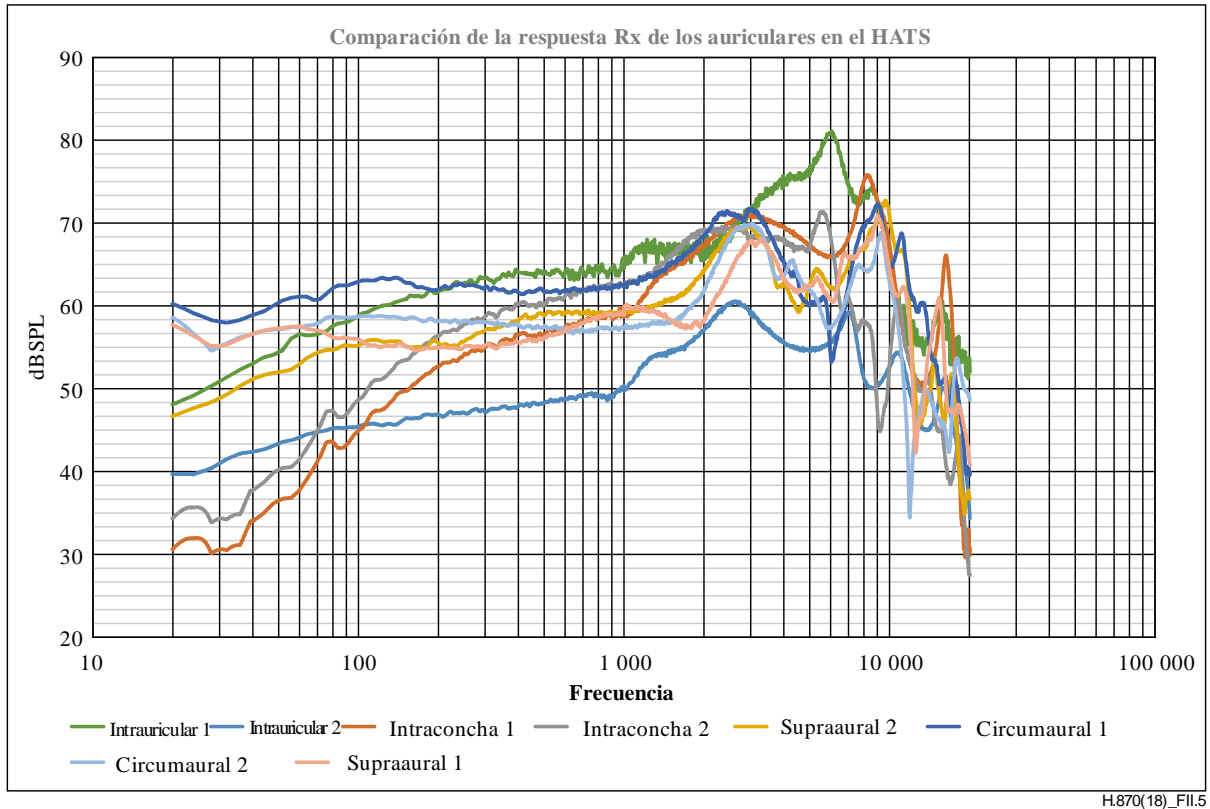


Figura II.5 – Ilustración de la variabilidad de la sensibilidad de nueve cascos y auriculares

En el Cuadro II.2 se muestran las características de los auriculares a la sensibilidad máxima permitida, según [EN 50332-2], en la banda de 1/3 de octava.

Tabla II.2 – Ilustración de las características de los auriculares a la sensibilidad máxima permitida

Ruido de simulación del programa			Respuesta de los auriculares			Ponderación A			Acústica ponderada A		
CEI 60268-1 (ajustado para 75 mV)			Respuesta plana con corrección de DF SPCV = 75 mV; [EN 50332-2]			[CEI 61672-1]			[EN 50332-1]		
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V ²]	[Hz]	[dBPa/V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa ²]
20	-48.56	1.39E-05	20	25.10	12.55	20	-50.40	-2.52E+01	20	-73.85	4.12E-08
25	-45.26	2.98E-05	25	25.10	12.55	25	-44.82	-2.24E+01	25	-64.98	3.18E-07
31.5	-42.46	5.68E-05	31.5	25.10	12.55	31.5	-39.53	-1.98E+01	31.5	-56.89	2.05E-06
40	-40.26	9.43E-05	40	25.10	12.55	40	-34.54	-1.73E+01	40	-49.70	1.07E-05
50	-38.56	1.39E-04	50	25.10	12.55	50	-30.28	-1.51E+01	50	-43.73	4.24E-05
63	-37.36	1.84E-04	63	25.10	12.55	63	-26.22	-1.31E+01	63	-38.48	1.42E-04
80	-36.46	2.26E-04	80	25.10	12.55	80	-22.40	-1.12E+01	80	-33.75	4.21E-04
100	-35.96	2.54E-04	100	25.10	12.55	100	-19.15	-9.57E+00	100	-30.00	1.00E-03
125	-35.56	2.78E-04	125	25.10	12.55	125	-16.19	-8.10E+00	125	-26.65	2.16E-03

**Tabla II.2 – Ilustración de las características de los auriculares
a la sensibilidad máxima permitida**

Ruido de simulación del programa			Respuesta de los auriculares			Ponderación A			Acústica ponderada A		
CEI 60268-1 (ajustado para 75 mV)			Respuesta plana con corrección de DF SPCV = 75 mV; [EN 50332-2]			[CEI 61672-1]			[EN 50332-1]		
[Hz]	PSM [dBV]	PSM [V ²]	[Hz]	[dBPa/ V]	[Pa/V]	[Hz]	[dB]	[gain]	[Hz]	[dBPa]	[Pa ²]
160	-35.26	2.98E-04	160	25.10	12.55	160	-13.25	-6.62E+00	160	-23.40	4.57E-03
200	-35.16	3.05E-04	200	25.10	12.55	200	-10.85	-5.42E+00	200	-20.90	8.12E-03
250	-35.06	3.12E-04	250	25.10	12.55	250	-8.68	-4.34E+00	250	-18.63	1.37E-02
315	-35.06	3.12E-04	315	25.10	12.55	315	-6.64	-3.32E+00	315	-16.60	2.19E-02
400	-35.06	3.12E-04	400	25.10	12.55	400	-4.77	-2.39E+00	400	-14.73	3.37E-02
500	-35.06	3.12E-04	500	25.10	12.55	500	-3.25	-1.62E+00	500	-13.20	4.78E-02
630	-35.06	3.12E-04	630	25.10	12.55	630	-1.91	-9.54E-01	630	-11.86	6.51E-02
800	-35.06	3.12E-04	800	25.10	12.55	800	-0.79	-3.97E-01	800	-10.75	8.41E-02
1000	-35.16	3.05E-04	1000	25.10	12.55	1000	0.00	0.00E+00	1000	-10.06	9.87E-02
1250	-35.36	2.91E-04	1250	25.10	12.55	1250	0.58	2.88E-01	1250	-9.68	1.08E-01
1600	-35.66	2.72E-04	1600	25.10	12.55	1600	0.99	4.97E-01	1600	-9.56	1.11E-01
2000	-36.06	2.48E-04	2000	25.10	12.55	2000	1.20	6.01E-01	2000	-9.75	1.06E-01
2500	-36.66	2.16E-04	2500	25.10	12.55	2500	1.27	6.36E-01	2500	-10.28	9.37E-02
3150	-37.56	1.76E-04	3150	25.10	12.55	3150	1.20	6.01E-01	3150	-11.25	7.49E-02
4000	-38.76	1.33E-04	4000	25.10	12.55	4000	0.96	4.82E-01	4000	-12.69	5.38E-02
5000	-40.16	9.65E-05	5000	25.10	12.55	5000	0.56	2.78E-01	5000	-14.50	3.55E-02
6300	-42.06	6.23E-05	6300	25.10	12.55	6300	-0.11	-5.70E-02	6300	-17.07	1.96E-02
8000	-44.46	3.58E-05	8000	25.10	12.55	8000	-1.14	-5.72E-01	8000	-20.50	8.91E-03
10000	-46.96	2.02E-05	10000	25.10	12.55	10000	-2.49	-1.24E+00	10000	-24.34	3.68E-03
12500	-49.86	1.03E-05	12500	25.10	12.55	12500	-4.25	-2.12E+00	12500	-29.01	1.26E-03
16000	-53.26	4.72E-06	16000	25.10	12.55	16000	-6.70	-3.35E+00	16000	-34.86	3.27E-04
20000	-56.66	2.16E-06	20000	25.10	12.55	20000	-9.34	-4.67E+00	20000	-40.90	8.13E-05
	total [V ²]	5.63E-03								total [Pa ²]	9.97E-01
	total [V]	7.50E-02								total [Pa]	9.99E-01
										total dB SPL	9.40E+01

NOTA – Una señal de ruido de simulación de programa [CEI 60268-1] de 75 mV genera un nivel de presión acústica de 94 dB SPL(A).

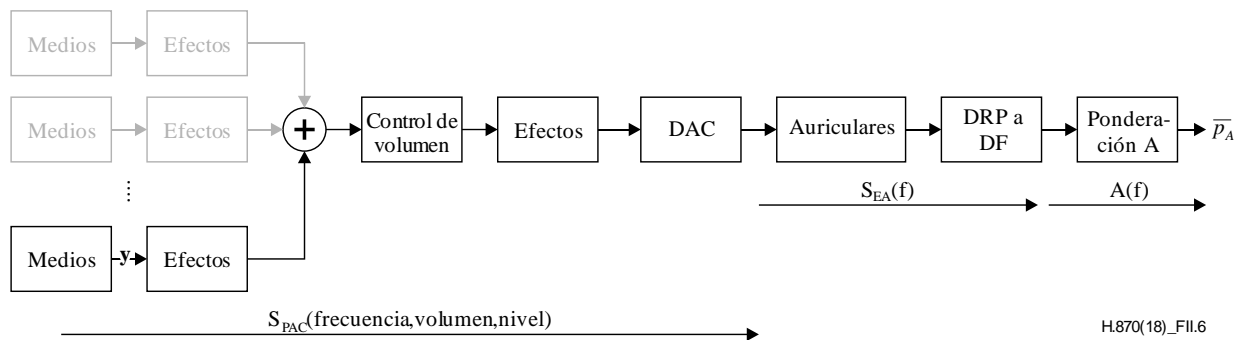
II.11 Punto de captura de la señal de audio alternativo

Cuando el procedimiento ilustrado en la Figura II.3 no es viable, se puede aplicar un dosímetro simplificado de la siguiente manera.

Cuando la señal se captura en un punto más alejado de la salida del dispositivo (por ejemplo, dentro de una aplicación de medios concreta que sólo puede acceder a su propio tren de medios), un método básico deberá tener en cuenta la influencia del sistema de audio digital posterior, como el control del volumen y los efectos. A fin de tener en cuenta el posible procesamiento no lineal la identificación

del sistema de S_{PAD} en la configuración del control de volumen podrá tener que realizarse en múltiples niveles de contenido.

En la Figura II.6 se muestra un ejemplo de sistema de reproducción de audio cuando la señal y se captura dentro de una aplicación de medios específica.



NOTA – Un método básico deberá tener en cuenta la influencia del control de volumen y los efectos de sonido. Las características del reproductor son funciones de la frecuencia, la configuración del control de volumen y, posiblemente, del nivel del contenido.

Figura II.6 – Ejemplo de sistema de reproducción de audio cuando la señal y se captura dentro de una aplicación de medios específica

Véase la cláusula 8.1.3.

II.13 Incertidumbres

Véase la cláusula 7.2.

Apéndice III

Norma Europea EN 71-1 para juguetes

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En la cláusula 4.20, Acústica, de la Norma Europea [b- EN 71-1] se especifican requisitos que también son aplicables a los reproductores de cintas, los reproductores de CD y demás juguetes electrónicos similares, cuando están dotados de cascos o auriculares. Estos son, entre otros, los siguientes:

"... a) el nivel de presión acústica de emisión ponderado A, L_{pA} , producida por *juguetes cerca del oído* no rebasará los 80 dB, medido en el campo libre. El nivel de presión acústica de la emisión ponderado A, L_{pA} , producida por juguetes cerca del oído no rebasará los 90 dB, medido utilizando un acoplador de oído.

... e) el nivel de presión acústica de emisión ponderado C de cresta, L_{pC} de cresta, producido por cualquier tipo de juguete, excluidos los juguetes con pistones, no rebasará los 115 dB.

... f) si el nivel de presión acústica de emisión ponderado C de cresta, L_{pC} de cresta, producido por un juguete rebasa los 110 dB, se pondrá en conocimiento del usuario mediante una alerta el posible riesgo de daño para la audición (véase 7.14)."

NOTA – En la cláusula 8.28 de [b-EN 71-1] se especifica el método que se ha de utilizar para determinar el nivel de presión acústica de emisión en juguetes.

En la cláusula 7.14, Acústica, de [b-EN 71-1] se prescribe que los juguetes que produzcan altos niveles de ruido impulsivo lleven, sobre sí mismos o en su embalaje, la siguiente alerta: "*Aviso. No utilizar cerca del oído. Una utilización indebida puede dañar la audición*".

En la cláusula A.25, Acústica, de [b-EN 71-1] se alerta de que apenas se conoce la sensibilidad de los niños a ruidos. Sin embargo, hay científicos que opinan que, dado que el canal auditivo de los niños es más pequeño que el de los adultos, hay diferencias de amplificación que hacen que los niños sean más sensibles a los sonidos en altas frecuencias. Los sonidos impulsivos son especialmente peligrosos, pues resulta muy difícil para el oído humano determinar el nivel del sonido dada su brevedad en el tiempo. Está demostrado que la audición puede sufrir un daño permanente tras una única exposición a elevados niveles sonoros de cresta.

Apéndice IV

"Música" frente a "ruido"

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

A continuación se reproduce un extracto de [b-Neitzel y Fligor]:

Lindgren y Axelsson (Lindgren y Axelsson, 1983) examinaron a 10 sujetos en un estudio de desplazamiento temporal del umbral (TTS) resultante de exposiciones a ruido no musical y descubrieron que estas exposiciones provocaban una gravedad del TTS que superaba a la de los ruidos musicales de la misma duración y nivel de presión sonora general ponderado A. Cuatro de los sujetos experimentaron esencialmente el mismo TTS de ambas fuentes, mientras que seis experimentaron mayor TTS de la exposición no musical que de la exposición musical. Esto demuestra que el contenido del sonido y su percepción subjetiva consiguiente puede afectar al riesgo de TTS. En otro estudio Axelsson y Lindgren (Axelsson y Lindgren, 1981) documentaron que el TTS entre los músicos era inferior al de la audiencia.

Strasser, Erle, and Legler (Strasser et al., 2003) también sometieron a 10 sujetos a tres exposiciones energéticamente equivalentes de música y sonido no musical durante tres días. Se observó que la música clásica (2 h de exposición, media de 91 dBA) se asociaba a un TTS sustancialmente menor (10 dB frente a 25 dB) en comparación con el ruido industrial de la misma duración y nivel medio, así como un nivel industrial energéticamente equivalente (94 dB durante 1 h) y que se recuperó mucho más rápidamente (100 min frente a 800 min). Al igual que el de Lindgren y Axelsson, este estudio sugiere que el contenido del sonido puede influir en el riesgo de TTS.

Strasser, Irle, and Scholz (Strasser et al., 1999) examinaron cuatro exposiciones energéticamente semejantes (94 dB durante 1 hora) de ruido blanco, ruido industrial, música *heavy metal* y música clásica. El ruido industrial y la música *heavy metal* causan un TTS semejante, cuya recuperación (es decir, tiempo de restitución) exige cantidades semejantes de tiempo. Sin embargo, la música clásica causa un TTS muy inferior, cuyo tiempo de restitución es inferior al del ruido industrial, la música *heavy metal* o el ruido blanco. Como los estudios anteriores, este estudio pone de manifiesto las consecuencias potencialmente diferentes de la exposición a la música clásica y a otros tipos de música y ruido industrial.

Mostafapour 1998 (Mostafapour et al., 1998) examinó prospectivamente la pérdida de audición en 50 sujetos estudiantes universitarios (edad media: 22,1 años). Se compararon las exposiciones al ruido (evaluadas a partir de la información proporcionada por los participantes en una serie de eventos ocupacionales y no ocupacionales, además de la utilización de armas de fuego) con el nivel de pérdida auditiva observado. Los autores no constataron asociación alguna entre la exposición cualitativa a ninguna de las fuentes de ruido evaluadas y la presencia de un escotoma (determinado por audiometría de tono puro) y determinaron que el riesgo de NIHL entre los sujetos era bajo.

Por último, Swanson et al. (Swanson et al., 1987) expusieron a 20 sujetos hombres a música y ruido de nivel energético aproximadamente equivalente (unos 106 dBA) durante 10 minutos. Ambas exposiciones causaron un importante TTS audiométrico post-exposición a 4 y 6 kHz. El TTS causado por la exposición musical fue notablemente mayor en los sujetos que indicaron que no les gustaba la música. Este estudio apoya la teoría de que los factores subjetivos relacionados con la música pueden influir en el riesgo de pérdida auditiva inducida por la exposición musical, aunque cabe señalar que las pruebas audiométricas conllevan un elemento cognitivo que puede verse negativamente influido/sesgado por el cansancio, la pérdida de motivación o la frustración.

Apéndice V

Reflejo del músculo estapedio

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

El reflejo del músculo estapedio (SMR), también denominado reflejo acústico del oído medio, es el proceso mediante el cual los músculos estapedio y tensor del tímpano de los osículos se contraen cuando se expone el oído a sonidos de gran intensidad. Este reflejo se ha estudiado detalladamente [b-Moller 1995]. La contracción del músculo estapedio reduce la transmisión del sonido por el oído medio. Se cree, por tanto, que este mecanismo existe, entre otras cosas, para reducir la transmisión de energía vibratoria a la cóclea. El umbral del reflejo acústico del oído medio humano es de unos 85 dB por encima del umbral de audición normal, aunque las variaciones individuales son considerables [b-Moller 2013].

Apéndice VI

Consideraciones sobre la fase de recuperación

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En el sistema auditivo hay una fase de acumulación y una fase de recuperación. La dosimetría actual en entornos ocupacionales no tiene en cuenta este factor. Hay casos en que los dormitorios no son silenciosos (barcos), en cuyo caso el tiempo de sueño no se considera "silencioso" y los detalles quedan en estudio. Se necesita más información.

El trauma acústico es una única exposición a un sonido que causa una lesión inmediata del sistema auditivo. En ocasiones se denomina daño acústico.

Por norma general, se supone que el umbral del trauma acústico es un SPL de 200 Pa o 140 dB (cresta). Los estudios realizados sugieren que en individuos muy susceptibles este umbral puede reducirse hasta un SPL de 79,6 Pa o 132 dB (cresta) [b-Price 1981].

Se sabe que las lesiones auditivas inducidas por el sonido dependen de la relación dosis-efecto. Una "sobredosis" sonora causa una sobrecarga metabólica que lleva a la apoptosis de las estructuras de la cóclea y las fibras primarias del nervio auditivo.

Los estudios reconocidos sobre los criterios de riesgo de daños de la exposición al ruido en el lugar de trabajo muestran lo siguiente:

- exposición diaria de 8 horas a 85 dBA con una exposición de 40 horas semanales durante toda la vida laboral (5,06 Pa2h) (8% de riesgo de "degradación auditiva material");
- exposición diaria de 8 horas a 90 dBA con una exposición de 40 horas semanales durante toda la vida laboral (16 Pa2h) (25% de riesgo de "degradación auditiva material").

Los límites inferiores a 10 no se ajustan al modelo estudiado.

En [b-Nixon-Glorig 1961] se demuestra que, tras dos años de exposición, el grupo expuesto a 92 dBA empieza a desarrollar una pérdida de audición permanente en las frecuencias de 4 kHz, que ya se manifiesta tras cuatro meses en el grupo expuesto a 97 dBA. En la Figura VI.1, adaptada de [b-Nixon-Glorig 1961], se muestra el desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido (NIPTS) en función de la exposición ocupacional al ruido de los trabajadores, por años y nivel de ruido. El desplazamiento del umbral se ha corregido con los cambios debidos a la edad de las personas expuestas a ruido ocupacional. El gráfico corresponde a un tono de prueba de 4 kHz y los puntos muestran las medianas. El nivel sonoro ponderado A medio es de 83 dB para el grupo A, de 92 dB para el grupo B y de 97 dB para el grupo C.

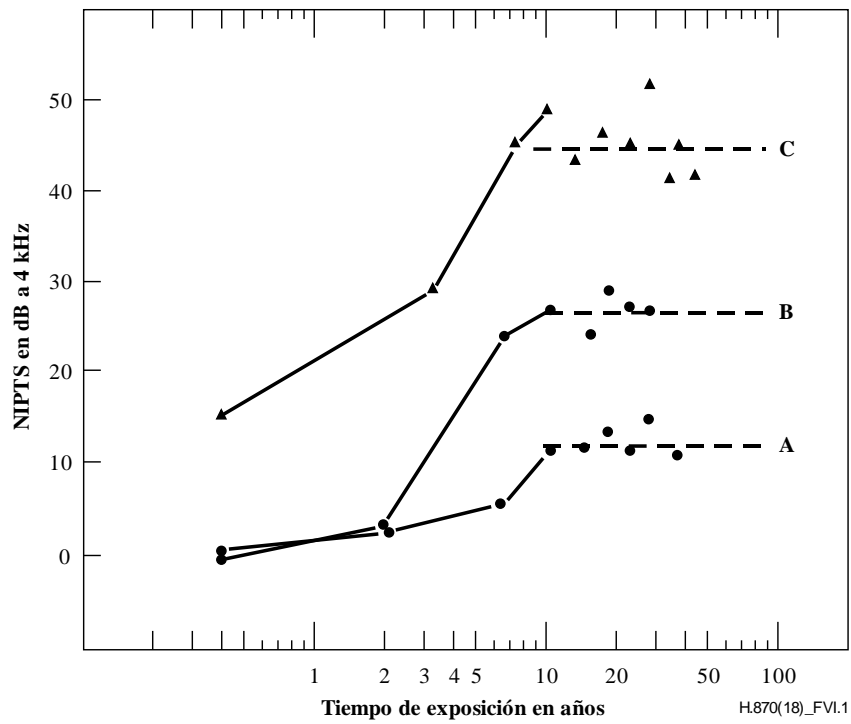


Figura VI.1 – Desplazamiento permanente del umbral inducido por el ruido (NIPTS) en función de la exposición al ruido de los trabajadores, por años y nivel de ruido

Apéndice VII

Ejemplo de comunicación sanitaria

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

VII.1 Recomendaciones para la redacción de alertas y mensajes de orientación en las interfaces de los dispositivos

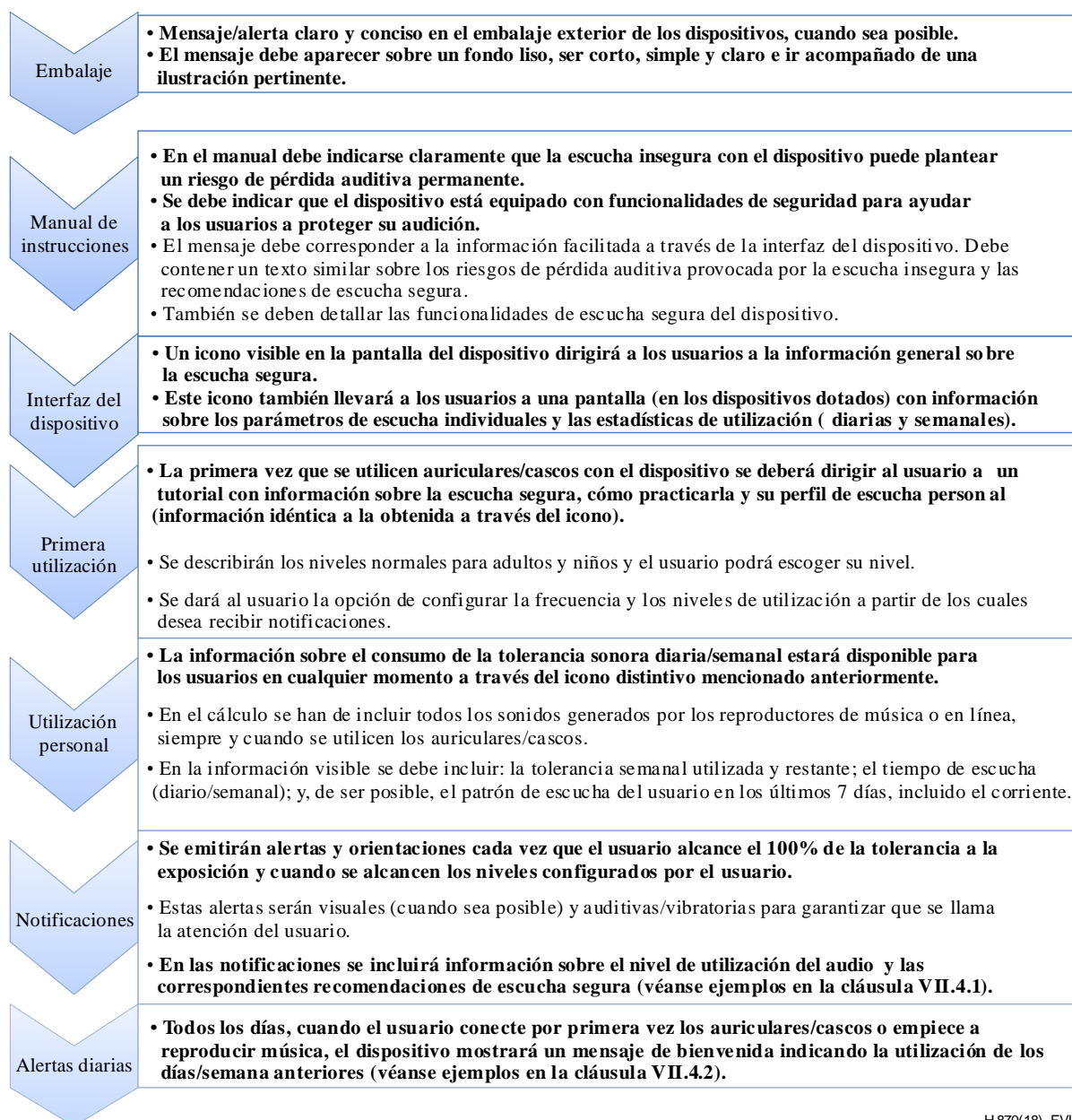
Los mensajes se han de preparar teniendo en cuenta los factores expuestos anteriormente. El objetivo de los mensajes ha de ser atraer la atención, crear interés y alentar a los usuarios a adoptar hábitos de escucha segura. Los mensajes deben ofrecer información que aliente a la acción, ofrezca comportamientos alternativos viables y facilite la adopción de prácticas de escucha segura.

Elementos que se han de considerar al preparar esos mensajes/orientaciones (véanse ejemplos en la cláusula VII.4):

- Deben expresar claramente los beneficios de la escucha segura y los riesgos que plantea no adoptarla.
- Debe haber 3-4 variantes de cada mensaje para transmitir la información de manera no repetitiva, diseñados para dirigirse a un público amplio.
- Debe utilizarse un lenguaje claro y sencillo, no especializado, comprensible para niños de primaria, a fin de que resulte comprensible para la mayoría de los usuarios.
- Algunos mensajes se formularán en modo positivo y otros en modo negativo (véanse ejemplos en la cláusula VII.4.3).
- La información escrita deberá ir complementada por pictogramas para facilitar su comprensión.
- Los mensajes se basarán en recomendaciones formuladas por fuentes fidedignas.
- Siempre que sea posible, el fabricante hará una prueba previa de los mensajes antes de utilizarlos.

VII.2 Sugerencia (ejemplo de) flujo de información como parte de las normas para dispositivos de escucha segura

En la Figura VII.1 se muestra el (ejemplo de) flujo sugerido para explicar cómo pueden implementarse en los dispositivos los aspectos comunicativos de esta Recomendación.



H.870(18)_FVII.1

Figura VII.1 – Flujo de información como parte de las normas para dispositivos de escucha segura

VII.3 Ejemplo de cómo se puede transmitir la información sobre los parámetros de escucha al usuario

Gracias a un icono claramente reconocible los usuarios deben poder acceder a un "espacio (pantalla dedicado) del dispositivo donde se almacene, visualice e interprete la información sobre los hábitos de escucha del usuario. En este espacio el usuario podrá acceder a una representación gráfica de sus hábitos o patrones de escucha globales e identificar las prácticas de escucha insegura adoptadas (y su modalidad). Los hábitos de escucha del usuario que podrán visualizarse serán, entre otros, los siguientes:

- gráficos sobre la utilización de la tolerancia sonora semanal;
- gráficos sobre la exposición sonora diaria con codificación de color;
- duración de la escucha de cada día y de los 7 días anteriores, en horas y minutos.

VII.3.1 Información sobre la utilización de la tolerancia semanal

La utilización de la tolerancia semanal puede ilustrarse gráficamente como se muestra en la Figura VII.2.

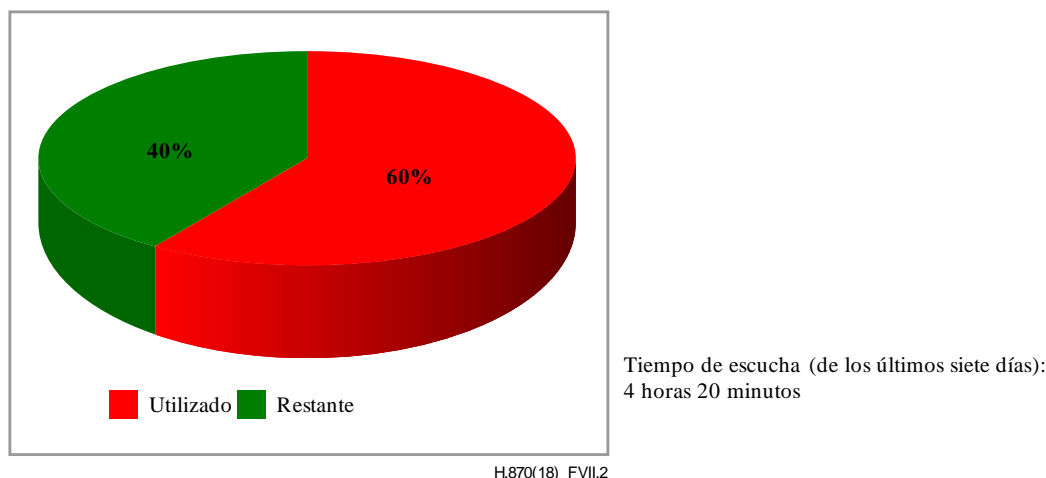


Figura VII.2 – Ilustración de la comunicación gráfica de la utilización de la tolerancia semanal

VII.3.2 Información sobre la utilización de la tolerancia de un día cualquiera

Para mostrar este elemento se considerará que la tolerancia diaria máxima será igual a la tolerancia semanal dividida entre 7 (aproximadamente el 15 % de la tolerancia semanal).

La utilización de los últimos 7 días (incluido el corriente) se indicará con colores que corresponderán a distintos niveles de utilización, por ejemplo, rojo fuerte para una utilización de más del 100% y verde para una utilización inferior al 50%.

A los efectos de esta comunicación, cada día se considerará como una unidad distinta y la codificación de color del día no tendrá en cuenta la exposición de los días anteriores. Así, el usuario empezará cada día con el icono verde, independientemente de su patrón de utilización de los días anteriores.

VII.3.3 Tiempo de escucha

La información sobre el tiempo total que el usuario ha pasado escuchando contenido de audio con el dispositivo cada día se mostrará como se ilustra en la Figura VII.3.

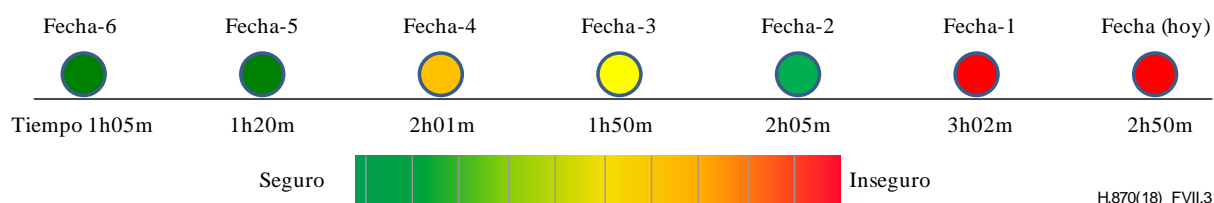


Figura VII.3 – Información sobre el tiempo diario total que el usuario ha pasado escuchando contenido de audio escuchar contenidos de audio

VII.4 Alertas y orientaciones

En esta cláusula se dan algunos ejemplos de alertas y orientaciones para las funcionalidades de escucha segura.

VII.4.1 Ejemplos de alertas y orientaciones basadas en la utilización semanal

Información cuando el usuario llega al:

- 80% de la tolerancia semanal: mensaje de aviso amistoso

- *Ya ha consumido el **80 %** de su tolerancia semanal. Baje el volumen para proteger su audición.*
- *Reducir el volumen/Parar la reproducción/Ignorar el aviso/Ir a información de uso personal*

O

- *Hola: Parece que has escuchado la música muy fuerte últimamente. ¿Por qué no le das un descanso a tus oídos?*
- *Reducir el volumen/Parar la reproducción/Ignorar el aviso/Ir a información de uso personal*

b) 100% de la tolerancia semanal: mensaje de alerta (con la opción de detener la escucha inmediatamente)

- *Ha consumido **MÁS DEL 100%** de su tolerancia semanal segura. La escucha insegura pone en riesgo su audición.*
- *Reducir el volumen/Parar la reproducción/Ignorar el aviso/Ir a información de uso personal*

O

- *¡Oh! Has estado escuchando la música muy fuerte últimamente. Tómame un descanso y protege tus oídos.*
- *Reducir el volumen/Parar la reproducción/Ignorar el aviso/Ir a información de uso personal*

A menos que el usuario opte por "ignorar el aviso" o "parar la reproducción", por defecto se reducirá el volumen para alcanzar un nivel sonoro moderado previamente especificado (equivalente a 80 o 75 dBA).

VII.4.2 Ejemplos de mensajes basados en la utilización diaria

Mensaje diario (al abrir la aplicación o la página del reproductor), que debe basarse en la utilización de la tolerancia sonora por el usuario de los últimos días:

a) Principalmente en verde (cuando el usuario permanece por debajo del 50% de la utilización semanal la mayor parte de los días, sin superar la tolerancia ningún día): mensajes de aliento

- *¡Bravo! Así es como se escucha bien.*

O

- *¡Bravo! Sigue escuchando música de manera segura sin parar.*
- *Bien hecho. Siga escuchando de manera segura y disfrute sin parar.*

b) Principalmente verde o amarillo/naranja (cuando el usuario permanece por debajo del 80% la mayor parte de los días, sin superar la tolerancia ningún día):

- *Tenga cuidado y escuche de manera segura.*
- *¡Oh! Parece que a veces te gusta subir el volumen. Ten cuidado, protege tus oídos y disfruta sin parar.*
- *Puede escuchar sin riesgos bajando el volumen.*

c) Principalmente amarillo/naranja y ocasionalmente rojo (cuando el usuario no rebase la tolerancia ningún día):

- *¡Cuidado! Mantenga el volumen bajo para escuchar sin riesgos más tiempo.*
- *¡Oh! Parece que te gusta la música muy alta. Ten cuidado, protege tus oídos y disfruta sin parar.*
- *¡Oh! Ten cuidado con cómo escuchas.*

- d) Principalmente rojo (rebasamiento de la tolerancia casi todos los días):
- *Estás poniendo en riesgo tu audición. Baja el volumen para escuchar sin riesgos.*
 - *¡Oh! Ten cuidado con cómo escuchas. Baja el volumen.*
 - *¡Oh! Realmente te gusta la música muy fuerte. No pongas tus oídos en peligro y disfruta sin parar.*

VII.4.3 Ejemplos de formulación positiva y negativa, emocional y racional

Formulación positiva

- **Has rebasado tu tolerancia diaria de escucha segura.** *Con un volumen más bajo podrás escuchar sin riesgos más tiempo sin poner en peligro tus oídos. Baja el volumen.*

Formulación negativa

- **Has rebasado tu tolerancia diaria de escucha segura.** *Si sigues escuchando de esta manera, corres el riesgo de lesionar tus oídos para siempre. Baja el volumen.*

Formulación racional

- *Los estudios demuestran que escuchar música con un SPL superior a 80 dBA durante 8 horas, o una práctica equivalente, puede dañar tus oídos para siempre. Baja el volumen.*

Formulación emocional

- *La audición que se pierde nunca se recupera. Escucha sin riesgos. Baja el volumen.*

Apéndice VIII

Mecanismo de la audición e impacto del sonido

(Este apéndice no forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En esta cláusula se da información básica para la escucha segura.

VIII.1 Sonido y ondas

El sonido es una onda en un medio, como el aire, producida por la vibración de un cuerpo. Las ondas transmiten energía sin materia transmisora. Una onda sonora es una onda longitudinal, es decir, que la dirección del movimiento que crea la onda es idéntica a la del movimiento de la onda. Las ondas se propagan en un medio generando variaciones de fuerza o presión en su progresión. Concretamente, la transmisión o propagación de energía en un medio conductor del sonido se realiza mediante la compresión y la rarefacción alternadas del medio. En un determinado punto temporal la compresión y la rarefacción del medio se alternan, lo que a su vez produce variaciones de presión. Cuando el aire se comprime, la presión es superior a la presión atmosférica y, cuando se rarifica, la presión es inferior.

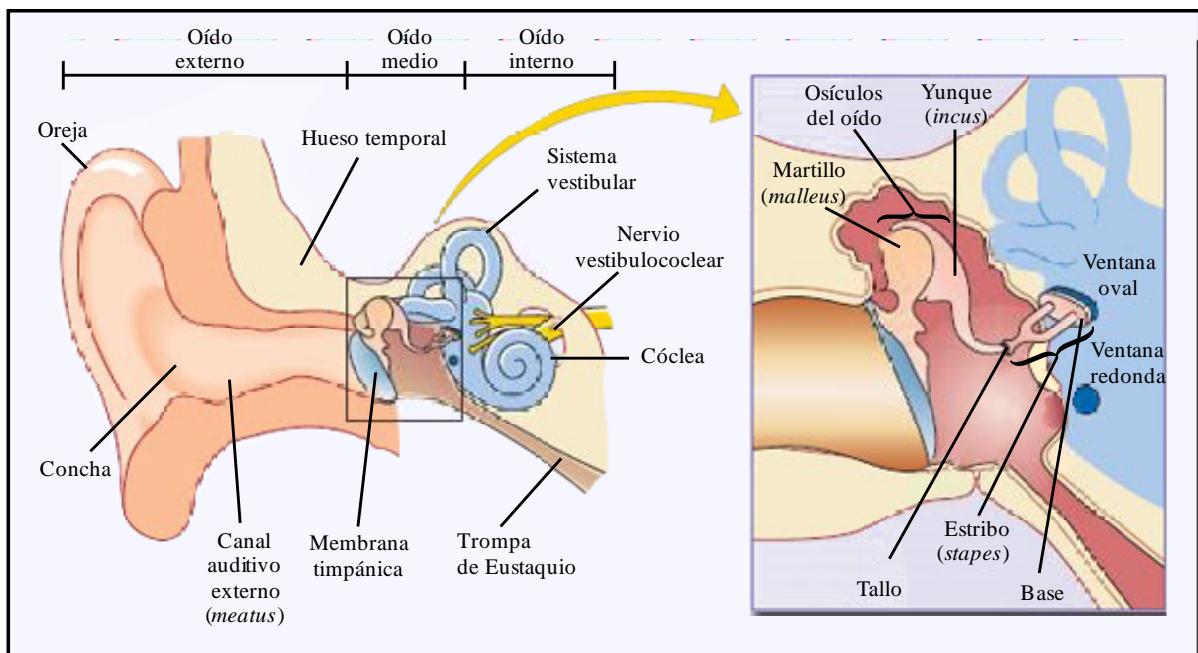
La magnitud de la compresión y la rarefacción en el medio de propagación determina la intensidad del sonido, mientras que la frecuencia de alternancia entre compresiones y rarefacciones determina la frecuencia del sonido. La energía generada por el movimiento de las ondas sonoras fluye por los tímpanos hacia el oído interno, donde se registra como un sonido. La intensidad, I , es la energía, E , por unidad de tiempo, t , que fluye por la superficie de una unidad de área, a ; o puede decirse que I es la energía que fluye por una superficie de área a .

Un tono puro es un sonido simple cuyas variaciones de presión tienen forma sinusoidal, que en acústica se denomina onda sinusoidal. Las ondas sinusoidales son periódicas.

La velocidad de una onda sonora depende de la naturaleza del medio conductor del sonido. La velocidad de las ondas sonoras depende en cierta medida de la temperatura del aire. A temperatura ambiente (20 °C) la velocidad es de 344 metros por segundo (m/s), es decir, 1 238 km/h.

VIII.2 Mecanismo de la audición y la pérdida de audición

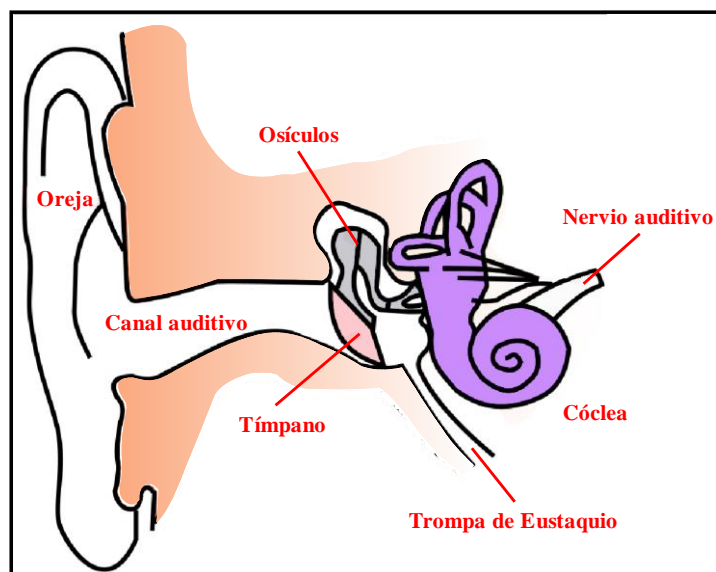
Como se ve en la Figura VIII.1, el oído se divide en tres partes: oído externo, oído medio y oído interno. El oído medio está formado por la membrana timpánica (también denominada tímpano) en la que termina el canal auditivo y tres huesecillos (colectivamente denominados osículos): el martillo, el yunque y el estribo. En el oído interno se encuentran también dos pequeños músculos: el tensor timpánico y el estapedio. El oído interno es la parte más interna del oído y está formado por la cóclea, el sistema vestibular y el nervio vestibulococlear. El "sonido" puede considerarse como una serie de vibraciones. Estas vibraciones llegan al oído y son captadas por la oreja. El sonido viaja como una onda por el canal auditivo hasta el tímpano, que vibra y convierte la onda en energía mecánica. El conducto auditivo tiene una longitud aproximada de 2,5 cm y un diámetro aproximado de 0,6 cm. A continuación, el sonido (o su energía mecánica) atraviesa los osículos de la cavidad del oído medio.



H.870(18)_F01

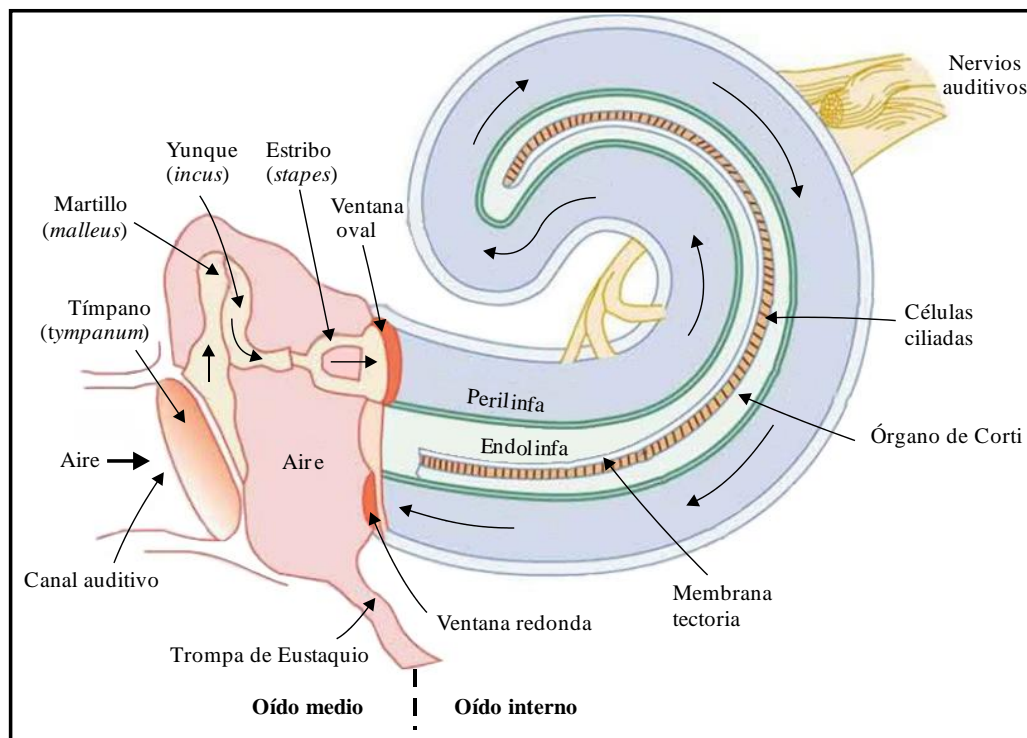
Figura VIII.1 – Ilustración del oído humano

Estos huesos amplifican la energía mecánica que se transfiere al oído interno por la ventana oval del oído interno coclear. El estribo toca la ventana oval causando la vibración del fluido del oído interno y este movimiento se transmite por la cóclea, que está llena de líquido.



H.870(18)_F02

Figura VIII.2 – Canal auditivo



H.870(18)_F03

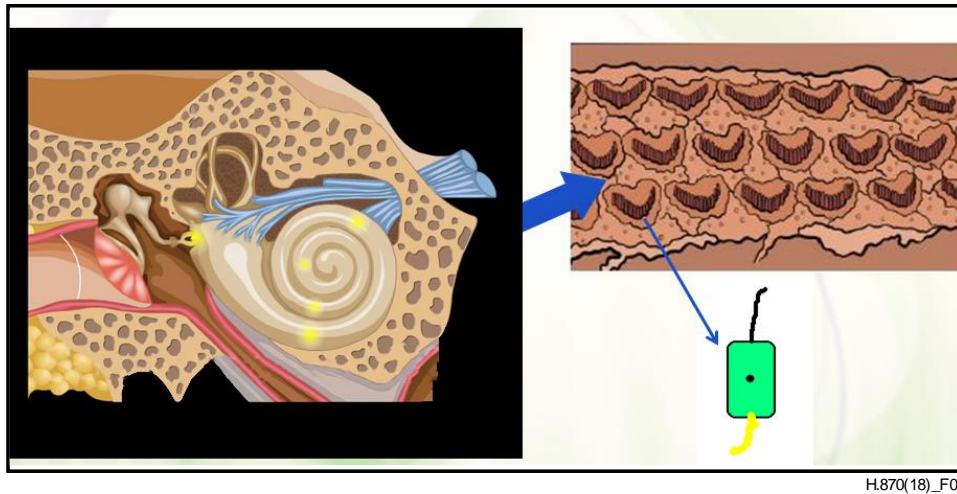
Figura VIII.3 – Ilustración de la cóclea

Como se muestra en las Figuras VIII.2 y VIII.3, la cóclea es un órgano en forma de caracol. En la cóclea hay miles de células ciliadas, denominadas células ciliadas basilares. A medida que el sonido atraviesa la cóclea, mueve el fluido que mueve las células ciliadas, enviando impulsos eléctricos por el nervio auditivo hasta el cerebro. Estas señales eléctricas se interpretan entonces como un sonido.

Cuando hay una sobreexposición al sonido, hay una sobreestimulación de las células ciliadas del oído. Una vez sobreestimuladas, las células ciliadas se fatigan y dejan de responder al sonido. Esto puede dar lugar a un desplazamiento temporal del umbral (TTS), una pérdida temporal de audición tras la exposición al sonido, que puede durar de unos minutos a unos días. Tras un periodo de silencio, las células ciliadas se recuperarán.

Sin embargo, la exposición repetitiva a un sonido excesivo a lo largo del tiempo matará las células ciliadas, que ya no podrán recuperarse. Esto puede causar un desplazamiento permanente del umbral (PTS), una pérdida permanente de la sensibilidad auditiva inducida por el ruido y asociada al daño irreversible de las células ciliadas de la cóclea.

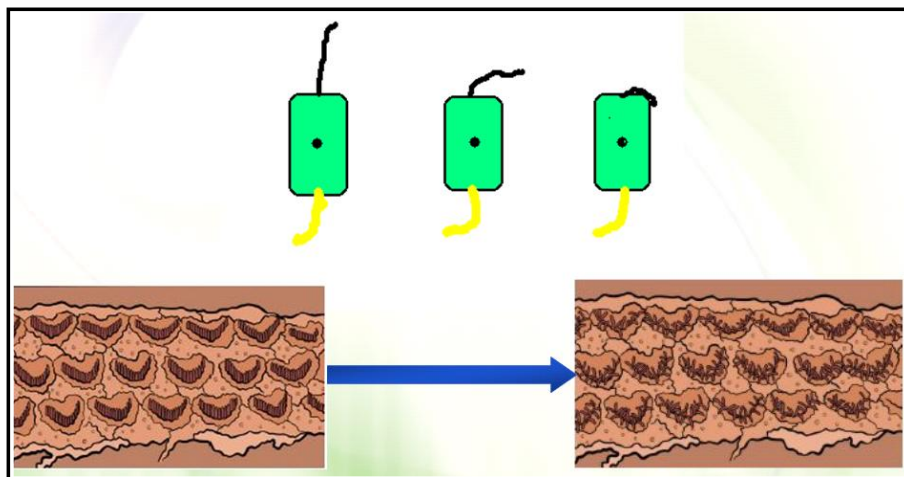
En la Figura VIII.4 se ilustran la cóclea y las células ciliadas.



H.870(18)_F04

Figura VIII.4 – Ilustración de la cóclea y las células ciliadas

En la Figura VIII.5 las células ciliadas de la cóclea a la izquierda de la imagen son las de una persona con audición normal y las de la derecha de la imagen muestran el daño permanente causado por una sobreexposición al sonido.



H.870(18)_F05

Figura VIII.5 – Ilustración del daño que el sonido induce en las células ciliadas

VIII.3 Medición de la energía sonora

VIII.3.1 Presión

A causa de la gravedad de la Tierra, el peso de la atmósfera ejerce una presión en todas direcciones sobre todas las cosas, denominada presión atmosférica. Su valor es de 105 Newton/m^2 , es decir, $105 \text{ Pascales (Pa)}$.

El desplazamiento de una onda es la cantidad de perturbación del equilibrio producida por la onda.

Por "cresta a cresta" se entiende la amplitud entre los valores máximo y mínimo de una onda sinusoidal o señal. En la Figura 6 se ilustra el concepto cresta a cresta.

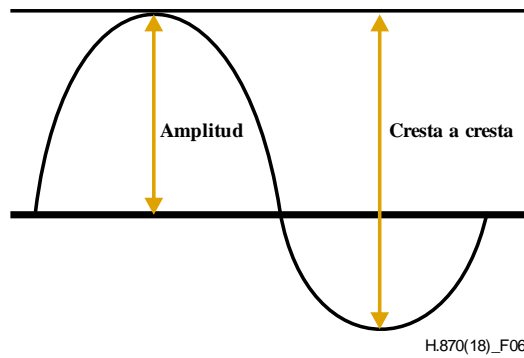


Figura VIII.6 – Conceptos de amplitud de la señal y valor cresta a cresta

La amplitud de una onda sonora suele calcularse en valor cuadrático medio (RMS). Un valor cuadrático medio es la raíz cuadrada de un valor medio de la función cuadrática de los valores instantáneos. El valor RMS se computa hallando en primer lugar el cuadrado de los valores instantáneos de la forma de onda (s), calculando después la media en un ciclo (m) y, por último, hallando la raíz cuadrada (r).

VIII.3.2 Decibelios

Nota del editor: trasladar esta explicación a un Apéndice

El belio (símbolo B), sirve para expresar la relación entre dos valores mediante el logaritmo decimal de esta relación. Tal unidad, caída en desuso, apenas se utiliza. En la práctica, se emplea el decibelio (símbolo dB), que es la décima parte del belio.

Es una unidad logarítmica utilizada para expresar la relación entre dos valores de una cantidad física. Uno de estos valores suele ser el valor de referencia normal, en cuyo caso el decibelio se utiliza para expresar el nivel relativo a esa referencia. La expresión matemática de este concepto es la siguiente:

$$L_2 - L_1 = \text{Log}10 \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

La traducción verbal es que la diferencia, medida en decibelios (dB) entre los niveles de los sonidos 2 y 1 se expresa mediante el logaritmo (base 10) común de la relación de las intensidades. Se incluye el factor 10 para ampliar la escala. El análisis de la función logarítmica deja ver algunas características de la escala de nivel (decibelio). Dado que $\log(1) = 0$, si los sonidos 1 y 2 tienen la misma intensidad, la diferencia entre sus niveles es 0. La función de la escala logarítmica es transformar las relaciones en diferencias. Si L_2 es el doble de L_1 , entonces $L_2 - L_1 = 3 \text{ dB}$, independientemente del valor real de L_2, L_1 . Esto se debe a que $\log(2) = 0,3$ [b-Hartmann].

VIII.3.2.2 dB SPL

Aunque la escala decibelio es una escala relativa en la que una cantidad siempre se compara con otra, es habitual expresar los niveles de sonido individuales en decibelios, como si se tratase de una medida absoluta. El nivel de presión acústica es el logaritmo, generalmente expresado en decibelios, de la relación entre la presión acústica p y una presión de referencia p_{0A} , que suele ser de $20 \mu\text{Pa}$. Tenga en cuenta que se utiliza un factor de 20 cuando la relación es entre dos presiones sonoras, en lugar de dos intensidades sonoras.

$$SPL = 20 \left(\frac{p}{p_{0A}} \right)$$

VIII.3.2.3 dBA

dBA denota los decibelios de nivel de presión acústica medido utilizando el sistema de ponderación A. Está destinado a medir sonidos de baja intensidad (nivel de sonoridad de unos 40 fonios), pero se utiliza habitualmente para medir la exposición al sonido ambiental y en entornos laborales.

En la Figura VIII.7 se muestran las funciones de las distintas correcciones utilizadas en las mediciones a fin de ponderar las distintas frecuencias.

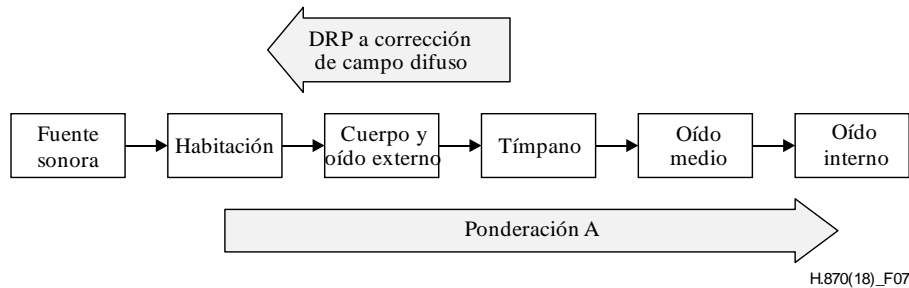


Figura VIII.7 – Esquema conceptual de las funciones de las distintas correcciones utilizadas en la medición a fin de ponderar las distintas frecuencias

VIII.3.2.4 dBFS

dB a escala completa es el nivel de señal de una señal digital con respecto a su nivel máximo o de sobrecarga. Existen distintos convenios. Suele asignarse a una representación digital de una sinusoidal de escala completa el valor de 0 dBFS RMS. El nivel de cresta puede entonces alcanzar los +3,01 dBFS. En otros casos se asigna al nivel RMS de una onda cuadrada de escala completa digital el valor de 0 dBFS RMS. En tal caso, el nivel de cresta máximo también es de 0 dBFS. En este último caso, dBFS es equivalente a dBov.

NOTA – También conocido como dBov, dB relativo a la sobrecarga digital es el nivel de señal de una señal digital con respecto a su nivel máximo o de sobrecarga. Véase [UIT-T G.100.1].

VIII.3.2.5 dBHL

dBHL denota los decibelios de nivel auditivo a una determinada frecuencia. Es el nivel utilizado para medir el umbral audiométrico con respecto a un valor normal definido.

Como se describe en [ISO 226], la sensibilidad del oído humano varía mucho en función de la frecuencia del sonido entrante. Si se sube el volumen para obtener suficiente volumen en la gama de frecuencias bajas, importante para muchos géneros musicales, el oído puede verse expuesto a una energía excesiva en las frecuencias más altas, a las que es especialmente sensible.

En la Figura VIII.8 se muestran las curvas isofónicas acústicas normales.

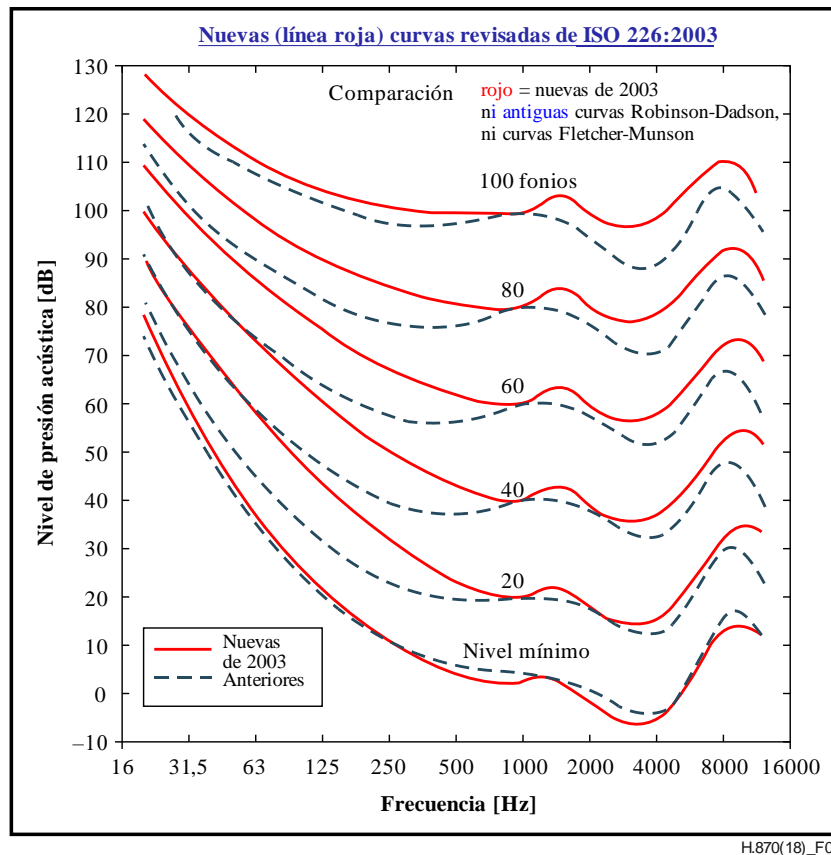


Figura VIII.8 – Curvas isofónicas acústicas normales

VIII.4 Principio de igual energía

De acuerdo con el principio de igual energía se supone que el efecto total del sonido es proporcional a la cantidad total de energía acústica recibida por el oído, independientemente de su distribución a lo largo del tiempo.

Según este principio, se supone que cantidades iguales de energía acústica causarán cantidades iguales de desplazamiento permanente del umbral inducido por el sonido, independientemente de la distribución de esa energía a lo largo del tiempo.

Sobre esta base puede definirse una "dosis" de energía acústica como el cuadrado de la presión acústica ponderada A , P_A , integrada en el tiempo de exposición $T = t_2 - t_1$.

La expresión matemática de este concepto es la siguiente:

$$dose = \int_{t_1}^{t_2} (P_A(t))^2 dt$$

donde P_A es la presión acústica ponderada A y corregida en el campo difuso.

Este valor se expresa en pascal al cuadrado por hora o Pa^2h .

Bibliografía

- [b-UIT-T P.10] Recomendación UIT-T P.10/G.100 (2017), *Vocabulario sobre calidad de funcionamiento y de servicio*.
- [b-UIT-T P.360] Recomendación UIT-T P.360 (2006), *Eficacia de los dispositivos de prevención de casos de presión acústica excesiva provocada por los receptores telefónicos y evaluación de la exposición diaria al ruido de los usuarios telefónicos*.
- [b-UIT-T T.180] Recomendación UIT-T T.180 (1998), *Mecanismo de acceso homogéneo a servicios de comunicación*.
- [b-UIT-R V.574] Recomendación UIT-R V.574 (2015), *Uso del decibelio y del neperio en telecomunicaciones*.
- [b-Berger] Berger, E.H. y Royster, L.H. (1996), *In search of meaningful measures of hearing protector effectiveness*.
- [b-Berger-Voix] Elliott H. Berger y Jérémie Voix (2018), *Hearing Protection Devices*, in *The Noise Manual*, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-Blanco-Wetherill] A. Blanco y J. Wetherill (abril de 2019), *Headphones Market Report Worldwide Outlook*, Futuresource Consulting Ltd.
<https://www.futuresource-consulting.com/reports/posts/2019/april/futuresource-headphones-market-report-worldwide-apr-19/>, pág. 11 y 22.
- [b-Borg] Erik Borg, Roland Nilsson, Gunnar Lidén. (1979), *Fatigue and recovery of the human acoustic stapedius reflex in industrial noise*, *The Journal of the Acoustical Society of America* Vol. 65, 846.
- [b-Brask] Torben Brask (1978), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, *Acta Oto-Laryngologica* Vol. 86, – Issue sup360.
- [b-Brask-2009] Torben Brask (2009), *The Noise Protection Effect of the Stapedius Reflex*, *Acta Oto-Laryngologica* Vol. 86, 1978, – Issue sup360.
- [b-Burns-1973] William Burns (1973), *Noise and Man*, J.B. Lippincott Company, ISBN 9780397580989, pp. 243-247.
- [b-Burns-Robinson] W. Burns y D.W. Robinson, (1970) *Hearing and Noise in Industry*, Her Majesty's Stationery Office, pp. 142-145. El documento completo puede consultarse aquí: <https://archive.org/details/op1268848-1001/page/n153>
- [b-EN 71-1] CEN EN 71-1:2014, *Safety of toys – Part 1: Mechanical and physical properties*.
- [b-2009/490/CE] Comisión Europea, *Decisión de la Comisión de 23 de junio de 2009 sobre los requisitos de seguridad que deben cumplir las normas europeas relativas a los reproductores de música personales de conformidad con la Directiva 2001/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo* <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32009D0490>
- [b-Fligor] Brian J. Fligor y Terri Ives. "Does Earphone Type Affect Risk for Recreational Noise-Induced Hearing Loss?" in *2006 Noise Induced Hearing Loss (NIHL) Children's Conference Proceedings*.
- [b-FSTP-SLD-UC] Documento técnico de la UIT (2022), *Gap analysis: Use cases of safe listening devices*.
<https://www.itu.int/pub/T-TUT-EHT-2022>

- [b-Hammershøi] Hammershøi, D. y Møller, H. (2008), *Determination of noise immission from sound sources close to the ears*. Acustica United with Acta Acustica, 94 (1).
- [b-Hansen] C. Hansen (2006), *Occupational exposure to noise: evaluation, prevention and control – chapter 1 Fundamentals of acoustics*. http://www.who.int/occupational_health/publications/occupnoise/en/
- [b-Hartmann] William M. Hartmann. *Physical Description of Signals* en [b-Moore].
- [b-Loy] Gareth Loy, *Musimathics*. MIT (2011)
- [b-Moller 1995] Henrik Möller (1995), *Transfer characteristics of headphones measured on human ears*, J. Audio Eng. Soc:43, pp. 203-217.
- [b-Moller 2013] Aage R. Moller, (2013) *Hearing*, 3rd ed. Plural Publishing.
- [b-Moore] Brian C.J. Moore (ed.) (1995) *Hearing*. Academic Press.
- [b-Neitzel y Fligor] R. Neitzel y B. Fligor (2019), *Risk of noise-induced hearing loss due to recreational sound: Review and recommendations*. The Journal of the Acoustical Society of America 146, 3911; <https://doi.org/10.1121/1.5132287>
- [b-NIOSH] National Institute for Occupational Safety and Health. (1998). *Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure, revised criteria*. Pub. No. 98-126.
- [b-Nixon-Glorig, 1961] J.C. Nixon y A. Gorig (1961), *Noise-Induced Permanent Threshold Shift at 2000 cps and 4000 cps*, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol.33, Issue 7, 904. <http://dx.doi.org/10.1121/1.1908841>
- [b-Portnuff] Portnuff C.D., Fligor B.J., Arehart K.H. (2011), *Teenage use of portable listening devices: a hazard to hearing?* Journal of the American Academy of Audiology. Nov-Dic; 22(10):663-77.
- [b-Price 1981] Price, G. R. (1981), *Implications of a Critical Level in the Ear for Assessment of Noise Hazard at High Intensities*, J. Acoust. Soc. Am. 69, 171-177.
- [b-SCENIHR] Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (2008), *Potential health risks of exposure to noise from personal music players and mobile phones including a music playing function*. Comisión Europea.
- [b-SG16-R17] Comisión de Estudio 16 del UIT-T, *Informe de la cuarta reunión de la Comisión de Estudio 16* (Ginebra, 19-29 de marzo de 2019) – Grupo de Trabajo 2/16 (Servicios electrónicos multimedia). <https://www.itu.int/md/T17-SG16-R-0017/en>
- [b-Silman] Shlomo Silman. (1984), *The Acoustic Reflex: Basic Principles and Clinical Applications*, Academic Press.
- [b-Smith-Voix] Jérémie Voix, Pegeen Smith y Elliott H. Berger (2018), *Field Fit-Testing and Attenuation Measurement Procedures*, The Noise Manual, 6th Edition, American Industrial Hygiene Association.
- [b-SMR] Kei J. (2012), *Acoustic stapedial reflexes in healthy neonates—normative data and test-retest reliability*. J Am Acad Audiol. 23(1):46-56.
- [b-Vér] I. Vér, L. Beranek (2006), *Noise and Vibration Control Engineering*.

- [b-Voix,Cocq,Hager] J. Voix, C. Le Cocq y L. D. Hager (2008), *The Healthy Benefits of Isolating Earphones*, in Proceedings of Meetings on Acoustics, vol. 4, p. 050003.
- [b-WHO 2018] Organización Mundial de la Salud, *Deafness and hearing loss*, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss> (consultado el 2022-06-01)
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson y Erik Borg. (1974), *Stapedius Reflex and Auditory Fatigue*, Journal of Audiology, Vol. 13, pp. 231-35.
- [b-Zakrisson] John-Erik Zakrisson. (1979), *The effect of the stapedius reflex on attenuation and poststimulatory auditory fatigue at different frequencies*. Acta Otolaryngol Suppl. 360:118-21.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación