

GUÍA DE MEDICIÓN DE RUIDO EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Medidas Preventivas



FINANCIADO POR:



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN
ESTATAL PARA
LA PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES, F.S.P.



FUNDACIÓN
LABORAL
DE LA CONSTRUCCIÓN

ÍNDICE

01

SONIDO Y RUIDO. CONCEPTOS BÁSICOS Y EXPOSICIÓN

1.1.	Introducción	5
1.2.	Sonido y ruido	7
1.3.	Contaminación acústica. Tipos de ruido	8
1.4.	Conceptos básicos	12
1.5.	Exposición al ruido	13

02

RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO. EFECTOS SOBRE LA SALUD

2.1.	Fisiología del oído	27
2.2.	Factores condicionantes del daño auditivo	28
2.3.	Efectos sobre el organismo producidos por exposición al ruido	32

03

LEGISLACIÓN APLICABLE. NORMATIVA SOBRE EL RUIDO

3.1.	Antecedentes	42
3.2.	Marco regulatorio: principales referencias	45
3.3.	Directiva de ruido 2003/10/CE. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido	46

04

EVALUACIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO

4.1.	Introducción	63
4.2.	Instrumentos de medición	65
4.3.	Selección de estrategias de medición	70
4.4.	Incertidumbre de los resultados	81
4.5.	Evaluación de la exposición a ruido e incertidumbre: calculadores del INSST	87
4.6.	Comparación de los resultados obtenidos con los valores de referencia	88
4.7.	Informe de evaluación	89

05

CONTROL DE LA EXPOSICIÓN LABORAL AL RUIDO. IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS

5.1.	Introducción	91
5.2.	Programa de medidas técnicas o de organización	91
5.3.	Fases del programa	93
5.4.	Documentación del programa	110

06

EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA

6.1.	Normativa sobre equipos de protección auditiva	112
6.2.	Tipos de protectores auditivos	124
6.3.	Criterios de selección de protectores auditivos. Recomendaciones de uso	127
6.4.	Atenuación acústica de los protectores auditivos	134
6.5.	Métodos para la evaluación de la atenuación acústica de un protector auditivo	136
6.6.	Tiempo de utilización del protector auditivo. Eficacia de protección	141

07

VIGILANCIA DE LA SALUD

7.1.	Introducción	147
7.2.	Necesidad y obligatoriedad de la vigilancia de la salud	148
7.3.	Protocolo de vigilancia sanitaria específica de ruido	151

08

GESTIÓN DEL RUIDO EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

8.1.	Identificación de fuentes de ruido en obra	159
8.2.	Gestión antes del inicio de obra	166
8.3.	Gestión durante el transcurso de obra	167
8.4.	Formación	173
8.5.	Vigilancia de la salud	174

B

BIBLIOGRAFÍA

175

A1

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO 179

Medición de niveles de ruido en
el uso de equipos y maquinaria

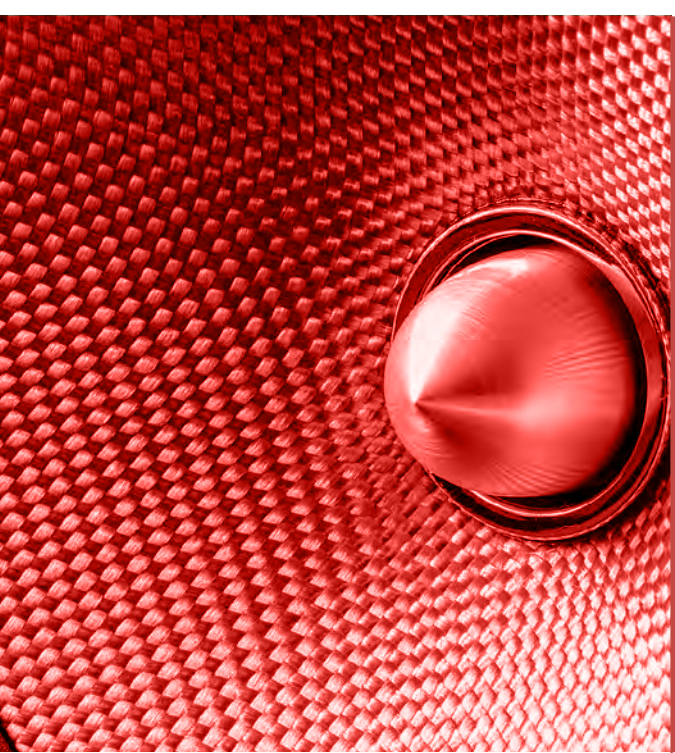
A2

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO 212

Medición de niveles de ruido
en obra de construcción

El presente manual ha sido desarrollado en el marco del Proyecto Nº: AS2018-0096 “Guía de medición de ruido en obras de construcción”, con la financiación de la Fundación Estatal para la Prevención de Riesgos Laborales F.S.P. (Convocatoria de asignación de recursos del ejercicio 2018). El contenido de dicho manual es responsabilidad exclusiva de la entidad ejecutante y no refleja necesariamente la opinión de la Fundación Estatal para la Prevención de Riesgos Laborales.

Reiterar nuestro agradecimiento a la UTE GLORIAS, formada por OHL, FCC y RUBAU, por colaborar en la ejecución de esta Guía.



01

SONIDO Y RUIDO. CONCEPTOS BÁSICOS Y EXPOSICIÓN

1.1. Introducción

1.2. Sonido y ruido

1.3. Contaminación acústica. Tipos de ruido

1.4. Conceptos básicos

1.4.1. Frecuencia (F)

1.4.2. Periodo (T)

1.4.3. Velocidad del sonido (c)

1.4.4. Longitud de onda (λ)

1.4.5. Intensidad (I)

1.4.6. Nivel de presión acústica (Lp)

1.4.7. Nivel de presión acústica ponderado “A” (LpA)

1.4.8. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A” ($L_{Aeq,T}$)

1.4.9. Nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$)

1.4.10. Nivel de exposición semanal equivalente ($L_{Aeq,s}$)

1.4.11. Nivel de pico (L_{pico})

1.4.12. Potencia acústica (Lw)

1.4.13. Índice de impulsividad (I_i)

1.5. Exposición al ruido

1.5.1. Datos de exposición en España

1.5.2. Datos de exposición en Europa y Estados Unidos

1.5.3. Datos de exposición a nivel mundial

1.1 INTRODUCCIÓN

Los seres humanos desarrollan su actividad profesional en un ambiente que puede deteriorar su estado de salud a corto, medio o largo plazo. La energía que les rodea en sus diversas formas: electromagnética (luz, rayos), calorífica (calor, frío), mecánica (ruido, vibraciones), puede dañar sus organismos.

Los sonidos forman parte de nuestra vida cotidiana, convivimos con ellos y, de alguna manera, se puede decir que son nuestros compañeros habituales. La mayoría de las veces estos sonidos se vuelven agresivos para las personas tanto en su ambiente laboral como extra laboral, lo que conlleva a que sean uno de los grandes contaminantes en la actualidad. Actividades extra laborales como escuchar música a gran volumen, usar herramientas en el ámbito doméstico o disparos con armas de fuego, pueden ejercer un efecto acumulativo sobre la pérdida natural de audición debida a la edad.

Consideramos el ruido en general como un sonido desagradable. Quizás sea uno de los riesgos laborales más extendidos a los que están expuestos los trabajadores (especialmente en construcción), sin embargo, suele pasar más bien desapercibido. Otros riesgos están mucho más considerados que el propio ruido, esto es debido a que los trabajadores no identifican al ruido como riesgo: no se hacen evaluaciones de riesgos o se hacen de manera errónea, no se descubre el daño en la fase de vigilancia de la salud. Una de las razones más comunes es la elevada tolerancia cultural al ruido tanto a nivel social como profesional, ya que los daños que se producen se manifiestan lenta y progresivamente.

La exposición de los trabajadores al ruido, ya sea de forma prolongada o breve a ruidos in-

tenso o a ruidos de impactos, provoca efectos nocivos en la salud de los trabajadores, principalmente pérdida en la audición, hipoacusia y otros múltiples efectos adversos tales como taquicardias, trastornos digestivos y del sueño, irritabilidad, fatiga psíquica, etc. siendo alguno de estos efectos irreversibles. El problema principal de la hipoacusia, aparte del hecho de la propia pérdida de audición en sí, es que es un proceso gradual, progresivo e indoloro.

Conviene recordar que la pérdida auditiva de un trabajador (ocasionada por niveles excesivos de ruido en el centro de trabajo) está incluida en el cuadro de enfermedades profesionales del sistema de la Seguridad Social (Real Decreto



1150/2015 de 18 de diciembre, que modifica al Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro). La hipoacusia o sordera se considera una enfermedad profesional, ya en 2015 se comunicaron al sistema de la Seguridad Social español 780 casos¹ por tal motivo. Es una de las enfermedades profesionales más frecuentes y en la que el tiempo de exposición determina el alcance del daño. En Europa representa aproximadamente una tercera parte de las enfermedades de origen laboral, por delante de los problemas de la piel y el sistema respiratorio.

Se deben establecer mecanismos de concienciación sobre el problema del ruido. Es vital que trabajadores y empresarios pongan en práctica todos los medios a su alcance para tratar de eliminar los riesgos, y si no fuera posible, reducirlos a su nivel más bajo posible. Es imprescindible que dichos agentes conozcan la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y, de forma profunda, la normativa específica sobre el ruido.

Es muy importante el establecimiento de programas de conservación y mantenimiento auditivo en las empresas que eviten que los niveles de ruido elevado tengan un impacto negativo en la salud de los trabajadores. En estos programas se deben establecer responsables y recursos para llevarlos a cabo y se deben realizar las siguientes medidas:

- **Identificación de peligros y efectos auditivos.**
- **Evaluación de riesgos.**
- **Control de riesgo de ruido (medidas de control): eliminación, reducción y protección auditiva.**

- **Formación y educación.**
- **Vigilancia de la salud.**

Inicialmente hay que identificar y evaluar las actividades de la empresa que supongan un riesgo de exposición a ruido nocivo para la salud de los trabajadores, teniendo en cuenta la reglamentación y los niveles de exposición regulados por la normativa.

Una vez identificados los peligros y evaluados dichos riesgos, hay que establecer medidas para el control de la exposición de los trabajadores a niveles de ruido elevados. En la aplicación de estas medidas siempre se debe seguir la jerarquía de los principios de prevención: primero eliminación, segundo reducción y como último recurso, el uso de equipos de protección individual.

Si finalmente tenemos que optar por el uso de los equipos de protección auditiva, tendremos que realizar una selección de éstos en función de los niveles de exposición al ruido, del ambiente de trabajo y de los propios trabajadores.

Es fundamental que los trabajadores estén concienciados y dispongan de formación en el uso de los equipos de protección, ya que un uso inadecuado de éstos no les proporcionará la protección adecuada.

Es necesario que los trabajadores dispongan de una vigilancia de su salud y que se sometan a controles de salud periódicos que ayuden a determinar que las medidas que se han puesto en práctica son eficaces.

En resumen, reducir y controlar la exposición al ruido nos ofrece una oportunidad para mejorar nuestra salud y calidad de vida laboral y personal.

¹Fuente. Exposición combinada a ruido y agentes químicos. María Sánchez Fuentes y Manuel Bernaola Alonso. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSST.

1.2 SONIDO Y RUIDO

El sonido es un fenómeno vibratorio que, a partir de una perturbación inicial del medio elástico donde se produce, se propaga en ese medio, bajo la forma de una variación periódica de presión sobre la presión atmosférica, y que puede ser percibido por el oído. Las ondas vibratorias llegan a nuestro oído y son interpretadas como un sonido. Para describir correctamente un sonido es necesario precisar su nivel de presión acústica, su frecuencia y su duración.

El sonido puede desplazarse a través del aire, agua u otros materiales. Aumenta su velocidad de desplazamiento en materiales de gran densidad como el acero y el vidrio y se hace más débil a medida que se aleja de la fuente (ejemplo de una onda en el agua).

El ruido en general es un sonido desagradable, molesto e indeseado y es perjudicial para la salud. En él se integran dos componentes al mismo nivel de importancia: parte física (magnitud física perfectamente definida) y parte subjetiva.

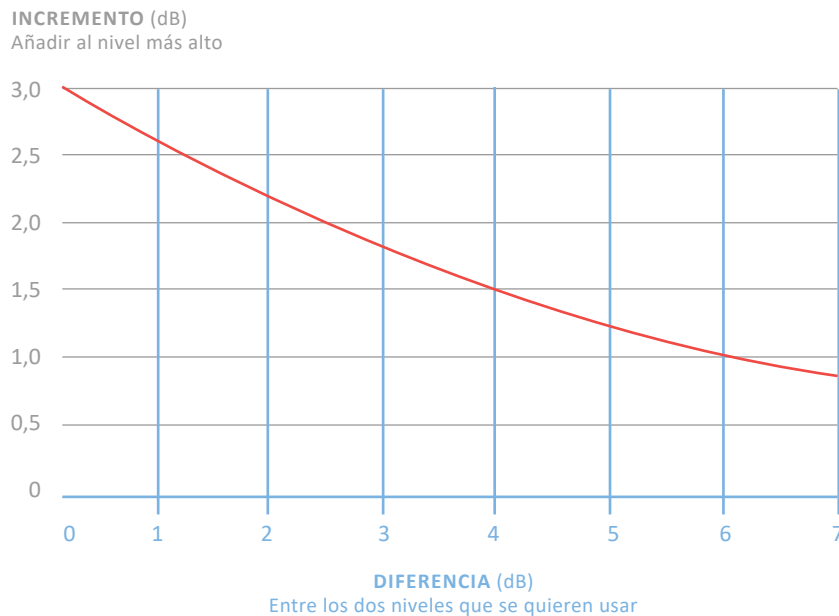
En el entorno de trabajo los sonidos generalmente proceden de varios focos emisores sin seguir una armonía, este sonido en global es lo que se conoce como el ruido. Según un criterio objetivo, el ruido es el sonido que es nocivo para la salud, puede producir pérdidas de audición e incluso interfiere de manera más o menos peligrosa en una actividad. Según vemos, podemos apreciar un elevado grado de connotación subjetiva a la hora de definir sonido y ruido. Si la percepción tiene connotaciones negativas, el sonido se convierte en ruido. Varias personas o incluso una misma persona en diferentes momentos o situaciones, pueden considerar un mismo sonido como agradable o desagradable en función de diversos factores.

La presión acústica (volumen o intensidad) es la variación de presión, en relación con la presión atmosférica, que se produce cuando una onda sonora se propaga en un medio elástico como el aire. Para que las variaciones de la presión puedan ser audibles por el ser humano, deben estar comprendidas en el rango de 20 y 200×10^6 Pa, lo que obligaría a utilizar para su cuantificación una escala de 10 millones de unidades, que resulta muy poco operativo. Para solucionar este problema se convierte esta escala en otra logarítmica, mediante una fórmula matemática, introduciendo el concepto de nivel de presión acústica, que se mide en decibelios (dB); así, se transforma la escala inicial en otra de 140 unidades en la que el umbral de detección (20 Pa) se hace corresponder a 0 dB y la máxima presión audible (200×10^6 Pa) corresponde a 140 dB, que a su vez es el umbral del dolor. Esto implica que un pequeño incremento en decibelios represente un gran incremento de energía sonora. Para entenderlo con un ejemplo, supongamos que en una obra en fase de movimiento de tierras trabajan dos máquinas excavadoras que emiten cada una de ellas 90 dB, si se pusieran en funcionamiento a la vez, el nivel de presión acústica sería el doble que si funcionara solo una de ellas, sin embargo el nivel de ruido en decibelios solo se incrementaría en tres unidades. Un incremento de tres decibelios significa pues duplicar la energía sonora.

La suma de niveles de presión acústica mediante la gráfica, consiste en sumarle al mayor, la ordenada correspondiente a la diferencia entre los niveles a sumar.



Suma de decibelios



Como podemos observar, el comportamiento del oído humano se asemeja más a una función logarítmica que a una función lineal. Es capaz de percibir y soportar sonidos que corresponden a niveles de presión sonora entre los siguientes intervalos: 0 y 140 dB. Niveles de ruido superiores pueden producir daños físicos en el oído.

Podemos afirmar que el nivel de presión acústica de un sonido es proporcional a la energía que somos capaces de poner en juego. Cuanto mayor sea la energía, existirá un mayor peligro potencial para la salud. Los daños para la salud auditiva no son consecuencia de la percepción, sino de la intensidad de los niveles.

1.3 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA. TIPOS DE RUIDO

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido define “contaminación acústica” como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. Esta normativa no es referente a salud laboral y por tanto no es de aplicación a los trabajadores y trabajadoras.

Esta Ley tiene por objeto la regulación de la contaminación acústica para evitar y, en su caso, reducir, los daños que pueda provocar en la salud humana, los bienes o el medio am-

biente. Incluye el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales como los descritos en el anexo I de la Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Un ejemplo común de ruido ambiental es el que se produce en las aulas de cualquier colegio, instituto, etc. en la que existe un nivel de ruido medio de 55 dB(A), el profesorado tiene que elevar dicho nivel 15 dB para que los asistentes puedan escucharlo. La intensidad fisiológica de la voz se sitúa en 65 dB(A), hablar cuando el ruido ambiental supere los 66 dB(A) ya supone un esfuerzo potencialmente peligroso para las cuerdas vocales.

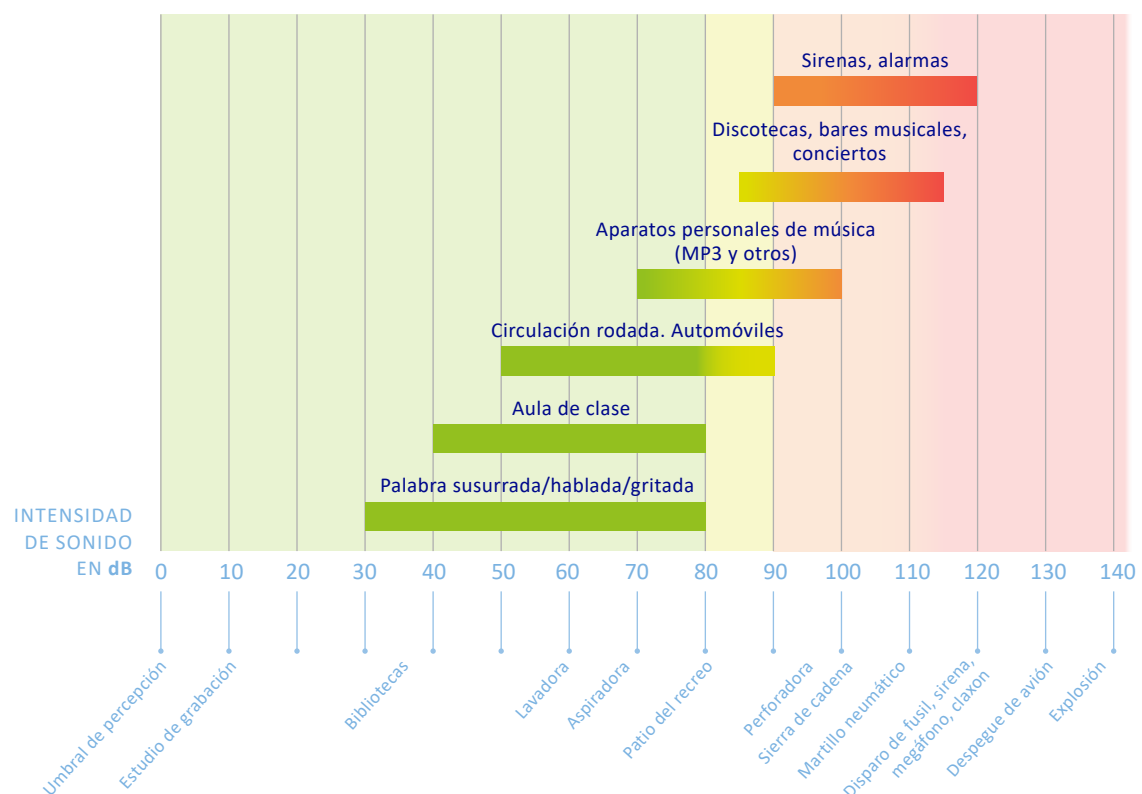
El transporte, la construcción de edificios, las obras públicas y la industria son las causas

principales de la contaminación acústica. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera cualquier sonido superior a los 65 dB como contaminación acústica.

Las actividades de construcción de cualquier índole (vivienda, edificación vertical, industrial, etc.) son las fuentes de contaminación auditiva más comunes y generan un efecto negativo para los seres humanos.

La contaminación acústica está generada principalmente por los procesos constructivos, especialmente por el uso de maquinaria pesada (ver cuadro niveles de presión sonora). Ejemplos de lo anterior son el uso de pequeñas y medianas herramientas: taladro, radial, martillo neumático, etc. y el uso de grandes máquinas empleadas en las obras de construcción: pilotadora, bulldozer, retroexcavadora, etc.

Contaminación acústica. Valores de intensidad de sonido



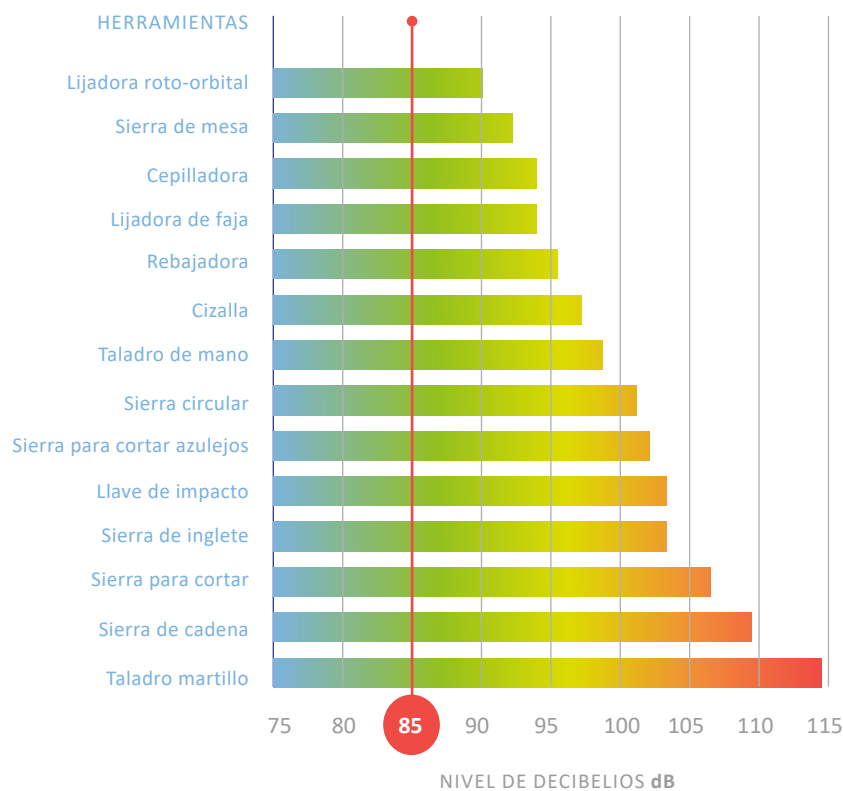
Cada vez juega un papel más importante la tecnología aplicada en la maquinaria empleada en las obras de construcción, se invierte más en diseñar máquinas que sean capaces de generar un menor ruido cuando están en funcionamiento, lo que proporcionalmente reduce la contaminación acústica en la construcción.

Con respecto a este punto, la normativa española sobre emisión de ruidos en máquinas (Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas) incluye:

- La exigencia de diseñar y fabricar las máquinas más silenciosas con la evolución de la técnica y la inclusión de medios de reducción del ruido fundamentalmente en la fuente de emisión.
- La exigencia de informar sobre el ruido aéreo emitido por la máquina.

La Directivas Europeas 2000/14/CE de 8 de mayo de 2000 y la Directiva 2005/88/CE de 14 de diciembre de 2005 (modifica la anterior), fueron traspuestas a la normativa española a través del *Real Decreto 212/2002 de 22 de febrero y su modificación con el Real Decreto*

Gráfico del sonido



110 dB

La exposición regular superior a un minuto puede implicar la pérdida de audición permanente.

100 dB

No es recomendable exponerse más de 15 minutos sin protección.

90 dB

La exposición prolongada a cualquier ruido por encima de 90 dB puede causar una pérdida gradual de la audición.



524/2006 de 28 de abril, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

La Directiva Europea 2003/10/CE de 6 febrero de 2003, de inmisión sonora (incide en el efecto que produce la exposición al ruido en el trabajador, las condiciones del entorno, distancia de la fuente al puesto de trabajo, tiempo de exposición del trabajador y movilidad del mismo) fue transpuesta a la normativa española con el RD 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

Algunas de las soluciones prácticas al riesgo de contaminación acústica son las siguientes:

- Identificar los focos de ruido y controlar su emisión.
- Solicitar certificados de emisión sonora.
- Instalación de barreras de sonido en los focos de ruido.
- Aislamiento de las edificaciones y colocación de pantallas.
- Compra de equipos cuyos fabricantes apliquen técnicas de reducción sobre la emisión de ruidos, etc.

Tipos de ruido

Los ruidos pueden clasificarse de varias maneras: por su naturaleza, por su nivel sonoro, por su dinámica temporal, etc.

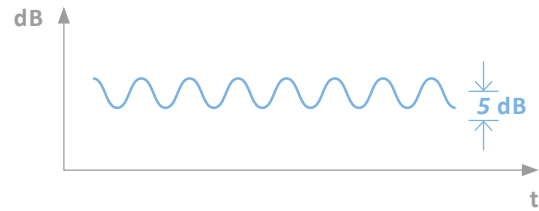
De acuerdo a su dinámica temporal, situación más relevante, se pueden distinguir los siguientes tipos de ruido:

- **Ruido constante o estable:** aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (LpA) (que se explica más adelante) permanece esencialmente constante o estable. La diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es inferior a 5 dB. Este tipo de ruido suele darse en cadenas de producción continuas.

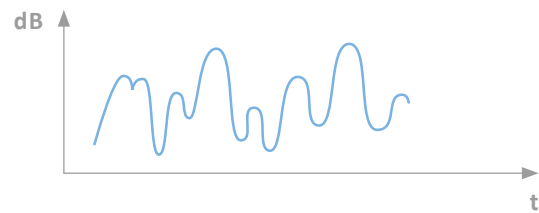
- **Ruido intermitente:** en este caso es interrumpido por periodos de silencio. Se genera principalmente en trabajos que se desarrollan en exteriores.
- **Ruido variable aleatorio:** aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de nivel de presión acústica ponderada A (LpA) es superior o igual a 5 dB. Varía aleatoriamente a lo largo del tiempo.
- **Ruido variable periódico:** aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA sea superior o igual a 5 dB y sea de cadencia cíclica. Su intensidad varía a lo largo del tiempo de forma periódica. Generalmente son ruidos provocados por máquinas programadas para realizar trabajos cíclicos.
- **Ruido de impacto o de impulso:** su nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo. El tiempo transcurrido entre máximos consecutivos ha de ser igual o superior a un segundo. Se genera en operaciones con martillo neumático, pilotaje, voladura, etc.

Tipos de ruido

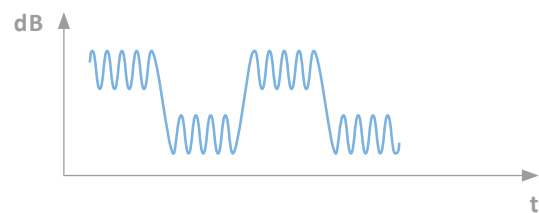
CONSTANTE O ESTABLE



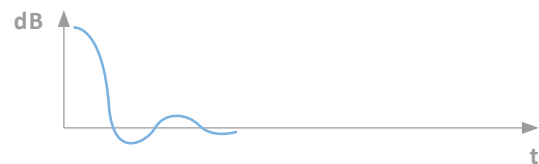
VARIABLE ALEATORIO



VARIABLE PERIÓDICO



DE IMPACTO O DE IMPULSO



1.4 CONCEPTOS BÁSICOS

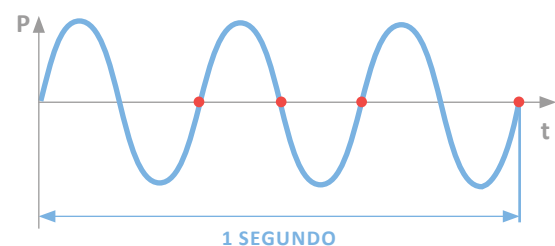
1.4.1 FRECUENCIA (f)

Es el número de variaciones de presión en un segundo, o bien el número de oscilaciones completas en una unidad de tiempo. Su unidad de medida es el Hertz (Hz), que equivale a un ciclo por segundo.

Su expresión es: $f=1/T$, donde "T" es el periodo de la onda (tiempo necesario para cumplir un ciclo), se expresa en segundos.

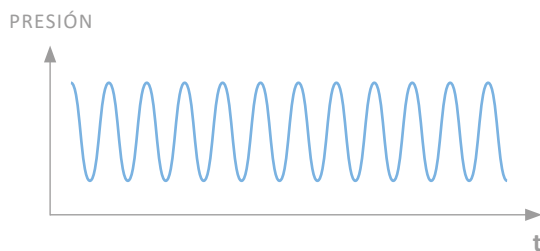
La frecuencia determina el tono de un sonido, altas frecuencias se asocian a tonos agudos (vibración rápida) y bajas frecuencias se asocian a tonos graves (vibración lenta).

Frecuencia: representación gráfica

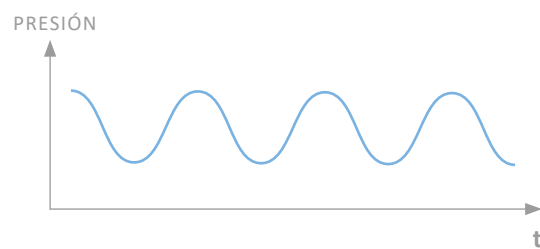


El oído humano sólo percibe los sonidos cuyas frecuencias se encuentran en el intervalo entre 20 y 20.000 Hz. Los infrasonidos se encuentran por debajo del límite inferior de percepción y por encima de dicho umbral se sitúan los ultrasonidos. El rango audible en humanos se sitúa en el intervalo entre 20µPa y 200Pa, siendo el límite umbral 0 dB y el límite de dolor 140 dB.

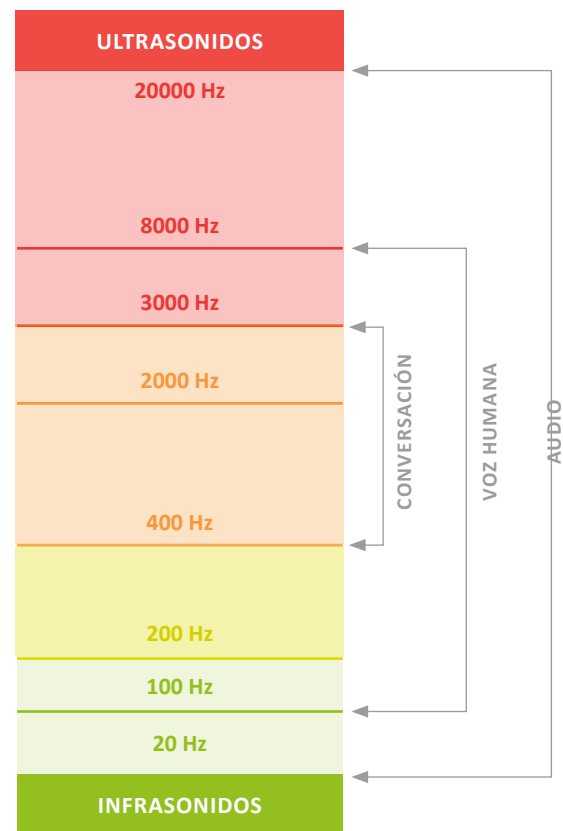
Representación gráfica de un sonido agudo



Representación gráfica de un sonido grave



Rango de frecuencia

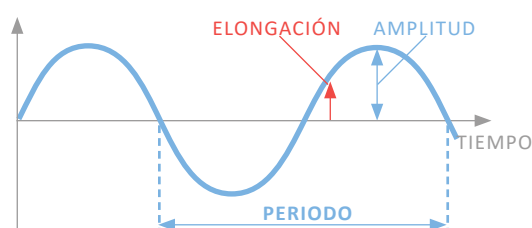


1.4.2 PERIODO (T)

Se define como el tiempo que tarda en producirse un ciclo completo de la onda sonora. La unidad de medida es el segundo. Por tanto se trata de la inversa de la frecuencia.

Su expresión es: $T = 1/f$, donde "f" es la frecuencia.

La elongación es el valor de la perturbación en un instante y la amplitud es el valor máximo de la perturbación.



1.4.3 VELOCIDAD DEL SONIDO (c)

Es la velocidad a la que se propaga la onda acústica en un medio elástico. Variará su velocidad dependiendo exclusivamente de las condiciones físicas y químicas del medio en el que se propague. Se mide en metros/segundo.

En el aire, con presión igual a 1 atmósfera y una temperatura de 20°C, el sonido alcanza una velocidad de 340 m/s. Ejemplos de velocidades en otros medios son los siguientes: agua (1450 m/s), hormigón (3100 m/s), ladrillo (3700 m/s), aluminio (5200 m/s), vidrio (5500 m/s).

1.4.4 LONGITUD DE ONDA (λ)

Es la distancia entre dos puntos análogos en dos ondas sucesivas, o la distancia de un ciclo completo de una onda desde su inicio hasta su final. Se mide en metros. Depende del periodo, de la frecuencia y de la velocidad del sonido.

Una longitud de onda elevada caracteriza a los sonidos graves. Por el contrario, conforme la longitud de onda sea menor, el sonido será mas agudo.

Su expresión es: $\lambda = c \times T$ ó $\lambda = c/f$, donde “c” es la velocidad del sonido, “T” es el periodo y “f” es la frecuencia.

1.4.5 INTENSIDAD (I)

Es la cantidad de energía que atraviesa por segundo la unidad de superficie situada perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda sonora. Esta unidad nos permite diferenciar los sonidos fuertes de los débiles, siendo proporcional al cuadrado de la amplitud de onda. Se puede medir en ergios/cm² (sistema CGS), o medir en W/m² (sistema S.I.).

Nivel de Intensidad Acústica (L_I)

Se define con la siguiente expresión:

$$L_I = 10 \times \log (I/I_0),$$

donde:

“I” es la intensidad acústica considerada, en W/m²

“ I_0 ” es la intensidad acústica de referencia, que se establece en 10^{-12} W/m²

Se mide en decibelios (dB).

Es importante definir el concepto de reverberación desde un punto de vista ergonómico, pues va a influir en el grado de bienestar acústico de los trabajadores. Cuando las ondas sonoras chocan contra un obstáculo, una parte es absorbida y otra parte se refleja, avanzando de nuevo con menor energía. Pueden volver

a chocar, perdiendo más energía y avanzando de nuevo. El sonido que recibe el trabajador será la combinación entre el sonido del choque inicial y los reflejos que se siguen produciendo, aunque el foco haya dejado de emitir.

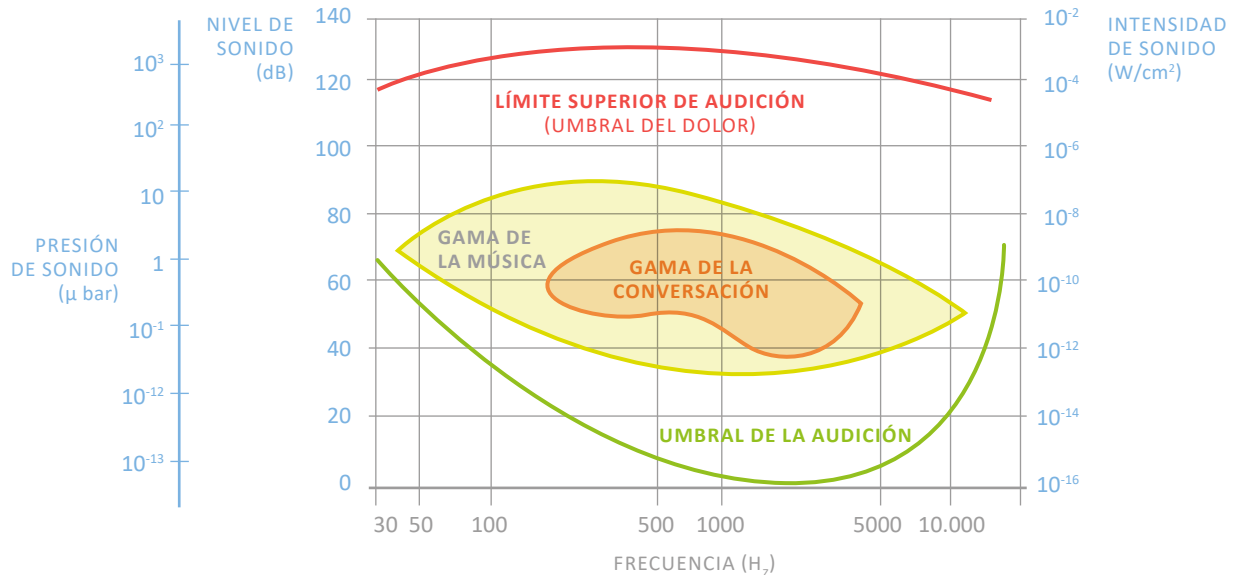
El tiempo de reverberación de un local, para una frecuencia dada, se define como el tiempo necesario (en segundos) para que el nivel de presión acústica disminuya 60 dB una vez suprimido el foco que lo originó. Este tiempo va a depender de la geometría del local, de sus materiales, etc. Si el tiempo de reverberación es muy prolongado se seguirán oyendo los sonidos anteriores cuando aparezcan los nuevos, provocando distorsiones que perjudican la inteligibilidad de la palabra. Además, tiende a producirse un aumento del nivel del ruido ambiente. Si el tiempo de reverberación es muy corto los sonidos suenan débiles, sobre todo si se está lejos de la fuente.

1.4.6 NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA (L_p)

Las ondas sonoras, al transportar energía acústica, provocan una variación de la presión respecto a la presión atmosférica existente. El parámetro fundamental para caracterizar el ruido es la presión acústica medida en pascuales (Pa) a la que está sometido un trabajador, que aporta una medida de la cantidad de energía asociada al ruido, y se define como la diferencia entre la presión instantánea P en el punto donde se encuentra el trabajador y la presión de referencia P_0 .

El umbral de audición humana se corresponde con la presión de referencia P_0 que por convenio se establece en 2×10^{-5} Pa para medios gaseosos. El umbral del dolor por su parte, es el nivel máximo de presión acústica que es capaz de percibir, y se establece en 200 pascuales. Como ya vimos anteriormente, para trabajar con valores más operativos se usa la escala logarítmica con la que se obtiene un valor adimensional, el decibelio (dB) y su intervalo comprende desde los 0 decibelios (umbral de audición) hasta los 140 decibelios (umbral de dolor).

Relación audición humana y presión acústica



El nivel de presión acústica (L_p) medido en decibelios (dB), está relacionado con la presión acústica por medio de la siguiente fórmula:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Donde “P” es la presión acústica existentes en pascals y “ P_0 ” es la presión acústica de referencia (2×10^{-5} Pa).

Espectro de frecuencia

El espectro de un ruido es una representación de la distribución de la energía sonora en función de la frecuencia. Un sonido puro es aquel que tiene una única frecuencia, pero lo más habitual es que un sonido esté formado por una frecuencia fundamental (tono) y un conjunto de frecuencias adicionales (timbre). A todo el conjunto de frecuencias que forma un sonido, con sus amplitudes correspondientes, se le denomina espectro.

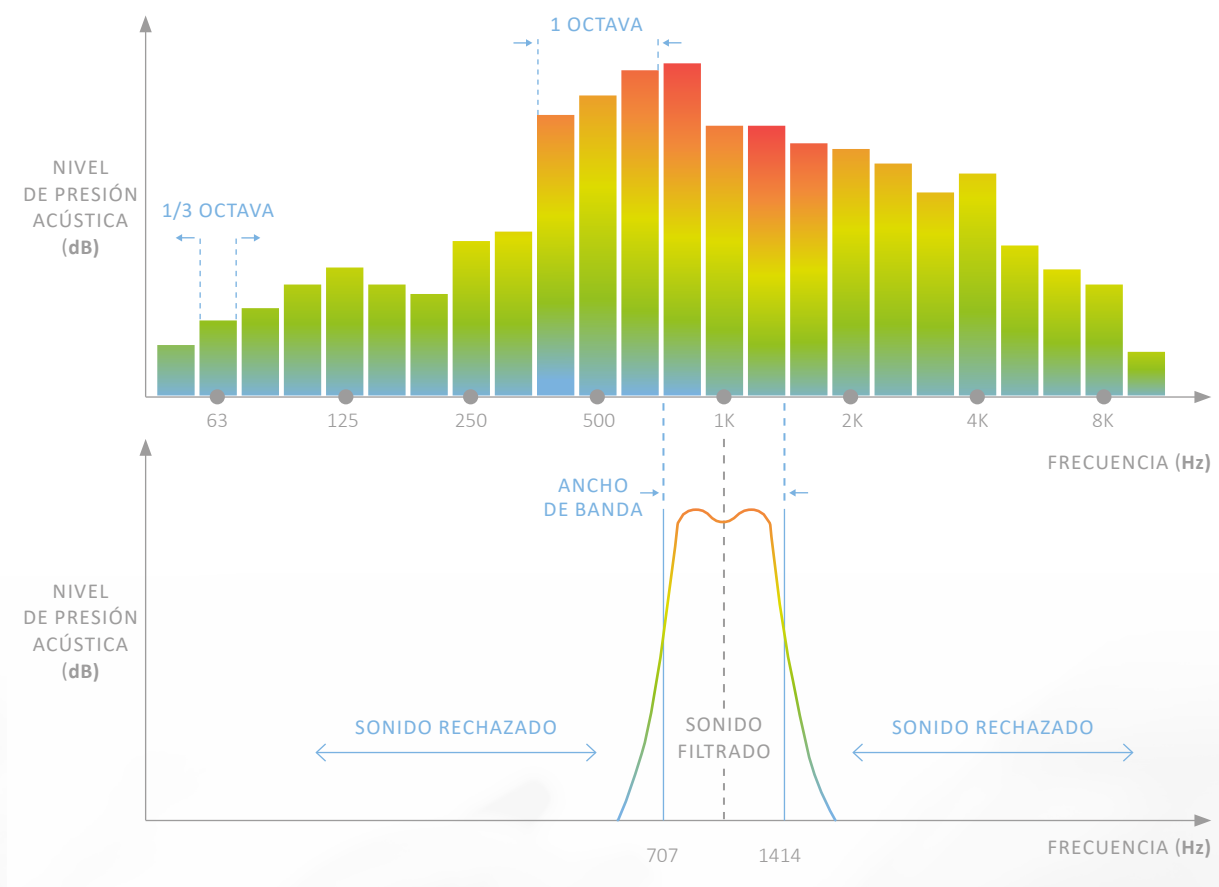
Con los instrumentos de medición de ruido (sonómetros integradores-promediadores y dosímetros personales) se puede obtener el nivel de presión sonora global.

El oído humano no tiene la misma respuesta a todas las frecuencias audibles y para poder hacer un estudio detallado del ruido que sufre un trabajador es necesario realizar un análisis en frecuencia, para lo que se divide el espectro de frecuencias en grupos de frecuencias o bandas, generalmente las denominadas bandas de octavas. Algunos de los instrumentos de medición anterior también miden el nivel de presión sonora por bandas de octava.

El espectro de frecuencias se divide en bandas de ancho proporcional que se miden con filtros que dejan pasar el ruido entre unas frecuencias máxima y mínima características.

Los filtros rechazan los ruidos con frecuencias por encima y por debajo de estos límites.

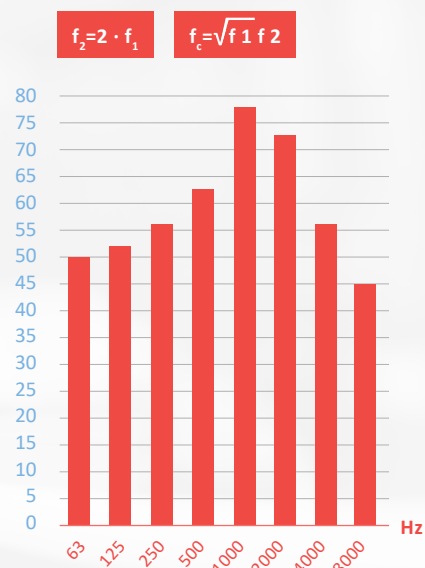
Formación de bandas de frecuencia



Frecuencias en bandas de octava

Frecuencia inferior	Frecuencia central	Frecuencia superior
22	31,5	44
44	63	88
88	125	177
177	250	354
354	500	707
707	1000	1414
1414	2000	2828
2828	4000	5657
5657	8000	11314

Bandas de octava



El ancho de banda del filtro es la diferencia entre la frecuencia superior y la inferior ($W = f_2 - f_1$).

La frecuencia central del filtro es $f_c = \sqrt{f_1 \times f_2}$.

En el caso de filtro de octava, $f_2 = 2 \times f_1$

El nivel de presión acústica se calcula mediante el sumatorio de la contribución de la energía sonora en las distintas frecuencias usando la expresión:

$$L_{pA,Total} = 10 \log \sum_{n=1}^N 10^{\frac{L_{pA,n}}{10}}$$

Donde " $L_{pA, n}$ " es el nivel de presión acústica por banda de octava.

Un análisis del ruido por bandas de octava es útil para seleccionar de manera óptima un protector auditivo y para decidir la medida técnica necesaria con objeto de reducir el ruido generado por una máquina.

Escalas de ponderación

Permiten estimar el comportamiento del oído en función de las características del ruido al que esté expuesto, ya que dependiendo del nivel de presión sonora y su espectro frecuencial, éste puede atenuarlo o amplificarlo.

El oído humano reacciona de forma distinta a diferentes frecuencias, discrimina la frecuencia de la onda sonora (entre 20 y 20.000 Hz) y el nivel de presión acústica (entre 20×10^{-6} y 200 Pa). Esta discriminación no es lineal, es decir, el oído no se comporta igual frente a un aumento de presión sonora en las distintas frecuencias, sino que atenúa la sensación en las frecuencias de 20 a 1000 Hz (graves), amplifica entre 1000 y 5000 (agudas) y vuelve a atenuar a partir de 5.000 (muy agudas). Es decir, para una misma sensación sonora, se necesita más presión acústica a frecuencias bajas (< 1000) y altas (> 5000). Por esto, el ruido se mide utili-



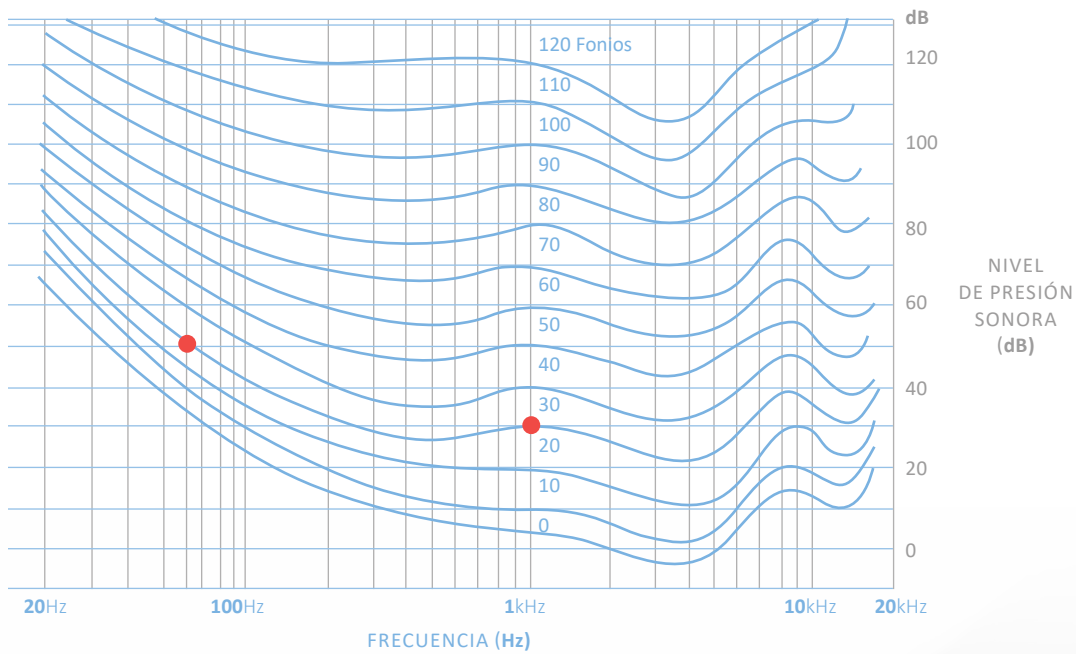
zando un dispositivo que permite determinar los niveles de presión acústica de forma similar a como los percibe el oído humano, es decir, se debe aplicar determinados "filtros de corrección" o lo que es lo mismo "escalas de ponderación". La escala "A" es la que empleamos principalmente para evaluar el ruido en los lugares de trabajo, por ser el que más se asemeja al comportamiento del oído.

Como podemos observar, los seres humanos no pueden oír todos los sonidos que les rodean, depende de las frecuencias, su intervalo de audición se sitúa en la franja comprendida entre los 20 Hz y los 20 kHz, fuera de estos límites se encuentran los infrasonidos y ultrasonidos.

Conservan una mayor sensibilidad sonora en la franja de los 2 kHz a los 4 kHz, localizándose la mayor parte del habla en el intervalo de los 500 Hz a los 4 kHz.

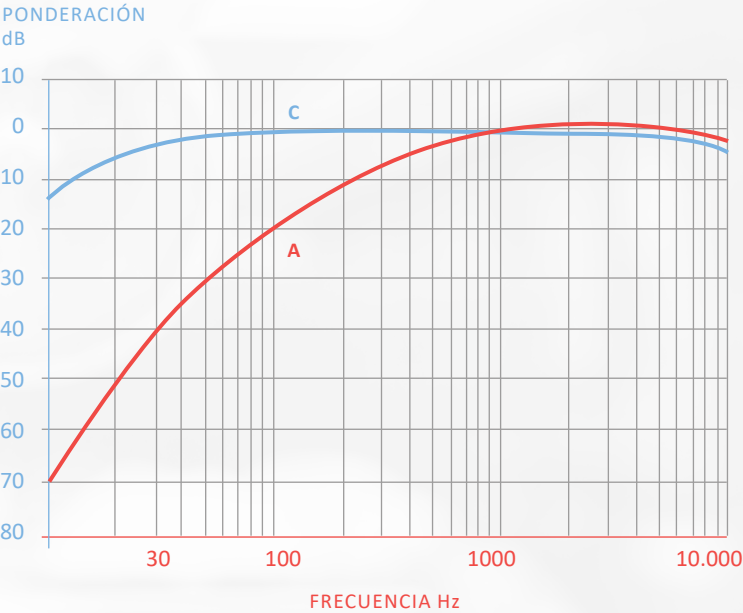
Las curvas de igual sonoridad de Fletcher y Munson estiman la relación correspondiente entre la frecuencia y la intensidad (en dB), de tal modo que cualquier punto de la curva tiene una misma sensación sonora.

Curvas de igual sonoridad de Fletcher y Munson



f Hz	A	C
31,5	-39,4	-3,0
63	-26,2	-0,8
125	-16,1	-0,2
250	-8,6	0
500	-3,2	0
1000	0	0
2000	+ 1,2	- 0,2
4000	+ 1,0	- 0,8
8000	- 1,1	- 3,0
16000	-6,6	- 8,5

Escalas de ponderación A y C



En el cuadro podemos observar que un nivel de presión sonora de 30 dB a 1000 Hz, equivale a un nivel de presión sonora de 50 dB a una frecuencia de 60 Hz.

A partir de las curvas de igual sonoridad, se establecieron las escalas de ponderación “A” y “C” que se emplean para aproximar la respuesta de los instrumentos de medición a las características de atenuación o amplificación del oído humano, ante los distintos niveles de presión sonora. La normativa establece que se aplique:

- La escala de ponderación “A” para el nivel de presión acústica continuo equivalente.
- La escala de ponderación “C” para el nivel de pico.

1.4.7 NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA PONDERADO “A” (L_{pA})

La escala de ponderación “A” se usa para equiparar el posible daño en el oído en función de la distribución energética del nivel de presión sonora al que se esté sometido. Dependiendo de si las frecuencias predominantes son graves, medias o agudas, el oído amortiguará o incluso amplificará ese sonido.

Se determina así el nivel de presión acústica ponderado A (L_{pA}) como una medida de la capacidad del ruido de dañar permanentemente el oído humano, definido por:

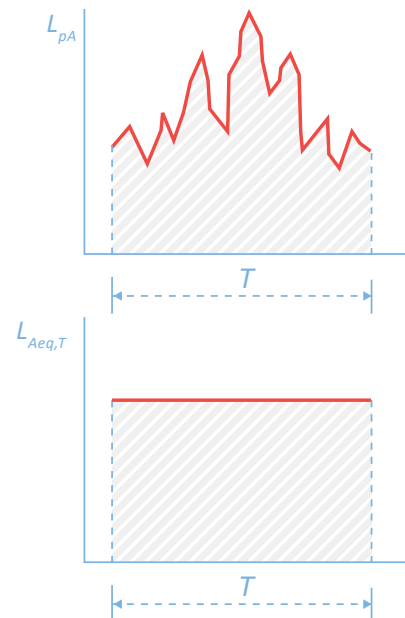
$$L_{pA} = 10 \log \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2$$

Donde “ P_A ” es la presión acústica ponderada “A”, en pascles y “ P_0 ” es la presión acústica de referencia (2×10^{-5} Pa). La medida se expresa entonces en dB(A).

1.4.8 NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA CONTINUO EQUIVALENTE PONDERADO “A” ($L_{Aeq,T}$)

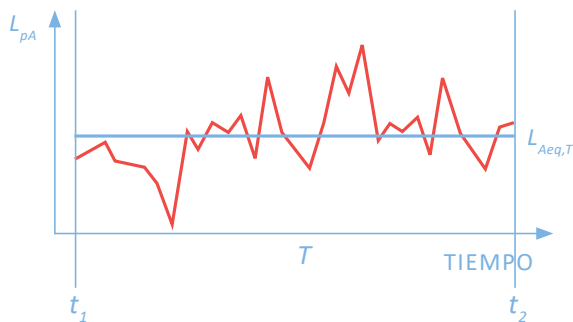
Para poder medir el ruido es necesario introducir un parámetro de medida que pueda considerar simultáneamente los ruidos estables y los variables. Asimismo, es necesario considerar de manera independiente los ruidos de impacto que pueda percibir un trabajador.

El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, ($L_{Aeq,T}$), es aquel nivel de ruido estable que posee la misma energía que el ruido variable en el periodo de tiempo estudiado.



Su expresión es la siguiente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \left[\int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right]$$



Donde:

“ $L_{Aeq,T}$ ” es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A;

“ T ” es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día;

El nivel de exposición diario equivalente, ($L_{Aeq,d}$), se calcula a partir de los niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados “A”, ($L_{Aeq,T}$), de las tareas que efectúa a lo largo de la jornada y la duración de éstas. Para ello, se utiliza la expresión:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{n=1}^N T_n \cdot 10^{0,1 L_{Aeq,T,n}}$$

Siendo:

$T=t_2-t_1$, es el tiempo de exposición del trabajador al ruido, en horas/día;

“ $P_A(t)$ ” es la presión acústica instantánea en pascas con el filtro de ponderación frecuencial “A”;

“ P_0 ” es la presión acústica de referencia (2×10^{-5} Pa).

Para evaluarlo es necesario que el instrumento de medida tenga capacidad de integrar la señal recogida.

Donde:

“ T_n ”, es el tiempo de exposición a cada tarea, en horas/día;

“ $L_{Aeq,T,n}$ ”, es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A correspondiente a cada tarea.

En la siguiente figura se muestran ruidos en diferentes periodos equivalentes a un ruido de 92 dB(A).

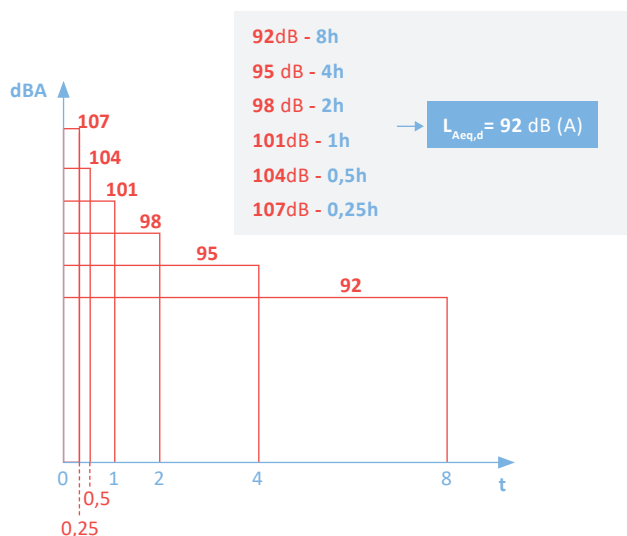
1.4.9 NIVEL DE EXPOSICIÓN DIARIO EQUIVALENTE ($L_{Aeq,d}$)

Es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A”, ($L_{Aeq,T}$), promediado a un tiempo de exposición de 8 horas.

Su expresión es la siguiente:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \left(\frac{T}{8} \right)$$

Equivalencias de ruidos



1.4.10 NIVEL DE EXPOSICIÓN SEMANAL EQUIVALENTE ($L_{Aeq,s}$)

Este nivel de exposición podrá utilizarse en lugar del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$), en aquellas circunstancias en las que sea posible justificarlo debidamente, siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos y para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra.

Hay dos condiciones indispensables para evaluar la exposición mediante este criterio:

- El nivel de exposición semanal al ruido obtenido mediante un control apropiado no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A). Se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.
- Si un $L_{Aeq,d} > 10$ dB que el $L_{Aeq,s}$, el método no es recomendable (ISO 1999:90)².

El nivel de exposición semanal equivalente ($L_{Aeq,s}$) vendrá dado por la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,s} = 10 \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=7} 10^{0,1 L_{Aeq,d,i}}$$

Siendo "i", el número de días de la semana al que está expuesto el trabajador al ruido (máximo es 7) y " $L_{Aeq,d,i}$ ", el nivel de exposición diario equivalente en el día "i".

1.4.11 NIVEL DE PICO (L_{pico})

En el caso de ruidos con impactos muy diferenciados (martillazos, disparos, etc.) la evaluación de la capacidad agresiva del ruido no puede lograrse con los valores anteriores. Es necesaria

la medición del nivel máximo de presión acústica instantánea alcanzada, con escala o filtro de ponderación C, que se debe incorporar al instrumento de medida.

Los niveles de presión acústica en pascales se convierten a niveles de presión acústica en decibelios mediante la expresión:

$$L_{pico} = 10 \log \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2$$

Donde:

" P_{pico} " es el valor máximo de la presión acústica instantánea a que está expuesto el trabajador, en pascales, determinado con el filtro de ponderación frecuencial "C".

" P_0 " es la presión de referencia, correspondiente al umbral de audición humana, es decir, 2×10^{-5} Pa. Las mediciones realizadas utilizando esta escala de ponderación se indican con la notación dB(C).

1.4.12 POTENCIA ACÚSTICA (L_w)

Siempre es importante tener conocimiento del ruido emitido por las máquinas, aparte de conocer la presión acústica a la que están sometidos los trabajadores. El nivel de potencia acústica es un parámetro que mide la forma en que es percibida la potencia acústica, es decir, el volumen.

Las personas no perciben de forma lineal el cambio (aumento/disminución) de la potencia conforme se acerca o alejan de la fuente. La percepción de la potencia es una sensación que es proporcional al logaritmo de esa potencia. Esta relación logarítmica es el nivel de potencia acústica:

² ISO 1999:1990 (E). "Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment". International Organization for Standardization, Genève, Suiza, 1990.

$$L_W = 10 \cdot \log \frac{W_1}{W_0}$$

Es la energía emitida por una fuente sonora en la unidad de tiempo. Se mide en vatios (W).

Como los valores de potencia son muy grandes y dispares, se introduce el término de potencia sonora en dB, respecto a una potencia de referencia $W_0 = 1 \text{ pW}$ (10^{-12} W).

Es un parámetro característico de cada fuente, independientemente de cómo o dónde se sitúe no dependiendo del entorno, ni de las dimensiones de máquina, ni de la distancia al puesto de trabajo. Para la medida del nivel de potencia acústica se pueden hacer las mismas consideraciones relativas a filtros de ponderación que las realizadas para el nivel de presión acústica.

1.4.13 ÍNDICE DE IMPULSIVIDAD (I_I)

Este índice se calcula cuando sea necesario conocer si un ruido contiene o no componentes impulsivos que resulten relevantes. Para llegar a esto, se compara para el mismo ciclo de funcionamiento:

- L_{Aeq} : nivel de presión acústica ponderada A, determinados con una constante temporal I (impulso)
- L_{Aeq} : nivel de presión acústica ponderada A.

Esta operación se tiene que repetir en posiciones distintas del micrófono y como mínimo en cinco ciclos de funcionamiento en cada posición.

El ruido es impulsivo si el valor medio del índice de impulsividad es mayor o igual que 3dB.



1.5 EXPOSICIÓN AL RUIDO

Como hemos podido observar, el ruido es uno de los contaminantes físicos más presentes en cualquier entorno laboral, especialmente en los países desarrollados. En España, el sector de la construcción es uno de los sectores productivos más ruidosos, los trabajadores, en general, perciben niveles de ruido dañinos que se sitúan por encima de los límites impuestos por la legislación, lo que a la larga puede provocar una pérdida de audición causada por exposición a ruido, convirtiéndose en una de las enfermedades laborales más comunes en la Unión Europea. La exposición a elevados niveles de ruido provoca daños auditivos como son pérdida de audición temporal o permanente, destacando por su gravedad, la hipoacusia. Pero también hay evidencias de efectos en la salud causados por niveles medios de ruido como problemas vocales, estrés, afecciones cardiovasculares y neurológicas.

El ruido, además, es uno de los factores que incrementa el riesgo de accidentes en el lugar de trabajo, al interferir en la comunicación. Los trabajadores con protectores auditivos pueden no ser capaces de escuchar las instrucciones verbales o señales acústicas de alarma.

1.5.1 DATOS DE EXPOSICIÓN EN ESPAÑA

VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. Realizada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En 2011 el INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo) realizó la VII Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo (VII ENCT), en la que se refleja que el 34,8% de los trabajadores en España indica que en su puesto de trabajo el nivel de ruido al que están expuestos es molesto, elevado o muy elevado. Este porcentaje de trabajadores es inferior al obtenido en

2007 (37,2%). Los trabajadores expuestos a un nivel de ruido elevado o muy elevado son el 10% del total, representando el 26,1% en Industria y el 21,8% en Construcción. La diferencia por sexo también resulta destacable ya que un 13,5% de los hombres están expuestos a estos niveles por un 6,1% de las mujeres.

De los trabajadores que se consideran expuestos a un nivel de ruido muy elevado (2% del total), el 42,3% refieren que es obligatoria la utilización de protectores auditivos en su puesto. Por su parte, de los trabajadores que se consideran expuestos a un nivel de ruido elevado (8% del total), el 32,4% manifiestan dicha obligatoriedad.

Según dicho informe, el 86,4% de los trabajadores encuestados señala que el problema de salud que padecen ha sido producido o agravado por el trabajo, asociándolo generalmente a trastornos musculoesqueléticos, cansancio, cefaleas, fatiga visual, ansiedad, etc. y, sin embargo, según el estudio, los mayores porcentajes de visitas al médico no se deben a estos problemas, sino más bien a aquellos que los trabajadores no relacionan tan frecuentemente con el trabajo, como son, entre otros, los problemas auditivos. Resultados como los obtenidos en la encuesta, ponen de manifiesto la consideración tradicional del ruido en el mundo laboral como un problema "light". No se suele tener tanta conciencia de los efectos nocivos del ruido como de otro tipo de contaminantes, al tratarse normalmente de efectos acumulativos en el tiempo, que no aparecen de una forma rápida. Esta falta de conciencia no es únicamente de los trabajadores, también de los sanitarios del servicio de salud pública, entre otros.

Gran parte de la presencia de niveles de ruido elevados en las actividades laborales se deben a la falta de conciencia social, tanto de la existencia del mismo como de los daños que pueden provocar en la salud.

Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo (6ª EWCS – España). Realizada por la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo.

Anuario Estadísticas Laborales, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2015

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de MTAS.

HIPOACUSIA O SORDERA POR RUIDO	
AÑO	TOTAL
2001	338
2002	369
2003	348
2004	490
2005	577
2006	578
2015	780

La 6ª EWCS-España se enmarca en la «6ª Encuesta Europea de Condiciones de Trabajo» (European Working Conditions Survey) realizada por la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo, a la que se ha añadido una muestra nacional que permite su análisis separadamente para España. La 6ª EWCS-España corresponde a la edición de 2015 de la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo.

Según la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo en España (6ª EWCS-España), en el año 2015 el 28% de los trabajadores estaban expuestos como mínimo en una cuarta parte de su tiempo de trabajo, a ruido fuerte (que obliga a levantar la voz para hablar a la gente).

En el año 2010, este índice se situaba en un 30% de los trabajadores, y en el año 2005 era de un 31%. Por lo que vemos, no ha habido cambios significativos en estos diez últimos años, la situación decrece, pero muy lentamente.

El desglose por sexo deja claro que los hombres están más expuestos a los riesgos físicos (ruido) que las mujeres, siendo las actividades que presentan mayores frecuencias de exposición a dichos riesgos las siguientes: construcción (63%), industria (45%) y agricultura (31%).

Por actividad, más de la mitad de los trabajadores de la construcción (55%) indica que su salud y seguridad están expuestas a riesgos debidos al trabajo.

En 2015 se comunicaron al subregistro de enfermedades no catalogadas como profesionales de la seguridad social española, 780 casos de hipoacusia³ o sordera profesional. Observando los datos, puede parecer un problema menor, pero en la práctica real tiene una influencia en la población del mismo orden que los trastornos musculoesqueléticos.

³ Fuente: Anuario de Estadísticas Laborales. La fuente de datos que utiliza el anuario es el parte de enfermedad profesional, que debe presentar el empresario cuando en su empresa haya sido diagnosticada una enfermedad como profesional. Se sabe que el actual sistema de declaración de la enfermedad profesional subestima ampliamente su incidencia, por lo que se espera una próxima reforma.



1.5.2 DATOS DE EXPOSICIÓN EN EUROPA Y ESTADOS UNIDOS

En Europa, uno de cada cinco trabajadores debe levantar la voz para ser escuchado al menos durante la mitad del tiempo que se encuentra en su lugar de trabajo, y un 7 % padece problemas auditivos relacionados con el trabajo⁴. Según los datos disponibles, la pérdida de audición provocada por el ruido es la enfermedad profesional más común en la Unión Europea⁵.

Esta enfermedad profesional es irreversible y supone una gran pérdida de calidad de vida en el ámbito personal y social. Su importancia viene dada por el hecho de que un 40% de los trabajadores expuestos a niveles de ruidos superiores a 90 dB(A), a los 65 años habrán sufrido pérdida de audición, de los cuales alguno tendrá sordera severa. La sordera inducida por ruido es compleja ya que se desarrolla lentamente y se diagnostica cuando el daño ya es irreversible: el aislamiento social y la limitación de la eficacia en el trabajo son los resultados de esta dolencia.

En Estados Unidos más de 9 millones de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles de ruido medio de 85 dBA. Existen aproximadamente 5,2 millones de trabajadores expuestos a niveles de ruido aún mayores en entornos de fabricación y empresas de agua, gas y electricidad.

El Departamento de Trabajo de Estados Unidos ha calculado que el 19,3 % de las personas que trabajan en los anteriores entornos se ven expuestas diariamente a niveles medios de ruido de 90 dBA o más, el 34,4 % a niveles superiores a 85 dBA, y el 53,1 % a niveles superiores a 80 dBA. Se ha calculado que, sólo en las industrias de fabricación, casi medio millón de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles medios de ruido de 100 dBA o más, y más de 800.000 a niveles de entre 95 y 100 dBA⁶.

1.5.3 DATOS DE EXPOSICIÓN A NIVEL MUNDIAL

En el año 2015 la Organización Mundial de la Salud indica que 360 millones de personas en todo el mundo sufren pérdidas de audición que les incapacitan para el desarrollo de su vida normal y profesional, lo que supone más de un 5% de la población mundial. Estima que para el año 2050 sean unos 900 millones de personas las que sufrirán una hipoacusia.

Aproximadamente, el 16% de estos casos se deben a la exposición de estas personas a niveles de ruido elevado en sus lugares de trabajo por periodos de tiempo prolongados, provocando que sea la segunda lesión más corriente relacionada con el lugar de trabajo.

Según la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el trabajo, 40 millones de trabajadores en el mundo están expuestos a ruidos elevados y 13 millones sufren problemas de audición pese a existir regulaciones normativas.

A nivel global, la pérdida de audición es la tercera enfermedad crónica más común después de la artritis y de la hipertensión, con un coste global estimado de unos 750 mil millones de dólares. Afecta a una de cada tres personas mayores de 65 años y se puede deber además de al ruido, a otros factores.

Esta pérdida auditiva puede comenzar a cualquier edad y comporta efectos nocivos en la vida cotidiana, el bienestar y la empleabilidad, lo que provoca que sea un problema global.

⁴ Cifras EU-15. Fuente: Work and health in the EU: a statistical portrait, Eurostat, ISBN 92- 894-7006-2.

⁵ Cifras EU-15. Fuente: Data to describe the link between OSH and employability 2002, Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, ISBN 92-95007-66-2.

⁶ Enciclopedia de seguridad y salud en el trabajo. Naturaleza y efectos del ruido. Alice H. Suter.



02

RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO. EFECTOS SOBRE LA SALUD

2.1. Fisiología del oído

2.2. Factores condicionantes del daño auditivo

2.3. Efectos sobre el organismo producidos por exposición al ruido

2.3.1. Efectos auditivos

2.3.1.1 Fases de la hipoacusia. Evaluación audiométrica

2.3.2. Efectos no auditivos

2.1 FISIOLÓGÍA DEL OÍDO

La función principal del oído es la de convertir las ondas sonoras en vibraciones que estimulan las células nerviosas, para ello el oído está compuesto por tres zonas con funciones bien diferenciadas. Estas partes están interconectadas y son el oído externo, el medio y el interno. Cada parte tiene unas funciones específicas dentro de la secuencia del procesamiento del sonido.

El oído externo

Se encarga de captar y dirigir las ondas sonoras desde el pabellón auditivo hasta el tímpano a través del conducto auditivo externo. Transforma pues las ondas producidas por variaciones de presión a vibración de la membrana del tímpano.

El oído medio

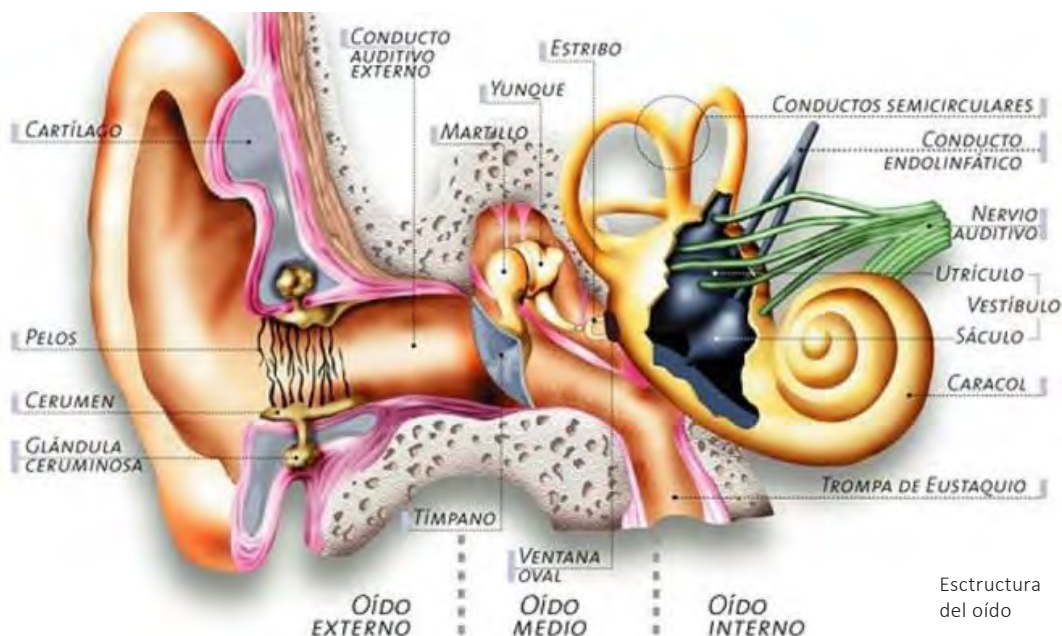
Las vibraciones del tímpano se amplifican y se transmiten hasta la ventana oval, a través de una cadena de huesecillos móviles denominados martillo, yunque y estribo.

El oído interno

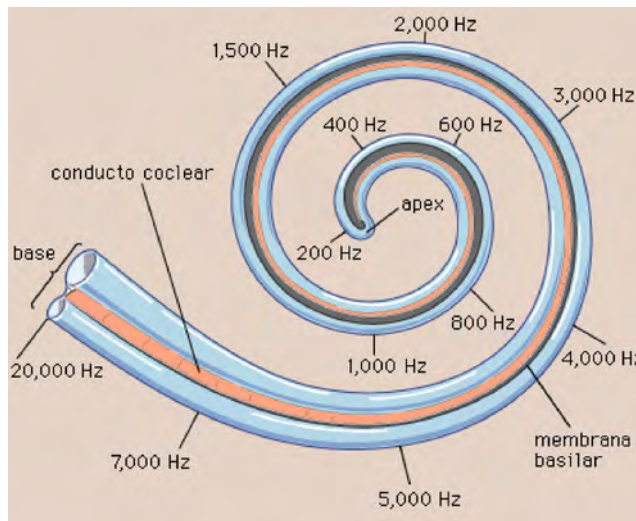
En él se encuentra la cóclea o caracol y las células ciliadas del órgano de Corti bañadas por un líquido. Estas células enlazan con las terminales nerviosas del nervio auditivo. En esta zona las vibraciones se convierten en impulsos nerviosos que el cerebro transforma en sensaciones auditivas.

Proceso de audición

Las ondas sonoras son captadas por el pabellón auditivo y llegan al tímpano. Las ondas son transmitidas mediante vibraciones a la cadena de huesecillos, que a su vez se mueven y transmiten esta vibración. Las ondas se transforman aquí en vibraciones mecánicas. Estas vibraciones llegan al caracol por medio de la ventana oval. En su interior existe un líquido que se mueve y estimula las células del órgano de Corti (estructura nerviosa). La vibración se convierte en un impulso eléctrico (estímulo nervioso). Las células de Corti enlazan con la red de nervios que llega a la superficie del cerebro. Es ahí donde se produce la interpretación de dicha señal.



Análisis de las frecuencias de sonido por la membrana basilar.



Las diferentes partes de la cóclea son sensibles a las diferentes frecuencias que podemos percibir. La parte más externa es más sensible a las frecuencias más altas, la zona intermedia a las frecuencias medias y la parte más interna a las frecuencias más bajas o graves. Está relacionado con la energía de las diferentes ondas y las frecuencias que primero se van perdiendo cuando se empieza a perder audición.

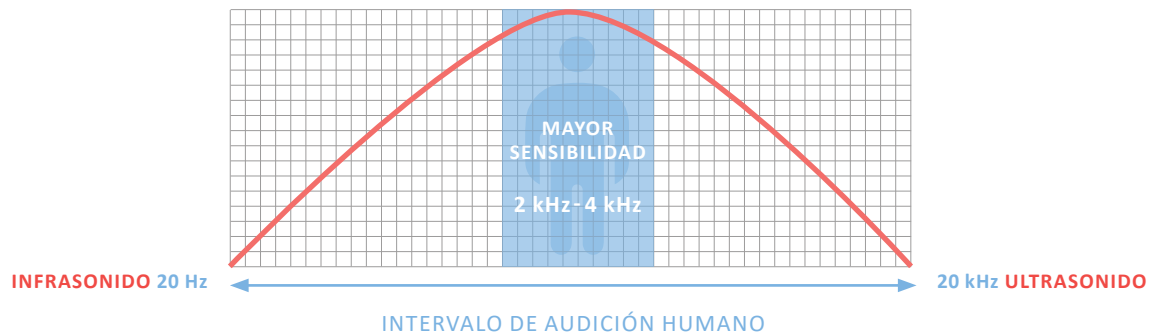
Por tanto, podemos decir que el oído transforma la presión en una señal eléctrica. El proceso de percepción de un estímulo sonoro se produce de manera que el oído interno transforma la señal física (mecánica) en una señal nerviosa. Esa señal se transmite por el nervio auditivo al cerebro donde se integra y se interpreta. En el oído interno existen conexiones nerviosas con el nervio auditivo y con otros sistemas como el límbico, neuroendocrino y sistema nervioso autónomo. Debido a estas conexiones de las vías acústicas con otros sistemas se producen los efectos extra-auditivos del ruido.

2.2 FACTORES CONDICIONANTES DEL DAÑO AUDITIVO

Intensidad o nivel del ruido

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, considera como perjudicial para los trabajadores permanecer en lugares de trabajo a niveles superiores de 80 dB (A) de Nivel Diario Equivalente (valor inferior de exposición que da lugar a una acción). A partir de dicho nivel hay que tomar medidas preventivas en las empresas. La lesión auditiva aparece por encima de los 80 dB (A) y la probabilidad de daño aumenta según aumenta la intensidad de ruido continuo diario equivalente y durante un número de años de exposición determinado.

Sensibilidad sonora



Frecuencia

Los sonidos más peligrosos para el oído son los de alta frecuencia (a partir de la frecuencia de 1.000 Hz). El oído humano es más susceptible a daño para ruidos comprendidos entre los 3.000 y 6.000 Hz.

Tiempo de exposición

El daño por ruido está relacionado con la duración del tiempo de exposición. En los primeros años de exposición la lesión se desarrolla y durante un tiempo, que puede variar según cada trabajador, la lesión se mantiene.

Edad y características personales

La lesión auditiva puede continuar aun después de cesar la exposición a ruido, aquí influyen otros factores que causan pérdida auditiva, como es la edad del trabajador (presbiacusia), que aparece con la edad. Parece que unas personas son más susceptibles (jóvenes) al ruido que otras, pero esto no está demostrado de manera científica.

Lo que sí está realmente probado es que conforme las personas envejecen pierden capacidad auditiva, comenzando la pérdida por las frecuencias más altas y continuando hacia las frecuencias bajas.

Naturaleza del ruido

La exposición a ruido en periodos de tiempo breves, siempre y cuando no sean muy intensos, se considera menos peligrosa. El oído genera una mayor protección a ruidos emitidos de forma constante que a ruidos de emisión tipo pulsante, debido a la amortiguación de los músculos del oído medio.

Otras características a considerar en el daño auditivo son las siguientes:

- Resonancias originadas por el ruido en el lugar de trabajo.
- Cuando el ruido aparece de forma espontánea, generalmente se relaciona con un mayor daño auditivo.
- Los ruidos armónicos son más nocivos.
- Los ruidos de banda estrecha (agudos) se consideran más peligrosos y provocan un mayor daño que los ruidos graves del mismo nivel.

Presencia de agentes contaminantes en el ambiente laboral

El ruido puede actuar sinérgicamente con otros contaminantes químicos y físicos presentes en

el lugar de trabajo multiplicando su acción nociva en el organismo. Debemos pensar en los efectos combinados del ruido sobre el trabajador, tanto auditivos como extrauditivos.

La exposición combinada al ruido, a las vibraciones y al calor puede influir en la pérdida de la capacidad auditiva de los trabajadores.

La exposición a sustancias ototóxicas (fármacos, agentes químicos) puede causar o incrementar la pérdida de capacidad auditiva en el puesto de trabajo. Dicha exposición puede afectar o dañar el oído interno produciendo una mayor susceptibilidad del trabajador al ruido ambiental. En estas situaciones se debe prestar una mayor atención y comprobar de nuevo la eficacia de las medidas preventivas, independientemente del nivel de exposición real (tanto a ruido como a agentes químicos), ya que los valores límite de exposición profesional no contemplan la exposición simultánea a ambos contaminantes. Se está evidenciando que hay trabajadores que no alcanzan el nivel de protección deseado si en un ambiente ruidoso se da también una exposición a sustancias ototóxicas.

Los efectos ototóxicos dan lugar a pérdidas auditivas o daños vestibulares. Las personas que lo sufren pueden sufrir vértigos, náuseas, vómitos y alteraciones del equilibrio. El daño no sólo se traduce en una pérdida de capacidad auditiva, reduciendo la percepción y volumen de los sonidos, sino también en una reducción de la capacidad de discriminar diferentes sonidos, oyendo distorsionado y a una intensidad inferior a la real.

Un oído debilitado por un agente ototóxico puede ser más vulnerable a la agresión sonora que la que produciría una exposición exclusiva a ruido.

La exposición a estas sustancias puede ser laboral (disolventes) y extralaboral (fármacos) y su acción puede provocar daños permanentes o temporales sobre la cóclea, actuando de forma sinérgica o potenciando los efectos del ruido.

En estas dos tablas se ofrece un listado de agentes químicos del sector constructivo y fármacos que han sido relacionados con el desarrollo de ototoxicidad en distintos estudios científicos y su lugar de acción.

Tabla de agentes químicos ototóxicos utilizados en el sector constructivo

Fuente: Guía Técnica Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo

FAMILIA DE COMPUESTOS	AGENTE	AFECCIÓN SOBRE
DISOLVENTES ORGÁNICOS	Tolueno Xileno Estireno Tricloroetileno	Cortex y Cóclea Nervio auditivo
METALES	Mercurio Manganeso Plomo Arsénico	Nervio auditivo
GASES	Monóxido de carbono Cianuro de hidrógeno	Nervio auditivo
SALES	Cianuros	Cortex

Tabla de fármacos con efectos ototóxicos

Fuente: Guía Técnica Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo

FAMILIA	FÁRMACO	AFECCIÓN SOBRE
ANTIBIÓTICOS AMINOGLUCÓSIDOS	Estreptomicina Dihidroestreptomicina Capreomicina Framicetina Neomicina Gentamicina Tobramicina Amikacina Netilmicina Espectinomicina Kanamicina Paromomicina	Cóclea y vestíbulo En algunos casos Nervio auditivo
ANTIBIÓTICOS MACROLIDOS Y AFINES	Eritromicina Azitromicina Claritromicina Clindamicina Lincomicina	Cóclea
ANTIBIÓTICOS GLUCOPEPTÍDICOS	Vancomicina Teicoplanina	Nervio auditivo y vestíbulo
OTROS ANTIBIÓTICOS	Minociclina Clorafenicol Cefalexina Teicoplanina	Coclear y/o vestibular
DIURÉTICOS	Furosemida Bumetanida Piretanida Torasemida	Cóclea
SALICILATOS	Ácido Acetil Salicílico Otros Salicilatos	Cóclea
ANTIMALÁRICOS	Quinina Cloroquina Hidroxicloroquina Y Primaquina Pirimetamina	Coclear y/o vestibular
CITOSTÁTICOS	Bleomicina Cisplatino Vincristina Misonidazol Carboplatino Ciclofosfamida Ifosfamida Metotrexato Dactinomicina Droloxifeno	Coclear y/o vestibular
BLOQUEADORES BETA	Propanolol Practolol	Coclear
ADRENÉRGICOS		
OTROS	Desferroxiamina Dextropropoxifeno Nortriptilina Imipramina Quinidina	Coclear y/o vestibular

En una fase inicial, los agentes ototóxicos actúan sobre las células ciliadas externas de primer rango, después afectan a las de segundo rango y finalmente a las de tercer rango. Las células ciliadas internas se ven afectadas en intoxicaciones severas.

2.3 EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO PRODUCIDOS POR EXPOSICIÓN AL RUIDO

2.3.1 EFECTOS AUDITIVOS

Según hemos podido comprobar, el daño que produce el ruido en el organismo humano depende del nivel de ruido y del tiempo de exposición. El efecto más conocido de la exposición al ruido es la sordera ocupacional, que es permanente e irreversible, es decir no tiene tratamiento.

La exposición al ruido afecta al oído y puede producir pérdida de capacidad auditiva, sordera, pitidos en los oídos, trauma acústico y shock acústico.

La pérdida de capacidad auditiva provocada por el ruido sigue siendo una de las enfermedades profesionales más comúnmente reconocida, viene acompañada a menudo de acúfenos o zumbidos en los oídos. El tinnitus se describe generalmente como un ruido de timbre o silbido que las personas perciben en sus oídos, puede ser un sonido continuo o intermitente y puede deberse a otras causas diferentes al ruido, como daño neurológico, infecciones del oído o alergias nasales. El tinnitus puede causar irritabilidad, fatiga y, a veces, incluso depresión clínica.

El daño principal producido por la exposición habitual de los trabajadores a ambientes ruidosos es la pérdida de audición, el ruido excesivo daña las células ciliadas de la cóclea (oído interno) y puede desembocar en sordera irreversible. Un ruido muy intenso (explosión) puede causar daños en el oído externo y en el oído medio.

Exposiciones cortas a niveles de ruido elevados, provocan zumbidos y sordera temporal, que desaparece a las pocas horas de cesar la exposición. Inicialmente, se produce la pérdida temporal de la percepción de algunos sonidos, tras dejar el trabajo, puede costar unas cuantas horas recuperarse, y puede ocasionar problemas sociales, porque al trabajador le puede resultar difícil escuchar lo que otras personas dicen o puede querer escuchar la radio o la televisión más altas que el resto de la familia, éste puede ser el primer indicio de una posible pérdida de audición.

Posteriormente, si continúa la exposición, se produce la pérdida total de la audición de determinadas frecuencias. Mayoritariamente, se dejan de percibir las frecuencias que se encuentran entre los valores de 4.000 Hz y acaban afectando las frecuencias de las conversaciones (500-2.000 Hz). Hablamos de hipoacusia ante la pérdida de la audición a causa de elevados niveles de ruido en el puesto de trabajo.

La experiencia muestra que el sentido del oído se degrada con la edad, incluso en ausencia de cualquier exposición adversa al ruido (pérdida de la audición relacionada con la edad, presbiacusia). No existe una regla que indique que el envejecimiento debe ir acompañado de pérdida auditiva, se puede esperar que las personas mayores tengan una menor sensibilidad auditiva, particularmente en frecuencias más altas. En este caso, el daño se puede encontrar principalmente en el oído interno. Además, el envejecimiento puede ir acompañado de rigidez del mecanismo del oído medio. Esto a su vez también tiene una influencia a bajas frecuencias.

Daños auditivos

Distinguimos dos tipos de daños auditivos en función de la persistencia del daño (daños temporales o permanentes) y en función de la reversibilidad, o no, de la alteración producida en el aparato auditivo.

a) Variaciones temporales del umbral: adaptación y fatiga.

Es una pérdida auditiva conductiva que afecta al oído externo y al oído medio. Ocurre cuando el sonido no llega a alcanzar la cóclea. Las causas más comunes de esta pérdida son:

- Obstrucción o taponamiento del canal auditivo generalmente por acumulación de cera.
- Acumulación de líquido en el oído medio.
- Cadena de huesecillos no organizados.
- Perforación del tímpano, etc.

Son pérdidas temporales que se recuperan con el tiempo.

Se consideran dos tipos de lesiones temporales en función del tiempo de duración de la exposición.

Adaptación

Tras un periodo prolongado de estimulación por presión sonora, se produce una atenuación de las sensaciones que dura un tiempo corto después de la sensación. Se produce en exposiciones superiores a los 40 dB de intensidad y que no alcancen intensidades muy elevadas que pueden producir una lesión o trauma del aparato auditivo. Es reversible y permite recuperarse.

Fatiga

Alteración de la sensibilidad debido a una estimulación intensiva que se prolonga durante un tiempo de minutos u horas. Es reversible, pero puede progresar a una variación permanente del umbral.

b) Variaciones permanentes del umbral.

Lesión aguda inducida por ruido (trauma acústico agudo) e hipoacusia o sordera inducida por el ruido. Son pérdidas auditivas neurosensoriales que afectan al oído interno. Las causas de estas pérdidas pueden ser:

- Envejecimiento.
- Enfermedades infecciosas.
- Problemas genéticos.
- Consumo de medicamentos ototóxicos.
- Exposición a altos niveles de ruido por periodos de tiempo prolongados.

Son pérdidas irreversibles en las que no se puede recuperar la audición normal. Existen dos tipos de traumas acústicos:



Trauma acústico agudo

Accidente agudo intensísimo que puede dar lugar a una deformación o lesión mecánica de la membrana basilar incompatible con la supervivencia de las células sensoriales. Afecta al oído externo y medio.

Es la consecuencia de una presión sonora de muy alta intensidad y, habitualmente, en breve espacio de tiempo. Como resultado, puede ocurrir una rotura de la membrana del tímpano y una destrucción de células ciliadas. Las células ciliadas se desprenden como resultado de un esfuerzo mecánico excesivo. Se puede producir una alteración permanente del umbral auditivo.

Existe un riesgo de choque acústico al exponerse a pulsos de ruido extremadamente altos, con niveles de presión de sonido máximos L_{pico} de 155 dB y más. Por ejemplo, disparos, explosiones o el estallido de una llanta de camión puede causar impulsos de ruido tan altos. Un solo evento de ruido de este tipo puede ser suficiente para crear un daño permanente en un oído no protegido. Este trauma produce una hipoacusia de transmisión y puede afectar a un solo oído.

Trauma acústico crónico: hipoacusia o sordera inducida por el ruido

Es la consecuencia de una exposición prolongada y repetida a estímulos sonoros de alta intensidad (> 80 dBA) durante años y que ocasiona una lesión y deterioro progresivo de las células sensoriales del Órgano de Corti.

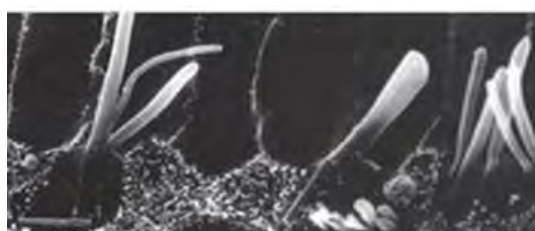
La sordera profesional es la consecuencia de una exposición a niveles altos de presión sonora, ocurre cuando se pierden las células sensoriales de la cóclea. El oído continuará recibiendo las ondas sonoras pero los mecanorreceptores están destruidos y no pueden convertir la onda mecánica en impulso nervioso para enviarlo al cerebro. Este tipo de trauma afecta al oído interno y puede afectar a ambos oídos.

Este trauma produce hipoacusia de percepción.

Células sanas. Mínima exposición a ruido



Células dañadas. Amplia exposición a ruido



Ante una exposición a altos niveles de ruido, los estímulos sonoros provocan un descenso de la sensibilidad de las células sensoriales auditivas, las células ciliadas del interior de la cóclea se afectan y con el paso del tiempo son destruidas por la presión mecánica. Estas células no se regeneran, lo que provoca que la pérdida de audición sea irreversible.

Los daños son proporcionales a la duración e intensidad de la exposición. Este proceso se produce de forma gradual, no es de carácter inmediato, lo que no permite reconocer de forma rápida este problema. Normalmente, cuando es preceptivo, las pérdidas auditivas son bastante importantes.

2.3.1.1 Fases de la hipoacusia. Evaluación audiométrica

La exposición habitual a intensidades de ruido superiores a 80 dB (A), si se mantiene durante un tiempo prolongado sin colocar la protección auditiva necesaria, evoluciona progresivamente a pérdidas auditivas cada vez más graves, produciendo una lesión definitiva del aparato auditivo.

La evolución audiométrica progresa en etapas que caracterizan el daño auditivo producido por exposición a ruido de origen profesional.

1ª FASE

Pérdida de audición de hasta 40 dB en la zona de 4.000 Hz, exclusivamente para los tonos agudos. Es recuperable al cesar la exposición y se corresponde con la variación de umbral que denominamos como “fatiga”. Ocurre en los primeros días de permanencia en ambientes ruidosos. Varía con la intensidad del ruido, el tiempo de exposición y descanso tras la exposición.

En un primer estadio, comienza a afectarse la zona de recepción alrededor de los 4.000 Hz. Esta es la zona más sensible, como explicábamos en apartado anterior. En esta fase, la pérdida puede alcanzar un déficit de umbral de hasta 40 dB. Se considera a esta fase como recuperable si se cesa en la exposición a altas presiones sonoras.

2ª FASE

Pérdida de 20-30 dB en la zona de 4.000 Hz (pero puede afectar a las frecuencias vecinas 3.000 y 6.000 Hz); recupera la caída en la frecuencia 6.000 Hz, es lo que llamamos escotoma traumático tipo 1, la capacidad conversacional queda intacta. La sordera está bien establecida.

Es frecuente que las frecuencias vecinas de 3.000 y 6.000 Hz estén también afectadas, observándose una pequeña caída en la gráfica. Las frecuencias conversacionales se encuentran conservadas.

Característicamente, la frecuencia de los 8.000 Hz se aprecia intacta. El daño audiométrico, con el paso del tiempo, progresará en profundidad, produciéndose mayores pérdidas de umbral en las frecuencias afectadas, y comienza, poco a poco, con el transcurso del tiempo, a afectar a las frecuencias vecinas, hacia los 2.000Hz. Se da comienzo a la afectación de las frecuencias conversacionales e iniciando la siguiente fase de daño audiométrico.

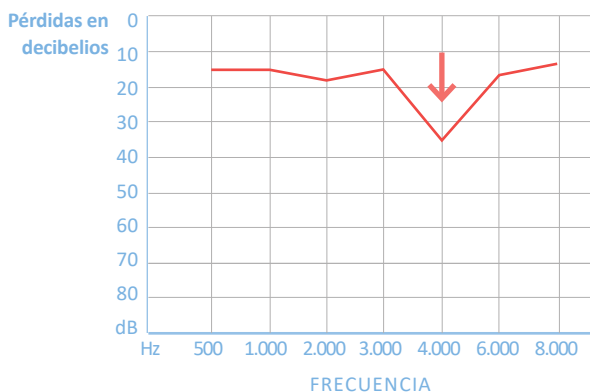
El daño auditivo en esta fase es ya irreversible. Esta fase se corresponde con la variación de umbral que hemos denominado anteriormente como “trauma acústico”.

3ª FASE

Ahora, el déficit auditivo que padece el trabajador es una sordera profunda. El escotoma ha progresado hasta los 60 ó 70 dB de pérdida en los 4.000Hz. Las frecuencias de agudos próximas a los 4.000 Hz se afectan definitivamente. La zona conversacional de la audiometría se encuentra afectada. Presenta dificultades para escuchar relojes y timbres.

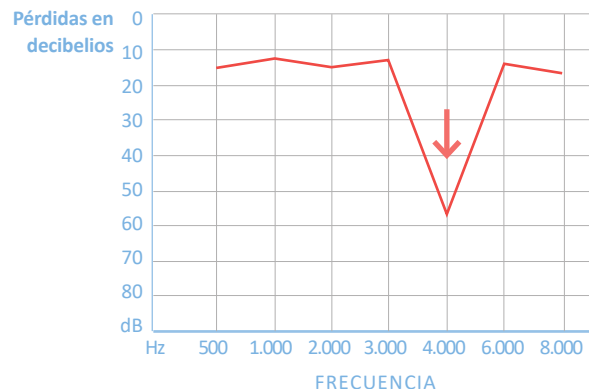
1ª Fase

Fuente: Protocolo vigilancia sanitaria ruido.
Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.



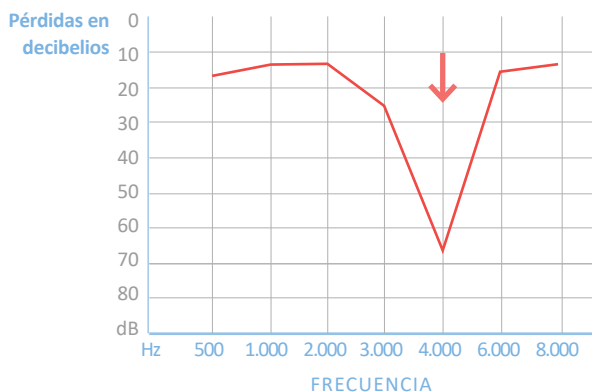
2ª Fase

Fuente: Protocolo vigilancia sanitaria ruido.
Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.



3ª Fase

Fuente: Protocolo vigilancia sanitaria ruido.
Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.



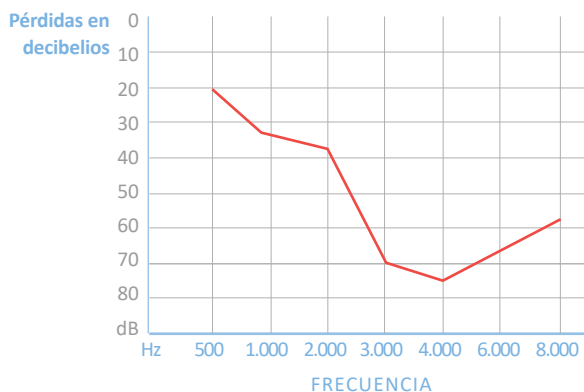
El individuo no logra oír bien, o no entiende o se hace repetir ciertos sonidos agudos. Sobre todo se nota dificultad de comprensión de la conversación cuando varias personas hablan a la vez. Aparecen síntomas como “pitidos” en los oídos y sensación de embotamiento en el oído. Las frecuencias conversacionales pueden estar más o menos conservadas. El escotoma se extiende hacia las frecuencias adyacentes y forma la llamada “cubeta traumática”. Las frecuencias vecinas de 3.000 y 6.000 Hz se dañan definitivamente. El individuo afectado tiene dificultades para oír sonidos agudos como los producidos por timbres y el despertador. El sujeto puede permanecer en esta fase entre 10 y 15 años.

4ª FASE

La disminución auditiva afecta a las frecuencias conversacionales: sordera social. La caída de la gráfica audiométrica en los 4.000 Hz, pasa a pérdidas superiores a los 70 dB y el daño alcanza, gravemente, a las frecuencias conversacionales, alcanzando a las frecuencias de 1.000 Hz y de los 500 Hz. La lesión celular del oído interno se evidencia con una gráfica audiométrica que presenta una forma de recta descendente y cada vez con una tendencia, con el paso del tiempo, a ser más aplanada, como se observará en las sucesivas audiometrías que se realicen al trabajador afectado. En esta fase final, las altas frecuencias de los 6.000

4ª Fase

Fuente: Protocolo vigilancia sanitaria ruido.
Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social.



y 8.000 Hz también están dañadas y caen profundamente en el dibujo de la gráfica audiométrica.

Con cierta frecuencia el individuo padece de trastornos del equilibrio y nistagmus.

Una serie de características de la hipoacusia por ruido son las siguientes:

- Tímpano: normal.
- Localización: bilateral (en el inicio de la enfermedad o en presencia de focos sonoros especiales se observan audiogramas asimétricos).
- Reversibilidad: irreversible.
- Rinne: positivo.
- Weber: se lateraliza hacia el oído más sano.
- Vía aérea: descendida.
- Vía ósea: descendida.
- Diferencia entre ambas vías: no existe (entre ambas vías descenso paralelo).
- Síndrome vestibular: puede existir.
- Síndrome neurológico: no.
- Acúfenos: pueden existir.

Tabla Grado de hipoacusia y repercusión a nivel de comunicación

Fuente: Protocolo vigilancia sanitaria ruido. Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social

GRADO DE HIPOACUSIA	UMBRAL DE AUDICIÓN	DÉFICIT AUDITIVO
Audición normal	0 - 25 dB	
Pérdida leve	25 - 40 dB	Dificultad en conversación en voz baja o a distancia.
Pérdida moderada	40 - 55 dB	Conversación posible a 1 o 1,5 metros.
Pérdida marcada	55 - 70 dB	Requiere conversación con voz fuerte.
Pérdida severa	70 - 90 dB	Voz fuerte y a 30 cm.
Pérdida profunda	> 90 dB	Oye sonidos muy fuertes, pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación.

2.3.2 EFECTOS NO AUDITIVOS

En la siguiente tabla se pueden observar distintos niveles de ruido que podemos encontrar en nuestra vida cotidiana y los posibles efectos a los que estamos expuestos tanto auditivos como no auditivos.

Si realizamos una comparación de los niveles de ruido anteriores con los niveles de ruido habituales que se originan en las obras de construcción (ver tabla siguiente), podemos extrapolar los efectos o consecuencias que pueden producirse en nuestro organismo.

EFECTOS AUDITIVOS	SONIDOS O RUIDOS	EFECTOS NO AUDITIVOS
Trauma acústico	Explosión: 140 dB	Reducción del campo visual Agresividad Alteraciones hormonales Alteraciones menstruales Alteraciones gastrointestinales Alteraciones respiratorias Problemas coronarios Alteraciones del sistema nervioso
Sensación de dolor	Despegue de avión a 50 metros: 125 dB	
Vértigos y tinnitus	Martillo neumático: 110-120 dB	
Pérdida auditiva	Discoteca: 100 dB	
	Motocicleta: 90 dB	
	Tráfico pesado: 80 dB	Perturbación del sueño
Interferencias en la comunicación	Gritos: 70 dB Conversación: 60 dB	
	Conversación voz baja: 40 dB	
	Umbral de audición: 0 dB	



Nivel de ruido de equipos empleados en obras de construcción

EQUIPO	dB
Martillo neumático	120-110
Perforador neumático	105-115
Sierra de cortar	100-110
Sierra industrial hormigón	99-102
Bulldozer	95-100
Allanadora	95-100
Grúa	93-100
Martillo	87-95
Niveladora	87-95
Retroexcavadora	85-95

La exposición al ruido tiene efectos en órganos y sistemas diferentes a los de la audición y, aunque no están cuantificadas las relaciones causa-efecto, pueden ser considerados como origen de problemas de salud. En algunos efectos la evidencia es suficiente y en otros la evidencia es limitada, se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Efectos no auditivos de la exposición al ruido

EFECTO			NIVEL DE PRESIÓN SONORA dB(A)
EVIDENCIA SUFICIENTE	Malestar	Ambiente de oficina	55
		Ambiente industrial	85
	Hipertensión		55-116
	Disminución de la capacidad auditiva	Adultos	75
		Feto	85
EVIDENCIA LIMITADA	Disminución del rendimiento		-
	Efectos bioquímicos		-
	Efectos sobre el sistema inmunitario		-
	Influencia en la calidad del sueño		-
	Disminución del peso al nacer		-

Fuente: Guía técnica Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo

En general, se pueden producir los siguientes efectos:

1. Efectos fisiológicos

Podemos encontrar efectos muy variados sobre los sistemas motor, vegetativo, endocrino, inmunario y neurológico del cuerpo humano. El ruido puede producir:

- **Efectos respiratorios:** aumento de la frecuencia respiratoria, que vuelve a su normalidad cuando cesa la exposición.
- **Efectos cardiovasculares:** existen pruebas de que la exposición al sonido tiene efectos sobre el sistema cardiovascular, provocando un aumento de la presión sanguínea y por consiguiente un aumento del ritmo cardiaco. Estos niveles en sangre están relacionados con el estrés. Se produce un aumento de la incidencia de trastornos como hipertensión arterial y arteriosclerosis.
- **Efectos digestivos:** aumento de la incidencia de úlceras gastroduodenales, aumento de la acidez, disminución de la actividad de los órganos digestivos, etc.
- **Efectos visuales:** alteraciones de la agudeza visual, del campo visual y de la visión cromática.
- **Efectos endocrinos:** modificaciones en el funcionamiento normal de diversas glándulas como la hipófisis, tiroides, suprarrenales, etc., produciendo variaciones en la concentración en sangre de las hormonas que segregan las mismas.
- **Efectos sobre el sistema nervioso:** alteraciones en el electroencefalograma, trastornos del sueño, cansancio, irritabilidad, inquietud e inapetencia sexual. Tiene especial importancia el efecto que produce el ruido en la disminución del grado de atención y en el aumento del tiempo de reacción, con lo que se favorece el aumento de los errores y de los accidentes de trabajo.

Algunos estudios ponen también de manifiesto una mayor agresividad y un aumento de los conflictos en ambientes ruidosos, sobre todo en aquellas personas que presentan problemas psicológicos previos.

- **Efectos sobre el embarazo:** la exposición de las embarazadas al ruido, ambiental y laboral, tiene relación con disminución de peso, aumento de mortalidad y mayor irritabilidad en el recién nacido, así como disminución de su capacidad auditiva.
- **Trastornos de voz:** aparición de disfonía en aquellos trabajadores que deben elevar la intensidad de la voz para poder mantener la comunicación verbal con otros. Algunos autores afirman que un ruido ambiental superior a los 66 dB(A), requiere un esfuerzo potencialmente peligroso para las cuerdas vocales.
- **Otros:** se ha indicado la relación entre exposición a ruido y neurinoma acústico (tumor benigno) y hay estudios que señalan que el ruido podría agravar los efectos de las vibraciones mano-brazo.

Estos efectos pueden interferir en muchas actividades del ser humano, provocando daños psicosociales como:

- **Calidad del sueño:** se producen alteraciones del sueño nocturno, hay perturbaciones del reposo y el descanso.
- **Disminución de la capacidad de concentración:** probabilidad de distracciones y posible descenso del rendimiento del trabajador.
- **Alteración de la comunicación verbal:** dificultad para comunicarse.
- **Malestar, ansiedad y estrés.** Generalmente, los trabajadores expuestos a ruido pueden quejarse de sufrir nervios, insomnio y fatiga (se sienten cansados siempre), a consecuencia del estrés que les supone la exposición al ruido. Se vuelven más irritables o depresi-

Protocolo de vigilancia sanitaria específica para los trabajadores expuestos al ruido

Fuente: Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social

SISTEMA AFECTADO	EFFECTO
Sistema nervioso central	Hiperreflexia y alteraciones en el EEG
Sistema nervioso autónomo	Dilatación pupilar
Aparato cardiovascular	Alteraciones de la frecuencia cardíaca, e hipertensión arterial (aguda)
Aparato digestivo	Alteraciones de la secreción gastrointestinal
Sistema endocrino	Aumento del cortisol y otros efectos hormonales
Aparato respiratorio	Alteraciones del ritmo
Aparato reproductor - Gestación	Alteraciones menstruales, bajo peso al nacer, prematuridad, riesgos auditivos en el feto
Órgano de la visión	Estrechamiento del campo visual y problemas de acomodación
Aparato vestibular	Vértigos y nistagmus

vos, lo que redunda en una pérdida de calidad de vida de las personas que lo sufren.

2. Estrés relacionado con el trabajo

El estrés relacionado con el trabajo rara vez tiene una sola causa y generalmente se produce por la interacción de varios factores de riesgo. El ruido en el entorno de trabajo puede provocar estrés, incluso a niveles muy bajos. Asimismo, el ruido genera irritabilidad, problemas de relación y se considera como un estresor laboral. El ruido causa molestias importantes a las personas, produce discomfort y dificulta la concentración.

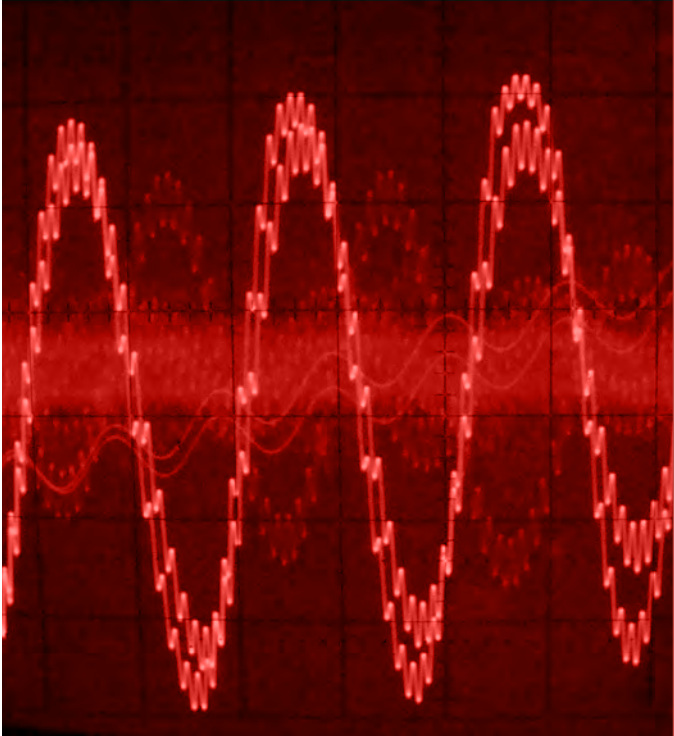
3. Aumento del riesgo de accidentes

Los niveles de ruido excesivos ocultan sonidos de advertencia y alarmas, ya que estos dificultan que el personal escuche y se comunique, lo que incrementa la probabilidad de que ocurran accidentes. Este problema puede verse agravado por el estrés relacionado con el trabajo. Cuando también impide la comunicación en los lugares de trabajo,

puede afectar a la seguridad, aumentando la probabilidad de errores o incluso impidiendo la percepción de señales auditivas de alarma (sirenas). El uso de protectores auditivos ha sido señalado como factor que puede incrementar el riesgo del trabajador de sufrir accidentes (por ejemplo, la señalización acústica que emiten los vehículos de obras cuando van marcha atrás, resultan ignoradas por trabajador/as con protectores). También puede ser causa de accidentes, al interferir en la comunicación, los trabajadores que utilizan protección auditiva pueden no oír las instrucciones orales y las advertencias acústicas.

En general, no hay una relación directa entre efectos extra-auditivos y niveles de exposición al ruido. Los niveles sonoros que dificultan la comunicación, realización de la tarea y provocan molestias son inferiores a 80 dBA.

Se recomienda no superar 55 dBA para trabajos de oficina con grandes exigencias de concentración y no superar los 65 dBA cuando sean trabajos de oficina mecanizados.



03

LEGISLACIÓN APLICABLE. NORMATIVA SOBRE EL RUIDO

3.1. Antecedentes

3.2. Marco regulatorio: principales referencias

3.3. Directiva de ruido 2003/10/CE. Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido

3.3.1. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción

3.3.2. Evaluación de los riesgos

3.3.3. Protección individual

3.3.4. Limitación de exposición

3.3.5. Formación e información de trabajadores

3.3.6. Consulta y participación de trabajadores

3.3.7. Vigilancia de la salud

3.3.8. Excepciones



3.1 ANTECEDENTES

La Constitución Española es la primera Ley en abordar la temática de la prevención de riesgos laborales con carácter general. En el apartado 2 de su artículo 40, indica que “los poderes públicos velarán por la seguridad e higiene en el trabajo y garantizarán el descanso necesario, mediante la limitación de la jornada laboral, las vacaciones periódicas retribuidas y la promoción de centros adecuados”.

En el artículo 43, se reconoce el derecho a la protección de la salud y se indica que las competencias en materia de tutela de la salud pública competen a los poderes públicos. Éstos deben organizar y tutelar la salud pública a través de medidas preventivas y de las prestaciones y servicios necesarios [BOE 1978].

En 1919, la OIT (Organización Internacional del Trabajo) establece un documento en el que expone la protección del trabajador frente a los riesgos de sufrir un accidente de trabajo o de padecer una enfermedad por consecuencia del mismo.

En 1971 la Ordenanza General de Seguridad e Higiene establece que los niveles de ruido en el puesto de trabajo no deben superar los 80 dB, sin que se precise si son niveles de ruido corregidos, si se trata de valores máximos, mínimos o puntuales, ni hace referencia al tiempo de exposición.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores ha sido objeto de diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985.

En el año 1986, se establece la Directiva 86/188/CEE del Consejo de 12 de mayo de 1986 relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos debidos a la exposición al ruido durante el trabajo. Fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre.

En el año 1989, la Directiva 89/391/CEE establece la aplicación de medidas para promover

la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo. Fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Ley 31/1995 de Prevención de riesgos laborales.

En el mismo año, se elabora la Directiva 89/686/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1989, sobre aproximación de las legislaciones de los estados Miembros relativas a los equipos de protección individual. Dicha directiva fue transpuesta a España mediante el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

Según lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y el capítulo II, sección 1ª del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, el empresario deberá realizar una evaluación de los riesgos basada en la medición de ruido a que se encuentren expuestos los trabajadores y para cada puesto de trabajo en concreto. La evaluación y las mediciones correspondientes serán realizadas por personal cualificado según lo indicado en el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

Todo empresario, según los artículos 15 y 16 de la Ley 31/95, de Prevención de Riesgos Laborales, está obligado a evaluar todos aquellos riesgos que no se hayan podido evitar y establecer medidas preventivas para reducirlos o controlarlos. Por lo tanto, es una obligación tipificar, mediante su evaluación, el riesgo por exposición a ruido.

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según el artículo 6 de la Ley, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, estableciendo las medidas mínimas que deben adoptarse para la

adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

La Directiva 89/656/CEE del Consejo de 30 de noviembre de 1989 establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual. Fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo.

El Real Decreto 245/1989 de 27 de Febrero, ya establece la determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria de obra (como moto-compresora, grúa torre, grupos electrógenos de soldadura y de potencia, martillos picadores, etc.). El Real Decreto 1435/1992 de 27 de Noviembre sobre seguridad en máquinas, reconoce que el ruido forma parte integral de la seguridad de las máquinas, las cuales deben estar diseñadas y construidas de manera que los riesgos derivados del ruido sean los menores posibles. El fabricante deberá realizar una declaración del ruido emitido.

En el año 1998, la Directiva 98/37/CE, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas, deroga a la anterior Directiva 89/392/CEE.

Las Directivas Europeas 2000/14/CE de 8 de mayo de 2000 y la Directiva 2005/88/CE de 14 de diciembre de 2005 (modifica la anterior), fueron traspuestas a la normativa española a través del Real Decreto 212/2002 de 22 de febrero y su modificación con el Real Decreto 524/2006 de 28 de abril, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

En el año 2003, la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, establece las disposiciones

mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido). Fue transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante el Real Decreto 286/2006 de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Este Real Decreto deroga al Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre.

La Directiva de máquinas 2006/42/CE de 17 de mayo de 2006 [34] establece los requisitos esenciales de seguridad y salud de las máquinas. Requiere una reducción técnica del ruido en la fuente y una declaración de emisión de ruido, que debe formar parte del manual de instrucciones y de los folletos técnicos utilizados para vender la máquina. El Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, transpone dicha Directiva a la normativa española.

En el año 2015, el Real Decreto 1150/2015, de 18 de diciembre, modifica al Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud el Trabajo (en adelante INSST) define la enfermedad profesional como: *“Aquel deterioro lento y paulatino de la salud del trabajador, producido por una exposición crónica a situaciones adversas, sean estas producidas por el ambiente en que se desarrolla el trabajo o por la forma en que este está organizado”*. La hipoacusia o sordera provocada por el ruido se encuentra en el cuadro de enfermedades profesionales dentro del grupo 2 (*“Enfermedades profesionales causadas por agentes físicos”*).

Con respecto al ruido en su modo ambiental, es decir, no circunscrito a ámbitos laborales,

nos encontramos con la Directiva 2002/49/CE, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. Transpuesta al ordenamiento jurídico español a través de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. El objeto de esta directiva es combatir el ruido que percibe la población en zonas urbanizadas.

La Ley 37/2003, de 17 de noviembre, es la normativa básica nacional que regula la contaminación acústica. Tiene por objeto prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente.

Existen otros documentos, que aunque no tengan carácter legislativo si tienen cierto carácter de oficialidad. El INSST publica una serie de Normas Técnicas de Prevención (NTP), que unifican criterios que no se encuentran suficientemente desarrollados en los anexos de los diferentes textos legislativos. Las NTP sirven de guías técnicas con las que llevar a cabo las acciones no suficientemente definidas en los documentos legislativos. Un listado no exhaustivo de ellas es el siguiente:

- **NTP-865.** Ruido en los sectores de la música y el ocio (II). Año 2010.
- **NTP-864.** Ruido en sectores de música y ocio (I). Año 2010.
- **NTP-795.** Evaluación del ruido en ergonómia: criterio RC MARK II. Año 2008.
- **NTP-794.** Evaluación de la comunicación verbal: método SIL (Speech Interference Level). Año 2008.
- **NTP-638.** Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos. Año 2003.
- **NTP-503.** Confort acústico: el ruido en oficinas. Año 1998.

La norma ISO 1999-90 recogida en la norma UNE-74023-91 estima la pérdida auditiva inducida por ruido en función de la edad y de los años de exposición.

UNE 74023:1992 “Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo y estimación de las pérdidas auditivas inducidas por el ruido”.

UNE-EN ISO 48692:1996 “Acústica. Protectores auditivos contra el ruido. Parte 2: Estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan protectores auditivos.”



3.2 MARCO REGULATORIO: PRINCIPALES REFERENCIAS

Las principales referencias normativas relativas al ruido y a las protecciones auditivas son las siguientes:

1. Directiva Marco 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo.

Está transpuesta en España través de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales. Es la regulación que da cobertura al resto de normativa relativa a la seguridad y salud de los trabajadores.

Esta Directiva establece los principios generales de prevención y obliga a los empleadores a garantizar un entorno laboral seguro. El empleador debe tomar las medidas necesarias para evitar riesgos y evaluar los riesgos que no se pueden evitar. Los trabajadores deben recibir información y capacitación y están sujetos a una vigilancia de salud adecuada.

2. Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).

Está transpuesta al derecho interno español a través del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Este real decreto define los requisitos mínimos de salud y seguridad con respecto a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados del ruido.

La presente Directiva sustituye a la anterior Directiva 86/188/CEE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido en el trabajo e introduce niveles de acción de exposición más bajos y nuevos valores límite para evitar la pérdida de audición de los trabajadores. Bajo la directiva actual, el empleador está obligado a evaluar y, si es necesario, medir la exposición al ruido de los trabajadores. Los valores de acción de exposición definidos requieren diferentes medidas preventivas cuando se superan estos valores. Los valores límite de exposición, después de tener en cuenta la atenuación de la protección auditiva, no deben superarse.

El Real Decreto 286/2006 deroga al anterior Real Decreto 1316/1989 sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a ruido. En el mismo se contienen las disposiciones encaminadas a evitar o reducir la exposición, de manera que los riesgos derivados de la exposición al ruido se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible e, incluye la obligación empresarial de establecer y ejecutar un programa de medidas técnicas y/o organizativas destinadas a reducir la exposición al ruido, cuando se superan los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.

3. Directiva 89/656/CEE del Consejo, de 30 de noviembre de 1989, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual.

Transpuesta a España mediante el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

4. Directiva 89/686/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1989, sobre aproximación de las legislaciones de los estados Miembros relativas a los equipos de protección individual.

Transpuesta a España mediante el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. Esta Directiva está derogada.

5. Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo (DOUE nº L 81 de 31/03/2016). Es aplicable a partir del 21 de abril de 2018.

El nuevo Reglamento establece los requisitos sobre el diseño y la fabricación de los equipos de protección individual (EPI) que vayan a comercia-

lizarse, para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los usuarios y establece las normas relativas a la libre circulación de los equipos de protección individual en la Unión.

El Reglamento (UE) 2016/425 sustituye al Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

En este tema expondremos con más detalle las directrices de la Directiva 2003/10/CE, dejando para el tema 6 (utilización de equipos de protección auditiva) la exposición del resto de directivas.

3.3 DIRECTIVA DE RUIDO 2003/10/CE. REAL DECRETO 286/2006, DE 10 DE MARZO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

En el ámbito de la Unión Europea, el artículo 137.2 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea establece como objetivo la mejora, en concreto, del entorno de trabajo, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. Con esa base jurídica, la Unión Europea se ha ido dotando en los últimos años de un cuerpo normativo altamente avanzado que se dirige a garantizar un mejor nivel de protección de la salud y de seguridad de los trabajadores.

Ese cuerpo normativo está integrado por diversas directivas específicas. En el ámbito

de la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, ha sido adoptada la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, encomienda en su disposición adicional segunda, al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), la elaboración y actualización de una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la exposición al ruido en los lugares de trabajo. Se indica además que dicha Guía se debe complementar con un Código de conducta con orientaciones prácticas para ayudar a los trabajadores y empresarios de los sectores de la música y el ocio a cumplir sus obligaciones legales.

La Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 ya fue editada por el INSST en 2009 y con la publicación del Código de conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del Real Decreto 286/2006 en los sectores de la música y el ocio, se da cumplimiento a lo indicado en esa disposición adicional segunda.

Las características particulares de los sectores de la música y el entretenimiento, requieren una guía práctica para permitir una aplicación efectiva de las disposiciones establecidas en la Directiva 2003/10/CE.

La normativa establece una serie de disposiciones mínimas que tienen como objeto la protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición al ruido, en particular los riesgos para la audición.

Esta norma regula las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición, de manera que los riesgos derivados de la expo-

sición a ruido se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible, e incluye la obligación empresarial de establecer y ejecutar un programa de medidas técnicas y organizativas destinadas a reducir la exposición al ruido, cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. Determina los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, especificando las circunstancias y condiciones en que podrá utilizarse el nivel de exposición semanal en lugar del nivel de exposición diaria para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos.

También se prevén diversas especificaciones relativas a la evaluación de riesgos, estableciendo, en primer lugar la obligación de que el empresario efectúe una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido, e incluyendo una relación de aquellos aspectos a los que el empresario deberá prestar especial atención al evaluar los riesgos; incluye disposiciones específicas relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.



Normativa INSST sobre ruido.

Se especifica que los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición y recoge de los derechos básicos en materia preventiva: la necesidad de formación y de información de los trabajadores, así como la forma de ejercer los trabajadores su derecho a ser consultados y a participar en los aspectos relacionados con la prevención.

También se establecen disposiciones relativas a la vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a ruido.

La normativa expone las disposiciones para evitar o reducir la exposición a ruido por parte de los trabajadores. Estas son las siguientes:

1. Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen. La reducción de estos riesgos se basará en los principios generales de prevención establecidos en el artículo 15 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y tendrá en consideración especialmente:

- Otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse al ruido.
- La elección de equipos de trabajo adecuados que generen el menor nivel posible de ruido, habida cuenta del trabajo al que están destinados, incluida la posibilidad de proporcionar a los trabajadores equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en la normativa sobre comercialización de dichos equipos, cuyo objetivo o resultado sea limitar la exposición al ruido.
- La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.
- La información y formación adecuadas para enseñar a los trabajadores a utilizar correctamente el equipo de trabajo con

vistas a reducir al mínimo su exposición al ruido.

- La reducción técnica del ruido:
 1. Reducción del ruido aéreo, por ejemplo, por medio de pantallas, cerramientos, recubrimientos con material acústicamente absorbente.
 2. Reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, por ejemplo, mediante amortiguamiento o aislamiento.
- Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo.
- La reducción del ruido mediante la organización del trabajo:
 1. Limitación de la duración e intensidad de la exposición.
 2. Ordenación adecuada del tiempo de trabajo.

2. Cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización, que deberán integrarse en la planificación de la actividad de la empresa, destinado a reducir la exposición al ruido, teniendo en cuenta en particular las medidas mencionadas en el primer apartado.

3. Los lugares de trabajo donde los trabajadores puedan verse expuestos a niveles de ruido que



sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, serán objeto de una señalización apropiada de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea viable desde el punto de vista técnico y el riesgo de exposición lo justifique, se delimitarán dichos lugares y se limitará el acceso a ellos.

4. Cuando, debido a la naturaleza de la actividad, los trabajadores dispongan de locales de descanso bajo la responsabilidad del empresario, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad y condiciones de uso.
5. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 25 de la Ley 31/1995, el empresario adaptará las medidas mencionadas en el presente artículo a las necesidades de los trabajadores especialmente sensibles.

3.3.1 VALORES LÍMITE DE EXPOSICIÓN Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN

Como base para la predicción del riesgo y la decisión sobre medidas de prevención adecuadas, la directiva de ruido introduce dos valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico. Además, los valores límite de exposición se definen para evitar daños irreversibles en la audición de los trabajadores.

Estos valores son:

- a) Valores límite de exposición:

$$L_{Aeq, d} = 87 \text{ dB(A) durante 8 horas y } L_{pico} = 140 \text{ dB(C)}$$

- b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq, d} = 85 \text{ dB(A) y } L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$$

- c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq, d} = 80 \text{ dB(A) y } L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$$

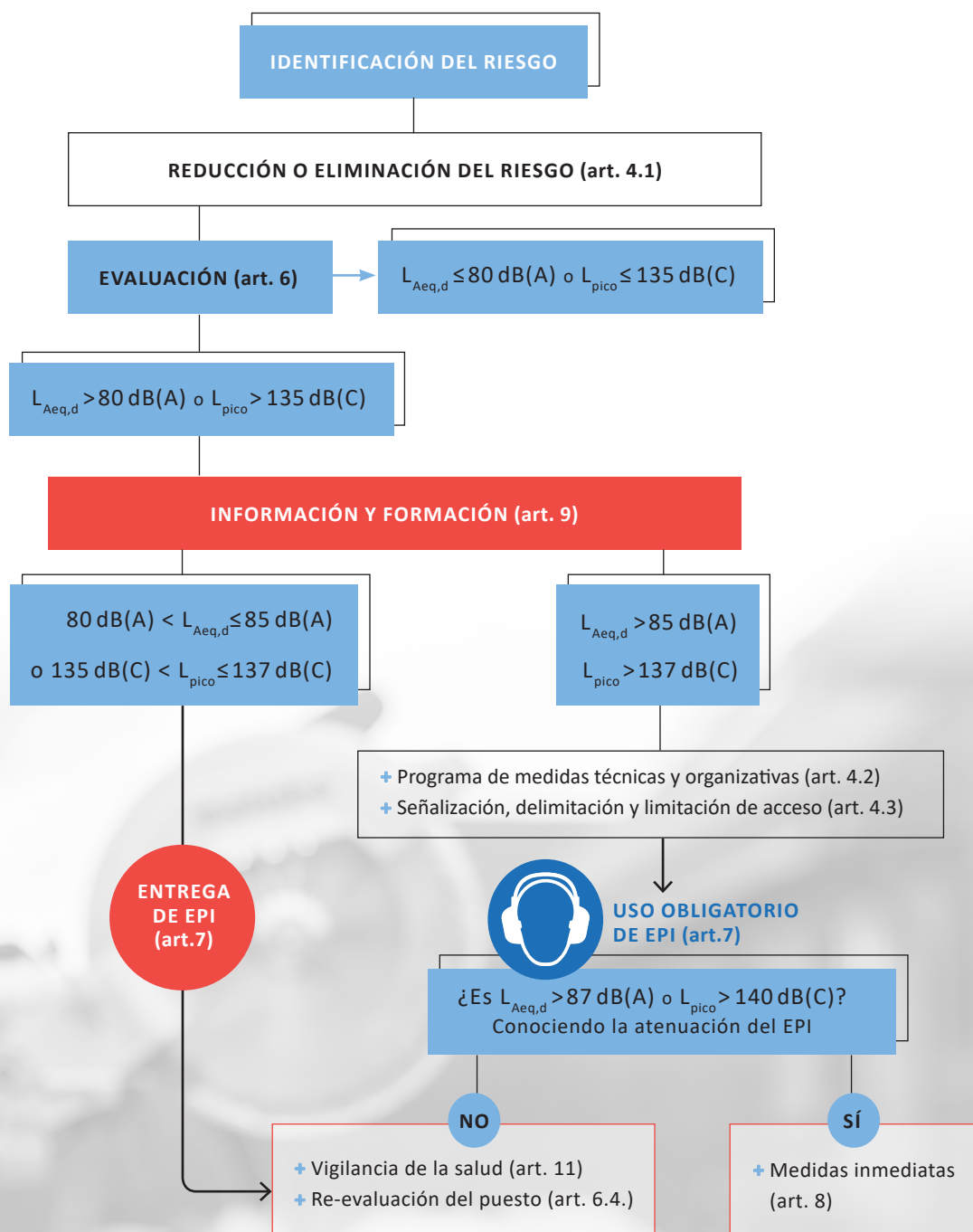
Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción, no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

En circunstancias debidamente justificadas, y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que:

- a) el nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A), y
- b) se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.

Según la norma ISO 1999:90, no es recomendable aplicar este método cuando el mayor de los $L_{Aeq, d}$ de los distintos días de la semana supera en más de 10 dB al valor obtenido de $L_{Aeq, s}$

Atendiendo a los valores límites de exposición y a los valores de exposición inferior y superior, podemos encontrar diferentes situaciones, en las que se aplicarán diferentes acciones.



ACCIONES A IMPLANTAR

1. Nivel de exposición diario equivalente inferior o igual a 80 dB(A) o nivel de pico inferior o igual a 135 dB(C).

$$L_{Aeq,d} \leq 80 \text{ dB(A)} \text{ o } L_{pico} \leq 135 \text{ dB (C)}$$

Cuando los valores sean inferiores a los establecidos en la normativa vigente tanto en el nivel diario equivalente como en el nivel de pico, no será necesaria la realización de una medición ni la adopción de ningún tipo de medidas. Es decir, por debajo del nivel de exposición inferior no hay riesgo de daño auditivo y, por lo tanto, no es necesario tomar medidas para la protección de los trabajadores.

2. Nivel de exposición diario equivalente situado entre 80 dB(A) y 85 dB(A). Nivel de pico situado entre 135 dB(C) y 137 dB(C)

$$80 \text{ dB(A)} < L_{Aeq,d} \leq 85 \text{ dB(A)} \text{ o } \\ 135 \text{ dB(C)} < L_{pico} \leq 137 \text{ dB(C)}$$

Cuando el nivel diario equivalente o el nivel de pico estén situados entre los anteriores valores, se adoptarán las siguientes medidas:

- El empresario pondrá a disposición de los trabajadores equipos de protección auditiva. Aunque el uso de estos equipos no es obligatorio, el empresario fomentará su uso. Podrá estipularse la obligación de utilización de protectores auditivos para determinadas circunstancias.
- Vigilancia de la salud. Se establecerá cuando la evaluación indique que hay un riesgo para la salud. Controles médicos iniciales y posteriores con control auditivo como mínimo cada 5 años para los trabajadores expuestos, con la correspondiente comparación de la posible evolución de alteraciones auditivas.
- Evaluaciones de riesgos, como mínimo cada 3 años o cuando se produzca alguna modificación o alteración en las condiciones del puesto de trabajo.

- Formación e información basada en:

- Los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos frente a la exposición al ruido en su puesto de trabajo.
- Efectos en la seguridad y salud de la acción directa sobre el organismo.
- Medidas preventivas adoptadas, tanto lo referido a protección colectiva como individual.
- Utilización de equipos de protección individual.

- Control médico inicial e información sobre los resultados del control médico relativos al control audiométrico, así como de las alteraciones en relación con los anteriores.

3. Nivel de exposición diario equivalente superior a 85 dB(A) o nivel de pico mayor de 137 dB(C)

$$L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)} \text{ o } L_{pico} > 137 \text{ dB (C)}$$

Cuando el nivel diario equivalente o el nivel de pico sea superior a 85 dBA o 137dBC, respectivamente, se adoptarán las siguientes medidas:

- El empresario está obligado a establecer e implementar un programa de medidas técnicas y/u organizativas destinadas a reducir la exposición al ruido. Deberá integrarse en la planificación de la actividad preventiva.
- Señalización, delimitación y limitación de acceso a los lugares de trabajo donde se puedan sobrepasar los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. Esta señalización será la apropiada, de acuerdo al Real Decreto 485/1997.
- Obligación de utilización de equipos de protección individual. El empresario deberá velar porque se utilicen cuando sea obligatorio y le incumbirá la responsabilidad de comprobar la eficacia de las medidas preventivas.

- Vigilancia de la salud. Se establecerán controles médicos iniciales y posteriores con control auditivo como mínimo cada 3 años para los trabajadores expuestos, con la correspondiente comparación de la posible evolución de alteraciones auditivas.
- Evaluaciones de riesgos, como mínimo anual o cuando se produzca alguna modificación o alteración en las condiciones del puesto de trabajo.
- Formación e información basada en:
 - Los resultados obtenidos en la evaluación de riesgos frente a la exposición al ruido en su puesto de trabajo.
 - Efectos en la seguridad y salud de la acción directa sobre el organismo.
 - Medidas preventivas adoptadas, tanto lo referido a protección colectiva como individual.
- Control médico inicial e información sobre los resultados del control médico relativos al control audiométrico, así como de las alteraciones en relación con los anteriores.

Es a partir de este nivel cuando es necesario implantar programas de conservación auditiva que incluya las medidas de protección necesarias que garanticen la protección de los trabajadores.

4. Nivel diario equivalente superior a 87 dB(A) o nivel de pico mayor de 140 dB(C)

$$L_{Aeq, d} > 87 \text{ dB(A)} \text{ o } L_{pico} > 140 \text{ dB(C)}$$

En el artículo 8 del Real Decreto 286/2006 de 10 de marzo, se establece que el valor límite de exposición no puede ser superado por ningún trabajador bajo ninguna circunstancia, es decir, ningún trabajador con la protección auditiva puesta debe quedar nunca por encima de estos niveles de exposición a ruido.

Si a pesar de las medidas tomadas, se detectan exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario debe implantar medidas inmediatas para reducir la exposición por debajo de los valores límite (protectores auditivos, reducción de los niveles de presión sonora, reducir los tiempos de exposición, etc.).

Una vez aplicadas estas medidas, se procederá a realizar un estudio sobre las condiciones de trabajo, las instalaciones y los equipos para



(derecha)
Señalización de uso obligatorio de protección auditiva.
(izquierda)
Equipo de protección auditiva: orejeras.



detectar el origen de la sobreexposición, que en entre otras pueden ser debidas a las siguientes razones:

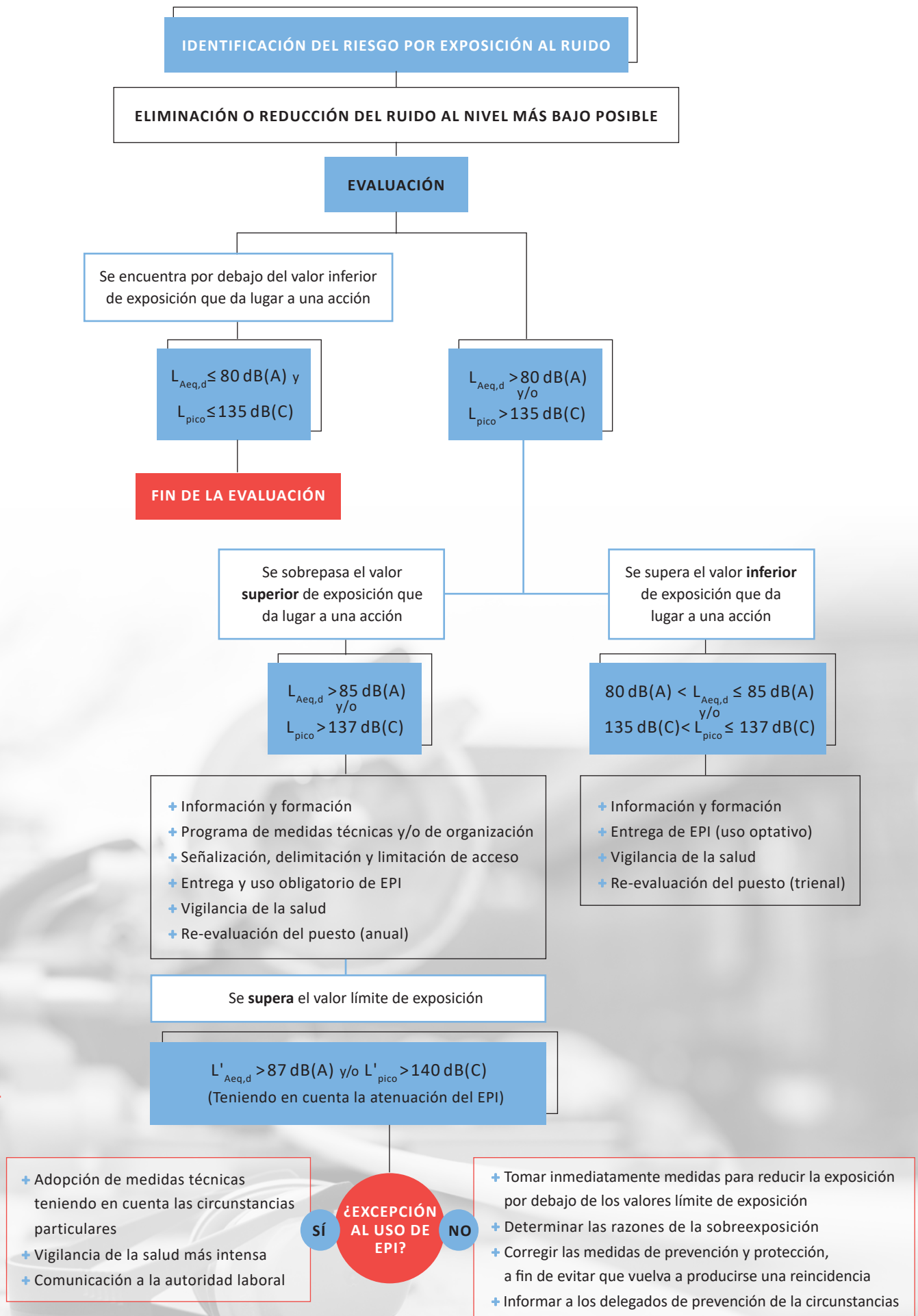
- Los cambios en los procedimientos de trabajo.
- Los incrementos del tiempo de exposición.
- El mantenimiento inadecuado de los equipos de trabajo.
- La colocación y/o mantenimiento inadecuado del protector auditivo.
- La incorrecta selección del protector auditivo.
- La incorporación de nuevas fuentes de ruido.

Se corregirá la evaluación de riesgos y se planificarán las actuaciones en las condiciones de trabajo, las instalaciones, equipos, etc. para minimizar los riesgos, se podrá aumentar la periodicidad de los exámenes de control de la evaluación de riesgos, prever sistemas de control de las exposiciones, de acceso, de mantenimiento de los equipos, etc.

Se informará a los delegados de prevención de tales circunstancias. Estos deberán valorar si se debe interrumpir la actividad productiva en aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Conviene resaltar que la utilización de los equipos de protección individual queda limitada a la no existencia de otros medios colectivos para prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido. En el caso de que se considere que la utilización de los equipos de protección auditivos provoque un riesgo mayor para la seguridad o la salud de los trabajadores, que el hecho de prescindir de ellos, el empresario podrá tomar la decisión de renunciar a los mismos estando obligado a:

- Hacerlo constar en la evaluación de riesgos laborales.
- Razonarlo y justificarlo, previa consulta a los trabajadores y/o sus representantes, en su caso.
- Adoptar las medidas técnicas y organizativas que garanticen la reducción a un mínimo de los riesgos derivados de ellas.
- Comunicarlo a la autoridad laboral e informar del período de tiempo estimado en el que permanecerán las circunstancias que la motivan.
- Llevar a cabo la vigilancia de la salud de forma más intensa, según se establezca para cada caso en el protocolo de vigilancia sanitaria específica.



Actuaciones según el nivel de exposición de ruido de los trabajadores

OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO	$L_{Aeq, d} \text{ (dBA)} - L_{pico} \text{ (dBC)}$		
	VALOR INFERIOR DE EXPOSICIÓN $80 \text{ dB(A)} \leq L_{Aeq, d}$ $135 \text{ dB(C)} \leq L_{pico}$	VALOR SUPERIOR DE EXPOSICIÓN $85 \text{ dB(A)} \leq L_{Aeq, d}$ $137 \text{ dB(C)} \leq L_{pico}$	VALOR LÍMITE DE EXPOSICIÓN $87 \text{ dB(A)} \leq L_{Aeq, d}$ $140 \text{ dB(C)} \leq L_{pico}$
Evaluación inicial de los puestos de nueva creación o modificados	SI	SI	SI
Evaluación inicial de los puestos existentes	SI	SI	SI
Evaluación periódica de los puestos existentes	CADA 3 AÑOS	CADA AÑO	CADA AÑO
Informar y formar a los trabajadores sobre los riesgos y medidas preventivas y de los resultados del control auditivo	SI	SI	SI
Suministrar protectores auditivos	A TODOS	A TODOS	A TODOS
Obligar a usar protectores auditivos	NO	SI	SI
Vigilancia de la salud. Control médico inicial a los trabajadores	SI	SI	SI
Vigilancia de la salud. Control médico periódico a los trabajadores	MÍNIMO CADA 5 AÑOS	MÍNIMO CADA 3 AÑOS	MÍNIMO CADA 3 AÑOS
Desarrollar un programa de medidas técnicas y organizativas encaminadas a reducir el nivel de ruido		SI	SI
Señalizar la obligación de usar protectores auditivos		SI	SI
Delimitar los puestos de trabajo y restringir el acceso		SI	SI
Registrar y archivar resultados de evaluaciones técnicas y controles médicos	SI	SI	SI

3.3.2 EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

El empresario deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores, en el marco de lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, del capítulo II, sección 1ª del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero y artículo 6 del Real Decreto 286/2006. La medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acredita-

da, permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.

Los datos obtenidos de la evaluación y/o de la medición de la exposición al ruido se conservarán, de manera que permita su consulta posterior. La documentación de la evaluación se ajustará a lo dispuesto en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre y en el artículo 7 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

En los puestos de trabajo evaluados que haya que aplicar alguna medida preventiva se reflejarán los siguientes datos:

- Identificación del puesto de trabajo.
- Riesgos que existen y relación de trabajadores afectados.
- Resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.
- La referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición utilizados.

Los métodos e instrumentos que se utilicen deberán permitir la determinación del nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$), del nivel de pico (L_{pico}) y del nivel de exposición semanal equivalente ($L_{Aeq,s}$), y decidir en cada caso si se han superado los valores establecidos en el punto anterior, teniendo en cuenta, si se trata de la comprobación de los valores límite de exposición, la atenuación procurada por los protectores auditivos. Para ello, dichos métodos e instrumentos deberán adecuarse a las condiciones existentes, teniendo en cuenta, en particular, las características del ruido que se vaya a medir, la duración de la exposición, los factores ambientales y las características de los instrumentos de medición.

Instrumento de medición de ruido.



Entre los métodos de evaluación y medición utilizados podrá incluirse un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición personal de los trabajadores. La forma de realización de las mediciones, así como su número y duración se efectuará conforme a lo dispuesto en la guía técnica del Real Decreto 286/2006. Para la medición se utilizarán los instrumentos indicados en la propia guía, los cuales deberán ser comprobados mediante un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones.

La evaluación y la medición mencionadas se programarán y efectuarán a intervalos apropiados de conformidad con la normativa y, como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

Dichas evaluaciones y mediciones serán realizadas por personal con la debida cualificación, atendiendo a lo dispuesto en los artículos 36 y 37 y en el Capítulo III del Real Decreto 39/1997, en cuanto a la organización de recursos para el desarrollo de actividades preventivas.

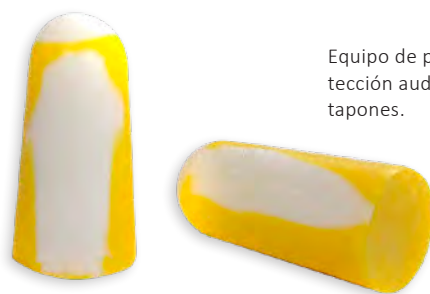
El empresario, al evaluar los riesgos, prestará particular atención a los siguientes aspectos:

- a) el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida la exposición a ruido de impulsos;
- b) la existencia de equipos de sustitución concebidos para reducir la emisión de ruido;
- c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción;
- d) en la medida en que sea viable desde el punto de vista técnico, todos los efectos para la salud y seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las sustancias ototóxicas relacionadas con el trabajo, y entre el ruido y las vibraciones;
- e) todos los efectos indirectos para la salud y la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre el ruido y las señales acústicas

de alarma u otros sonidos a que deba atenderse para reducir el riesgo de accidentes;

- f) la información sobre emisiones sonoras facilitada por los fabricantes de equipos de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa específica que sea de aplicación;
- g) cualquier efecto sobre la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles a los que se refiere el artículo 25 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- h) la prolongación de la exposición al ruido después del horario de trabajo bajo responsabilidad del empresario;
- i) la información apropiada derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible;
- j) la disponibilidad de protectores auditivos con las características de atenuación adecuadas.

En función de los resultados de la evaluación, el empresario deberá determinar las medidas que deban adoptarse con arreglo a la normativa y planificando su ejecución.



Equipo de protección auditiva: tapones.

3.3.3 PROTECCIÓN INDIVIDUAL

De conformidad con lo dispuesto en la normativa, de no haber otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido, se pondrán a disposición de los trabajadores, para que los usen, protectores auditivos individuales apropiados y correctamente ajustados, con arreglo a las siguientes condiciones:

- a) Cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales.
- b) Mientras se ejecuta el programa de medidas técnicas y/o de organización y en tanto el nivel de ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán protectores auditivos individuales.
- c) Los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo. Este punto no debe confundirse con la reducción del nivel de presión sonora al mínimo, así, la norma UNE EN 458:2005 recomienda seleccionar el protector de forma que el nivel de presión sonora percibido esté entre 65 dB(A) y 80 dB(A). Si los protectores auditivos ofrecen una atenuación excesiva, el trabajador puede llegar a tener una sensación de aislamiento que haga que prescinda del uso de estos protectores.

El empresario deberá hacer cuanto esté en su mano para que se utilicen protectores auditivos, fomentando su uso cuando éste no sea obligatorio y velando para que se utilicen cuando sea obligatorio, de conformidad con lo previsto en el apartado anterior; asimismo, incumbirá al empresario la responsabilidad de

comprobar la eficacia de las medidas adoptadas de conformidad con la normativa.

Cuando se recurra a la utilización de equipos de protección individual, las razones que justifican dicha utilización se harán constar en la documentación prevista en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

Conviene recordar que el Reglamento (UE) 2016/425 sustituye al Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. Estos aspectos se tratarán más profundamente en el tema destinado a equipos de protección auditiva.

3.3.4. LIMITACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

En ningún caso la exposición del trabajador deberá superar los valores límite de exposición. Para establecer el cálculo, siempre se deberá restar el valor de la atenuación estimada de los protectores auditivos.

Si se aplica el nivel equivalente semanal, no deberá existir ninguna semana que dé lugar a una exposición del trabajador cuyo nivel equivalente semanal sea superior a 87 dB(A).

Si a pesar de las medidas adoptadas para aplicar el Real Decreto 286/2006, se comprobaban exposiciones por encima de los valores límite de exposición, el empresario deberá:

a) Aplicar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición. La forma de reducirla pasa por:

- Reducir el nivel de presión sonora en los lugares de trabajo.
- Reducir los tiempos de exposición.
- Adecuar la utilización de los protectores auditivos a esas situaciones de trabajo.

b) Determinar las razones de la sobreexposición, como pueden ser:

- Incorporación de nuevas fuentes de ruido (máquinas, herramientas, instalaciones, etc.).
- Modificación, envejecimiento o avería de las instalaciones, maquinaria y herramientas.
- Aumento del ritmo de producción.
- Cambios debidos a la utilización de sistemas de ventilación, refrigeración o calefacción.
- Cambios producidos en los procedimientos de trabajo.
- Modificación de estructuras interiores de locales que puedan variar las condiciones de absorción o aislamiento acústico.
- A niveles de ruido elevados, un incremento relativamente pequeño, del tiempo de exposición, puede significar que se sobrepase el valor límite de exposición. En la siguiente tabla lo podemos observar con un ejemplo:

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN
86	8 horas
89	4 horas
92	2 horas
95	1 hora
98	30 minutos
101	15 minutos
104	7.5 minutos

c) Corrección de las medidas de prevención y protección, para evitar nuevas reincidencias.

d) Informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

3.3.5. FORMACIÓN E INFORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El empresario velará porque los trabajadores que se vean expuestos en el lugar de trabajo a un nivel de ruido igual o superior a los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción y/o sus representantes reciban información y formación relativas a los riesgos derivados de la exposición al ruido, en particular sobre:

- La naturaleza de tales riesgos: causas, síntomas y consecuencias de la hipoacusia.
- Las medidas de tipo técnico, organizativo y procedimientos de trabajo aplicados con objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados del ruido.
- Los valores límite de exposición y los valores de exposición inferiores y superiores que dan lugar a una acción.
- Los resultados de las evaluaciones y mediciones del ruido efectuadas, junto con una explicación de su significado y riesgos potenciales: el nivel de ruido y el tiempo de exposición.
- Uso y mantenimiento correctos de los protectores auditivos, así como su capacidad de atenuación. En este punto, es importante transmitir a los trabajadores los riesgos que conlleva la no utilización continua de los equipos de protección y las situaciones de desprotección que puede generar.
- La conveniencia y la forma de detectar e informar sobre indicios de lesión auditiva.
- Las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de esta vigilancia.
- Las prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición al ruido.

3.3.6. CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

La consulta y la participación de los trabajadores o de sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere el real decreto y, en particular, respecto a las indicadas a continuación:

- La evaluación de los riesgos y la determinación de las medidas que se han de tomar: los trabajadores conocen los procesos generadores de ruido y pueden aportar información crítica en relación con la exposición a éste.
- Las medidas destinadas a eliminar o reducir los riesgos derivados de la exposición al ruido.
- La elección de protectores auditivos individuales. Es importante que los trabajadores puedan elegir aquellos que mejor se ajusten a sus necesidades (mayor comodidad).

3.3.7. VIGILANCIA DE LA SALUD

Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, y estos someterse a ésta, de conformidad con la normativa.

La vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a ruido se encuentra entre las excepciones a la voluntariedad citadas en el apartado 1 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, tendrán derecho a que un médico u otra persona debidamente cualificada bajo la responsabilidad de un médico, a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa, lleven a cabo controles de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico preventivo, los

trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, cuando la evaluación y la medición indiquen que existe riesgo para su salud.

La prueba de referencia para valorar las alteraciones en la capacidad auditiva de los trabajadores, es la audiometría tonal liminar por vía aérea. En esta prueba se determina el umbral auditivo del trabajador para frecuencias comprendidas entre 500 y 8000 Hz.

Dichos controles audiométricos se realizarán en la forma establecida en los protocolos específicos y su finalidad será el diagnóstico precoz de cualquier pérdida de audición debida al ruido y la preservación de la función auditiva. Su periodicidad será, como mínimo, cada tres años en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada cinco años

cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

En el caso de trabajadores con exposición combinada a ruido y a agentes ototóxicos o a vibraciones, sería conveniente aumentar la frecuencia de realización de audiometrías.

La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral de los trabajadores. El acceso, confidencialidad y contenido de dichas historias debe ajustarse a la normativa a este respecto. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

Cuando tengamos evidencia a través de los controles que los trabajadores padecen una lesión auditiva diagnosticable, el médico responsable de la vigilancia de la salud evaluará si la lesión puede ser consecuencia de una exposición al ruido durante el trabajo. En tal caso:



- el médico u otro personal sanitario competente comunicará al trabajador el resultado que le atañe personalmente;
- por su parte, el empresario deberá:
 - o revisar la evaluación de los riesgos efectuada;
 - o revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos, incluida la posibilidad de exigir el uso de los protectores auditivos en el supuesto que indica la normativa, durante la revisión de aquellas medidas y hasta tanto se eliminan o reducen los riesgos;
 - o tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquier otra medida que se considere necesario para eliminar o reducir riesgos, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición.
 - o disponer una vigilancia sistemática de la salud y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.

Dicha circunstancia deberá razonarse y justificarse por el empresario, ser previamente consultada con los trabajadores y/o sus representantes y constar de forma fehaciente en la evaluación de riesgos laborales. Además, deberá comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a ésta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, así como el período de tiempo estimado en el que permanecerán las circunstancias que la motivan, a efectos de que aquélla pueda comprobar que se dan esas condiciones que justifican la utilización de la excepción. En cualquier caso, el empresario deberá adoptar las medidas técnicas y organizativas que garanticen, teniendo en cuenta las circunstancias particulares, la reducción a un mínimo de los riesgos derivados de ellas. Además, la vigilancia de la salud se realizará de forma más intensa, según se establezca para cada caso en el protocolo de vigilancia sanitaria específica.

3.3.8. EXCEPCIONES

Cuando la utilización de protectores auditivos individuales pueda causar un mayor riesgo para la seguridad o la salud que el hecho de prescindir de ellos, el empresario podrá dejar de cumplir, o cumplir parcialmente, lo dispuesto en los casos que indica la normativa (superar el nivel inferior de exposición y durante la ejecución del programa de medidas técnicas o de organización). Esto puede darse en situaciones excepcionales en algunos tipos de trabajo.

Un ejemplo claro de lo anterior es cualquier situación de trabajo en la que el uso de protectores auditivos impide la audición de una señal acústica de peligro.



04

EVALUACIÓN DE RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO

4.1. Introducción

4.2. Instrumentos de medición

4.3. Selección de estrategias de medición

4.3.1. Mediciones basadas en la operación o tarea

4.3.2. Mediciones basadas en el muestreo durante el trabajo (función)

4.3.3. Mediciones basadas en la jornada completa

4.4. Incertidumbre de los resultados

4.4.1. Cálculo de la incertidumbre de la

medición para la estrategia basada en la operación o tarea

4.4.2. Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en el muestreo durante el trabajo

4.4.3. Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la jornada completa

4.5. Evaluación de la exposición a ruido e incertidumbre: calculadores del INSST

4.6. Comparación de los resultados obtenidos con los valores de referencia

4.7. Informe de evaluación

4.1 INTRODUCCIÓN

Para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores se debe identificar y valorar el ruido en la empresa, sólo así se podrán aplicar o implantar las medidas preventivas oportunas.

La prevención de la empresa en su conjunto se planifica siempre a partir de la evaluación de riesgos, un proceso que permitirá obtener información sobre los riesgos existentes y adoptar las acciones preventivas necesarias. Es en la propia evaluación de riesgos donde deberá quedar reflejado si existe riesgo por exposición a ruidos elevados o no, y según lo que se determine se deberán realizar mediciones para valorar el nivel de ruido.

La Directiva actual sobre ruido (2003/10/CE) indica que la empresa debe evaluar y, si fuera necesario, medir los niveles de exposición al ruido. Existen varias formas o maneras de detectar si podemos tener un problema de ruido en la empresa; lo primero que se debe realizar es una pequeña evaluación precedente que ayude a saber si existe un problema de ruido en una determinada actividad, para eso basta, a priori, con responder a una serie de preguntas:

- **¿Interviene el ruido en la jornada de trabajo?**
- **¿Los trabajadores tienen que elevar la voz para comunicarse entre ellos?**
- **¿Existen quejas de los trabajadores sobre el nivel de ruido en su puesto de trabajo?**
- **¿Tienen los trabajadores dificultades para oír y/o entenderse?**

Si alguna de las respuestas a las preguntas anteriores es afirmativa, se puede afirmar que hay probabilidad de que exista un problema de ruido en la empresa y, por lo tanto, sea necesario realizar una evaluación de riesgos que incluya la realización de mediciones.

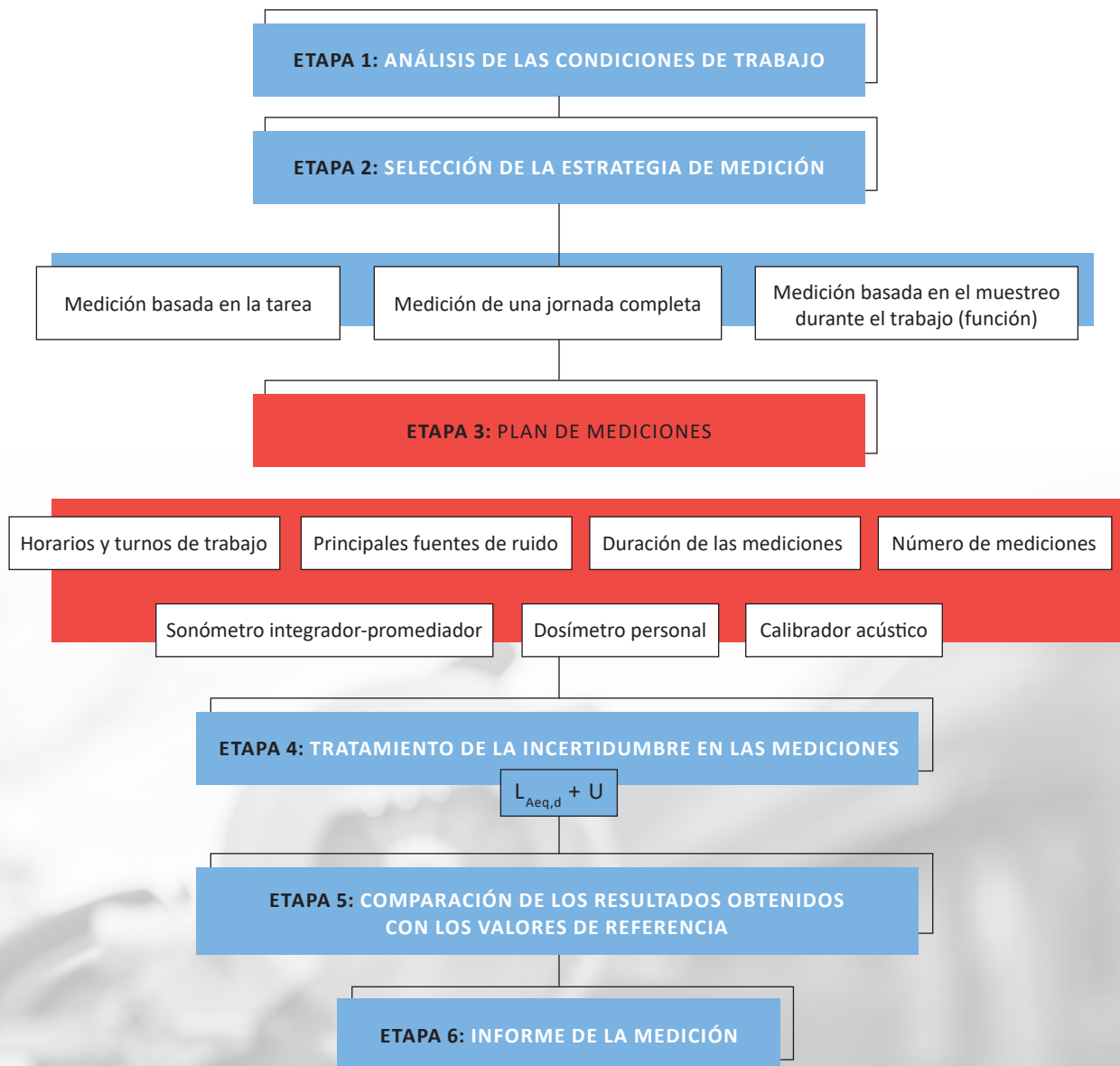
La evaluación de los riesgos derivados de la exposición al ruido se basará, como norma general, en una medición de los niveles de ruido existentes.

Hay casos en los que la evaluación puede no requerir de una medición. Sólo “la directa apreciación profesional acreditada” puede determinar si en un puesto de trabajo no se superan los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, haciendo que, entonces, no sea necesario realizar una medición (artículo 6.1 del Real Decreto 286/2006 “La medición no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma”).

Al realizar la evaluación de los riesgos derivados de la exposición al ruido se debe tener en cuenta, entre otros aspectos, posibles interacciones entre el ruido y las sustancias ototóxicas o el ruido y las vibraciones, según se establece en el artículo 6 del Real Decreto 286/2006.

La evaluación de riesgos debe actualizarse cuando cambien las condiciones de trabajo y, en todo caso, con ocasión de los daños para la salud que se produzcan, según el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Para estimar la exposición real al ruido se puede aplicar un método compuesto por las siguientes etapas:



La evaluación y la medición del ruido se programarán de acuerdo al artículo 6 del Real Decreto 39/1997⁷, como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición.

Las evaluaciones y mediciones serán realizadas por personal con la debida cualificación. Siempre se efectuarán, si es posible, en ausencia del trabajador, colocando el micrófono del medidor en el lugar que ocupa habitualmente (a la altura de la cabeza). Es importante, siempre que se pueda, contrastar las mediciones con y sin la presencia del trabajador en su puesto, sobre todo cuando predominen las frecuencias altas. Cuando se efectúen estas mediciones, se elegirán una o más jornadas que se consideren representativas del trabajo habitual.

- Filtros de ponderación: A y C.
- Tiempo de integración o de respuesta del aparato: slow (S), fast (F) o impulse (I).

Sonómetro

Es un instrumento electrónico que consta de un micrófono, un amplificador, varios filtros, un circuito de elevación al cuadrado, un promediador exponencial y un medidor calibrado en decibelios (dB). Los sonómetros se clasifican por su precisión, desde el más preciso (tipo 0) hasta el más impreciso (tipo 3). El tipo 0 suele utilizarse en laboratorios, el tipo 1 se emplea para realizar otras mediciones de precisión del nivel sonoro, el tipo 2 es el medidor de uso general, y el tipo 3, el medidor de inspección, no está recomendado para uso industrial.

Aunque se recomienda emplear instrumentos de clase 1 (es lo óptimo), como mínimo deberán ser de clase 2.

4.2 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Las mediciones deberían ser realizadas por profesionales higienistas de los servicios de prevención ajenos o propios, siempre y cuando estos tengan los conocimientos y equipos necesarios.

El objetivo de las mediciones es determinar los niveles de exposición de los trabajadores durante el turno de trabajo, es decir, el nivel diario equivalente en 8 horas y los niveles de exposición pico para compararlos con los valores de exposición que establece la normativa.

Entre los instrumentos de medida del ruido podemos citar a los sonómetros y los dosímetros.

Entre las características más importantes de los equipos de medida tenemos las siguientes:



Sonómetro.

⁷ Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE número 27 de 31/01/1997, pp. 3031-3045.

Los sonómetros responden ante un sonido de una forma aproximada a como lo haría el oído humano y proporcionan una indicación del nivel acústico (promediado en el tiempo) de las ondas sonoras que inciden sobre el micrófono. El nivel del sonido se visualiza normalmente sobre una escala graduada con un indicador de aguja móvil o en un indicador digital.

El sonómetro mide de forma directa el nivel de presión sonora de un ruido, ya sea instantáneo (sonómetro convencional) o promediado en el tiempo (sonómetro integrador). El sonómetro convencional sirve para medir ruido estable, mide el nivel de presión acústica ponderado A (LpA). El trabajo con este tipo de sonómetros no es muy común, generalmente utilizan las siguientes características: clase 2, filtro A y respuesta slow.

Los sonómetros también incluyen dispositivos de ponderación de frecuencias, que son filtros que permiten el paso de la mayoría de las frecuencias pero que discriminan otras. El filtro más utilizado es la red de ponderación A, desarrollada para simular la curva de respuesta del oído humano a niveles de escucha moderados. La escala A está internacionalmente normalizada y su curva de ponderación se ajusta a la respuesta del oído humano. Los valores del nivel acústico medidos con esta escala se conocen como dB (A), con la letra de la escala correspondiente entre paréntesis.

Sonómetro integrador-promediador.

Los niveles de ruido pueden variar rápidamente con el tiempo, con lo cual las indicaciones instantáneas del sonómetro variarían correspondientemente, siendo difíciles de leer. Para evitar estas variaciones tan rápidas, los sonómetros suelen incorporar medios de promediación del nivel acústico durante un intervalo de tiempo determinado. Es lo que se conoce como sonómetros integradores promediadores. Muchos sonómetros permiten seleccionar dos tiempos de promediación (rápido y lento):

Sonómetro integrador-promediador.



0,125 segundos y 1,0 segundo, respectivamente. Además de la respuesta lenta y rápida, existe la respuesta pico, con una constante de tiempo de subida de 35 ms y 0,5 s de bajada. Esta respuesta sirve para evaluar el riesgo en el oído ante impulsos muy cortos pero intensos. Se expresa en dB(C). La selección apropiada del tiempo de promediación depende de la rapidez con que fluctúe el nivel del sonido medido, así como de la norma aplicable a la medida.

Los sonómetros integradores-promediadores se utilizan para medir exposiciones a ruido variable, como las que se producen en ambientes de ruido intermitente o de impulso. Estos equipos pueden medir simultáneamente los niveles de ruido equivalente, pico y máximo, y calcular, registrar y almacenar varios valores automáticamente. Sirven para medir todo tipo de ruido en puestos fijos, miden el nivel de presión acústica equivalente ponderado A ($L_{Aeq,T}$) y el nivel equivalente diario ($L_{Aeq,d}$). Pueden ser de clase 1 y clase 2.

En un espacio determinado, para medir el nivel sonoro ambiental al que están expuestos varios trabajadores, siempre es mejor hacer mediciones con un sonómetro.

Los sonómetros convencionales e integradores-promediadores deben ser comprobados con un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones. Si la diferencia es superior a 0.5 dB el sonómetro debe ser reparado y verificado.

Si realizamos la medición con un sonómetro, este debe situarse en un lugar fijo y preferentemente en ausencia del trabajador. El micrófono debe estar situado en el lugar que ocupe el trabajador durante su jornada laboral y a la altura de su cabeza. Si el trabajador tiene que estar presente durante la medición, el micrófono se deberá colocar a una distancia aproximada entre 10 y 40 cm de la oreja.



Dosímetro.

Dosímetro

Son pequeños sonómetros integradores portátiles que permiten calcular la dosis de ruido a la que está sometida una persona (medición de ruido personal). Pueden llevarse en el bolsillo de la camisa o sujeto a la ropa del trabajador. Sus datos pueden informatizarse e imprimirse. Los dosímetros miden el nivel de ruido al que están expuestos los trabajadores durante su jornada de trabajo. Generalmente se utilizan para medir la exposición de un trabajador que varía de puesto de trabajo y poder determinar la exposición total a lo largo de la jornada laboral. Son recomendables cuando el puesto de trabajo implica movilidad y el establecimiento de tiempos y la localización del trabajador es prácticamente imposible o, en general, cuando la variación del nivel de ruido es muy grande o impredecible a lo largo de la jornada y no se puede analizar con un sonómetro.

El dosímetro se debería de colocar lo más cercano posible al oído del usuario para que los datos sean los más reales posibles. Es conveniente también anotar las actividades que realiza el trabajador mientras lleva consigo el dosímetro, para, según las mediciones obtenidas, analizar el riesgo de cada una de ellas.

En el caso de utilización de los dosímetros, el micrófono debe situarse a una distancia aproximada entre 10 y 30 cm de la oreja y sobresaldrá por encima del hombro unos 10 cm (lo más recomendable son unos 4 cm). El trabajador debe llevarlo puesto durante toda su jornada laboral.

El dosímetro es un monitor de exposición que utiliza un micrófono y una serie de circuitos medidores de presión sonora. La dosis acumulada en el tiempo se refleja en un monitor que permite conocer el % de dosis de ruido recibido, ya sea durante toda la jornada laboral o a lo largo de un determinado número de ciclos de trabajo. Sirve para medir todo tipo de ruidos en puestos fijos y móviles, miden $L_{Aeq,T}$ y $L_{Aeq,d}$. Los dosímetros deben ser también comprobados y, a diferencia de los sonómetros, pueden ser ajustados en caso necesario.

El nivel de pico (L_{pico}) puede ser medido por los sonómetros, sonómetros integradores-promediadores y por los dosímetros.

Recomendaciones de uso entre sonómetros y dosímetros

	PUESTO FIJO		PUESTO MÓVIL	
	MEDICIÓN CORTA	MEDICIÓN LARGA	MEDICIÓN CORTA	MEDICIÓN LARGA
Sonómetro	No recomendado	No	No	No
Sonómetro integrador	Sí	No recomendado	Sí	No recomendado
Dosímetro	Sí	Sí recomendado	Sí	Sí recomendado

Aunque se utilicen dosímetros, es recomendable también realizar sondeos con sonómetros para obtener referencias del nivel de ruido en las diferentes situaciones y para comprobar la coherencia de los resultados obtenidos. Es aconsejable también la realización de mapeados de ruido de las diferentes zonas de la empresa, esto nos dará una idea de las zonas más problemáticas y su priorización. Es útil cuando hay escasa varia-

bilidad del trabajador a lo largo de la jornada, es decir, cuando no se producen desplazamientos de trabajadores de un lugar a otro.

En el siguiente cuadro resumen podemos observar la preferencia de utilización de cada uno de los anteriores instrumentos, según el ruido a medir y las pautas a tener en cuenta cuando se tengan que manejar.

Utilización de instrumentos según el tipo de ruido a medir

INSTRUMENTO	UTILIZACIÓN	ASPECTOS A CONSIDERAR
SONÓMETRO	Ruido estable*	Colocación del equipo en lugares fijos
SONÓMETRO INTEGRADOR-PROMEDIADOR	Cualquier tipo de ruido Apto para trabajadores situados en lugares fijos Fuentes de ruido distintas	Preferentemente en ausencia del trabajador Sirven para elaborar mapas de ruido en los centros de trabajo Utilización previa de calibrador acústico
DOSÍMETRO	Cualquier tipo de ruido Apto para trabajadores situados en puestos móviles Diferentes niveles de exposición Puestos que utilizan equipos manuales	Uso personal en cada trabajador Uso en la totalidad de la jornada de trabajo Localización óptima en el trabajador Precaución con golpes y roces

*De difícil aplicación en obras de construcción.

Calibradores acústicos

Son dispositivos que generan un nivel de presión sonora, usualmente de 94, 104 o 114 dB a una frecuencia de 1.000 Hz, con el que se comprueba la aptitud de los instrumentos de medición (sonómetros integradores-promediadores y dosímetros personales), al comparar el nivel de presión sonora obtenido por el instrumento de medición con el nivel generado por el calibrador acústico.

En función de su precisión puede ser de dos clases:

- **Clase 1.** Comprueba instrumentos de medición de clase 1 y 2.
- **Clase 2.** Comprueba instrumentos de medición de clase 2.

Antes y después de la medición, se ha de comprobar (no ajustar) que el sonómetro integrador-promediador y/o el dosímetro personal obtienen un valor correcto del nivel de presión sonora que genera el calibrador acústico. Si dicho valor supera las tolerancias admitidas por la normativa referente a los instrumentos



de medición, éste debe ser revisado por el fabricante. En caso de que sea necesaria una reparación del equipo, deberá efectuarse una verificación post-reparación.

Se debe tener en cuenta que, de acuerdo con la legislación, tanto los sonómetros como los sonómetros-integradores, los calibradores acústicos y los dosímetros, deben someterse al control según la Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos. En ella se establece que los sonómetros clase 1 y 2 deben cumplir los requisitos establecidos en la norma UNE-EN 61672-1, 2 (A1:2017) y 3, los calibradores acústicos (clase 1 o 2) los de la norma UNE-EN 60942 y los dosímetros los de la norma UNE-EN 61252. Todos los equipos sometidos a dicha orden deben pasar una verificación anual.

Control metrológico de instrumentos de medición

	RD 286/2006	ITC 2845/2007
SONÓMETROS	UNE EN 60651:1996	UNE EN 61672-1:2014 Especific. Técnicas
SONÓMETROS INTEGRADORES	UNE EN 60804:1996	UNE EN 61672-2:2014 Eval. Modelo UNE EN 61672-2:2013/A1:2017 Eval. Patrón UNE EN 61672-3:2014 Ensayos Periódicos
DOSÍMETROS	UNE EN 61252:1998	UNE EN 61252:1998 UNE EN 61252/A1:2003 Especificaciones UNE EN 61252:1995/A2:2017
CALIBRADORES		UNE EN 60942:2005 Calibradores acústicos

La verificación periódica es obligatoria en todos los instrumentos necesarios para llevar a cabo las mediciones, como son el calibrador acústico, el sonómetro integrador-promediador o en su caso, el dosímetro personal. Por otro lado, también será necesario proceder a la verificación cuando los instrumentos hayan sido modificados o reparados. Si estos equipos después de su reparación o modificación no superan los ensayos, han de ser puestos fuera de servicio hasta que se subsane la deficiencia que ha provocado dicha situación. Superada la verificación periódica o verificación post-reparación, se hará constar la conformidad del equipo mediante la adhesión de una etiqueta en un lugar visible del instrumento.

La reparación o modificación de los sonómetros, dosímetros y calibradores acústicos sólo

podrá ser realizada por una persona o entidad inscrita en el Registro de Control Metrológico.

No es obligatorio realizar los ensayos necesarios con objeto de obtener el certificado de calibración, pero la superación de los mismos conlleva la emisión de un documento donde se indican los valores numéricos obtenidos durante dicha calibración, junto con la incertidumbre de cada una de las medidas. En la calibración se comprueban exhaustivamente todos los parámetros de medición del equipo.

La declaración de conformidad la emite el fabricante del equipo, declarando que éste cumple con la normativa y estándares de fabricación. Mientras que la verificación primitiva la realiza un laboratorio autorizado (Organismo de Control Metrológico) antes de la comercialización del equipo, y es el primer paso necesario para cumplir con la metrología legal. Es la primera “revisión” que se realiza en el laboratorio en el que se comprueba la aptitud del mismo.

Elección de tiempos de respuesta

Teniendo en cuenta los tipos de ruido que normalmente están presentes en las obras de construcción y las características de los mismos, se estipula que se efectúen las ponderaciones temporales de la siguiente manera:

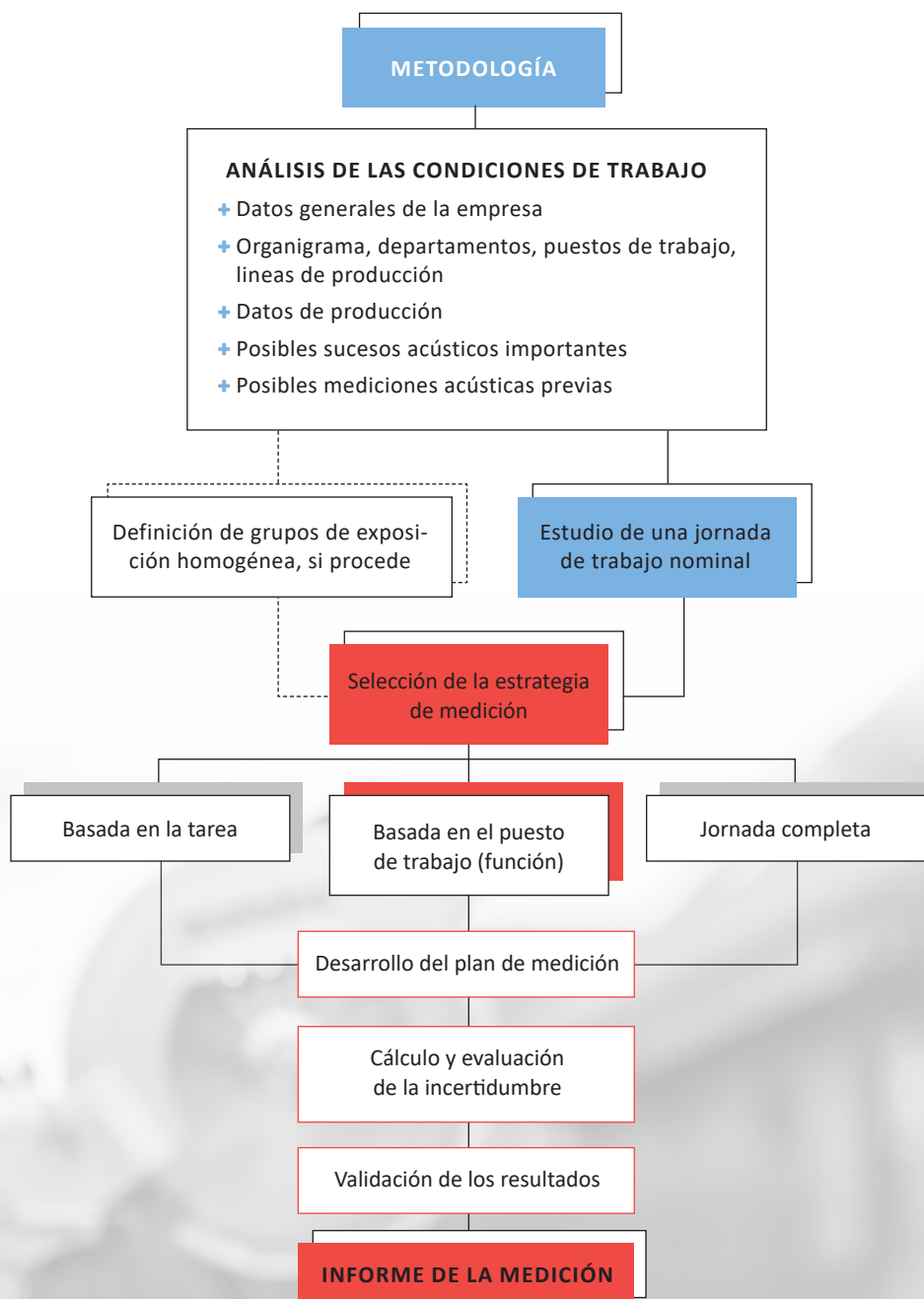
- Cuando el entorno a medir presente **fluctuaciones rápidas** (ruidos aleatorios), la ponderación temporal Fast (125ms) proporciona una respuesta más precisa, puesto que el tiempo de promediación es más rápido.
- En un ambiente en el que los trabajadores están expuestos a **sonidos impulsivos**, se recomienda emplear la ponderación Impulse (35ms), ya que este nivel es preciso para evaluar el riesgo de lesión de la audición en trabajadores de estas características.
- En casos específicos en los que se necesite estimar el nivel medio de un sonido que **fluctúa lentamente** (ruido estable), la ponderación Slow (1s) es la más adecuada.

4.3 SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN

Antes de realizar las mediciones de ruido, siempre es aconsejable plantearse una serie de cuestiones:

- Utilización de instrumentación adecuada para realizar dichas mediciones (sonómetro, sonómetro integrador-promediador, dosímetro, etc.).
- Verificación y/o calibración de los instrumentos anteriores.
- Estrategia de medición a utilizar.
- Verificación de las condiciones de trabajo existentes en la empresa: fuentes de ruido, tareas a realizar, presencia de ototóxicos, señales acústicas, horario de trabajo, descansos, pausas, etc.
- Constitución de grupos homogéneos de exposición.
- Determinación de las jornadas de trabajo objeto de la medición.
- Disposición de algunas medidas preventivas técnicas u organizativas: aislamiento, cerramiento de maquinaria, rotación de tareas, uso de equipos de protección, etc.

El método de trabajo a emplear para la medición de ruido puede estar compuesto por las siguientes etapas:





Un análisis exhaustivo de las condiciones de trabajo proporciona la información necesaria relacionada con el puesto de trabajo para poder seleccionar adecuadamente la estrategia de medición. Es imprescindible un análisis previo de dichas condiciones en el que deberá participar activamente la empresa en cuestión, tanto los mandos como los trabajadores expuestos, en estrecha colaboración con el técnico de prevención.

El técnico de prevención deberá contrastar los datos aportados con las siguientes fuentes de información:

- Observaciones propias de las condiciones que existen en la empresa.
- Conversaciones con mandos y los trabajadores expuestos.
- Revisión y consulta de evaluaciones precedentes sobre exposición al ruido.
- En casos puntuales, es aconsejable la realización de medidas “exploratorias”.

Con todo lo anterior, el técnico de prevención debe:

- Delimitar en qué zonas de trabajo deberá llevarse a cabo la evaluación de la exposición al ruido.
- Sobre qué puestos de trabajo o trabajadores deberá realizarse la evaluación y si existe la posibilidad de constituir grupos de exposición homogéneos.
- Tener en cuenta si existe la posibilidad de que ocurran episodios de ruido significativos en la jornada de trabajo.

Una vez analizadas estas condiciones de trabajo y establecidos los puestos de trabajo objeto de medición, deben definirse los grupos homogéneos de exposición, que serán aquellos grupos de trabajadores con condiciones de trabajo semejantes y, por consiguiente, expuestos a niveles de ruido similares durante su jornada laboral. La elaboración de grupos homogéneos de exposición disminuye el número de mediciones necesarias para estimar la exposición laboral al ruido, ya que los valores obtenidos se extrapolan al resto de trabajadores incluidos en dicho grupo.

Estos grupos pueden constituirse siguiendo diferentes criterios: en función del puesto de

trabajo, de la tarea a desarrollar, del área de trabajo o incluso según el proceso productivo.

Es aconsejable determinar una jornada de trabajo nominal, en el que puedan contemplarse los siguientes aspectos:

- Identificación de puestos de trabajo con una exposición al ruido susceptible de superar los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción $L_{Aeq, d} = 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}$.
- Las funciones y tareas encomendadas, fuentes de ruido existentes, exposiciones relacionadas (por ejemplo ototóxicos, vibraciones), sucesos acústicos (golpes, pitidos, etc.) y posibles variaciones en el trabajo diario.
- La duración de la jornada laboral, pausas que disfruta el trabajador, tiempos de descanso y, si procede, la duración de cada una de las tareas.
- Los datos de producción, materias primas utilizadas, puestos de trabajo, etc.
- La revisión de las mediciones anteriores, si las hubiere.

Esta jornada de trabajo nominal será objeto de la medición para determinar la exposición al ruido, pudiendo tratarse de la jornada en la que se prevea una exposición mayor. En aquellos casos en los que el trabajo varíe notablemente de una jornada a otra, puede ser necesario el utilizar el promedio semanal, definido en la normativa.

Para la realización de las mediciones debemos definir una estrategia. Ésta será diferente según las condiciones de trabajo (puesto de trabajo fijo y ruido estable, o trabajador/a que se mueva a distintas ubicaciones en las que se registren niveles de ruidos distintos) y determi-

nará el tiempo que hemos de estar midiendo, la elección de la jornada o jornadas para medir, los periodos de la jornada que se quiere medir, los trabajadores y trabajadoras a las que se realizarán las mediciones y los instrumentos que se utilizarán.

Así, si el trabajo se realiza en un puesto fijo y sus características son relativamente estables en relación con el ruido generado, la estrategia de medición será distinta de la empleada en el caso en que el trabajador se desplace a distintas ubicaciones y en cada una de ellas se registren niveles de ruido distintos.

Las tres estrategias de medición desarrolladas para la determinación de la exposición al ruido en el trabajo son:

- **Basada en la operación o tarea.**
El trabajo a realizar en la jornada laboral se subdivide en un determinado número de tareas representativas que son medidas independientemente.
- **Basada en el puesto de trabajo (función).**
La medición se realiza sobre trabajadores que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo, difícilmente subdivisibles y, por lo general, en el marco de un grupo de exposición homogénea.
- **Jornada completa.**
La medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada laboral.

La selección de la estrategia de medición más apropiada dependerá de muchos factores como el objeto de la medición, la complejidad de las condiciones de trabajo, el número de trabajadores expuestos y la duración de la exposición a lo largo de la jornada de trabajo.

A continuación se exponen y se definen las características de las tres estrategias.

4.3.1 MEDICIONES BASADAS EN LA OPERACIÓN O TAREA

El trabajo realizado durante la jornada se analiza dividiéndolo en las distintas tareas efectuadas. Para cada una de ellas, se llevan a cabo mediciones por separado del nivel de presión sonora.

Con objeto de que el resultado final sea coherente con la exposición real del trabajador, es necesario estimar adecuadamente la duración de las mismas, asegurándose de que todos los episodios de exposición al ruido queden incluidos en las tareas que se definan y en sus correspondientes mediciones.

La jornada de trabajo objeto de estudio debe poder dividirse en tareas bien definidas y limitadas en el tiempo, de manera que durante la realización de cada una de ellas, el trabajador tenga una exposición al ruido similar, es decir, que se obtengan valores de $L_{Aeq,T}$ homogéneos. Las mediciones se efectuarán con un dosímetro personal o un sonómetro integrador-promediador.

Para llevar a cabo esta estrategia de medición, ha de realizarse un profundo análisis de las condiciones de trabajo y disponer de una estimación fiable de la duración de cada una de las tareas.

Un ejemplo de aplicación de esta estrategia en obras de construcción sería aquella en la que el trabajador durante su jornada laboral ejecuta únicamente las tareas de cortar y colocar piezas cerámicas en solados, paredes, etc. y en general, en tareas predecibles.

Las claves de la utilización de esta estrategia son las siguientes:

- Conocimiento profundo de las condiciones de trabajo.
- Se deben tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruido significativos y asegurarse de que están incluidos en las tareas definidas y en los períodos de medición.

- La estimación de la duración de la tarea es fundamental y es un factor de incertidumbre a calcular posteriormente.
- Tiempos de medición cortos, lo que implica un menor esfuerzo de medición que el empleado en las otras estrategias.

La duración de la medición debe ser lo suficientemente amplia para que el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A” estimado, sea representativo del ruido existente durante la tarea, por lo que es necesario conocer si el ruido es estable o fluctuante, ya que de esta circunstancia dependerá el tiempo mínimo de las mediciones.

Ruido fluctuante

Cuando la duración de la tarea es inferior a 5 minutos, la duración de cada medición debe ser igual a la duración de la misma. Mientras que en aquellas que lo superen, la medición debe ser al menos de 5 minutos para garantizar que el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A”, $L_{Aeq,T}$, sea representativo.

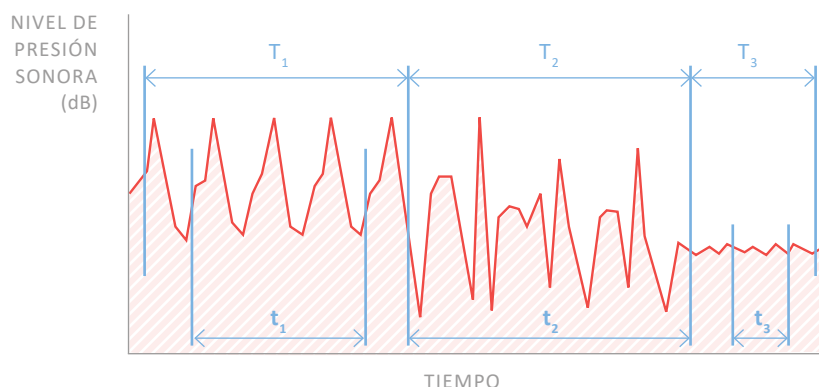
Si el ruido durante la tarea es cíclico, cada medida debe cubrir al menos tres ciclos enteros bien definidos. En el caso de que la duración de los tres ciclos sea inferior a 5 minutos, cada medición debe durar al menos 5 minutos. La duración de cada medición debe corresponderse siempre con la duración de un determinado número de ciclos enteros.

También puede optarse por tiempos de medición menores en los casos en los que el nivel de ruido sea constante o bien la tarea contribuya muy poco al nivel de exposición global.

Ruido estable.

La duración de la medición puede ser muy inferior a la duración de la tarea. Si bien no es posible establecer un tiempo mínimo de aplicación general, éste debe ser de al menos un minuto.

Tiempo de medición en función del tipo de ruido



En la gráfica se observa el tiempo mínimo de medición, en función del tipo de ruido de cada tarea. Donde:

T_1 es la duración de la tarea 1;

t_1 es la duración de la medición de la tarea 1 (ruido fluctuante y cíclico);

T_2 es la duración de la tarea 2;

t_2 es la duración de la medición de la tarea 2 (ruido fluctuante de manera aleatoria);

T_3 es la duración de la tarea 3;

t_3 es la duración de la medición de la tarea 2 (ruido estable);

En todo caso, y como considera la norma, deben efectuarse al menos 3 medidas del ruido generado en la tarea, a ser posible en diferentes momentos de ésta o en distintos trabajadores de un mismo grupo. Si los resultados de las tres mediciones difieren en 3 dB o más, se optará por una de las siguientes actuaciones:

- Llevar a cabo al menos tres mediciones más de la tarea siempre que se pueda, alargando el tiempo de medición de la misma.
- Revisar la definición de las tareas y observar si las tareas pueden subdividirse en tareas más sencillas.

- Repetir las medidas pero con mayores tiempos de medición.

Con la aplicación de este último punto, lo que se intenta es la reducción de la incertidumbre asociada.

Para llevar a cabo la estrategia de medición basada en la tarea, se establecen las siguientes etapas:

ETAPA 1

La duración de la tarea puede ser estimada a partir de la información obtenida de los trabajadores y del resto de personal entrevistado, o bien puede medirse tras repetidas observaciones.

Cálculo de la media aritmética, $\bar{T}_m$, de la duración de la tarea m , a partir de la información proporcionada por el personal entrevistado o mediante varias observaciones, haciendo uso de la expresión:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j}$$

Donde:

$T_{m,j}$ es la estimación de la duración de la tarea m ;

J es el número de estimaciones de la duración de la tarea m .

El sumatorio de las duraciones de las diferentes tareas efectuadas en la jornada laboral debe corresponderse con la duración efectiva de ésta, de tal modo que:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m$$

Donde:

T_e es la duración de la jornada de trabajo nominal;

$\bar{T}_m$ es la duración media de la tarea m ;

M es el número de tareas efectuadas a lo largo de la jornada laboral.

ETAPA 2

Estimación del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" de cada tarea mediante la expresión:

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \lg \left[\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,mi}} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,mi}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" obtenido en la medición de la tarea m ;

I es el número total de mediciones llevadas a cabo de la tarea.

A partir de aquí, para calcular el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,d}$, existen dos opciones:

Opción 1

Se calcula el nivel de exposición diario equivalente para cada tarea m , $L_{Aeq,d,m}$ mediante la fórmula:

$$L_{Aeq,d,m} = L_{Aeq,T,m} + 10 \lg \left[\frac{\bar{T}_m}{T_0} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,m}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" de la tarea m ;

$\bar{T}_m$ es el valor medio de la duración de dicha tarea.

T_0 es el tiempo de referencia.

Y, a continuación, calcularse el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,d}$, mediante la expresión:

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \left[\sum_{m=1}^M 10^{0,1 \times L_{Aeq,d,m}} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,d,m}$ es la contribución de cada tarea al nivel de exposición diario equivalente;

M es el número total de tareas.

Opción 2

O bien, obtener directamente el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,d}$, a partir de los $L_{Aeq,T,m}$ correspondientes a cada tarea, mediante la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,d} = 10 \lg \left[\sum_{m=1}^M \left(\frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \times 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,m}} \right]$$

donde:

T_0 es el tiempo de referencia, en este caso siempre 8 horas.

4.3.2 MEDICIONES BASADAS EN EL MUESTREO DURANTE EL TRABAJO (FUNCIÓN)

En el transcurso de las tareas identificadas en el análisis de las condiciones de trabajo, se practican mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos de trabajo equivalentes o de exposiciones al ruido muy similares, habitualmente mediante un dosímetro personal.

Esta estrategia es útil cuando no es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas. También se aplica cuando no resulta práctico llevar a cabo un análisis de las condiciones de trabajo muy detallado y, por lo tanto, no es necesario un conocimiento de las mismas tan exhaustivo como ocurriría en el caso de la estrategia por tareas.

Al conjunto de tareas realizadas por un trabajador a lo largo de la jornada se le puede denominar función, por lo que en ocasiones, a esta estrategia de medición también se la conoce como “estrategia de medición basada en la función”.

No es recomendable esta estrategia de medición cuando durante la jornada de trabajo puedan soportarse exposiciones a ruidos muy intensos y de corta duración.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 no recomienda el empleo de esta estrategia cuando

el trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas. El desarrollo de esta estrategia conlleva un mayor tiempo de medición pero el resultado final suele presentar una incertidumbre menor.

Ejemplos en los que puede usarse esta estrategia en obras de construcción son los siguientes:

- Un encargado de obra que visita varios tajos.

Con objeto de estimar el nivel de exposición diario equivalente, es necesario conocer el tiempo mínimo de las mediciones para que el valor obtenido sea representativo. Dicho tiempo depende del número de trabajadores que estén incluidos en un mismo grupo homogéneo de exposición, que serán aquellos trabajadores con una exposición similar al ruido.

Las etapas necesarias en esta estrategia de medición son:

ETAPA 1

Establecimiento del grupo homogéneo de exposición (GHE) y selección del tiempo mínimo necesario de las mediciones, en función del número de trabajadores que componen dicho grupo.

Para ello se utiliza la siguiente tabla:

Tiempo mínimo de medición según número de trabajadores

NÚMERO DE TRABAJADORES DEL GEH - n_g	DURACIÓN MÍNIMA ACUMULADA DE LA MEDICIÓN A DISTRIBUIR ENTRE LOS MIEMBROS DE GEH
$n_g \leq 5$	5h
$5 < n_g \leq 15$	$5h + (n_g - 5) \times 0,5h$
$15 < n_g \leq 40$	$10h + (n_g - 15) \times 0,25h$
$n_g > 40$	17h o fraccionar el GEH

Teniendo en cuenta que según esta estrategia, deben realizarse, como mínimo, 5 mediciones, se determina el número de medidas y la duración de las mismas, de manera que se cumpla la duración mínima obtenida de la tabla o bien se supere.

ETAPA 2

Toma de muestras aleatorias del ruido de tal modo que el sumatorio de tiempos de éstas sea igual o superior a la duración mínima necesaria de las mediciones.

Mediante la expresión indicada a continuación, se calcula el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado "A" para la duración efectiva de la jornada laboral.

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{\frac{L_{Aeq,T,n}}{10}} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" obtenido en la medición n ;

N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

ETAPA 3

Se promedia a 8 horas para obtener el $L_{Aeq,d}$ en el marco de la estrategia basada en el puesto de trabajo. Se calcula el nivel de exposición diario equivalente de los trabajadores integrantes del grupo homogéneo de exposición mediante la expresión:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Donde:

$L_{Aeq,Te}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" para la duración efectiva de la jornada laboral;

T_e es la duración efectiva de la jornada laboral.



4.3.3 MEDICIONES BASADAS EN LA JORNADA COMPLETA

Esta estrategia de medición debe cubrir la totalidad de la jornada, por lo que se registrarán tanto los períodos con altas contribuciones de ruido como aquellos con un menor nivel de presión sonora, garantizando que los días escogidos sean representativos de la exposición habitual al ruido. Dichas mediciones son efectuadas usualmente con un dosímetro personal.

Esta estrategia resulta útil cuando no es sencillo o práctico describir el patrón de trabajo. Se requiere un menor esfuerzo de análisis de las condiciones de trabajo pero, a cambio, supone mayor esfuerzo de tiempo de medición.

Se recomienda especialmente cuando la exposición al ruido se desconoce en mayor o menor grado, o bien es impredecible o excesivamente compleja. Se emplea también cuando quieren cubrirse todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad. Necesita una observación directa del higienista y suele utilizarse cuando las otras dos estrategias de medición no son viables.

Es posible que no se puedan llevar a cabo las mediciones durante una jornada laboral completa. En ese caso, se garantizará que las mediciones tengan en cuenta todos los períodos en los que la exposición al ruido sea significativa.

Ejemplos en los que puede usarse esta estrategia de medición en obras de construcción, son los conductores de vehículos industriales y el personal de mantenimiento en general.

En las mediciones existe el riesgo de incluir contribuciones falsas de ruido, por lo que es necesario e importante averiguar si todos los eventos significativos de ruido ocurridos son motivados por una exposición laboral habitual. Para ello es necesario consultar a los trabajadores sobre las actividades realizadas y las posibles incidencias. En algunos casos pueden efectuarse mediciones puntuales con un sonómetro

integrador-promediador para validar los niveles de exposición al ruido que se han obtenido con los dosímetros personales.

En esta estrategia se deberán llevar a cabo tres mediciones sobre tres jornadas completas (representativas de la exposición al ruido) y en el caso de que los resultados obtenidos difieran en más de 3 dB, se realizarán mediciones en al menos dos jornadas adicionales. Para llevarla a cabo, es necesario actuar del siguiente modo:

ETAPA 1

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado “A” para la duración efectiva de la jornada laboral viene dado por:

$$L_{Aeq,Te} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{\frac{L_{Aeq,T,n}}{10}} \right]$$

Donde:

$L_{Aeq,T,n}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A” obtenido en la medición n ;

N es el número total de mediciones de jornadas completas efectuadas.

ETAPA 2

El nivel de exposición diario equivalente se calcula del siguiente modo:

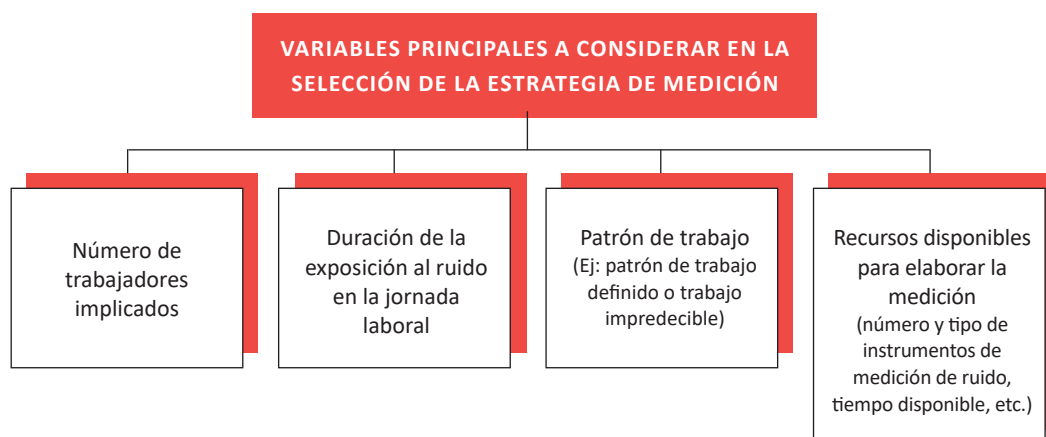
$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,Te} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right)$$

Donde:

$L_{Aeq,Te}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A” para la duración efectiva de la jornada laboral;

T_e es la duración efectiva de la jornada laboral.

En el siguiente cuadro se reflejan las variables principales a considerar para seleccionar adecuadamente la estrategia de medición:



En ocasiones, es posible el empleo de más de una estrategia de medición. Existen casos en los que durante las jornadas a medir, no se realicen tareas que contribuyen a una exposición alta de ruido. En este caso, se solicitarán mediciones adicionales de dichas tareas.

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de selección de la estrategia de medición según la movilidad del puesto de trabajo y la complejidad de la tarea.

Recomendación de estrategia de medición según patrón de trabajo

PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Basada en la jornada completa
PUESTO FIJO	Tarea sencilla o única operación	RECOMENDADA	—	—
PUESTO FIJO	Tarea compleja o varias operaciones	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
PUESTO MÓVIL	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
PUESTO MÓVIL	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	RECOMENDADA
PUESTO MÓVIL	Patrón de trabajo impredecible	—	APLICABLE	RECOMENDADA
PUESTO FIJO O MÓVIL	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	—	RECOMENDADA	APLICABLE
PUESTO FIJO O MÓVIL	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	—	RECOMENDADA	APLICABLE

4.4 INCERTIDUMBRE DE LOS RESULTADOS

Incluso habiendo realizado un análisis detallado de las condiciones de trabajo y realizando de manera adecuada las mediciones, los resultados de las mismas tienen un intervalo de incertidumbre que debe tenerse en cuenta. El Real Decreto 286/2006 obliga a considerar el dato de la incertidumbre en la expresión final del resultado de una medición de ruido.

En el anexo II del citado real decreto se establece la necesidad de comparar el resultado de la medición de ruido con los valores de referencia, teniendo en cuenta el intervalo de incertidumbre asociado. Asimismo, dispone que la determinación del referido intervalo de incertidumbre se llevará a cabo de conformidad con la práctica metrológica:

Número y duración de las mediciones: El número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrán que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de éstas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente real decreto. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en el mismo se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición podrá optarse: a) por suponer que se supera dicho límite o nivel, o b) por incrementar (según el instrumental utilizado) el número de las mediciones (tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente.

En el caso de la comparación con los valores límites de exposición, dicho intervalo de incertidumbre deberá estimarse teniendo

en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación de los protectores auditivos.

Las incertidumbres de medición a las que se hace referencia en el apartado anterior se determinarán de conformidad con la práctica metrológica.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 aporta un método para la medición de la exposición al ruido de los trabajadores y para el cálculo del nivel de exposición y de la incertidumbre asociada. Esta norma solo considera un intervalo de confianza unilateral, de manera que lo que compara con el valor de referencia es la suma $L_{Aeq,d} + U$.

En función del resultado de la medición y su incertidumbre asociada puede estimarse si se supera un valor de referencia, según muestra la siguiente tabla:

VALORACIÓN DEL $L_{Aeq,d}$ CON LOS VALORES DE REFERENCIA (valores inferiores y superiores que dan lugar a una acción y valores límite de exposición)	
Si $L_{Aeq,d} + U \leq L_{ref}$	No se sobrepasa el valor de referencia
Si $L_{Aeq,d} + U > L_{ref}$	Al poder superarse el valor de referencia, L_{ref} se tiene que elegir entre estas dos opciones: - Considerar que se supera el nivel de referencia L_{ref} (recomendable). - Aumentar el número de mediciones hasta reducir suficientemente la incertidumbre expandida.

La Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 asume un intervalo de confianza bilateral, de forma que se compara el valor de referencia con el intervalo comprendido entre $L_{Aeq,d} - U$ y $L_{Aeq,d} + U$. En este caso, se puede dar la situación contemplada en el anexo II del real decreto, en la que el valor de referencia se sitúa dentro del intervalo de incertidumbre, esto es entre los $L_{Aeq,d} - U$ y $L_{Aeq,d} + U$.

Entonces podemos optar bien por suponer que se supera dicho valor de referencia o bien por incrementar el número de medidas y/o su duración con el objetivo de reducir el intervalo de incertidumbre.

Hacemos hincapié en que el intervalo bilateral es el adecuado para conocer y expresar el valor de la exposición a ruido, sin embargo, para la comparación con los valores de referencia, resulta más práctico emplear el intervalo unilateral superior, que para el mismo valor de coeficiente k , aporta un mayor nivel de confianza.

En la realización de una medición de la exposición al ruido existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre debidas tanto a errores como a alteraciones naturales de las condiciones de trabajo.

Entre las posibles fuentes de incertidumbre más usuales a la hora de realizar la medición cabe destacar:

- La posición del micrófono.
- La instrumentación empleada y su calibración.
- Las variaciones en el trabajo diario, tanto por las variaciones en los niveles de ruido, como por el tiempo de exposición, etc.
- El tipo de muestreo llevado a cabo, como tal.
- Las contribuciones falsas, provocadas por el viento, corrientes de aire, impactos en el micrófono y roces del mismo con la ropa.
- Un análisis inicial deficiente de las condiciones de trabajo.
- Las contribuciones de fuentes de ruido atípicas tales como conversaciones, música, señales de alarma, la voz humana o comportamientos anormales.
- Estrategia de medición errónea, etc.

El técnico puede realizar una serie de acciones que lleven a reducir la incertidumbre en el resultado de la medición, tales como:

- Comprobar que el micrófono del dosímetro personal no roce con la ropa del trabajador y que el cable de conexión, si lo tuviese, está sujeto a la ropa del trabajador.
- No realizar mediciones cuando existan corrientes de aire. Si esto no es posible, comprobar que el micrófono dispone de pantalla antiviento.
- Estimar de manera razonable que las condiciones de trabajo son las habituales en el día que se va a medir. Deberá realizar un análisis previo de dichas condiciones.



El resto de las fuentes de incertidumbre deben ser también controladas, pero en algunos casos no se pueden minimizar. Para su evaluación, se tratan de forma independiente matemáticamente. Cada componente de incertidumbre se expresa como una desviación estándar y se denomina incertidumbre estándar, u_i .

La incertidumbre estándar combinada (u), asociada al nivel de exposición al ruido, se calcula mediante el sumatorio de las contribuciones de las diferentes fuentes de incertidumbre:

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2$$

Donde:

c_i son los coeficientes de sensibilidad relacionados con cada magnitud de entrada, es decir, una medida de cómo se ve afectado el nivel de exposición al ruido por los cambios en los valores de las respectivas magnitudes;

u_i es la desviación estándar de cada magnitud de entrada.

A partir de la incertidumbre estándar combinada, se obtiene la incertidumbre expandida, U , que aporta el intervalo dentro del cual se encuentra el valor del mensurando con un determinado nivel de confianza.

Se calcula multiplicando la incertidumbre estándar combinada (u), por un factor de cobertura, k , que es función del nivel de confianza que queramos asumir.

$$U = k u$$

A partir de aquí podemos escoger entre un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico.

En el primer caso, el resultado de la medición de la exposición al ruido vendría dado por:

$$L_{Aeq,d} + U$$

en el segundo caso por:

$$L_{Aeq,d} \pm U$$

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza, con lo que el factor de cobertura es $k = 1.65$, lo que implica que el 95 % de los valores están por debajo del límite superior, $L_{Aeq,d} + U$.

Según la estrategia de medición elegida (basada en la tarea, en la jornada completa o en el muestreo) existe un tratamiento matemático diferente de las componentes de la incertidumbre asociada al resultado. Sin embargo, las incertidumbres debidas tanto a los instrumentos de medida empleados como a la posición del micrófono son comunes a las tres estrategias.

Incertidumbre debida a los instrumentos de medida empleados, u_2

En función del instrumento de medida que se utilice, se aplicará un valor de incertidumbre estándar distinto, debido a la precisión de los equipos y los límites de tolerancia.

Las incertidumbres estándar para los instrumentos más comunes se presentan en la siguiente tabla:

TIPO DE INSTRUMENTO	u_2
Sonómetro Clase 1	0,7 dB
Dosímetro personal	1,5 dB
Sonómetro Clase 2	1,5 dB

Incertidumbre debida a la posición del micrófono, u_3

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB.

4.4.1 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN PARA LA ESTRATEGIA BASADA EN LA OPERACIÓN O TAREA

Una vez estimado el nivel de exposición diario equivalente, debemos calcular la incertidumbre que conlleva este valor, por lo que todas las tareas inherentes al puesto deben estar definidas de manera correcta y la estimación de la duración de la misma se debe corresponder con la realidad. El cálculo se realiza en dos etapas:

ETAPA 1

Calculamos la incertidumbre estándar combinada (u), a partir de los valores numéricos de las contribuciones a la incertidumbre:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left(\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right)$$

Donde:

$u_{1a,m}$ es la incertidumbre estándar debida al muestreo del nivel de ruido en la tarea m ;

$u_{1b,m}$ es la incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración en la tarea m ;

$u_{2,m}$ es la incertidumbre estándar debida a los instrumentos utilizados en la medición de la tarea m .

u_3 es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono que será, en todo caso de 1 dB;

$c_{1a,m}$ y $c_{1b,m}$ son los diferentes coeficientes de sensibilidad.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 considera que los coeficientes de sensibilidad debidos tanto al instrumento de medida empleado, $c_{2,m}$, como a la posición del micrófono, $c_{3,m}$, son iguales al del muestreo por tareas, $c_{1a,m}$, de forma que en la fórmula se ha simplificado y sólo queda reflejado éste último.

$c_{1b,m}$ es el coeficiente de sensibilidad asociado a la incertidumbre provocada por la estimación de la duración de la exposición para la tarea m ;

M es el número total de tareas.

La incertidumbre estándar debida al muestreo del nivel de ruido de la tarea m se calcula de la siguiente forma:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,mi} - \bar{L}_{Aeq,T,m})^2 \right]}$$

Donde:

$\bar{L}_{Aeq,T,m}$ es la media aritmética de I niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados "A" de la tarea m ;

$L_{Aeq,T,mi}$ son los niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados "A" obtenidos en las mediciones de la tarea m ;

I es el número total de muestras de la tarea

La incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración para la tarea m se calcula de la siguiente forma:

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]}$$

Donde:

T_m es la media aritmética de las duraciones obtenidas de la tarea m , en horas;

$T_{m,j}$ es la duración observada de la tarea m ;

J es el número total de observaciones de la duración de la tarea.

Cuando se trate de rangos de tiempo, es posible aproximar la incertidumbre estándar debida a la duración de la tarea mediante la fórmula:

$$u_{1b,m} = 0,5 \times (T_{m\max} - T_{m\min})$$

El coeficiente de sensibilidad asociado al muestreo del nivel de ruido para la tarea m, se calcula mediante la expresión:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times (L_{AeqT,m} - L_{Aeq,d})}$$

Donde:

T_m es la media aritmética de las duraciones obtenidas de la tarea m, en horas;

$L_{AeqT,m}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" en la tarea m;

$L_{Aeq,d}$ es el nivel de exposición diario equivalente en el puesto de trabajo.

T_0 son 8 horas

El coeficiente de sensibilidad asociado a la incertidumbre estimada de la duración de la exposición en la tarea m, es igual a:

$$c_{1b,m} = 4,34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m}$$

Donde:

T_m es la media aritmética de las duraciones obtenidas de la tarea m, en horas;

$c_{1a,m}$ es el coeficiente de sensibilidad asociado al muestreo del nivel de ruido, en la tarea m.

ETAPA 2

Se calcula la incertidumbre expandida, U. Para obtener un intervalo de confianza unilateral con un 95% de nivel de confianza, debe aplicarse el siguiente factor de corrección:

$$U = 1,65 \times u$$

4.4.2 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN PARA LA ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO

La incertidumbre expandida, U, se calcula en las siguientes etapas:

ETAPA 1

La incertidumbre estándar, u_1 , de los niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados "A", $L_{AeqT,n}$, muestreados viene dada por la siguiente expresión:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{AeqT,n} - \bar{L}_{AeqT})^2 \right]}$$

Donde:

$L_{AeqT,n}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" de la muestra n;

$\bar{L}_{AeqT}$ es la media aritmética de N muestras del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado

N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

ETAPA 2

El valor de la incertidumbre debida a los instrumentos de medición, u_2 , es la siguiente:

- Sonómetros clase 1: 0.7 dB
- Dosímetros personales y sonómetros clase 2: 1.5 dB

El valor de la incertidumbre debida a la posición del micrófono, u_3 , es de 1 dB.

ETAPA 3

La contribución a la incertidumbre, $c_1 u_1$, de los muestreos del nivel de ruido, en decibelios, (aplicable a un conjunto de N valores medidos, $L_{AeqT,n}$) y de la incertidumbre estándar, u_1 , se obtiene al entrar la tabla siguiente:

Obtención del factor $c_1 u_1$

N	INCERTIDUMBRE ESTÁNDAR u_1											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
3	0.6	1.6	3.1	5.2	8.0	11.5	15.7	20.6	26.1	32.2	39.0	46.5
4	0.4	0.9	1.6	2.5	3.6	5.0	6.7	8.6	10.9	13.4	16.1	19.2
5	0.3	0.7	1.2	1.7	2.4	3.3	4.4	5.6	6.9	8.5	10.2	12.1
6	0.3	0.6	0.9	1.4	1.9	2.6	3.3	4.2	5.2	6.3	7.6	8.9
7	0.2	0.5	0.8	1.2	1.6	2.2	2.8	3.5	4.3	5.1	6.1	7.2
8	0.2	0.5	0.7	1.1	1.4	1.9	2.4	3.0	3.6	4.4	5.2	6.1
9	0.2	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7	2.1	2.6	3.2	3.9	4.6	5.4
10	0.2	0.4	0.6	0.9	1.2	1.5	1.9	2.4	2.9	3.5	4.1	4.8
12	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.5	2.9	3.5	4.0
14	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5
16	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	3.2
18	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9
20	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6
25	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3
30	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0

El valor de la incertidumbre estándar, u_1 , de los niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados “A” muestreados, $L_{AeqT,n}$, se calcula únicamente para utilizarlo como valor de entrada en esta tabla.

Si el factor $c_1 u_1$ obtenido de la tabla es superior a 3,5 dB, se debe revisar el plan de medición diseñado y estudiar la posibilidad bien de modificar los grupos de exposición homogénea definidos o bien de aumentar el número de mediciones, N, con objeto de reducir la incertidumbre.

ETAPA 4

La incertidumbre combinada estándar se calcula a partir de los valores de todas las diferentes contribuciones a la incertidumbre:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$$

ETAPA 5

La incertidumbre expandida vendrá definida por la siguiente expresión:

$$U(L_{Aeq,d}) = 1,65 \times u$$

4.4.3 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN PARA LA ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

Los cálculos necesarios para conocer la incertidumbre expandida, U, del nivel de exposición diario equivalente, $L_{Aeq,d}$, son los mismos en el caso de que se hayan efectuado las mediciones teniendo en cuenta la estrategia de medición basada en la jornada completa o en el muestreo durante el trabajo (función).

4.5 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO E INCERTIDUMBRE: CALCULADORES DEL INSST

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo ofrece herramientas de ayuda para realizar algunos cálculos habituales en las distintas disciplinas que conforman la prevención de riesgos laborales. En el caso de Higiene, dispone de dos calculadores que permiten realizar cálculos para evaluar la exposición al ruido y el cálculo de la incertidumbre asociada a las mediciones del nivel de ruido. Sus formatos permiten identificar la empresa y el puesto de trabajo bajo estudio, e imprimir un informe final con los datos de entrada, los datos intermedios, cuando proceda, y los resultados obtenidos.

Evaluación de la exposición al ruido

Permite realizar el cálculo de las ecuaciones básicas para la evaluación de la exposición al ruido:

- Nivel equivalente diario ($L_{Aeq,d}$) para una exposición.
- Nivel equivalente diario ($L_{Aeq,d}$) para exposición a "m" operaciones con distintos niveles de ruido.
- Nivel equivalente para un periodo semanal ($L_{Aeq,s}$).
- Tiempo máximo de exposición.
- Nivel equivalente ($L_{Aeq,d}$) para ruido estable.

Se debe seleccionar el instrumento de medición empleado: sonómetro integrador de tipo 1 o 2 y el dosímetro.



Accede al calculador INSST.
Evaluación de la exposición al ruido.

Incertidumbre asociada a las mediciones del nivel de ruido

Permite realizar el cálculo de la incertidumbre asociada a las mediciones del nivel de ruido tal y como se describe en la UNE-EN ISO 9612 «Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería».

En este calculador se debe elegir el método de cálculo que se desea utilizar en función de la información de la que se disponga: medición basada en la función y medición de una jornada completa, o medición basada en la tarea.

Como en el caso anterior, se debe especificar el instrumento de medición empleado, con lo que tenemos directamente la incertidumbre típica (u_2) de dicho aparato.



Accede al calculador INSST.
Incertidumbre asociada a las mediciones de ruido.



4.6 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LOS VALORES DE REFERENCIA

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido establece tres niveles de exposición laboral:

a) Valores límite de exposición:

$$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A) durante 8 horas} \\ \text{y } L_{pico} = 140 \text{ dB(C)}$$

Al aplicar estos valores límite se tendrá en cuenta la atenuación que proporciona el protector auditivo.

b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A) y } L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$$

c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A) y } L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$$

Si se supera algunos de estos niveles de referencia, el empresario debe asumir una serie de medidas.

Estas acciones están desarrolladas de forma extensa en el apartado de valores de referencia incluido en el tema 3 sobre normativa y legislación aplicable.

Los niveles de exposición diarios equivalentes, $L_{Aeq,d}$, y los niveles de pico, L_{pico} , se comparan con los valores de exposición que dan lugar a una acción y con los valores límite de exposición. El nivel de exposición semanal equivalente, $L_{Aeq,s}$, podrá utilizarse en lugar del nivel de exposición diario equivalente, en aquellas circunstancias en las que sea posible justificarlo debidamente, siempre que conste de forma clara en la evaluación de riesgos y para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra.



Es condición necesaria para evaluar la exposición mediante este criterio que:

- El nivel de exposición semanal al ruido obtenido mediante un control apropiado no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A).
- Se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades.

4.7 INFORME DE LA EVALUACIÓN

El informe de higiene industrial que se elabore debe realizarse según las directrices del Real Decreto 286/2006 y debe contener al menos los siguientes apartados:

- **Identificación de la empresa.**
- **Identificación de las personas** que intervienen en la evaluación.
- **Objeto del informe:** por exposición al ruido.
- **Criterios de evaluación empleados:**
 - Instrumentos empleados: sonómetro integrador-promediador, dosímetro personal, etc.
 - Parámetros utilizados: niveles de exposición diarios equivalentes ($L_{Aeq,d}$), niveles de pico (L_{pico}), nivel de exposición semanal equivalente ($L_{Aeq,s}$).
- **Estrategia de medición utilizada:** medición basada en la operación o tarea, medición basada en el muestreo durante el trabajo (función) o medición de una jornada completa. Justificación de la estrategia.



- **Plan de medición:** duración y número de mediciones.
- **Incertidumbre asociada.** Exposición de resultados.
- **Evaluación** por lugar/puesto de trabajo:
 - Descripción del puesto de trabajo.
 - Trabajadores muestreados.
 - Condiciones existentes de realización de las medidas (incidencias, exposición a agentes ototóxicos, horario, etc.).
 - Resultados de las mediciones.
 - Valoración de las mediciones.
 - Medidas preventivas.

Anexos del informe de evaluación:

- Relación de trabajadores por puesto de trabajo o grupos homogéneos de exposición efectuados.
- Planos, esquemas, fotos, etc. del puesto de trabajo.



05

CONTROL DE LA EXPOSICIÓN LABORAL AL RUIDO. IMPLANTACIÓN DE MEDIDAS

5.1. Introducción

5.2. Programa de medidas técnicas o de organización

5.3. Fases del programa

5.3.1. Definición de objetivos

5.3.2. Estudio previo de diagnóstico

5.3.3. Decisión sobre las acciones a emprender

5.3.3.1 Medidas técnicas

5.3.3.2 Medidas organizativas

5.3.3.3 Medidas complementarias

5.3.4. Establecimiento de la planificación de las actuaciones programadas

5.3.5. Designación de funciones y responsabilidades del diseño y ejecución del programa

5.3.6. Asignación de los recursos necesarios para la ejecución del programa

5.3.7. Control y seguimiento de las actividades programadas

5.3.8. Revisión del programa

5.4. Documentación del programa

5.1 INTRODUCCIÓN

La Directiva de ruido 2003/10/CE establece la eliminación de los riesgos derivados de la exposición al ruido en su origen o su reducción al nivel más bajo posible. Además, prioriza la aplicación de medidas colectivas frente al uso de equipos de protección individual.

Sólo se van a utilizar los equipos de protección auditiva cuando, una vez que se hayan utilizado las protecciones colectivas, los niveles de exposición a ruido a que estén sometidos los trabajadores se encuentren por encima de los niveles de exposición que dan lugar a una acción.

La eliminación del ruido no supone una tarea sencilla y fácil. En el plan que se vaya a realizar se deben plasmar las medidas que se van a adoptar: sustitución de equipos por otros más silenciosos, modificación de procesos por otros en los que existan niveles de ruidos inferiores, aislamiento de máquinas o equipos, encerramientos de fuentes de ruido, colocación de barreras de absorción acústica entre las fuentes de ruido y los trabajadores, colocación de elementos de amortiguación que reducen la vibración de los equipos de trabajo o inclusión en programas de mantenimiento de equipos para que no se incrementen sus valores de ruido.

Se verá más adelante que las medidas técnicas, como, por ejemplo, el control de ruido en la fuente, no son fácilmente ejecutables ni rápidas en realizarse y en muchas ocasiones suelen requerir de un elevado coste económico, por lo que será necesario también establecer otras medidas de tipo organizativo como son la prohibición de acceso de trabajadores a zonas de elevado ruido, limitación de paso por determinados espacios o limitar el tiempo de exposición de dichos trabajadores.

En muchos casos será necesario la utilización de equipos de protección auditiva, pero siempre se deberá tener en cuenta la priorización de las medidas colectivas frente al uso de equipos de protección individual.

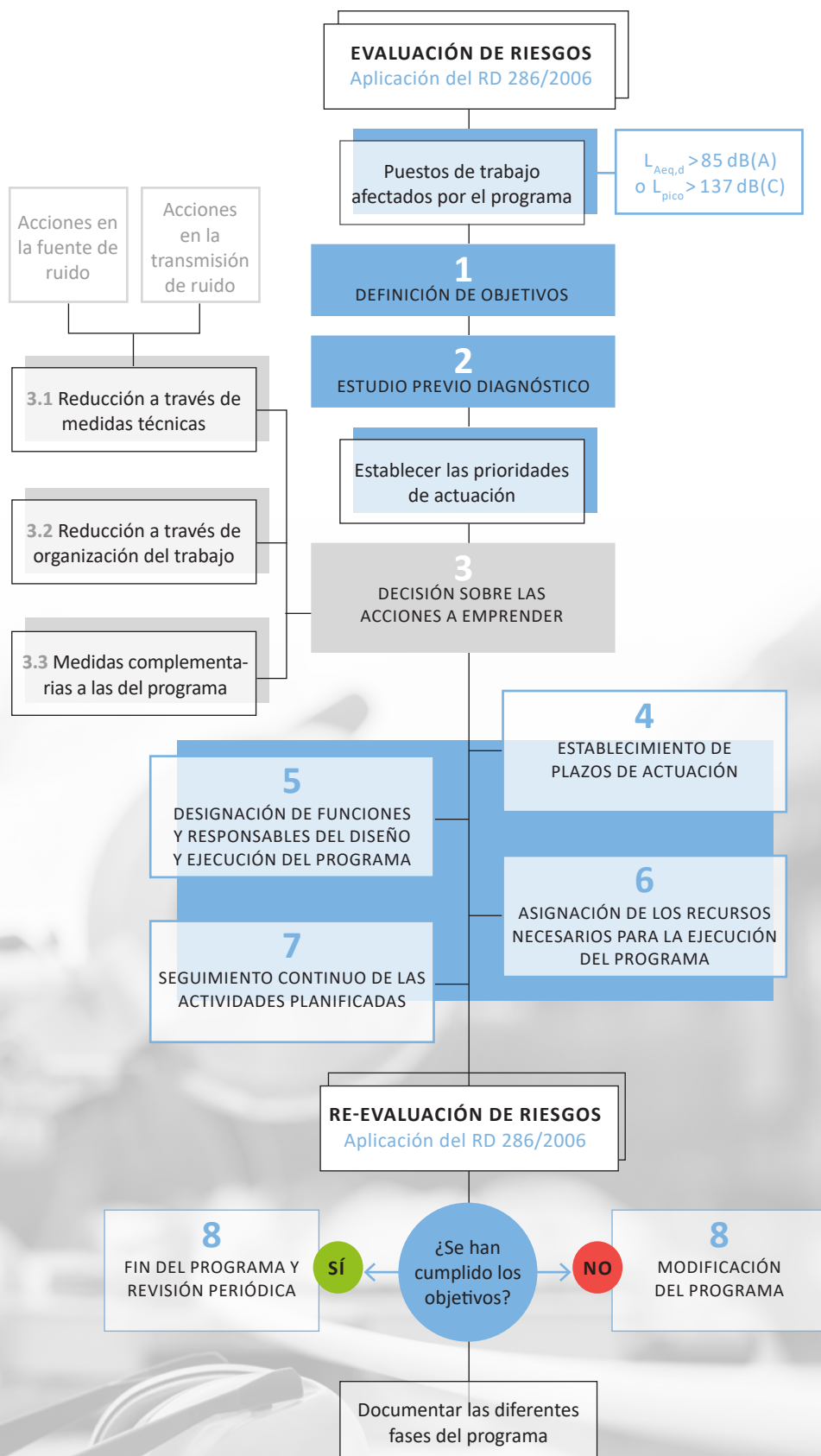
5.2 PROGRAMA DE MEDIDAS TÉCNICAS O DE ORGANIZACIÓN

En el Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, se expone la obligación de elaborar un programa de medidas técnicas o de organización para reducir la exposición al ruido cuando se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.

Las operaciones que se establecen para la reducción del ruido a veces llevan consigo técnicas complejas que, a menudo, contrastan con los resultados que se obtienen. Muchos de los factores que aumentan la exposición laboral a ruido pueden corregirse mediante el conocimiento de las fuentes de ruido y las características del proceso y del local de trabajo (características de la exposición).

El programa de medidas técnicas o de organización al que hace referencia el Real Decreto 286/2006 está constituido por el estudio previo de las condiciones existentes y la programación de las acciones que es posible poner en práctica para reducir la exposición. Existe obligación de poner en práctica este programa cuando la exposición al ruido en un puesto de trabajo sobrepase los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. Debe documentarse y, a su vez, debe estar integrado en el plan de prevención de riesgos laborales de la empresa.

En el siguiente cuadro se pueden observar las diferentes fases o etapas que debería incluir un programa de medidas técnicas y organizativas:



Los principios de la acción preventiva recogidos en la Ley de Prevención de Riesgos laborales (concretamente en su artículo 15) indican que la solución inicial y prioritaria frente a una exposición excesiva a ruido elevado debe ser la eliminación de la fuente que causa el riesgo. Si ello no es posible, o en la práctica no es razonable, entonces se debe disminuir la exposición implantando medidas que antepongan la protección colectiva frente a la individual.

5.3 FASES DEL PROGRAMA

Como podemos ver en el cuadro anterior, las fases principales que debería contener dicho programa serían las siguientes:

- Definición de objetivos.
- Estudio previo de diagnóstico.
- Decisión sobre las acciones a emprender: reducción a través de medidas técnicas o a través de medidas organizativas. Deben contemplarse siempre las medidas complementarias.
- Establecimiento de la planificación de las actuaciones programadas.
- Designación de funciones y responsables del diseño y ejecución del programa.
- Asignación de los recursos necesarios para la ejecución del programa.
- Seguimiento continuo de las actividades planificadas.
- Revisión del programa.

5.3.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

El objetivo del programa de medidas es la eliminación de los riesgos derivados de la exposición al ruido o la reducción al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control en su origen.

Con la aplicación y la implantación de este programa se debe garantizar que no se sobrepasarán los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción y, además, tal y como establece el real decreto, los riesgos deben quedar reducidos a los mínimos posibles.

Los objetivos concretos a alcanzar (reducción de los niveles de exposición que se desean obtener una vez se hayan implementado las medidas planificadas) se establecerán en base al diagnóstico previo de la situación (segunda fase del programa).

5.3.2 ESTUDIO PREVIO DE DIAGNÓSTICO

En esta fase es necesario recopilar toda la información necesaria para justificar las posibles soluciones aplicables. Se debe realizar un diagnóstico previo de la situación que ayude a obtener datos sobre la empresa, el local de trabajo, el tipo de exposición, las fuentes de ruido y los trabajadores afectados. La realización de esta fase abarca los siguientes puntos:

Identificación de las características de la actividad de la empresa que pueden influir en el ambiente sonoro de los lugares de trabajo.

Algunas de estas características serían la tasa de actividad de la empresa, variabilidad de las tareas de los trabajadores y de las operaciones que conforman esas tareas, el funcionamiento de las instalaciones ruidosas, etc.

En esta fase deberían participar personas que conozcan completamente los procesos de

trabajo (en algunas situaciones es conveniente que puedan realizarlo los mismos trabajadores afectados).

Evaluación de las exposiciones

El objetivo de esta fase es identificar a los trabajadores que se encuentran más expuestos y estimar su nivel de exposición. Bastará con realizar mediciones del ruido ambiental (nivel en el puesto de trabajo expresado en $L_{Aeq,T}$), no es necesario medir el nivel de exposición diario equivalente ($L_{Aeq,d}$) ni el nivel de pico (L_{pico}).

Las mediciones deberán realizarse en los lugares y tareas donde el problema sea representativo, y deberán permitir:

- Identificar los puestos de trabajo problemáticos, que requerirán un tratamiento posterior.
- Establecer una jerarquía o un orden de las diferentes situaciones a tratar para poder establecer la prioridad de las acciones.
- Calcular de forma aproximada el número de decibelios que se desea reducir, de forma que se puedan dimensionar las soluciones a adoptar de acuerdo con esa reducción.

Identificación de las características del local o zona de trabajo

Se debe evaluar de forma cuantitativa la calidad acústica del local de trabajo a través del cálculo de varios parámetros:

- **Tasa de disminución del nivel sonoro en función de la distancia (DL_2)**

El cálculo de esta tasa supone comparar el comportamiento acústico del local a estudiar con el de un campo libre. El campo libre se utiliza como medio de propagación de referencia porque en él no existe reflexión. En este medio, el sonido se propaga siguiendo una ley según la cual el nivel so-

noro disminuye 6 dB al doblarse la distancia a la fuente sonora. Esta ley permite determinar la pendiente media de disminución sonora en el interior de un local, a medida que aumenta la distancia a una fuente de referencia situada en un extremo del mismo. El resultado es el parámetro normalizado DL_2 , en dB(A).

Cuanto más reverberante sea el local (es decir, cuanto más importante sea el número de reflexiones del sonido), menos disminuirá el nivel sonoro al aumentar la distancia a la fuente. Así, cuanto más alto sea el DL_2 , "mejor" será el local. La definición de este parámetro se encuentra recogida en la UNE-EN ISO 14257, sobre la evaluación del comportamiento acústico de los recintos de trabajo.

- **Tiempo de reverberación (T_r)**

Este parámetro suele emplearse de manera usual para evaluar la calidad acústica de un local, debido a que es más fácil de medir que el indicador anterior.

El concepto es el siguiente: cuando una fuente sonora actúa en un local cerrado, y cesa de emitir, el nivel sonoro en el local no cesa de forma brusca, sino que decrece de forma progresiva debido a la existencia de ondas reflejadas en las paredes que siguen propagándose en el interior del local aunque haya cesado la emisión.

El tiempo de reverberación es el tiempo necesario para que el nivel sonoro disminuya 60 dB medido a partir del instante en que la fuente de ruido cesa de emitir. Es una medida de la capacidad del local para absorber las ondas sonoras. Cuanto mayor sea la absorción, menor será el tiempo de reverberación.

Su fórmula es la siguiente:

$$T_r = \frac{0,161 \cdot V}{S [-\ln(1 - \alpha_m)]}$$

Donde T_r es el tiempo de reverberación (s), V es el volumen del local (m^3), S es la super-



ficie de éste (m^2) y α_m es el coeficiente de absorción medio del local.

La relación entre la cantidad de energía absorbida y la incidente por unidad de superficie se denomina **coeficiente de absorción del material (α)**. Cuando una onda sonora incide en una superficie, una parte de la energía sonora es absorbida por el material, de forma que la onda reflejada tiene menos energía que la incidente. El coeficiente de absorción acústica de un material depende de las características del mismo, de la frecuencia de la onda sonora y del ángulo con el que incide la onda sobre la superficie.

En un local en el que existan diferentes tipos de materiales se puede utilizar el valor medio del coeficiente de absorción.

- **Absorción acústica del local (A)**

Es el sumatorio de todos los coeficientes de absorción de cada material multiplicado por la superficie de cada material.

En un local reverberante en el que exista una fuente sonora, y considerando sólo el campo difuso, el nivel sonoro producido por la fuente disminuye al aumentar la absorción acústica del local, de acuerdo con la relación:

$$L_p = L_w - 10 \log \frac{A}{4}$$

siendo L_p el nivel de presión sonora (dB), A , la absorción acústica del local (m^2) y L_w el nivel de potencia sonora de la fuente (dB).

La insonorización o aumento de la absorción sonora del local se puede llevar a cabo colocando en el local materiales absorbentes.

- **Aislamiento acústico del local, IA**

Este parámetro está asociado con el principio físico que describe la cantidad de

energía sonora transmitida al otro lado de una pared en relación a la energía emitida de cara a la misma. El aislamiento acústico normalizado de un local respecto a otro, IA , expresado en dB, varía en función de la frecuencia del sonido y de la masa de la pared:

$$IA = L_{p1} - L_{p2} + 10 \log S/R$$

donde L_{p1} es el nivel de presión medio en el local emisor (dB), L_{p2} es el nivel de presión medio en el local receptor (dB), S es la superficie del elemento separador (m^2) y R es la constante del local receptor (m^2), que se puede obtener a través de la siguiente expresión:

$$R = \frac{\sum \alpha_i \cdot S_i}{1 - \alpha_m}$$

Identificación de las fuentes de ruido

Esta fase comprende dos etapas:

- Localización de las fuentes de ruido en los puestos que tienen problemas y que anteriormente se han identificado.
- Determinación del nivel de presión acústica (L_p) que emiten las fuentes localizadas. Las mediciones deberían realizarse cuando todas las fuentes de ruido, con excepción de las que interesa medir, están en situación de parada y, aproximadamente, a un metro de la fuente en dirección al punto de recepción del ruido. Como alternativa a la medición del nivel sonoro de la fuente, éste puede ser estimado a partir de los datos incluidos en los documentos técnicos de la instalación. De acuerdo con el Real Decreto 1644/2008, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, el fabricante debe indicar en el manual de instrucciones el nivel de presión

acústica de emisión ponderado A en los puestos de trabajo, cuando este nivel supere los 70 dB(A).

Identificación de las fuentes preponderantes que afectan a cada trabajador

Este apartado consiste en identificar la interacción entre un trabajador y cada una de las fuentes que le afectan por separado. Se ordenarán las fuentes en función de su contribución a la exposición del trabajador y detectaremos las fuentes preponderantes, cuyo tratamiento debería ser prioritario.

Las mediciones se pueden realizar con la aplicación de uno de estos dos procedimientos:

- Medición del nivel de exposición del trabajador cuando sólo está en funcionamiento la fuente que se desea evaluar y repetir esta medición para las diferentes fuentes que afectan al trabajador.
- Detener las posibles fuentes de exposición de manera individual, empezando por las que adquieren una mayor importancia, y comprobar en cada caso si la disminución del nivel en el puesto de trabajo es significativa (del orden de 8 dBA).



5.3.3 DECISIÓN SOBRE LAS ACCIONES A EMPRENDER

Una vez que los riesgos detectados se han jerarquizado por orden de importancia y conocemos el orden en que es necesario actuar sobre ellos (en función de la magnitud de esos riesgos y del número de trabajadores expuestos a los mismos), es necesario determinar qué actuación o actuaciones concretas son las más adecuadas para reducir dichos riesgos.

5.3.3.1 Medidas técnicas

Los procedimientos técnicos de control reducen los niveles de ruido en la fuente o focos de emisión y sobre los medios de transmisión o propagación del mismo. Es fundamental que en la fase de diseño de la máquina se implementen todas aquellas medidas que reduzcan el ruido final que ésta emite, ya que las medidas técnicas que se lleven a cabo a posteriori serán más costosas.

Actuaciones en la fuente o focos de emisión

Estas actuaciones que tienen como objeto reducir el ruido en la fuente emisora suelen ser las más efectivas, sobre todo si ya fueron incluidas al diseñar la máquina. El fabricante es el responsable de diseñar un equipo que emita un ruido tolerable, por lo que deberá analizar y modificar en su caso las uniones entre los puntos móviles, los puntos de sujeción, colocando silenciadores, pantallas, cerramientos, recubrimientos absorbentes, amortiguamiento o aislamiento que reduzcan el nivel de ruido de la máquina.

Se muestran a continuación las siguientes medidas que puede llevar a cabo el empresario:

1. Selección y adaptación de equipos de trabajo para que generen el menor nivel posible de ruido.
Un análisis sonoro del equipo permite conocer cuál es el principal foco generador de ruido con objeto de actuar sobre él y reducirlo. Es recomendable implementar en el programa de compras de la empresa que se prime la adquisición del equipo de trabajo más

silencioso entre los existentes en el mercado. El Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas dispone que los manuales de los equipos deben incluir información sobre:

- El nivel de presión acústica de emisión ponderado "A" en los puestos de trabajo cuando éste supere los 70 dB(A); si el nivel fuera inferior o igual a 70 dB(A), debe mencionarse este hecho.
- El valor máximo de la presión acústica instantánea ponderado "C", cuando supere los 130 dB.
- El nivel de potencia acústica ponderado "A" emitido por la máquina, si el nivel de presión acústica de emisión ponderado "A" supera en los puestos de trabajo los 80 dB(A).

Se debe observar y comprobar que en el manual de instrucciones del equipo estén incluidas las características de emisión de ruido.

2. Métodos de trabajo o procedimientos que minimicen la exposición al ruido. Sustitución de procesos y/o materiales.
Puede reducirse de manera significativa la exposición laboral del trabajador al ruido mediante métodos de trabajo como los que se presentan a continuación:
 - Reducción del ruido de impacto.
Cuando chocan dos superficies duras, es posible reducir el ruido generado si se sustituyen estas superficies por otras que sean capaces de absorber buena parte de la energía de impacto. El ruido de impacto, siempre que sea posible, puede ser minimizado llevando a cabo las siguientes actuaciones: utilizar mar-

tillos que tengan la cabeza de material polimérico, reducir la altura de caída de las piezas, utilizar planchas perforadas en vez de macizas, recubrir con material absorbente las superficies en las que impactan los productos, etc.

- Reducción del ruido provocado por el aire comprimido.

La limpieza de piezas con aire comprimido genera un foco de ruido significativo, siendo posible reducirlo siguiendo las recomendaciones que se indican: regular la presión de salida del aire a la mínima necesaria, usar boquillas con silenciadores que minimicen las turbulencias en la salida del mismo, evitar que el chorro incida sobre cantos, huecos, superficies irregulares o que choque con paredes sólidas, con el fin de reducir las turbulencias, etc.

3. Aislamiento mediante el encerramiento de la fuente.

Para que el aislamiento sea más efectivo se deben tener en cuenta las siguientes indicaciones:

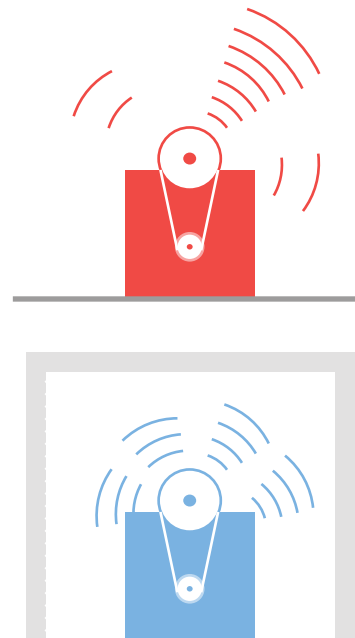
- la instalación de algún elemento antivibratorio entre la máquina y el cerramiento;
- el recubrimiento con materiales absorbentes de las superficies internas de los cerramientos para reducir la reverberación del sonido;
- la puesta de un material en la parte externa del cerramiento. Es conveniente que tenga una masa elevada, para generar una mayor resistencia a la propagación del ruido;
- el tratamiento acústico mediante túneles de absorción, cortinas aislantes, etc., de aquellas aberturas que disponga la máquina, tales como las necesarias para la recepción y expedición de materiales, la ventilación, etc.

4. Utilización de silenciadores.

Los silenciadores, generalmente vienen instalados dentro del sistema de escape de la mayoría de los motores de combustión interna. Están diseñados para disminuir la presión de sonido mediante cámaras y amortiguamiento de los sonidos, mediante fibra de vidrio y materiales que absorben el sonido. También se aprovecha el fenómeno de resonancia de la columna de gas, de modo que el largo de la columna se escoge para que resuene a frecuencias con desfase de 180° , de modo que ocurra la cancelación del sonido por interferencia destructiva.

Las actuaciones que se realicen en la fuente o focos de emisión son generalmente más eficaces que las que se realizan sobre la transmisión del ruido entre la fuente y los trabajadores, por lo que siempre deben ser priorizadas.

Aislamiento mediante encerramiento de la fuente



**Medidas técnicas (sobre la fuente de emisión)
adaptadas al sector de la construcción.**

- Habilitar lugares cerrados y aislados para vaciar el material de los camiones hormigonera a grúas.
- Dar prioridad a la utilización de equipos con motores eléctricos.
- Preparación de material de ferralla (armaduras) fuera de la obra.
- En máquinas pequeñas, utilizar siempre que sea posible, orugas de goma en sustitución de orugas de acero.
- Descarga y transporte de materiales amortiguado por medio de elastómeros.
- Evitar en lo posible la fabricación de puertas, ventanas, etc. en obra y dar preferencia a la utilización de elementos que puedan ser fabricados fuera de esta.
- Evitar el corte de planchas metálicas con sierra o esmeril, prefiriendo el uso de guillotinas o tijeras cuando sea posible.
- No utilizar compresores cerca de estructuras o paredes. Usarlos siempre en dirección favorable al viento.
- Evitar el uso de vibrador de vaina o inmersión, mediante el empleo de hormigón mezclado con fluidificante, el cual permite obtener una mezcla fluida sin segregación que no requiere de vibrado.
- Evitar el contacto de la sonda del vibrador con ferralla y/o armaduras.
- Evitar la descarga manual de hierros desde el camión. Descargar y transportar con grúa torre los hierros en paquetes y dejarlos caer suavemente sobre tierra, o en su defecto sobre planchas de goma.
- Instalación de elementos amortiguadores de ruido en las zonas de caída al suelo de materiales.
- Instalación de fundas de control de ruido en martillos hidráulicos de máquinas.



Actuaciones en la transmisión o propagación del ruido. Actuaciones sobre el medio

La solución más adecuada dependerá de si la propagación se produce por vía estructural o aérea.

1. Actuaciones en la transmisión aérea del ruido.

Cuando no existen obstáculos, el sonido emitido por una fuente se propaga en campo libre por el aire hasta alcanzar al receptor sin más atenuación que la debida a la distancia entre ambos y a la absorción del aire. Si se interpone un obstáculo entre la fuente y el receptor, la propagación del sonido resulta modificada. Cuando una onda sonora encuentra un obstáculo sólido, una parte de la energía es reflejada por el obstáculo, otra parte es absorbida por el mismo, penetrando en su interior y transformándose en vibraciones mecánicas que pueden eventualmente

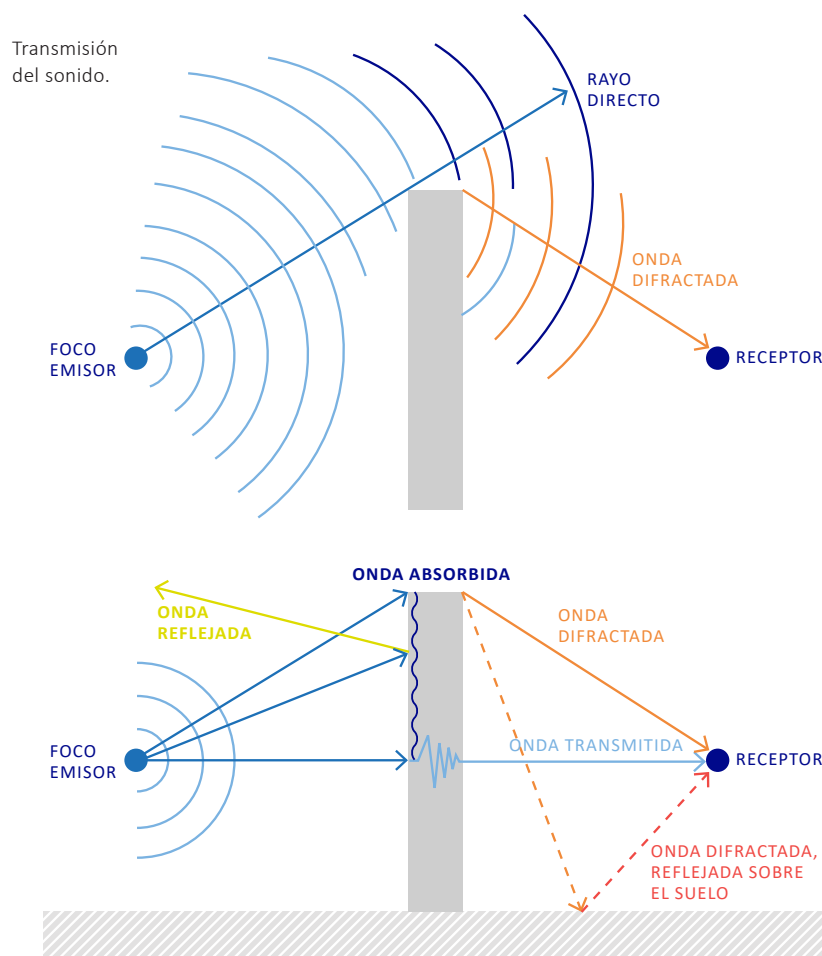
radiar nuevas ondas acústicas, y, finalmente, el resto de la energía “bordea” el obstáculo, produciéndose una perturbación del campo acústico por efecto de la difracción.

Si el material es absorbente, como el poliuretano, se absorbe mucha energía y por el contrario, si es aislante, no se transmitirá apenas energía (hormigón, bloques cerámicos, etc.)

Las principales acciones para luchar contra la propagación por vía aérea son las siguientes:

Uso de materiales absorbentes en el recubrimiento de los locales:

Los materiales absorbentes reducen la reflexión del ruido que incide sobre ellos, por lo que son eficaces cuando el ruido soportado por los trabajadores proviene mayoritariamente del reflejado y no del directo de la fuente. El nivel sonoro reflejado disminuye generalmente mediante el uso de materiales porosos tipo fibras,



como la lana de vidrio, la lana de roca o las sintéticas, por su alta capacidad para transformar la energía acústica en energía mecánica. Esto es debido porque al entrar en contacto la onda acústica con la superficie del material, gran parte de la misma se cuela por los intersticios haciendo entrar en vibración a las fibras.

Los materiales porosos suelen instalarse suspendidos en el techo o fijados en las paredes, proporcionando los resultados más satisfactorios en las frecuencias altas (ruidos agudos).

Si la reverberación del local es alta, se puede realizar un tratamiento absorbente del local con o sin disposición de pantallas acústicas, o se actuará sobre el cerramiento. Si por el contrario es baja, se puede realizar una actuación en el cerramiento, una actuación directa sobre la fuente, disposición de barreras aislantes o un tratamiento absorbente del local.

Coefficiente de absorción = α = Energía absorbida / Energía incidente

$\alpha = 0$ reflexión perfecta

$\alpha = 1$ absorción perfecta

En la siguiente tabla se muestran distintos materiales en los que se puede observar su capacidad de absorción en función de la frecuencia del ruido recibida.

La capacidad que presenta un material o un obstáculo para oponerse al paso de la energía sonora a través del mismo (transmisión) se conoce como aislamiento. El mayor o menor aislamiento depende fundamentalmente del espesor y la masa superficial del obstáculo.

La pérdida por transmisión es la relación entre la energía sonora incidente y la energía sonora transmitida y se expresa en decibelios.

Aislamiento respecto de los ruidos aéreos mediante el uso de barreras.

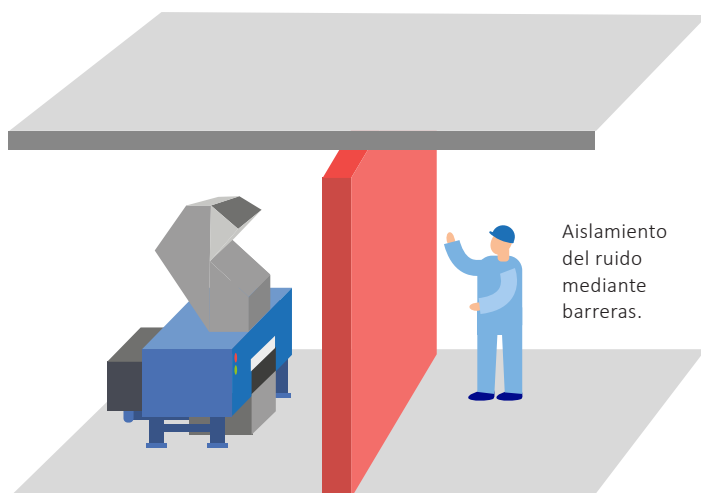
A continuación se destacan una serie de recomendaciones a adoptar en el uso o disposición de las barreras:

- ubicarlas lo más cerca posible de los trabajadores;
- procurar que el nivel o altura que tengan, sea al menos, el doble de la altura del trabajador;
- recubrirlas con materiales absorbentes;
- considerar que son más eficaces para limitar la transmisión de ruidos en las altas frecuencias.

El uso de barreras resulta beneficioso en la limitación de la transmisión del ruido en espacios abiertos, sin embargo, suelen ser poco eficaces en lugares cerrados.

Capacidad de absorción de materiales empleados en construcción

Coefficiente de absorción (α)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000Hz	4000 Hz
Fibra de vidrio (50 Kg/m³)						
espesor 25 mm	0.08	0.25	0.65	0.85	0.80	0.75
espesor 50 mm	0.17	0.50	0.75	0.90	0.85	0.80
Ladrillo visto	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Hormigón	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Vidrio en ventana						
espesor 3 mm	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
espesor 6 mm	0.10	0.08	0.04	0.03	0.02	0.02
Ventana abierta	1	1	1	1	1	1



Aislamiento respecto de los ruidos aéreos mediante el uso de pantallas acústicas.

En zonas exteriores, las pantallas acústicas o pantallas antirruido permiten reducir los niveles de ruido gracias a sus superficies absorbentes que minimizan el sonido reflejado. Son muy comunes en zonas residenciales, urbanas e industriales gracias a la atenuación de la contaminación sonora procedente de carreteras, vías de tren o industrias.

2. Actuaciones en la transmisión del ruido en sólidos.

La solución más eficaz es el aislamiento de las vibraciones para limitar su transmisión.

Si se detecta un alto nivel de vibraciones de la máquina en su conjunto, es conveniente instalar elementos antivibratorios, ya que dichas vibraciones podrían transmitirse a través de la estructura del centro de trabajo.

También es útil sellar las máquinas y las carcasas con elementos elásticos que absorban las vibraciones, para que estas no se trasmitan y generen un foco de ruido.

Medidas técnicas (en la transmisión del ruido) adaptadas al sector de la construcción.

- Realizar túnel para el camión hormigonera con tableros o placas de fenólico y material aislante.
- Cierre de aberturas. Cubrir ventanas con madera, chapa, tableros, etc. antes de realizar tareas ruidosas en el interior (por ejemplo corte de material cerámico).

- En zonas donde se utilicen martillos neumáticos, perforadoras, etc. colocar pantallas acústicas móviles de ancho 2 metros y de alto 2,70 metros. Se pueden revestir de material absorbente en su parte interior.
- Instalación de paneles de polímero de alta densidad (cortina acústica) dentro de una lona impermeable, unidos con material de cierre tipo velcro. Se establecen en fachadas de edificios con ruidos en interior.
- Apantallamiento de silos de mortero.
- Instalar vallado de obra con material absorbente en su interior.
- Utilizar siempre los compresores con la tapa que recubre el motor cerrada. Cuando esté en funcionamiento el compresor, interesa taparlo o recubrirlo totalmente con fibra de vidrio, a excepción de las rejillas de ventilación y escapes de aire.

Actuaciones sobre el receptor

Aislamiento del personal en cabinas

Se puede plantear la opción de ubicar al trabajador en una cabina insonorizada, siempre que el aislamiento de la máquina no sea posible o resulte insuficiente para reducir el nivel de ruido hasta valores aceptables. Un ejemplo de este tipo serían las cabinas de las máquinas autopropulsadas.

Hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La cabina no es un método eficaz para la protección del trabajador si éste debe ausentarse de ella repetidamente o durante períodos de tiempo prolongados. Sí puede ser útil en procesos muy automatizados.
- La cabina es un lugar de trabajo, por lo que en su fase de diseño debe asegurarse que la misma cumpla con los requerimientos relativos a la ventilación, iluminación, temperatura, etc.

- Las aberturas necesarias para la ventilación han de incluir un suficiente aislamiento para que el ruido no se introduzca en el interior de la cabina.
- La superficie en la que se apoya la cabina no debe transmitir al interior de la misma las vibraciones que puedan llegar a través de la estructura de la nave.

Selección de la protección auditiva

Se utilizarán cuando la aplicación del resto de medidas técnicas y organizativas posibles sean insuficientes. Se tratará más adelante en un capítulo dentro de esta unidad.

Se aconseja la aplicación de acciones correctoras sobre la fuente cuando exista un ruido de frecuencias puras, ya que este tipo de problema suele estar relacionado con el propio funcionamiento de la máquina, o cuando la fuente está en mal estado. En cambio, cuando las fuentes son numerosas o existe mucha dispersión, es preferible implantar acciones que inciden sobre la transmisión aérea del ruido, ya que éstas pueden solucionar el problema de forma global, sin necesidad de intervenir en cada una de las fuentes por separado.



Generalmente, para ruidos de frecuencias altas se puede realizar bien, una actuación directa sobre la fuente o un tratamiento absorbente del local, o bien la disposición de barreras aislantes o bien, una actuación en el cerramiento.

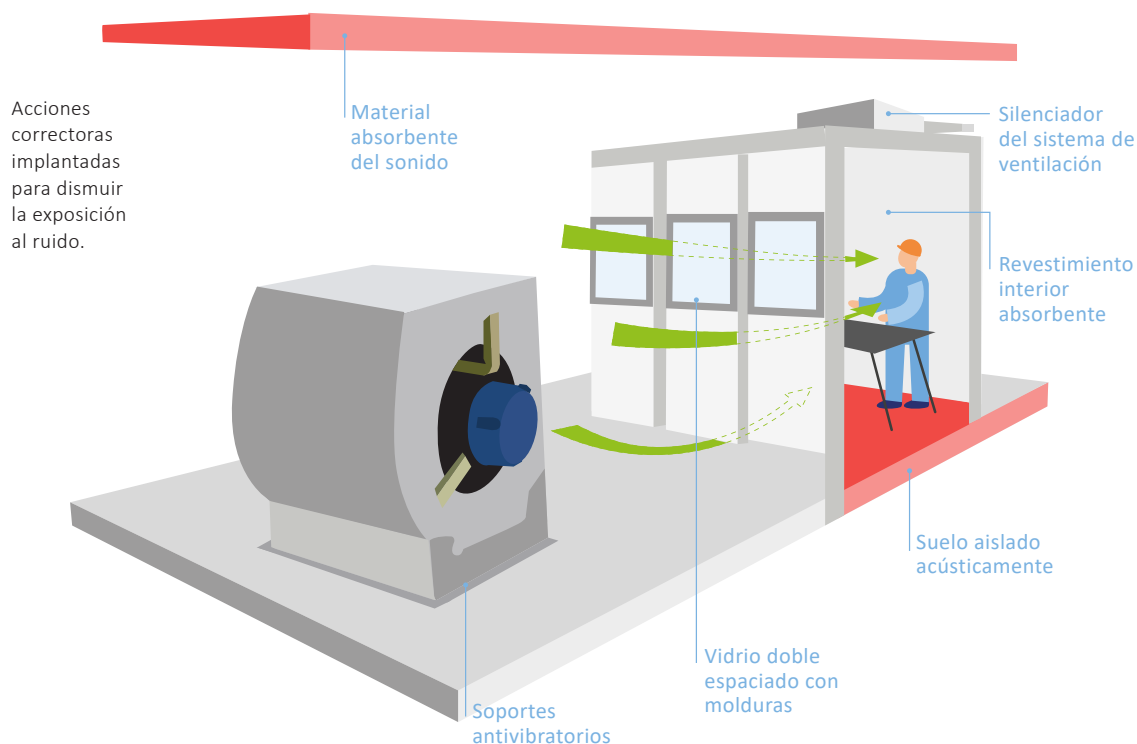
Para ruidos de frecuencias bajas, se puede actuar con un tratamiento absorbente del local o con una actuación en el cerramiento, sabiendo que estos métodos para frecuencias bajas tienen una eficacia limitada, por lo que habrá que comprobar si es suficiente o si hay que adoptar algún tipo de medida directamente sobre la fuente o en la organización o a base de equipos de protección individual.

Cuando el ruido sea de impacto se podrá realizar, bien un tratamiento absorbente del local, o una actuación directa sobre la fuente o mediante la disposición de barreras aislantes o bien, una actuación en el cerramiento.

Las posibles soluciones técnicas a aplicar pueden ser muy variadas y extensas. La estimación de la efectividad de cada una de esas soluciones antes de su implementación es muy complicada, ya que existen muchos factores que pueden modificar dicha efectividad, como el tipo de ruido, los materiales del local o la correcta aplicación de las medidas por parte de los trabajadores.

Todas estas medidas son, en general, poco aplicables en el sector de la construcción.





5.3.3.2 Medidas organizativas

Estas medidas reducen el nivel de exposición de las personas mediante la ordenación del trabajo e incluyen acciones principalmente destinadas a reducir el tiempo de exposición. No se consideran medidas prioritarias para el control de los riesgos, pero deben aplicarse cuando las medidas de carácter técnico no sean efectivas completamente. Debe realizarse una programación previa del trabajo conforme a las condiciones del entorno, pudiendo limitar la duración e intensidad de la exposición y ordenación de los tiempos de trabajo.

Una serie de acciones que se pueden aplicar son las siguientes:

- Desconexión de los equipos ruidosos cuando no se utilicen.
- Establecer y dotar de áreas o zonas de descanso silenciosas para utilizar en las pausas realizadas durante el trabajo.
- Organizar los horarios de forma que las tareas ruidosas se realicen cuando exista el mínimo posible de trabajadores presentes.
- Ordenar el tiempo de los trabajadores expuestos.

Por ejemplo, rotación de los empleados en los puestos de trabajo ruidosos para evitar que su nivel diario de exposición al ruido sea excesivo. Esta medida suele ser poco efectiva ya que una breve exposición puede ser suficiente para recibir una elevada cantidad de energía sonora.

- Avisar previamente a las personas cuando se vaya a realizar un trabajo ruidoso para que puedan limitar su exposición.

Conviene recordar que el nivel sonoro equivalente sólo disminuye en 3 dB cada vez que el tiempo de exposición se divide por dos. Por lo tanto, esta medida deberá asociarse a otras para que la mejora sea apreciable.

La organización del trabajo se debe entender como una medida complementaria para reducir el ruido soportado por el trabajo y no como una solución única en sí misma.

Medidas organizativas adaptadas al sector de la construcción.

- Reducir el tiempo de exposición de los trabajadores a los procesos de carga y descarga de material en camiones. Organizar horarios de dichos procesos.

- Alejar a los trabajadores de las zonas o lugares donde circule maquinaria pesada (compactadores, movimiento de tierras, etc.) y maquinaria ruidosa (compresores).
- Evitar trabajos en lugares reverberativos y en espacios confinados.
- Rotación de personal. No es aconsejable que un trabajador utilice de forma continua una máquina durante periodos largos de tiempo.
- Actividades de hormigonado realizadas en horarios programados.
- Apagar los equipos de uso intermitente cuando no se usen, o mantenerlos en un mínimo nivel de emisión de ruido.
- Alejar a los trabajadores de los equipos más ruidosos, ya que se reducen 6 dB cada vez que se duplica la distancia al foco de ruido en condiciones de campo libre y sin barreras, y entre 3 y 4 dB en espacio reverberante. Estas acciones reducen sensiblemente la exposición de los trabajadores al ruido, siendo habitualmente poco costosas y con baja interferencia en el proceso productivo.

Medidas complementarias adaptadas al sector de la construcción.

- Dotar de más espacio a las áreas de preparación y corte de ferralla.
- Colocar los equipos ruidosos entre acopios a fin de bloquear la emisión del sonido.
- Mantener los caminos y los accesos a la obra, lisos, compactados, sin badenes, ni baches y sin exceso de humedad.
- Utilizar preferentemente equipos nuevos, de última generación y en buen estado de mantenimiento.

5.3.3.3 Medidas complementarias

Además de las medidas técnicas y organizativas, destinadas a corregir una situación existente, existen otro tipo de medidas que se deberían aplicar antes del inicio de la actividad o ante cualquier cambio o modificación significativa del local o los equipos de trabajo. Se trata de las acciones en la concepción, entre las que destacamos:

Diseño del lugar de trabajo

Una disposición adecuada de las zonas y los puestos de trabajo permite disminuir el número de trabajadores expuestos y minimizar el ruido soportado por los trabajadores. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Disponer los equipos emisores de ruido teniendo en cuenta la ubicación habitual de los trabajadores.
- Organizar el trabajo de tal forma que sólo estén expuestos a las operaciones más ruidosas aquellos trabajadores que realicen dicha tarea.
- Utilizar los equipos más ruidosos en los turnos de trabajo con menor presencia de trabajadores.

Sustitución y compra de equipos en base a políticas de empresa que tenga en cuenta el nivel de ruido emitido por la maquinaria

Existen también otras medidas no incluidas en el programa, pero que el Real Decreto 286/2006 exige llevar a cabo en determinadas circunstancias:

Uso de protección auditiva individual

La normativa indica que existe obligación de utilizar protección auditiva mientras se ejecuta el programa y en tanto el nivel de ruido sea igual o superior a los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción. Cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario deberá dotar de protectores auditivos individuales a los trabajadores.

Esta medida sólo se debería utilizar como complemento a la protección colectiva y conviene recordar que solo se debería aplicar cuando ninguna de las medidas citadas anteriormente sea efectiva en el control sobre el ruido.

Señalización, delimitación y limitación de acceso

Es preceptivo señalar la obligatoriedad del uso de la protección auditiva cuando se presenten alguna de las situaciones siguientes:

- Puestos de trabajo permanentes, en los que se sobrepasen los niveles superiores de exposición que dan lugar a una acción (artículo 4.3 del Real Decreto 286/2006).
- Puestos de trabajo itinerantes, en los que puedan sobrepasarse los niveles superiores de exposición que dan lugar a una acción. Puede suceder cuando un operario permanece un tiempo prolongado en un área de trabajo con un nivel de presión sonora elevado o por el sumatorio de exposiciones al ruido en varios lugares de trabajo.

En los lugares de trabajo donde se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, cuando sea posible, se colocarán señales de advertencia que informen del riesgo de exposición al ruido y se limitará el acceso a la zona. De este modo, sólo estará permitido el acceso exclusivamente a las personas que lo precisen por índole laboral y que además porten protección auditiva.

La señalización se realizará de acuerdo al Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Se suelen establecer zonas perimetrales de ruido, que son áreas delimitadas y señalizadas donde los niveles de ruido están por encima de los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción y en las que es obligatorio el uso de protección auditiva.

Existen también otro tipo de actuaciones preventivas que deberían ser aplicadas para garantizar la efectividad del programa y, en su caso, de la utilización de protección auditiva individual. Estas son las siguientes:

Información y formación a los trabajadores

Los trabajadores que desarrollen sus tareas en lugares donde puedan superarse los niveles inferiores de exposición que dan lugar a una acción, deben recibir información y formación relativa a los riesgos derivados de la exposición al ruido, en particular sobre:

- La naturaleza de tales riesgos, es decir, el origen de la misma, sus consecuencias y los síntomas iniciales de la hipoacusia.
- Medidas tomadas para eliminar o reducir al mínimo posible los riesgos derivados del ruido.
- Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- Los resultados de las evaluaciones y mediciones del ruido, junto con una explicación de su significado y los riesgos potenciales.
- El uso y mantenimiento correcto de los protectores auditivos, así como su capacidad de atenuación.
- Criterios para que el propio trabajador pueda detectar indicios de pérdida auditiva.
- Circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud y su finalidad.
- Prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición.

Conviene destacar que el empresario es el responsable de formar a los trabajadores sobre la exposición a ruido.

Revisiones e inspecciones de las medidas implantadas que aseguren su cumplimiento y su eficacia

Este procedimiento se debería aplicar de manera periódica para mantener los riesgos en niveles tolerables a lo largo del tiempo.

Control de los niveles de exposición al ruido.

La normativa actual establece una determinada periodicidad para este tema dependiendo de los niveles existentes.

Vigilancia de la salud

El empresario debe garantizar la vigilancia de la salud de los trabajadores en función de los riesgos inherentes al trabajo. La periodicidad mínima de los controles audiométricos en cuanto a la exposición al ruido es:

- Reconocimiento inicial.
Se deberá realizar en la incorporación al trabajo o tras la asignación de nuevas tareas que entrañen riesgos para los que no se disponga de vigilancia de la salud específica. Los trabajadores serán especialmente sensibles cuando presenten situaciones como exposición a ototóxicos, embarazo, personas que ya sufren hipoacusia o presbiacusia, estado de salud (hipertensión arterial, mayores de 50 años, infecciones óticas, etc.).
- Reconocimiento médico periódico.
Se debe realizar cada tres años como mínimo para los trabajadores cuya exposición sobrepase los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$.
Este reconocimiento se realizará cada cinco años como mínimo, para los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$.
Si se detectan sensibilidades especiales (exposición a ototóxicos, hipertensión, etc.) puede ser necesario aumentar la frecuencia de reconocimientos.
Cuando se produzca una ausencia prolon-

gada por motivos de salud, será necesario llevar a cabo un nuevo reconocimiento para comprobar si guardan relación o pueden atribuirse a la exposición al ruido, así como para observar si se ha generado una especial sensibilidad, ya sea temporal o permanente.

Cuando se detecte en los controles audiométricos una lesión auditiva diagnósticable, el médico de vigilancia de la salud ha de evaluar si puede ser por consecuencia de una exposición al ruido durante el trabajo. Si concluye que es motivada por ésta, el médico u otro personal sanitario competente debe comunicar al trabajador el resultado e informar al empresario en términos de aptitud. Por su parte, el empresario una vez recibido el informe preceptivo sobre la aptitud del trabajador, deberá realizar las siguientes acciones:

- Revisar la evaluación de riesgos y las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos.
- Exigir el uso de protectores durante la revisión de las medidas previstas y hasta que se eliminen o reduzcan los riesgos.
- Tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud.
- Disponer una vigilancia sistemática de la salud de todos los trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.

Mantenimiento de los sistemas y equipos

Con el paso del tiempo, los equipos de trabajo suelen convertirse en equipos más ruidosos. El programa de mantenimiento debe incluir actuaciones como engrasar, lubricar y equilibrar regularmente las máquinas para evitar fricciones, sustituir las piezas desgastadas, alinear adecuadamente los elementos, etc.

Es muy importante el seguimiento del control de los mantenimientos de todo tipo de equipos de trabajo por personal cualificado y au-



torizado para ello, ya que se van a corregir los posibles desajustes y desengrases, el estado de los motores, aislamientos, etc. que se suceden en la vida de un equipo tanto por su uso como por su no utilización.

Con estas acciones haremos que el uso de los equipos sea más seguro y evitaremos la disminución del rendimiento de estos.

5.3.4 ESTABLECIMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROGRAMADAS

Una vez elegidas las acciones concretas a aplicar, se debe asignar a cada una de ellas un plazo para su ejecución (si se trata de una medida concreta) o para su inicio (si se trata de una actividad continuada).

Se establecerán los plazos de las actuaciones a realizar, debiendo ser el mínimo posible y teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- La prioridad de actuaciones.
- La complejidad técnica.
- Presupuesto para su implantación.

5.3.5. DESIGNACIÓN DE FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES DEL DISEÑO Y EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

En esta etapa se debe identificar y designar a las personas responsables del diseño del programa y de la ejecución de cada una de las fases que lo componen.

El programa estará incluido en la planificación de la actividad preventiva de la empresa. Esta planificación debe estar integrada en todas las actividades de la empresa y debe implicar a todos los niveles jerárquicos.

La dirección de la empresa es la responsable de su implantación y supervisión, mientras que

los trabajadores o sus representantes, además de realizar las funciones que les sean asignadas en el programa, deberán ser consultados sobre el mismo, y ejercer su derecho de participación si así lo desean.

Cada uno de los responsables del programa debe conocer las funciones preventivas concretas que le han sido asignadas y tener una formación adecuada para llevarlas a cabo. Algunas de estas fases del programa exigirán la participación de personas con un alto grado de especialización, principalmente a la hora de realizar la evaluación de la exposición al ruido y de seleccionar las medidas de control más adecuadas.

Cuando en la empresa no existan personas con dicha formación, se debería solicitar la intervención de técnicos especializados ajenos a la empresa que sean capaces de realizar esas funciones.

5.3.6. ASIGNACIÓN DE LOS RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

Depende del sistema de organización preventiva que disponga la empresa, ya sea por medio del servicio de prevención propio o su servicio de prevención ajeno, deberá reunir y disponer de los medios humanos, materiales y equipos que sean necesarios para la ejecución del programa.

Se establecerán los recursos necesarios para la ejecución del programa, incluyéndose los siguientes:

- Los recursos financieros: se determinará el coste tanto de los recursos materiales, como los recursos humanos que se precisen, sean externos a la empresa o pertenecientes a ella.
- Los recursos materiales: el programa establecerá la necesidad de los recursos materiales que se preci-

sen valorando económicamente la conveniencia de la posibilidad de que sean propios o alquilados.

Dentro de estos recursos se tendrán que incluir:

- Equipos de protección individual.
- Instrumentos de medida y calibración.
- Accesorios y materiales para la reducción de ruido.
- Señalizaciones, etc.

5.3.7 CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LAS ACTIVIDADES PROGRAMADAS

Se realizará un control y seguimiento programado periódicamente del cumplimiento de las actividades programadas, para verificar que se ejecutan conforme a lo establecido y que resultan eficaces.

Para dicho control y seguimiento se designarán a unos responsables, con capacitación formativa suficiente para desarrollar eficazmente el cumplimiento de sus funciones previamente fijadas.

5.3.8 REVISIÓN DEL PROGRAMA

Tras un tiempo de implantación de las medidas seleccionadas y alcanzados los plazos establecidos, es posible que se produzcan cambios en las circunstancias de exposición o en la estructura organizativa de la empresa que obliguen a modificar el contenido del programa.

En aplicación del Real Decreto 286/2006, se modificará o reajustará la evaluación de riesgos en la que se indicarán los objetivos cumplidos (programa terminado) y los objetivos incumplidos (se precisa una modificación del programa).

5.4 DOCUMENTACIÓN DEL PROGRAMA

Es importante que el programa quede documentado, lo que permite demostrar que la empresa cumple con las indicaciones previstas en la normativa, disponiendo además de un determinado cronograma previsto para el desarrollo de este.

Todas las fases de la planificación indicadas deben estar documentadas y la documentación relacionada con el mismo debe ser accesible y estar a disposición de las autoridades laborales y los representantes de los trabajadores.

En la documentación del programa se debería hacer referencia a otros documentos ya integrados en el sistema de prevención de la empresa, referente a actividades que pueden ser necesarias para la aplicación del programa como son:

- la política de control de ruido;
- la evaluación de riesgos;
- instrucciones de trabajo;
- procedimientos para la realización de determinadas actividades (información y formación, mantenimiento periódico, vigilancia de la salud, uso de equipos de protección individual, etc.);
- proyectos de instalaciones;
- equipos y manuales de instrucciones de los mismos, etc.



06

EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA

6.1. Normativa sobre equipos de protección auditiva

6.1.1. Anterior Directiva 89/686/CEE

6.1.2. Reglamento (UE) 2016/425: ámbito y estructura

6.1.3. Resto de directivas y normas aplicables

6.2. Tipos de protectores auditivos

6.2.1. Protectores pasivos

6.2.1.1 Tapones

6.2.1.2 Orejeras

6.2.1.3 Orejeras acopladas a cascos de protección

6.2.2. Protectores no pasivos

6.2.2.1 Protectores auditivos dependientes del nivel

6.2.2.2 Protectores auditivos con reducción activa del ruido (Protectores ANR)

6.2.2.3 Protectores auditivos con sistema de comunicación

6.3. Criterios de selección de protectores auditivos. Recomendaciones de uso

6.4. Atenuación acústica de los protectores auditivos

6.5. Métodos para la evaluación de la atenuación acústica de un protector auditivo

6.5.1. Método de bandas de octava

6.5.2. Método de H,M y L

6.5.3. Método de H,M y L simplificado

6.5.4. Método SNR

6.5.5. Método para la estimación de la atenuación del nivel de pico

6.5.6. Atenuación del protector auditivo: calculador del INSST

6.6. Tiempo de utilización del protector auditivo. Eficacia de protección

6.1 NORMATIVA SOBRE EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA

Los equipos de protección auditiva utilizados para disminuir los riesgos producidos por la exposición al ruido por parte de los trabajadores están sujetos a la normativa general establecida para todos los equipos de protección individual. Ésta es la siguiente:

6.1.1 ANTERIOR DIRECTIVA 89/686/CEE

Directiva 89/686/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1989, sobre aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros relativas a los equipos de protección individual.

Se transpuso al Estado Español mediante el Real Decreto 1407/1992 de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual y modificaciones del Real Decreto 159/1995. Esta Directiva se adopta el 21 de diciembre de 1989. En ella se establecen los requisitos básicos de los equipos de protección individual y permite el libre movimiento en la Unión Europea.

Abarca las exigencias del mercado CE, la evaluación de la documentación técnica y las auditorías del proceso de producción.

La Directiva incluye tres categorías de equipos de protección individual, todas enfocadas al diseño del mismo:

- **Categoría I:** diseño sencillo.
- **Categoría II:** diseño intermedio.
- **Categoría III:** diseño complejo y que protejan de peligros mortales e irreversibles.

Con respecto a las condiciones mínimas a cumplir por un equipo de protección individual y su comercialización, el Real Decreto 1407/1992 estipula que se pueden comercializar todos los equipos de protección individual que lleven la marca «CE» y cuya declaración de conformidad, pueda ser presentada por el fabricante y/o su mandatario en la Comunidad Económica Europea cuando se le pida.

El fabricante debe acompañar una declaración que acredite que han sido comprobados mediante ensayo de tipo en laboratorio acreditado y que cumple con las exigencias esenciales de seguridad requeridas en el Real Decreto 1407/1992.

Los equipos de protección contra los efectos nocivos del ruido deberán atenuarlo para que los niveles sonoros equivalentes, percibidos por el usuario, no superen nunca los valores límite de exposición diaria prescritos en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, relativo a la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.

Todo deberá llevar una etiqueta que indique el grado de atenuación acústica y el valor del índice de comodidad que proporciona el equipo de protección individual y en caso de no ser posible, dicha etiqueta, se colocará en su embalaje. Los equipos destinados a la protección auditiva se encuentran en la categoría de certificación II.

6.1.2 REGLAMENTO (UE) 2016/425: ÁMBITO Y ESTRUCTURA

Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo (DOUE nº L 81 de 31/03/2016).

La Directiva 89/686/CEE sobre equipos de protección individual fue derogada el 21 de abril de 2018 y entró en vigor el nuevo Reglamento (UE) 2016/425. En él se establecen los

requisitos sobre el diseño y la fabricación de los equipos de protección individual que vayan a comercializarse, para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los usuarios y establecer las normas relativas a la libre circulación de los equipos de protección individual en la Unión Europea.

El Reglamento marca como objetivos la finalización de las deficiencias en los productos incluidos como equipos de protección individual y la unificación de los requisitos de seguridad y salud en todos los Estados miembros de la Unión Europea, garantizando así una igualdad de condiciones para todos.

En este Reglamento encontramos información sobre los siguientes temas:

- Requisitos mínimos de seguridad y salud para los equipos de protección individual.
- Armonización de los procesos de certificación europeos.
- Implicación de organizaciones de ensayo y certificación independientes (organismos notificados).
- Descripción de las responsabilidades de todos los operadores económicos y las autoridades de vigilancia.

Se van a reforzar los controles y se va a fomentar el intercambio de información en materia de calidad de los productos, asegurando así un mismo nivel de protección entre todos los trabajadores.

Este Reglamento no se aplica a todos los equipos de protección. Se exceptúan los siguientes:

- los diseñados específicamente para ser utilizados por las fuerzas armadas o en el mantenimiento del orden público;
- los diseñados para ser utilizados con fines de autodefensa, salvo los equipos de

protección individual destinados a actividades deportivas;

- los diseñados para uso privado como protección contra condiciones atmosféricas que no sean de naturaleza extrema, como la humedad y el agua;
- los destinados a ser utilizados exclusivamente en buques marítimos o aeronaves que estén sujetos a los correspondientes tratados internacionales aplicables en los Estados miembros;
- los destinados a proteger la cabeza, la cara o los ojos del usuario, regulados en el Reglamento N.º 22 de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas, sobre disposiciones uniformes relativas a la aprobación de cascos protectores y sus viseras para conductores y pasajeros de motocicletas y ciclomotores.

El nuevo Reglamento debe aplicarse a toda forma de suministro, incluida la venta a distancia.

Todos los agentes económicos que intervengan en la cadena de suministro y distribución deben adoptar las medidas oportunas para asegurarse de comercializar solamente equipos de protección que sean conformes con el nuevo Reglamento.

Este Reglamento sustituye al Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.

Cambios más significativos

Algunos de los cambios más significativos son los siguientes:

- Existe un paso de Directiva a Reglamento. El nuevo instrumento legislativo se adopta como un Reglamento.
- La protección auditiva se traslada de categoría II a categoría III. Los protectores

auditivos son redefinidos como ruido dañino o perjudicial y elevado a categoría III, igual que la protección anticaídas y protección respiratoria. Como resultado, las plantas de fabricación de equipos de protección auditiva tendrán que pasar auditorias anuales y junto al marcado CE debe añadirse el número del organismo notificado.

- Hasta el 21/04/2018 sólo se emitían certificados CE de tipo. En el intervalo entre el 21/04/2018 y el 21/04/2019 se podían emitir certificados CE de tipo y UE de tipo. A partir del 21/04/2019 sólo se emiten certificados UE de tipo. El marcado continúa siendo CE.
- Los certificados CE y UE tendrán 5 años de validez obligatoria. Antes no tenía asociada una caducidad, a no ser que la fijara el organismo notificado en el certificado.
- Se aplica igualmente para la venta a distancia (comercio electrónico/sitios web).
- En la documentación técnica debe incluirse una evaluación de riesgos contra lo que protege el equipo de protección individual (usos previstos y previsibles).
- Declaración de conformidad más accesible. Enlace al documento en internet incluido en cada producto.
- Mayor control de control del producto en el mercado.
- Requisitos adicionales para distribuidores e importadores.
- Requisito de indicar la dirección postal en el producto, el embalaje o el documento suministrado con el equipo de protección individual.
- Declaración de conformidad entregada con el equipo de protección individual en el folleto como enlace web o impreso en papel.

- Trazabilidad del equipo de protección individual en función del número de tipo, lote o serie.
- El organismo guarda el certificado cinco años desde caducidad y el fabricante diez años desde puesta en venta del último equipo de protección individual.
- Producción dormida de equipos de protección individual de categoría 3 puede implicar una recertificación (equipo de protección individual de alto riesgo categoría III pueden requerir recertificación si no se fabrica durante un periodo de unos 3 años).
- Los ensayos de control durante cinco años pueden implicar actualización inmediata del UE.
- Se incluyen como equipos de protección individual aquellos usados en el ámbito privado.

Equipos de protección individual

Con respecto a los equipos de protección individual, el Reglamento permite aclarar el significado del equipo de protección individual y realiza una definición mejorada (artículo 3 del Reglamento):

- a) **Equipamiento** diseñado y fabricado para que una persona lo lleve puesto o lo sujete con vistas a la protección frente a uno o varios riesgos para la salud o la seguridad de dicha persona.
- b) **Componentes** intercambiables para el equipamiento al que se hace referencia en el punto (a) esenciales para su función protectora.
- c) **Sistemas de conexión** para el equipamiento al que se hace referencia en el punto (a) que una persona no lleva ni sujeta, diseñados para conectar el equipamiento a un dispositivo externo a un punto de anclaje fiable, no diseñados para su fijación permanente y que no requieren tareas de sujeción



antes de su uso. Es decir, se considera un equipo de protección individual el cabo que conecta el arnés al anclaje.

Los equipos de protección individual se clasificarán en las categorías de riesgo establecidas en el anexo I del Reglamento.

- **Categoría I:** riesgos mínimos (lista exclusiva de riesgos).
- **Categoría II:** otros riesgos distintos de los enumerados en las categorías I y III. Por ejemplo, en la antigua Directiva los guantes y los paños para protección contra el calor de uso privado se excluían, ahora en el Reglamento están incluidos con excepciones (los productos decorativos artesanales).
- **Categoría III:** riesgos muy graves e irreversibles (lista exclusiva de riesgos).

Los equipos de protección individual para aumentar la visibilidad ya no se limitan a la ropa como anteriormente y estarán cubiertos por el Reglamento, necesitando pues tener las certificaciones correspondientes. Las prendas

de vestir destinadas a uso privado con elementos reflectantes o fluorescentes incluidos por razones de diseño o decoración, no constituyen equipos de protección individual y, por lo tanto, no están cubiertas por el presente Reglamento.

Con respecto a la visibilidad, las autoridades europeas determinaron que cuando la apariencia del producto pueda dar la impresión de que un artículo pueda ser usado como un equipo de protección individual de alta visibilidad, este debe considerarse un equipo de protección individual de categoría 2. El fabricante deberá someter estos equipos al correspondiente proceso de certificación.

Operadores económicos. Obligaciones de documentación

El Reglamento define y aclara las funciones de los operadores económicos. Estos se definen a continuación:

- **Fabricante:** cualquier persona física o jurídica que fabrique o haga diseñar o fabricar un equipo de protección individual y lo comercialice bajo su nombre o marca comercial.

- Representante autorizado: toda persona física o jurídica establecida en la Unión Europea que haya recibido un mandato escrito del fabricante para actuar en su nombre en relación con tareas específicas.
- Importador: toda persona física o jurídica establecida en la Unión Europea que introduzca en el mercado equipos de protección individuales procedentes de un tercer país.
- Distribuidor: cualquier persona física o jurídica que participa en la cadena de suministro y que comercializa los equipos de protección individuales, con excepción del fabricante o importador.

Una responsabilidad común de los operadores económicos es que todos deben poder identificar los agentes económicos que les hayan suministrado los equipos de protección individuales, o a quien hayan suministrado el equipo de protección individual, durante diez años. Deben mantener un registro con toda la identificación.

Responsabilidades de los **fabricantes**:

- Diseñar los equipos de protección individuales en conformidad con el Reglamento.
- Elaborar la documentación técnica y realizar la evaluación de la conformidad.
- Conservar la información técnica durante diez años.
- Mantener la producción de conformidad con el Reglamento, incluyendo un registro de reclamaciones, retiradas, etc.
- Marcar el equipo de protección individual de forma que permita identificarlo (indicar su nombre y dirección en el equipo de protección individual o embalaje).
- Incluir las instrucciones de los fabricantes.
- Facilitar la declaración UE de conformidad.

- Colaborar con las autoridades de vigilancia del mercado.
- Controlar las retiradas.

Responsabilidades de los **distribuidores**:

- Actuar con el cuidado adecuado con respecto a los requisitos establecidos en el Reglamento cuando introduzcan los equipos de protección individuales en el mercado.
- Antes de introducir los equipos de protección individuales en el mercado, deben comprobar que lleven la marca CE, y que incluya las instrucciones requeridas en el idioma oficial del país en el cual el equipo de protección individual estará disponible.
- Retirar el producto cuando consideren que este no cumple con el Reglamento.
- Informar al fabricante y a las autoridades de vigilancia de la no conformidad y de cualquier acción correctora que se deba adoptar.



Responsabilidades de los **importadores**:

- Poner en el mercado los equipos de protección individual conformes al Reglamento.
- Asegurar que los procedimientos de evaluación de conformidad han sido realizados por el fabricante.
- No introducir el equipo de protección individual en el mercado cuando crea que el equipo de protección individual no esté en conformidad. Debe avisar de esto al fabricante y a las autoridades de vigilancia.
- Asegurar el almacenamiento y las condiciones de transporte sin comprometer su conformidad.
- Indicar la siguiente información en los equipos de protección individuales: nombre o marca comercial registrada y dirección postal.
- Proporcionar la información y documentación necesaria que compruebe la conformidad de los equipos de protección individual en un idioma que pueda ser entendido por la autoridad.
- Facilitar durante 10 años desde que los equipos de protección individual hayan

sido introducidos en el mercado, copia de la declaración de conformidad de la UE y de la documentación técnica solicitada por las autoridades de vigilancia.

El representante autorizado realizará las tareas específicas en el mandato recibido del fabricante. Deberá realizar como mínimo lo siguiente:

- Facilitar a las autoridades toda la información y documentación necesarias para demostrar la conformidad de los equipos de protección individuales.
- Mantener la declaración de conformidad de la UE y la documentación técnica a disposición de las autoridades de vigilancia durante diez años después de la comercialización de los equipos de protección individual.
- Cooperar con las autoridades en cualquier medida adoptada para eliminar los riesgos que plantean los equipos de protección individual cubiertos por el mandato del representante autorizado.

Se puede observar un resumen de las obligaciones de fabricantes, importadores y distribuidores en el siguiente esquema:

	FABRICANTE	IMPORTADOR	DISTRIBUIDOR
Mercado CE	Realizar	Comprobar	Comprobar
Para categoría III: Nota	Realizar	Comprobar	Comprobar
Nombre + Dirección postal	Realizar	Realizar	Comprobar
Pictogramas + Información	Realizar	Comprobar	Comprobar
Archivo técnico	Realizar	Comprobar	Comprobar
Instrucciones	Realizar	Comprobar	Comprobar
Declaración de conformidad	Realizar	Comprobar	Comprobar

Uno de los beneficiarios de la aplicación del Reglamento son los usuarios. Estos no tienen responsabilidad en la cadena de comercialización. El nuevo Reglamento no implica grandes cambios con respecto a la anterior normativa, pero si se realizan mejoras en el control que se ejerce sobre los equipos de protección individual y en la importancia de mantener un sistema de trazabilidad eficiente.

Periodo transitorio de aplicación

Para que los fabricantes y otros agentes económicos dispongan de tiempo suficiente para adaptarse a los requisitos del Reglamento, después del 21 de abril de 2018 y hasta el 21 de abril de 2019 se puede seguir comercializando productos a los que aplique la Directiva 89/686/CEE, que sean conformes con ella y se hayan introducido en el mercado antes del 21 de abril de 2019.

Los certificados de examen CE de tipo expedidos y las decisiones de aprobación emitidas con arreglo a la Directiva 89/686/CEE seguirán siendo válidos hasta el 21 de abril de 2023, salvo que expiren antes de esa fecha.

A partir del 21 de abril de 2019 sólo se puede poner en el mercado equipos de protección individuales certificados según el nuevo Reglamento.

Cronología del Reglamento y plazos de aplicación

1. **Texto del borrador:** texto finalizado en septiembre de 2015 y Reglamento adoptado en febrero de 2016.
2. **Publicación:** publicado en el Diario Oficial de la UE del mes de abril de 2016. El periodo de planificación de dos años comenzó el 21 de abril de 2016.
3. **Periodo de transición:** periodo de planificación de abril de 2016 a abril de 2018. Organismos notificados, laboratorios de ensayo y fabricantes deben familiarizarse con el nuevo texto.
4. **Reglamento aplicable:** entró en vigor el 21 de abril de 2018. Se pueden certificar equipos bajo el nuevo Reglamento y también los equipos de protección individuales conforme a la antigua Directiva. Es decir, conviven los dos juntos en el mercado hasta el 21 de abril de 2019.
5. **Implementación completa:** el 21 de abril de 2019 cesa el uso de la marca CE según la antigua directiva. Sólo se permite la comercialización de productos nuevos que cumplan el nuevo Reglamento.

PERIODO TRANSITORIO

21/04/2018 a 20/04/2019	Se puede comercializar EPI: · A los que aplique la Directiva 89/686/CEE, que sean conformes con ella y se hayan introducido en el mercado antes del 21 de abril de 2019. · A los que le aplica el Reglamento 2016/425.
21/04/2019 a 21/04/2023	· Los EPI sólo se pueden poner en el mercado certificados de acuerdo con el Reglamento 2016/425. · Los certificados de examen CE de tipo expedidos y las decisiones de aprobación emitidas con arreglo a la Directiva 89/686/CEE para los EPIS puestos en el mercado antes del 21 de abril de 2019 siguen siendo válidos, salvo que expiren antes del 21 de abril de 2023.
A partir del 21/04/2023	· Todos los EPI deben estar certificados de acuerdo con el Reglamento 2016/425. · No pueden existir Certificados de Examen CE de tipo y decisiones de aprobación emitidas con arreglo a la Directiva 89/686/CEE.

Cronología y aplicación del Reglamento (UE) 2016/425

Adopción del Reglamento	FEBRERO 2016			
Publicación Reglamento en DOUE	ABRIL 2016			
Puesta en práctica Reglamento. Transición 1 año	ABRIL 2018			
EPI de acuerdo al nuevo Reglamento	ABRIL 2019			
Fin Validez Certificados CE	ABRIL 2023			

En resumen, se debe dejar claro que a partir del 21 de abril de 2018 los usuarios pueden recibir productos certificados bajo el Reglamento y que hasta el 21 de abril de 2023 pueden recibir productos certificados bajo la antigua Directiva.

Los fabricantes pueden ofrecer el último producto que cumpla con la Directiva anterior hasta el 20 de abril de 2019 y el distribuidor puede comercializar dicho producto con la antigua Directiva hasta abril de 2023.

6.1.3 RESTO DE DIRECTIVAS Y NORMAS APLICABLES

Directiva 89/656/CEE sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual

Los puntos principales de esta **Directiva** son los siguientes:

- Los equipos de protección individual deberán ser apropiados para los riesgos correspondientes.

- Los equipos se adaptarán correctamente a la persona que los lleve tras los ajustes necesarios.
- Los equipos tendrán en cuenta los requisitos ergonómicos.
- La empresa se asegurará de que se imparta formación sobre el uso correcto de los equipos de protección.
- Compatibilidad de equipos de protección individual.

Esta Directiva se traspone en España mediante el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, relativa a las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual.

En este **real decreto** se establecen las obligaciones generales del empresario con respecto a los equipos de protección individual, en especial:

- Determinar los puestos de trabajo en los que deba recurrirse a la protección individual y precisar, para cada uno de estos puestos, el riesgo o riesgos frente a los que

debe ofrecerse protección, las partes del cuerpo a proteger y el tipo de equipo o equipos de protección individual que deberán utilizarse.

- Elegir los equipos de protección individual manteniendo disponible en la empresa o centro de trabajo la información pertinente a este respecto y facilitando información sobre cada equipo.
- Proporcionar gratuitamente a los trabajadores los equipos de protección individual que deban utilizar, reponiéndolos cuando resulte necesario.
- Velar por que la utilización de los equipos y el mantenimiento de estos se realice conforme a lo especificado en este real decreto.

En especial, **en su artículo 5 se establece:**

- Los equipos de protección individual proporcionarán una protección eficaz frente a los riesgos que motivan su uso, sin suponer por sí mismos u ocasionar riesgos adicionales ni molestias innecesarias. A tal fin deberán:
 - Responder a las condiciones existentes en el lugar de trabajo.
 - Tener en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas y el estado de salud del trabajador.
 - Adecuarse al portador, tras los ajustes necesarios.
- En el caso de riesgos múltiples que exijan la utilización simultánea de varios equipos de protección individual, estos deberán ser compatibles entre sí y mantener su eficacia en relación con el riesgo o riesgos correspondientes.
- En cualquier caso, los equipos de protección individual que se utilicen de acuerdo con lo dispuesto en el artículo

4 de este real decreto deberán reunir los requisitos establecidos en cualquier disposición legal reglamentaria que les sea de aplicación, en particular a su diseño y fabricación.

En el artículo 6 se especifica la forma de proceder para la elección de los equipos de protección individual.

El empresario deberá analizar y evaluar los riesgos existentes que no puedan evitarse o limitarse por otros medios y en función de esto, elegirá el equipo de protección individual más adecuado para el trabajo a desarrollar, debiendo conocer el mercado y la evolución de la técnica desarrollada en cuanto a los equipos de protección individual.

En el artículo 7, se especifica la utilización y el mantenimiento de los equipos de protección individual:

1. La utilización, el almacenamiento, el mantenimiento, la limpieza, la desinfección cuando proceda, y la reparación de los equipos de protección individual deberán efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Salvo en casos particulares excepcionales, los equipos de protección individual solo podrán utilizarse para los usos previstos.

2. Las condiciones en que un equipo de protección deba ser utilizado, en particular en lo que se refiere al tiempo durante el cual haya de llevarse, se determinará en función de:

- *La gravedad del riesgo.*
- *El tiempo o frecuencia de exposición al riesgo.*
- *Las condiciones del puesto de trabajo.*
- *Las prestaciones del propio equipo.*
- *Los riesgos derivados de la propia utilización del equipo que no hayan podido evitarse.*
- *Los equipos de protección individual estarán destinados, en principio, a un uso*

personal. Si las circunstancias exigiesen la utilización de un equipo para varias personas, se adoptaran las medidas necesarias para que ello no origine ningún problema de salud o de higiene a los diferentes usuarios.

En el artículo 10 se expone que los trabajadores están obligados a utilizar los equipos de protección individual correctamente, cuidarlos y depositarlos después de su uso en el lugar habilitado para ello, debiendo indicar a su superior inmediato jerárquico directo del mal estado de los mismos.

Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido) (decimoséptima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE)

Transpuesta al Estado Español mediante el Real Decreto 286/2006 de 10 de marzo, relativo a la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante su trabajo. En el que se establecen que los equipos de protección individual contra los efectos del ruido deberán atenuarlo para que los niveles sonoros equivalentes, percibidos por el trabajador no superen los valores límites de exposición.

Según se ha transmitido anteriormente, los protectores auditivos se pondrán a disposición de los trabajadores cuando no sea posible prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido mediante otros medios o éstos sean insuficientes. Para seleccionarlos, han de tenerse en cuenta los niveles de exposición al ruido, las características propias del puesto y la comodidad del mismo. Es recomendable que en la selección de los protectores participen el técnico de prevención y los trabajadores que vayan a hacer uso de él.

Los derechos y obligaciones del empresario y de los trabajadores en cuanto al uso de los protectores auditivos son:

- Cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales.
- Mientras se ejecuta el programa de medidas técnicas y/o de organización y en tanto el nivel de ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán obligatoriamente protectores auditivos individuales. El empresario suministrará y velará por el uso de los protectores auditivos.

El empresario deberá hacer cuanto esté en su mano y agotar todas las posibilidades para que los trabajadores utilicen los protectores auditivos, y fomentar su uso cuando éste no sea obligatorio y comprobar que se utilicen cuando sea obligatorio; además, el empresario será responsable de la comprobación de la eficacia de las medidas adoptadas.

Los protectores auditivos individuales se seleccionarán por el empresario para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo de exposición al ruido.

Norma UNE-EN 458:2016 (Ratificada): Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento. Documento guía. (Ratificada por AENOR en abril de 2016.)

Es una norma europea armonizada que se publica en marzo de 2016. Esta norma anula a la norma UNE-EN 458:2005. Algunos de los puntos más representativos de esta norma son los siguientes:

- Es un documento guía de selección, uso, cuidado y mantenimiento de la protección auditiva. Está diseñado para ayudar a las empresas y los profesionales de seguridad laboral a seleccionar la protección auditiva adecuada. Proporciona orientación en la selección de todo tipo de protección auditiva.

- Describe los diferentes tipos de dispositivos disponibles en el mercado.
- Incluye las pruebas de validación y ajuste individual para conocer el rendimiento real de los protectores auditivos, es decir, como forma de mejorar el rendimiento de la protección auditiva.
- Contempla los aspectos ergonómicos y de ajuste, así como los riesgos potenciales del aislamiento y el exceso de protección.
- Describe la necesidad de la comunicación básica y la percepción del entorno.
- Resalta la importancia de la atenuación óptima y de la compatibilidad con otros equipos de protección individual.

La norma incide en la mejora del rendimiento de los protectores auditivos debido a las ventajas de las pruebas de ajuste. Estas pruebas o comprobaciones de ajuste son importantes en todos los protectores auditivos, debido a las diferencias entre la atenuación de ruido en condiciones de laboratorio y en la realidad. Pueden desempeñar un punto importante en la formación y sirven también para documentar los programas de conservación auditiva.

Norma UNE-EN 352-1:2003: Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 1: orejeras.

Esta norma anula a la norma UNE-EN 352-1:1994 y será anulada por PNE-prEN 352-1.

Norma UNE-EN 352-2:2003: Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 2: tapones.

Esta norma anula a la norma UNE-EN 352-2:1994 y será anulada por PNE-prEN 352-2.

Norma UNE-EN 352-3:2003: Protectores auditivos. Requisitos generales. Parte 3: orejeras acopladas a cascos de protección.

Esta norma anula a la norma UNE-EN 352-3:1997 y será anulada por PNE-prEN 352-3.

Norma UNE-EN 352-4:2001/A1:2006: Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 4: orejeras dependientes del nivel.

Esta norma modifica a la norma UNE-EN 352-4:2001 y será modificada por PNE-prEN 352-4.

Norma UNE-EN 352-5:2003/A1:2006: Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 5: orejeras con reducción activa del ruido.

Esta norma modifica a la norma UNE-EN 352-5:2003 y será modificada por PNE-prEN 352-5.

Norma UNE-EN 352-6:2003: Protectores auditivos. Requisitos generales y ensayos. Parte 6: orejeras con entrada eléctrica de audio.

Esta norma será modificada por PNE-prEN 352-6.





Norma UNE-EN 352-7:2004: Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 7: tapones dependientes del nivel.

Esta norma será modificada por PNE-prEN 352-7.

Norma UNE-EN 352-8:2008: Protectores auditivos. Requisitos de seguridad y ensayos. Parte 8: orejeras con audio de entretenimiento.

Esta norma será modificada por PNE-prEN 352-8.

Justificación del uso de equipos de protección auditiva

Cuando el nivel de ruido supera los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, el empresario pondrá a disposición de los trabajadores protectores auditivos individuales.

El empleo de los equipos de protección estaría justificado en las siguientes situaciones:

- Mientras se ejecuta el programa de medidas técnicas y de organización y en tanto el nivel de ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.
- Si a partir de la evaluación, basada en la medición de los niveles de ruido a que estén expuestos los trabajadores, se comprueba que las medidas técnicas y organizativas posibles son insuficientes.
- De forma transitoria hasta que se implanten las medidas preventivas de tipo colectivo que se consideren adecuadas, cuando dicha implantación requiera un cierto tiempo, y sólo durante ese tiempo. Esta situación se da, por ejemplo, mientras se ejecuta el programa de medidas técnicas y de organización.
- En situaciones de trabajo de carácter ocasional, como pueden ser ciertas operaciones de mantenimiento, reparación de averías o limpieza, donde las condiciones de trabajo no son las habituales y la proximidad a los focos de ruido hace difícil o imposible la aplicación de otro tipo de medidas.
- Ante la incertidumbre frente a la magnitud real de la exposición, cuando la variabilidad de las condiciones de trabajo u otros factores impidan o dificulten evaluar correctamente el riesgo.

6.2 TIPOS DE PROTECTORES AUDITIVOS

Son equipos de protección individual que, debido a sus propiedades para la atenuación del sonido, reducen los efectos del ruido en la audición. En la actualidad existe una oferta muy diversa y variada de protectores auditivos.

Los protectores pueden ser pasivos y no pasivos.

6.2.1 PROTECTORES PASIVOS

Estos equipos reducen el ruido por su diseño y por el tipo de material usado, por absorción y/o reflexión del sonido. Se distinguen los siguientes tipos:

6.2.1.1 Tapones

Es un equipo de protección auditiva que se introduce en el conducto auditivo externo y se coloca sobre el pabellón auditivo, destinado a bloquear su entrada. Los tapones pueden ser de varios tipos:

- **Tapones desechables:** son tapones adaptables realizados con materiales moldeables que se pueden comprimir para su introducción y posteriormente se expanden ajustándose al conducto. Ofrecen atenuaciones relativamente altas y son muy cómodos, el único inconveniente es que para su colocación tienen que ser enrollados o moldeados. Ejemplos de este tipo son los tapones de espuma de poliuretano, algodón, etc. Es la clase de tapones que más se utiliza.
- **Tapones insertos:** son muy similares a los anteriores pero disponen de una base o apoyo para su inserción en el canal auditivo. Se fabrican con materiales con cierta flexi-



(derecha)
Orejeras y pantalla
facial acopladas a
casco de protección.

(izquierda)
Orejeras versión
diadema.



bilidad como la espuma de poliuretano o el PVC. No tienen que ser moldeados y son aptos para entornos de trabajo sucios. Ofrecen una atenuación similar a los tapones desechables.

- **Tapones reutilizables:** se fabrican con materiales como el polietileno, propileno o PVC. Suelen proporcionar atenuaciones más moderadas que los otros tipos. Pueden ser utilizados y lavados varias veces. Es importante que se ajusten de una manera correcta para sellar completamente el conducto auditivo.
- **Tapones con banda:** este tipo de tapones son muy utilizados por trabajadores que varían su puesto de trabajo, entran y salen muy a menudo de zonas de ruido. Las atenuaciones que proporcionan son más moderadas. Las bandas se pueden convertir a veces en un problema para los trabajadores, debido a las vibraciones que pueden transmitir.

6.2.1.2 Orejeras

Este equipo de protección individual dispone de unos casquetes que cubren totalmente el pabellón auditivo y que se adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas, generalmente rellenas de espuma plástica o líquido. Los cas-

quetes se forran normalmente con un material que absorbe el sonido. Están unidos entre sí por una banda depresión (arnés), por lo general de metal o plástico.

A veces se fija una cinta flexible a cada casquete, o al arnés cerca de los casquetes. Esta cinta se utiliza para sostener los casquetes cuando el arnés se lleva en la nuca o bajo la barbilla.

La gran ventaja con la que cuentan es su durabilidad, no siendo necesario insertar elementos dentro del canal auditivo. Proporcionan atenuaciones más estables que los tapones, sin embargo con ruidos de frecuencias bajas se comportan peor que los tapones. Presentan una peor compatibilidad con otros equipos de protección como por ejemplo gafas, mascarilla, etc.

Existe una variedad muy amplia:

- Con anclaje a casco.
- Versión diadema.
- Para montar sobre una pantalla facial o casco de seguridad.
- Con banda de nuca: útiles cuando se emplea el casco de forma intermitente.



(derecha)
Orejas
dependientes
del nivel.

(izquierda)
Tapones
dependientes
del nivel.



6.2.1.3 Orejas acopladas a cascos de protección

Consisten en casquetes individuales unidos a unos brazos fijados a un casco de protección. Estos brazos soporte son regulables, de manera que puedan colocarse sobre las orejas cuando se requiera. Cuando se presenten en un kit, el casco y la oreja deben estar certificados en conjunto.

6.2.2 PROTECTORES NO PASIVOS

Son protectores auditivos pasivos con otras funciones adicionales, pudiendo incluir componentes mecánicos o electrónicos.

Existen los siguientes tipos:

6.2.2.1 Protectores auditivos dependientes del nivel

Pueden ser orejas o tapones, disponen de un sistema electrónico que adapta su protección a medida que varía el nivel de ruido, es decir, poseen un sistema electrónico de restauración del sonido que les permite disminuir o aumentar su atenuación a medida que disminuye el nivel sonoro o aumenta este.

6.2.2.2 Protectores auditivos con reducción activa del ruido (protectores ANR)

Normalmente son orejas que incorporan un sistema electrónico que permite conseguir una atenuación acústica adicional a bajas frecuencias. Se suelen utilizar en entornos con un nivel alto de ruido en el que predominan este tipo de frecuencias.

6.2.2.3 Protectores auditivos con sistema de comunicación

Poseen un sistema por cable o inalámbrico que permite transmitir señales, alarmas, mensajes o programas de entrenamiento. Permiten la comunicación oral, escuchar señales de alarma y atenuar el ruido en el ambiente de trabajo. Son especialmente efectivos para comunicarse en lugares ruidosos.

(derecha)
Orejas
acopladas
a casco de
protección
con reducción
activa del
ruido.



(arriba)
Orejas con
sistema de
comunicación.

(derecha)
Orejas
acopladas
a casco de
protección con
sistema de
comunicación.



6.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PROTECTORES AUDITIVOS. RECOMENDACIONES DE USO

A continuación se muestran las ventajas y los inconvenientes en la utilización de algunos de los equipos de protección auditiva anteriores:

OREJERAS

Ventajas: facilidad de uso, menos variabilidad de atenuación entre usuarios. Ideales para uso con ruidos intermitentes. Durabilidad, fácil cuidado y mantenimiento. Más higiénicas que los tapones. Posibilidad de uso de cubre almohadillas conforme a las instrucciones del fabricante. No es fácil perderlas o extraviarlas.

Desventajas: comunicación oral difícil. Incómodas para largos periodos de uso en ambientes cálidos y húmedos. Voluminosas, pudiendo incluso limitar los movimientos de la cabeza, especialmente en espacios reducidos. Dificultan su combinación con otros equipos de protección individual e incluso con gafas graduadas.

TAPONES

Ventajas: pueden ser desechables, reutilizables, moldeables, premoldeados, personalizados, con arnés, etc. Fácil combinación con otros equipos de protección individual. Confortables para largos periodos de uso en ambientes cálidos y húmedos. No generan problemas de sudoración. Pequeños y fáciles de transportar. Con arnés: fáciles de usar, ideales para ruidos intermitentes y de corta duración.

Desventajas: comunicación oral difícil. Requieren higiene rigurosa. Eficacia reducida en caso de mala inserción. Mayor dificultad para poner

y quitar. Es fácil perderlos o extraviarlos. Más difícil de ver y monitorear su uso.

PROTECTORES NO PASIVOS

Ventajas: las orejeras dependientes de nivel varían su atenuación al cambiar el nivel de ruido presente en el puesto de trabajo. Las orejeras con reducción activa de ruido proporcionan en modo activo atenuación adicional a ruido de alto nivel a bajas frecuencias. Las orejeras con entrada eléctrica de ruido permiten una comunicación clara y fiable. Posibilidad de selección de modo activo o pasivo. En modo activo permiten la comunicación oral.

Desventajas: autonomía limitada. Tolerancia limitada a la humedad. Especial atención al mantenimiento.

En la elección, uso y mantenimiento de tapones u orejeras, se debe tener en cuenta que:

- en general, las orejeras protegen más que los tapones, al cubrir todo el oído, por lo que en principio debe de ser el protector elegido;
- las orejeras son menos eficaces si no se disponen correctamente ajustadas o si se llevan gafas, que impide su correcta situación;
- si se utilizan en ambientes calurosos o húmedos, las orejeras aumentan estos efectos en la zona del oído, resultando incómodos, por lo que es más recomendable la utilización de tapones;
- el uso de orejeras es recomendable cuando exista la posibilidad de que el trabajador tenga las manos sucias y cuando la exposición sea a un ruido intermitente. Tendremos la necesidad de localizar la fuente de ruido;
- los tapones al introducirse en los oídos pueden infectar éstos, bien porque alguna partícula se quede dentro o bien si la utilización no guarda unas normas de higiene;



- en los tapones auditivos reutilizables el fabricante indicará la vida útil, así como, el mantenimiento adecuado, almacenamiento y su utilización;
- los tapones son equipos de protección individual personales, mientras que las orejeras pueden intercambiarse entre personas de forma excepcional, previa desinfección. Existen orejeras que disponen de las almohadillas de los casquetes desechables de un solo uso;
- los trabajadores deben utilizarlo exclusivamente durante el tiempo de exposición, al impedir comunicarse entre sí y no alertarse ante señales de alarma;
- el uso de tapones es recomendable en ambientes calurosos y húmedos, en puestos de trabajo en los que se ejecuten movimientos bruscos y cuando se pretenda hacer un uso simultáneo de otros equipos de protección individual como gafas, mascarillas, etc;

En el siguiente esquema se puede observar un resumen de los factores que influyen para la elección del tipo de protección:

FACTORES ACÚSTICOS

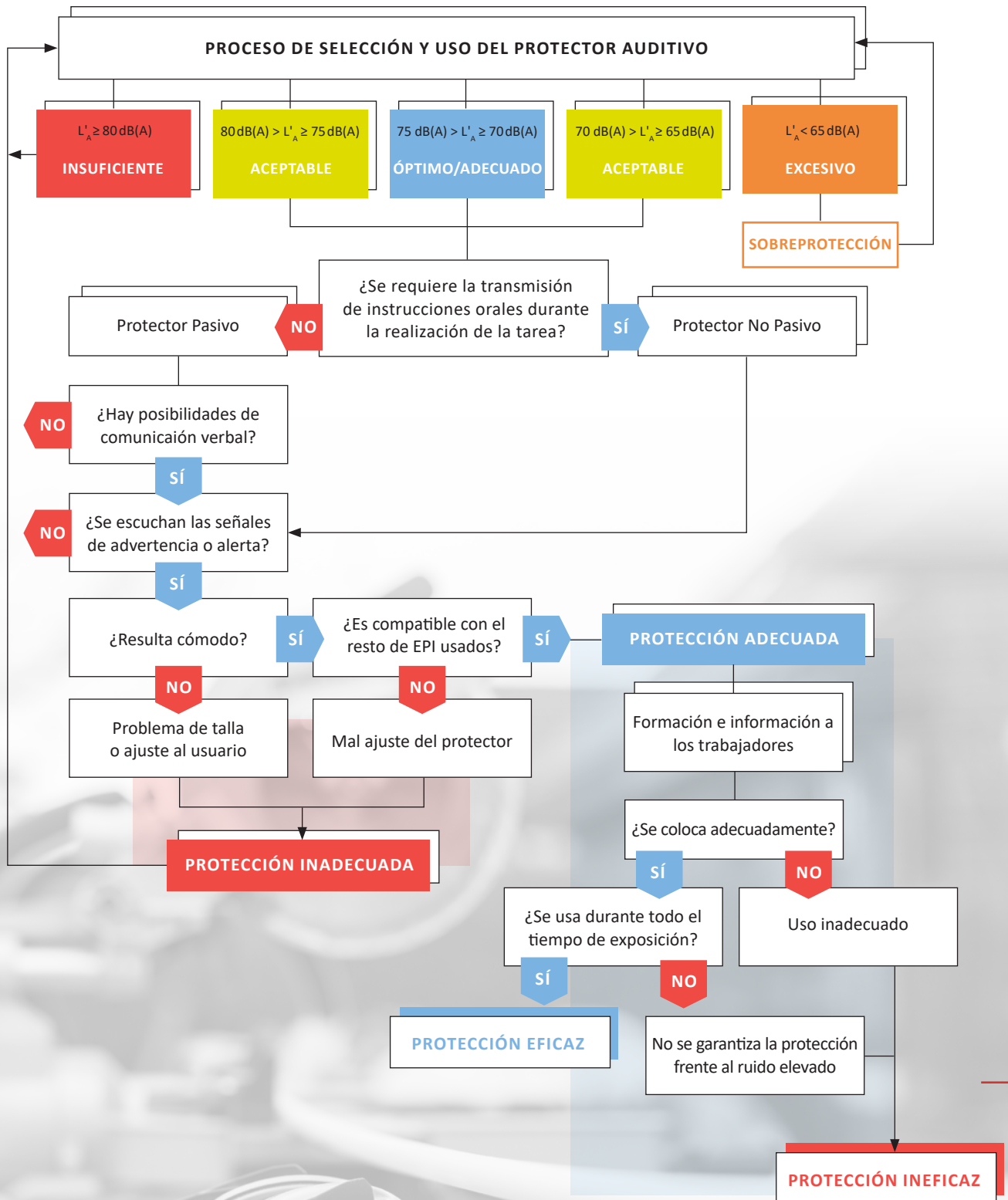
Fluctuación	Saber si es un ruido estable (continuo) o que fluctúa (intermitente) ayuda a elegir el tipo de protección.
Intensidad y frecuencia	El valor de los decibelios y la frecuencia a la que se percibe son el factor más determinante para la elección.
Comunicación	Si es necesario oír o reconocer señales de advertencia, se considerarán protectores con entrada de audio o protectores pasivos dependientes del nivel de frecuencia.

FACTORES DEL ENTORNO LABORAL

Temperatura	Pueden surgir problemas con la sudoración en caso de temperaturas altas o con la pérdida de factor de protección con temperaturas bajas.
Maquinaria en movimiento	Evitar los tapones con cordones que puedan generar un riesgo de atrapamiento.
Tiempo de exposición	Adaptar el tipo de protección a la cantidad de tiempo a la que se vaya a estar expuesto.

Protectores auditivos: selección y utilización

INSST



Notas:

- Solo se ha considerado la evaluación de la atenuación acústica del protector con relación al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A.
- La Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido, contiene información de los distintos métodos disponibles para el cálculo de L'_A (nivel de presión acústica efectivo en el oído del trabajador con protector auditivo) a partir de las características acústicas del protector y la caracterización del ruido (en los protectores no pasivos con entrada eléctrica de audio, para determinar el nivel

acústico total efectivo en el oído se deberá tener en cuenta el generado por la señal de comunicación). En particular, el “Método de comprobación HML” permite estimar L'_A conociendo únicamente el valor de exposición en dB (A). La caracterización acústica del protector auditivo debe figurar en el folleto informativo del equipo.

- La NTP 980 especifica los métodos de cálculo del nivel acústico efectivo en el oído así como la valoración de la atenuación acústica para protectores no pasivos dependientes del nivel.

En el anexo IV del Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, se ofrecen estas recomendaciones o indicaciones para la evaluación de equipos de protección individual, que en el caso de protectores del oído son las siguientes:

RIESGOS DEBIDOS A LA UTILIZACIÓN DEL EQUIPO

Riesgos	Origen y forma de los riesgos	Factores que se deben tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad para la elección y utilización del equipo
EFICACIA INSUFICIENTE DE LA PROTECCIÓN	Mala elección del equipo	Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos y condicionamientos industriales: - Respeto de las indicaciones del fabricante (instrucciones de uso). - Respeto del marcado del equipo (ej.: clases de protección, marca correspondiente a una utilización específica). Elección del equipo en función de los factores individuales del usuario.
	Mala utilización del equipo	- Utilización apropiada del equipo y conocimiento del riesgo. - Respeto de las indicaciones del fabricante.
	Suciedad, desgaste o deterioro del equipo	- Mantenimiento en buen estado. - Controles periódicos. - Sustitución oportuna. - Respeto de las indicaciones del fabricante.

RIESGOS DEBIDOS AL EQUIPO

Riesgos	Origen y forma de los riesgos	Factores que se deben tener en cuenta desde el punto de vista de la seguridad para la elección y utilización del equipo
Incomodidad y molestias al trabajar	- Insuficiente confort de uso: Demasiado voluminoso. - Demasiada presión. - Aumento de la transpiración, insuficiente mantenimiento en posición.	- Diseño ergonómico: - Volumen. - Esfuerzo y presión de aplicación. - Adaptabilidad individual.
Limitación de la capacidad de comunicación acústica	- Deterioro de la inteligibilidad de la palabra, del reconocimiento de las señales, del reconocimiento de los ruidos informativos en relación con el trabajo, de la localización direccional.	- Variación de la atenuación con la frecuencia, reducción de las potencias acústicas. - Posibilidad de reemplazar los auriculares por tapones para los oídos. - Elección previa prueba auditiva. - Utilización de un protector electroacústico apropiado.
Accidentes y peligros para la salud	- Mala compatibilidad. - Falta de higiene. - Materiales inadaptados. - Aristas vivas. - Ensanchamiento del pelo. - Contacto con cuerpos incandescentes. - Contacto con la llama.	- Calidades de los materiales. - Facilidad de mantenimiento, posibilidad de sustitución de las orejeras por auriculares, utilización de tapones desechables para los oídos. - Limitación del diámetro de las fibras minerales de los tapones para los oídos. - Aristas y ángulos redondeados. - Eliminación de los elementos que puedan producir pellizcos. - Resistencia a la combustión y a la fusión. - Ininflamabilidad, resistencia a la llama.
Alteración de la función protectora debida al envejecimiento	- Intemperie, condiciones ambientales, limpieza, utilización.	- Resistencia del equipo a las agresiones industriales. - Mantenimiento de la función protectora durante toda la duración de vida del equipo.



Existen muchos factores a tener en cuenta para realizar una selección del equipo de protección auditiva más adecuado. Uno de los principales factores será la atenuación que deba proporcionar el equipo de protección, es decir, el nivel de protección requerido en función del nivel de exposición de ruido a que están sometidos los trabajadores. El trabajador debe estar debidamente protegido, pero sin llegar al extremo de que la atenuación del protector auditivo sea excesiva y entrañe nuevos riesgos por la falta de audición de alguna señal de alarma.

Aparte de este factor, también conviene tener en cuenta los siguientes:

- **Ambiente de la zona de trabajo:** observar si existe calor y humedad y si los trabajadores realizan su jornada laboral en el exterior o en el interior de las edificaciones. Si el entorno de trabajo está limpio o sucio, etc.
- **Necesidades en el lugar de trabajo:** movilidad de los trabajadores, comunicación entre ellos, niveles de ruidos continuos o discontinuos, etc.
- **Comodidad y confortabilidad en el uso de los equipos de protección para los trabajadores.** Si los equipos resultan incómodos, provocará rechazo por parte de los trabajadores y no los utilizarán durante todo el tiempo requerido, con la consiguiente exposición al ruido y efectos dañinos.
- **Tipo de trabajo:** es importante conocer si los trabajadores deben escuchar señales de advertencia, alarma, presencia de tráfico rodado de maquinaria en el área de trabajo, etc.
- **Factores personales:** no todos los trabajadores presentan la misma fisionomía, especialmente características de sus oídos, cabeza, etc. El protector auditivo no se ajustará de la misma manera a todos los trabajadores.

- **Protectores auditivos compatibles** con otros equipos de protección individual como gafas, mascarillas, pantallas, cascos, etc.

Como ya se citó en el apartado de normativa aplicable, para el proceso de selección del protector auditivo el documento guía de referencia debería ser la norma UNE-EN 458:2016 (ratificada): Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento. Documento guía. (Ratificada por AENOR en abril de 2016.)

En el proceso de selección del equipo será importante la participación y colaboración del trabajador, ya que se requiere un conocimiento amplio del puesto de trabajo y de su entorno. Es fundamental pues, para la elección del equipo de protección individual, la previa consulta y la participación de los trabajadores.

De todas formas, se muestran algunas recomendaciones de interés a la hora de realizar el proceso de selección:

- Se deberían solicitar ofertas a varios fabricantes sobre los equipos a comprar. Para ello interesa suministrar una información amplia sobre los tipos de ruido, niveles sonoros, riesgos existentes en la zona de trabajo y su entorno, etc. Un modelo de lista de control para utilizar se encuentra en el apéndice 4 de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Es conveniente tener en cuenta el folleto informativo en la elección de un protector auditivo. Este folleto informativo debe contener todos los datos útiles referentes a: almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, desinfección, accesorios, piezas de repuesto, clases de protección, fecha o plazo de caducidad, explicación de las marcas, etc. Cuando se compre un protector auditivo, éste deberá venir acompañado de su folleto informativo.



- Los trabajadores deberán estar informados del uso y mantenimiento de los protectores auditivos.
- En la elección del protector se valorará la comodidad del trabajador, por ello se contará con su participación en dicha elección. Para que no provoque rechazo en los trabajadores el uso del protector auditivo, es fundamental que sea confortable y esto dependerá, tanto del tipo de trabajo, como de las condiciones termohigrométricas (ambiente frío, húmedo y caluroso...). El tipo de protector deberá elegirse para que la eficacia sea satisfactoria y las molestias mínimas.
- Otro aspecto a valorar para una selección eficaz del protector auditivo es la atenuación del protector auditivo. La atenuación del protector auditivo no debe ser excesiva, ya que puede propiciar la aparición de nuevos riesgos por la falta de audición de alguna señal de alarma.
- Cuando se utilice un protector auditivo, éste no debe mermar la percepción del habla, de señales de peligro o de cualquier otro sonido o señal necesarios para el ejercicio correcto de la actividad. En caso necesario, se utilizarán protectores auditivos con una respuesta en frecuencia plana, dependientes del nivel o con sistema de comunicación.
- La aceptación de un protector y su comodidad varían mucho entre usuarios. Se aconseja realizar ensayos de varios modelos de protectores y, en su caso, de tallas distintas.
- Los protectores deberán presentarse en una gama de adaptación suficiente y, en caso necesario, en distintas tallas (distinta morfología de usuarios). Es interesante probar en el lugar de trabajo varios modelos que cumplan los requisitos técnicos.
- En las obras se llevará un control sobre la entrega de los equipos de protección individual a los trabajadores por la empresa, estableciendo en la medida de lo posible, la utilización de desechables y recordando la prohibición del intercambio entre trabajadores.
- El tiempo de utilización del protector auditivo influye en la protección real que ofrece, por lo que se recomienda que el protector ofrezca una reducción prevista del nivel de ruido (PNR) que garantice simplemente que el nivel de ruido se encuentre entre 65 y 80 dB (A) para no provocar aislamiento en el trabajador.

6.4 ATENUACIÓN ACÚSTICA DE LOS PROTECTORES AUDITIVOS

La característica más importante de los protectores auditivos es la atenuación sonora que proporcionan.

La atenuación es un valor constante para cada banda de octava. La atenuación global es diferente según el espectro frecuencial del ruido y estarán calculados de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 4869-2:1996/2008 Protectores auditivos contra el ruido. Parte 2: estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados A cuando se utilizan protectores auditivos.

Para calcular la atenuación de un protector auditivo se realizan ensayos con un panel de personas en una cámara anecoica, que es una sala aislada totalmente y diseñada para minimizar por completo las reflexiones del sonido y los ruidos procedentes del exterior. Estas personas realizan audiometrías individuales con y sin protectores auditivos en cada una de las frecuencias, y la diferencia de presión sonora en la que cada persona detecta sonido con y sin el protector auditivo, nos dará la atenuación de ese protector auditivo para esa frecuencia.

A partir de estos datos, que figurarán en cada folleto informativo de cada protector, según la norma UNE-EN 458 se puede calcular la protección que proporcionará el protector auditivo concreto.

El objetivo del cálculo es la obtención de la protección que ofrece un protector auditivo, denominada reducción prevista del nivel de ruido (PNR), y del valor del nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L'_A), cuando se utiliza el protector en un ambiente caracterizado por un nivel de presión sonora L_A .

Esta norma define los siguientes términos:

$$PNR = L_A - L'_A$$

Donde,

PNR es la reducción prevista del nivel de ruido

L_A es el nivel de presión sonora en un ambiente caracterizado

L'_A es el nivel de presión sonora efectivo ponderado A

Dependiendo de las frecuencias PNR la atenuación será:

- **Atenuación a alta frecuencia (H):** representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es $L_C - L_A = -2$ dB.
- **Atenuación a media frecuencia (M):** representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es $L_C - L_A = +2$ dB.
- **Atenuación a baja frecuencia (L):** representa el valor de PNR cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es $L_C - L_A = +10$ dB
- **Índice de reducción único (SNR):** es el valor que se resta del nivel de presión sonora ponderado C (L_C) para estimar el nivel de presión sonora efectivo ponderado A (L'_A).
- **Protección asumida (APVf) de un protector:** es un valor por banda de octava, obtenido de restar del valor medio de atenuación por banda de octava (m_i), en diferentes ensayos de laboratorio, la desviación típica (σ) obtenida en dichos ensayos.

$$APV_f = m_i - \sigma$$

El valor de APV_f así calculado es la atenuación de que se dispondrá con una probabilidad del 84% o, lo que es lo mismo, es la atenuación de que dispondrán 84 de cada 100 personas que lo utilicen.

Salvo que se especifique otra cosa, es la que habitualmente se utiliza.

Si se desea evaluar la atenuación del protector auditivo con un mayor grado de fiabilidad, se aplican estos factores de corrección a la desviación estándar:

EFICACIA DE PROTECCIÓN (%)	PROTECCIÓN ASUMIDA (DB)
84	$APV_f = m_f - 1,00 \sigma$
85	$APV_f = m_f - 1,04 \sigma$
90	$APV_f = m_f - 1,28 \sigma$
95	$APV_f = m_f - 1,64 \sigma$
99.5	$APV_f = m_f - 2,58 \sigma$

En el folleto informativo que acompaña al equipo de protección, el fabricante debe incluir los valores de H, M, L, SNR y APVf para las octavas de frecuencia central entre 125 y 8000 Hz. La frecuencia de octava de 63 Hz es opcional.

Los valores de H, M y L, se calculan a partir del comportamiento del protector (APVf) respecto a ocho espectros de ruidos diferentes y normalizados. El valor del índice de reducción único (SNR) se obtiene para cada protector a partir de la protección asumida APVf y el efecto que ésta tiene sobre un ruido rosa (ruido que

entre otras características posee iguales niveles de presión acústica en todas las octavas) cuyo espectro está normalizado. Por este motivo el valor SNR es similar al valor M del ruido de media frecuencia.

Los valores obtenidos se cotejan con la siguiente tabla para estimar si la atenuación proporcionada por los protectores auditivos, es la adecuada:

Según la normativa actual, el nivel de exposición diario equivalente que soporte el oído del trabajador teniendo en cuenta la atenuación que proporciona el protector auditivo, $L'_{Aeq,d}$, no debe superar los 87 dB(A), ni los 140 dB(C) de nivel de pico, L'_{pico} .

NIVEL DE PRESIÓN SONORA EN EL OÍDO, L'_{Aeq}	ÍNDICE DE PROTECCIÓN
> 80dB(A)	INSUFICIENTE
Entre 80dB(A) y 75dB(A)	ADECUADO
Entre 75dB(A) y 70dB(A)	ÓPTIMO
Entre 70dB(A) y 65dB(A)	ADECUADO
< 65dB(A)	SOBREPROTECCIÓN
NIVEL DE PICO EFECTIVO EN EL OÍDO, L'_{pico}	ÍNDICE DE PROTECCIÓN
≥ 135 dB(C)	INSUFICIENTE
< 135 dB(C)	ADECUADO

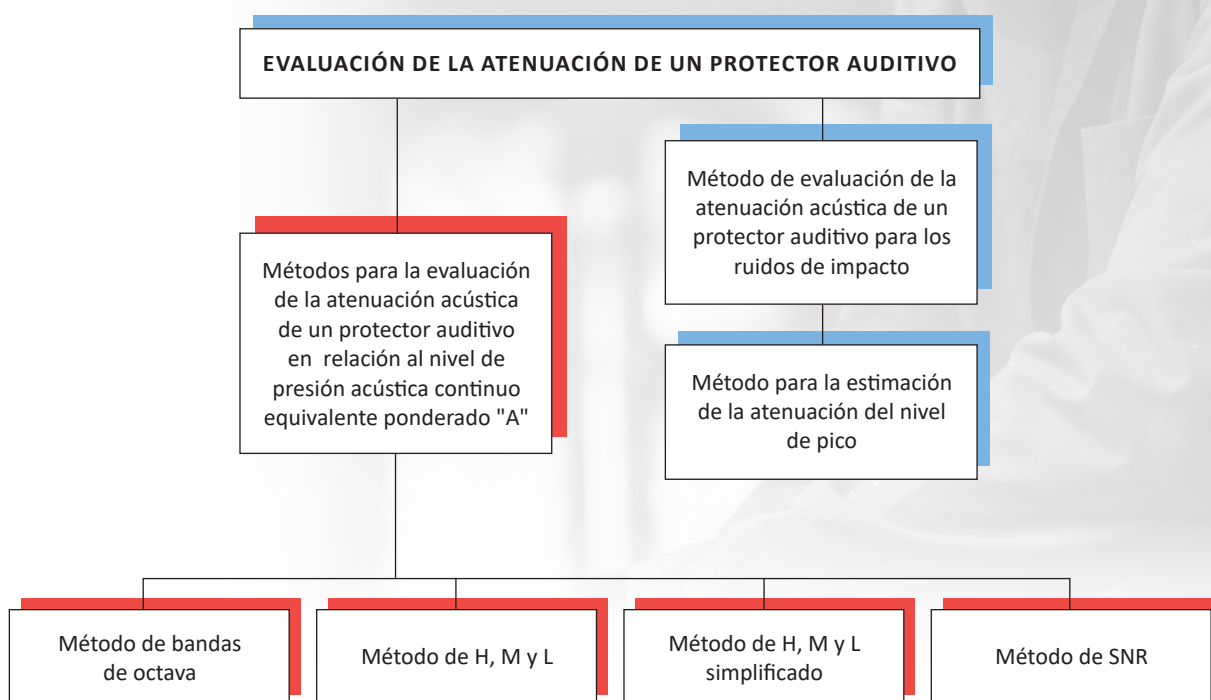
Hay que tener en cuenta que no serán adecuados para los trabajadores los protectores auditivos que provoquen sobreprotección. En estos casos, los trabajadores podrán dejar de utilizarlos por los siguientes motivos:

- Dificultad en la comunicación con otros trabajadores.
- Dificultad en la audición de señales de alarma o aviso.
- Sensación de aislamiento en el ambiente de trabajo.



6.5 MÉTODOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA ATENUACIÓN ACÚSTICA DE UN PROTECTOR AUDITIVO

El siguiente esquema representa a modo resumen los distintos métodos de evaluación de la atenuación de un protector auditivo:



6.5.1 MÉTODO DE BANDAS DE OCTAVA

Es el método de mayor exactitud y, por tanto más fiable, ya que tiene en cuenta todo el espectro de frecuencias. Es necesario obtener los niveles de presión acústica continua equivalente por bandas de octava y disponer de los valores de protección asumida por bandas de octava proporcionados por el fabricante del protector auditivo.

Se calcula el nivel de presión acústica efectiva ponderado "A" que recibe el oído, con la siguiente expresión:

$$L'_{Aeq} = 10 \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{8000} 10^{0,1(L_{Aeq,f} - APV_f)}$$

Donde:

f: es la frecuencia central de cada banda de octava (Hz)

APV_f: es el valor de la protección asumida del protector auditivo por banda de octava.

L_{Aeq, f}: es el nivel de presión acústica continuo equivalente por banda de octava ponderado "A". Este término puede calcularse también a través de la siguiente fórmula:

$$L_{Aeq, f} = L_f + A_f$$

en la que L_f representa el nivel de presión sonora por octava sin ponderar y A_f es la ponderación A en cada octava.

6.5.2 MÉTODO DE H, M Y L

Este método precisa disponer de los valores de atenuación H, M y L que proporciona el fabricante del protector auditivo y conocer los niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados "A" y "C" (L_{Aeq} y L_{Ceq}). Con esta información se calcula el valor de la reducción prevista del nivel de ruido, PNR.

El nivel de presión sonora efectivo ponderado "A" que recibe al oído, L'_{Aeq} , se estima del siguiente modo:

FASE 1

Cálculo de la diferencia entre los niveles de presión sonora con ponderaciones "C" y "A",

$$L_{Ceq} - L_{Aeq}$$

FASE 2

Estimación de la atenuación del nivel de ruido, PNR, con la expresión que corresponda:

$$PNR = M - \frac{(H-M)(L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2)}{4} \quad \text{para } (L_{Ceq} - L_{Aeq}) \leq 2 \text{ dB}$$

$$PNR = M - \frac{(M-L)(L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2)}{8} \quad \text{para } (L_{Ceq} - L_{Aeq}) > 2 \text{ dB}$$

Donde:

L_{Aeq} es el nivel de presión sonora ponderado "A" en el lugar o puesto de trabajo objeto de estudio;

L_{Ceq} es el nivel de presión sonora ponderado "C" en el lugar o puesto de trabajo objeto de estudio;

H, es el valor de la atenuación para el intervalo de frecuencias altas (proporcionado por el fabricante);

M, es el valor de la atenuación para el intervalo de frecuencias medias (proporcionado por el fabricante);

L, es el valor de la atenuación para el intervalo de frecuencias bajas (proporcionado por el fabricante).

FASE 3

Cálculo del nivel de presión sonora efectivo ponderado "A" que recibe el oído mediante la expresión:

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - PNR$$

Donde:

L_{Aeq} es el nivel de presión sonora ponderado "A" en el lugar o puesto de trabajo objeto de estudio;

PNR es la reducción prevista de ruido mediante el uso del protector auditivo.

FASE 4

El valor obtenido del nivel de presión sonora efectivo ponderado "A" que recibe el oído, L'_{Aeq} , ha de compararse con la tabla de valoración de la atenuación acústica del protector auditivo.

6.5.3 MÉTODO DE H, M Y L SIMPLIFICADO

Este método es útil cuando no se dispone ni del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" expresado por bandas de octava ($L_{Aeq, f}$), ni del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "C" (L_{Ceq}).

Mediante escucha o haciendo uso de una lista de ejemplos, se averigua si el ruido es eminentemente grave, agudo o de una frecuencia intermedia.

El proceso a seguir para evaluar la atenuación que proporciona un protector auditivo es:

FASE 1

Valorar si el ruido tiene la mayoría de la energía distribuida en el intervalo de las frecuencias medias o altas, o en el intervalo de las frecuencias bajas, para lo que puede usarse el siguiente listado de ejemplos de ruido que emiten principalmente en frecuencias medias o altas y en frecuencias bajas:

- **Ejemplos de ruido de clase H y M** (ruido con frecuencias predominantes medias o altas): oxicorte con soplete, amoladoras, conductos de aire comprimido, máquinas trituradoras, máquinas para trabajar la madera, radiales, bombas hidráulicas, máquinas para el pulido de la piedra, motores diésel, herramientas de impacto, máquinas de corte por abrasión, etc.
La percepción de los ruidos permite, casi siempre, distinguir aquéllos de baja frecuencia (ruidos de clase L), pero puede haber dudas entre altas y medias frecuencias por lo que se consideran ruidos juntos como de clase HM.
- **Ejemplos de ruido de clase L** (ruido con frecuencias predominantes bajas): sopladoras, excavadoras, compresores, equipos de movimiento de tierras, molinos, máquinas de limpieza por inyección de aire, convertidores, etc.

FASE 2

En función del tipo de ruido, se selecciona la expresión correspondiente:

- Ruido con la mayoría de la energía distribuida en el intervalo de las frecuencias medias o altas:

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - M$$

- Ruido con la mayoría de la energía distribuida en el intervalo de las frecuencias bajas:

$$L'_{Aeq} = L_{Aeq} - L$$

6.5.4 MÉTODO SNR

Es necesario conocer el nivel de presión sonora ponderado "C" en el lugar o puesto de trabajo objeto de estudio y el valor de atenuación SNR que proporciona el fabricante del protector auditivo.

Este método es el menos exacto de los tres y generalmente, el más usado. Nos facilita una idea general del nivel de protección del equipo.

El nivel de presión sonora ponderado "A" en el interior del protector auditivo se obtiene de la diferencia entre el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado "C" y el parámetro de atenuación global SNR.

$$L'_{Aeq} = L_{Ceq} - SNR$$

Donde:

L_{Aeq} es el nivel de presión sonora ponderado "C" en el lugar o puesto de trabajo objeto de estudio;

PNR es el valor global de la atenuación del protector.

Cuando en los espectros del ruido en cuestión preponderan frecuencias bajas o muy altas, disminuye mucho la precisión del sistema de cálculo a partir del SNR, mientras que se mantiene una precisión aceptable en el método de H, M y L.

En el siguiente cuadro podemos observar un resumen de los cuatro métodos y la información requerida en cada uno de ellos para el cálculo de la atenuación.

MÉTODO	INFORMACIÓN REQUERIDA		EXACTITUD	CÁLCULOS
	DEL RUIDO AMBIENTAL	DEL PROTECTOR AUDITIVO		
BANDAS DE OCTAVA	Espectro de frecuencias del ruido (lineal o ponderado A)	Valor medio de atenuación por banda de octava (m_f)	ALTA	$L'_{Aeq} = 10 \log \sum_{f=63 \text{ Hz}}^{8000} 10^{0,1(L_{Aeq,f} - APV_f)}$ $APV_f = m_f - \sigma \quad (1)$
MÉTODO DE H, M, L	Niveles de ruido globales ponderados A y C	Valores H, M, L	MEDIA-ALTA	$PNR = M - \frac{(H-M)(L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2)}{4} \text{ para } (L_{Ceq} - L_{Aeq}) \leq 2 \text{ dB}$ $PNR = M - \frac{(M-L)(L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2)}{8} \text{ para } (L_{Ceq} - L_{Aeq}) > 2 \text{ dB}$
MÉTODO DE H, M, L SIMPLIFICADO	Nivel global de ruido ponderado A y la composición cualitativa del ruido	Valores H, M, L	MEDIA	Ruido de baja frecuencia ($L_{Ceq} - L_{Aeq} < 5 \text{ dB}$): $L'_{Aeq} = L_{Aeq} - L$ Ruido de media-alta frecuencia ($L_{Ceq} - L_{Aeq} \geq 5 \text{ dB}$): $L'_{Aeq} = L_{Aeq} - M$
MÉTODO DE SNR	Nivel global de ruido ponderado C	Parámetro SNR	BAJA	$L'_{Aeq} = L_{Ceq} - SNR.$

(1) Cálculo para una eficacia de protección del 84%. Otras eficacias de protección implican valores distintos de 1.00 en la fórmula.

6.5.5 MÉTODO PARA LA ESTIMACIÓN DE LA ATENUACIÓN DEL NIVEL DE PICO

Con la aplicación de este método estimamos si el protector auditivo proporciona una atenuación suficiente frente a los ruidos de impacto. Consta de dos fases:

FASE 1

Por medio de la escucha determinaremos si el ruido de impacto tiene la mayoría de la energía distribuida en el intervalo de las frecuencias predominantes bajas, medias-altas o altas, considerándose:

- Ruido de impacto de tipo 1: la mayoría de la energía se distribuye en el intervalo de las bajas frecuencias.
- Ruido de impacto de tipo 2: la mayoría de la energía se distribuye en el intervalo de las frecuencias medias y altas.
- Ruido de impacto de tipo 3: la mayor parte de la energía se distribuye en el intervalo de las frecuencias altas.

Generalmente, las detonaciones de explosivos dan lugar a picos de baja frecuencia. La mayoría de impactos se pueden considerar de media-alta frecuencia.

FASE 2

Después de estimar el intervalo de frecuencias predominantes, aplicaremos la siguiente fórmula:

$$L'_{\text{pico}} = L_{\text{pico}} - d_m$$

El valor de la atenuación del protector auditivo frente al nivel de pico, d_m , en función del tipo de ruido de impacto es:

VALORES DE LA ATENUACIÓN ACÚSTICA MODIFICADA

TIPO DE RUIDO DE IMPACTO	ATENUACIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO FRENTE AL NIVEL DE PICO, d_m *
Tipo 1 (frecuencias bajas)	L - 5
Tipo 2 (frecuencias medias y altas)	M - 5
Tipo 3 (frecuencias altas)	H

* Los valores H, M y L se han obtenido de los datos de atenuación suministrados por el fabricante

Es recomendable reducir la atenuación acústica indicada por el fabricante con objeto de lograr un valor lo más cercano posible a la verdadera protección que ofrecen los protectores auditivos, ya que ésta puede verse mermada por diversos motivos de índole práctica, como la colocación incorrecta por parte del trabajador o el mantenimiento inadecuado.

La Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 apunta la recomendación del HSE (Health and Safety Executive, Gran Bretaña) de reducir en 4 dB la atenuación estimada mediante alguno de los métodos de cálculo anteriormente citados, excepto para los ruidos de impacto, a los que no se les aplicará ninguna reducción en la atenuación estimada del protector auditivo.

6.5.6 ATENUACIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO: CALCULADOR DEL INSST

El Instituto Nacional de Seguridad y salud en el Trabajo ofrece una herramienta de ayuda para



calcular la atenuación del ruido. Se puede elegir el método de cálculo que se desee utilizar, en función de la información disponible sobre el ruido ambiental (se asume que se dispone de todos los datos del protector auditivo contenidos en el folleto del fabricante).

Atenuación de los protectores auditivos

- Permite realizar el cálculo de la atenuación del ruido procurada por un protector auditivo según distintos métodos y permite también calcular el efecto de no usar el protector durante la totalidad del tiempo de exposición.
- En el calculador se pueden seleccionar la siguiente metodología:
- Método de bandas de octava. Requiere conocer el espectro frecuencial del ruido.
- Método HML.

Completo: requiere conocer el nivel global de presión sonora ponderado en la escala A y en la escala C.

Simplificado (HML de comprobación): requiere conocer el nivel global de presión sonora con ponderación A y la composición cualitativa del ruido (media-altas o bajas).

- Método SNR. Requiere conocer el nivel de presión sonora global ponderado A. El calculador también permite obtener el SNR mínimo necesario para alcanzar un determinado nivel atenuado (cálculo inverso).
- Método de atenuación del nivel de pico. Requiere conocer el nivel de presión sonora con ponderación C y la composición cualitativa del ruido (frecuencias altas, media-altas o bajas).



<http://calculadores.insht.es:86/Atenuaci%C3%B3nprotectores-auditivos/Introducci%C3%B3n.aspx>

6.6 TIEMPO DE UTILIZACIÓN DEL PROTECTOR AUDITIVO. EFICACIA DE PROTECCIÓN

El nivel adecuado de atenuación a que debería quedar un trabajador cuando utiliza la protección auditiva es la que permite al trabajador quedarse entre 65 y 80 dB(A) con la protección bien ajustada.

Se recomienda seleccionar el protector de forma que el nivel de presión sonora percibido por el trabajador esté incluido en el intervalo anterior. Valores comprendidos en un rango entre 70 y 75 dB(A) se consideran como satisfactorios. Valores inferiores a 65 dB(A) indican que existirá una sobreprotección y cuando se registren valores por encima de 80 dB(A), consideraremos que la atenuación es insuficiente y por lo tanto la protección auditiva no nos proporcionará la protección necesaria frente al nivel de ruido externo.

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA EFECTIVO EN EL OÍDO DEL TRABAJADOR

80 dB(A)	Insuficiente
75 dB(A)	Adecuada
70 dB(A)	Óptima
65 dB(A)	Adecuada
	Sobreprotección

No es deseable que el protector auditivo nos proporcione una atenuación excesiva, porque indicará una sobreprotección del trabajador, provocando en él un aislamiento del entorno y no permitiéndole escuchar alarmas o avisos del resto de trabajadores.

Esto indica que a veces la mejor solución no son los protectores que más atenúan, siendo más eficaces aquellos que proporcionan una atenuación menor.

La atenuación efectiva del protector auditivo se reduce drásticamente cuando el trabajador no lo utiliza durante todo el intervalo de exposición al ruido, por lo que es imprescindible conocer el tiempo real de utilización para estimar el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A”, que llega al oído del trabajador a lo largo de toda la jornada laboral.

Mediante la siguiente fórmula, se calcula el nivel equivalente efectivo en el oído, $L'_{Aeq,T}$ cuando el trabajador usa intermitentemente el protector auditivo.

$$L'_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} [(T_{EPI} \cdot 10^{0,1L_{Aeq} T_{EPI}} + (T - T_{EPI}) \cdot 10^{0,1L_{Aeq}(T - T_{EPI})}]$$

Donde:

T, es el tiempo de exposición al ruido, en minutos;

T_{EPI}, es el tiempo de exposición en el que el trabajador usa del protector auditivo;

T-T_{EPI}, es el tiempo de exposición en el que el trabajador no usa el protector auditivo;

L_{Aeq Tepi}, es el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A” que llega al oído del trabajador cuando hace uso del protector auditivo;

L_{Aeq (T-Tepi)}, es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A” que llega al oído del trabajador cuando no utiliza el protector auditivo.

Si T es igual a 8 horas, el nivel equivalente correspondiente es el diario ($L_{Aeq,d}$).

Un ejemplo de la influencia del tiempo de utilización es el siguiente:



$$L_A = 105 \text{ Db(A)}$$

Atenuación del protector: 30 dB

Utilización en 8 horas $L'_A = 75 \text{ dB(A)}$

Utilización del protector durante 7 horas y 30 minutos (estar 30 minutos sin protector)

Aplicando la fórmula, obtendríamos un $L'_{Aeq,d} = 93 \text{ dB(A)}$

Es decir, no utilizar el protector durante 30 minutos en una jornada de 8 horas, implica que el nivel de exposición diario equivalente aumente en 18 dB.

Es conveniente, además, transmitir al trabajador que para que el protector auditivo sea eficaz debe llevarse durante todo el tiempo en los lugares de trabajo en los que existan niveles de ruido perjudiciales.

Un factor muy importante que debe tenerse en cuenta es la comodidad de la protección auditiva. Si un protector no resulta cómodo para el trabajador, es fácil que este pueda quitárselo y no utilizarlo durante todo el tiempo.

Los principales factores que influyen en la comodidad de la protección auditiva son:

- Tamaño del protector auditivo. En el caso de tapones, estos deben ser adecuados al canal auditivo del trabajador y en el caso de las orejeras, estas deben ser anchas, para que entre con facilidad la oreja del trabajador.
- Calor y humedad. Son mejores los tapones que las orejeras para estos casos.
- Presión de los tapones sobre el canal auditivo: no debe ser muy fuerte para evitar daños cuando este se expanda.
- Presión de la orejera sobre la cabeza: no debe ser muy fuerte porque puede causar agotamiento, ni demasiado ligera porque debe sellar totalmente el conducto auditivo.
- Suavidad de las almohadillas de la orejera en contacto con la cabeza y del tapón a la hora de colocarlo y retirarlo.
- Peso del protector. Si los protectores son muy pesados generalmente el trabajador sufrirá agotamiento de forma rápida.

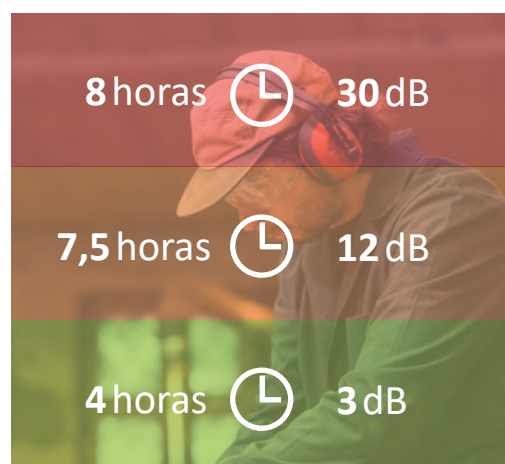
Si el trabajador se quita el protector auditivo, incluso durante un breve periodo de tiempo, la atenuación y la protección efectiva se verán muy reducidas.

La siguiente tabla recoge ejemplos de protección efectiva para distintos periodos de tiempo sin el protector para una jornada de 8 horas.

TIEMPO SIN UTILIZAR EL PROTECTOR AUDITIVO (MIN)	PROTECCIÓN EFECTIVA (dB)
0	30
5	20
24	13
48	10
96	7
144	5
192	4
240	3

Observando un ejemplo en la tabla, si un trabajador no utiliza o se retira el protector durante tan sólo 24 minutos en una jornada de 8 horas, la atenuación disminuirá de manera drástica de 30 dB a 13 dB.

EFFECTO DEL TIEMPO DE USO



Por ejemplo, un protector auditivo que atenúa 30 dB si se usa las 8 horas de la jornada laboral, reduce su nivel de eficacia a 12 dB si se deja de usar 30 minutos al día y si se usa sólo la mitad del tiempo prácticamente no ofrece ninguna protección.

En algunas situaciones justificadas en las que no sea posible el uso del protector auditivo, es útil conocer cuánto tiempo puede permanecer el trabajador en un área con unos niveles de ruido elevados sin recibir una exposición que supere un determinado nivel, por ejemplo, sin superar el nivel inferior de exposición que da lugar a una acción ($L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$).

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_{\text{máximo de exposición}} = 8 \cdot 10^{\frac{(\text{Nivel que no se desea superar} - L_{Aeq,T})}{10}}$$

Donde:

$L_{Aeq,T}$ es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" al que está expuesto el trabajador;

Nivel que no se desea superar, es el nivel de exposición al ruido que el técnico fija, en dB(A).

Haciendo uso de esta expresión, es posible elaborar tablas en las que se indique el tiempo máximo de exposición al ruido a determinados niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados "A", $L_{Aeq,T}$ para no superar el nivel de exposición diario equivalente, $L_{Aeq,d}$ que el técnico fije.

La siguiente tabla muestra los tiempos máximos de exposición para no superar un nivel de exposición diario equivalente, $L_{Aeq,d}$ de 85 dB(A), en relación a unos determinados niveles de presión acústica continuos equivalentes ponderados "A", $L_{Aeq,T}$

Como se puede observar, un incremento de 3 dB(A) en la exposición a un ruido provoca que se duplique la dosis que recibe el trabajador (el tiempo de exposición se reduce concretamente a la mitad).

EXPOSICIÓN AL RUIDO, $L_{Aeq,T}$	TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN	NIVEL DE EXPOSICIÓN DIARIO EQUIVALENTE, $L_{Aeq,D}$
85 dB(A)	8 horas	85 dB(A)
88 dB(A)	4 horas	
91 dB(A)	2 horas	
94 dB(A)	1 hora	
97 dB(A)	30 minutos	
100 dB(A)	15 minutos	
103 dB(A)	7,5 minutos	



El mejor protector auditivo es el que se usa.

Ajuste de la protección auditiva

Es importante que tapones y orejeras se ajusten perfectamente para ofrecer una protección adecuada. La formación y la práctica van a ser dos aspectos fundamentales para lograr un ajuste adecuado y será necesario escoger un protector auditivo cuyas características se ajusten a las necesidades del trabajador. Habrá que leer con detenimiento las instrucciones que el fabricante proporciona en el folleto informativo y colocarse el protector tal y como se indica. Sin esta información, no se podría saber si el protector auditivo que hemos adquirido es adecuado para el nivel de sonido que tenemos en el lugar de trabajo. Sin embargo, en muchos casos, ni siquiera se llega a saber cómo hacer un uso correcto del equipo de protección, cómo colocar el tapón, o las precauciones que hay que tener a la hora de usar una orejera. Sin esta información, sencilla, pero desconocida por la mayor parte de la gente, la eficacia del protector auditivo quedará seriamente mermada.

En el caso de tapones, estos deben ser insertados de una manera profunda, deben quedar por debajo del lóbulo de la oreja y tras colocarlos se debería comprobar que el ajuste es adecuado y que reducen el sonido propiamente dicho.

En estas fotografías se puede observar un ajuste adecuado (izquierda) e inadecuado (derecha) de los tapones en la oreja. Al colocarse frente a una persona y observar que los tapones sobresalen, puede decirse que están mal colocados.

En la siguiente fotografía, se observa una colocación inadecuada de las orejeras en el trabajador.



Ajuste adecuado de tapón (izquierda) e inadecuado (derecha).



Colocación inadecuada de orejeras.



07

VIGILANCIA DE LA SALUD

7.1. Introducción

7.2. Necesidad y obligatoriedad de la vigilancia de la salud

7.3. Protocolo de vigilancia sanitaria específica de ruido

7.3.1. Acumetría

7.3.2. Audiometría

7.1 INTRODUCCIÓN

La vigilancia de la salud de los trabajadores es la forma de controlar si el plan de conservación sobre audición y sus medidas frente al riesgo de exposición a ruido están siendo efectivas.

Las empresas deben comprobar periódicamente que las medidas adoptadas para prevenir o controlar el ruido siguen funcionando con eficacia. Se deben realizar exámenes de control de la salud que nos indiquen si se está produciendo un deterioro de la salud auditiva de los trabajadores.

Dependiendo de su exposición al ruido, los trabajadores tienen derecho a una vigilancia sanitaria adecuada. La normativa de ruido establece que los trabajadores con exposición a ruido por encima de los valores superiores que dan lugar a una acción, tienen derecho a realizar un control auditivo con la periodicidad mínima de tres años y que también de manera preventiva, se puede realizar este tipo de controles a trabajadores con exposiciones superiores a los valores inferiores de exposición si puede existir un riesgo para su salud.

El control auditivo se realiza mediante pruebas audiométricas, que en general son llevadas a cabo durante los exámenes periódicos de salud. En estas pruebas se evalúa el umbral de audición del trabajador a diferentes frecuencias y se compara con los umbrales de audición normales, determinando así si se ha producido una pérdida auditiva y si ésta puede estar vinculada al trabajo. Además de las evaluaciones periódicas, conviene realizar una audiometría inicial cuando se incorpore un trabajador a la empresa, para evaluar el estado de salud inicial de audición del empleado y comprobar si existía algún tipo de problema auditivo previo. Deberán mantenerse historiales médicos individuales y facilitar información a los trabajadores.

El control de la función auditiva lo debe realizar un médico de vigilancia de la salud, u otra persona debidamente cualificada bajo la responsabilidad de un médico, a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa.

La experiencia adquirida y los conocimientos obtenidos a través del procedimiento de vigilancia deberían utilizarse para revisar la evaluación de riesgos y las medidas de control. También es necesario imponer controles externos que determinen que las medidas aplicadas para controlar el ruido en el lugar de trabajo funcionan realmente.



7.2 NECESIDAD Y OBLIGATORIEDAD DE LA VIGILANCIA DE LA SALUD

Los trabajadores tienen derecho a una vigilancia adecuada de la salud, tal y como se desarrolla en el artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. En este artículo se refleja la obligación por parte del empresario de poner a disposición del trabajador la vigilancia periódica de su estado de salud en función de los riesgos inherentes a su trabajo.

Esta vigilancia solo podrá llevarse a cabo cuando el trabajador preste su consentimiento. De este carácter voluntario solo se exceptuarán, previo informe de los representantes de los trabajadores, los supuestos en los cuales la realización de los reconocimientos sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de salud del trabajador puede constituir un peligro para el, para los otros trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa, o cuando así esté establecido en una disposición legal con relación a la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

Se debe tener presente la necesidad de realizar la vigilancia de la salud para poder detectar a tiempo si existe algún problema de salud y poder demostrar que ha sido a consecuencia del trabajo, sobre todo en casos como la exposición laboral al ruido, que tienen una normativa específica y que es una enfermedad profesional reconocida, existiendo un protocolo específico del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social que regula como llevar a cabo la vigilancia de la salud.

En el caso del ruido, el control médico de la función auditiva tendrá como objeto prevenir las pérdidas de capacidad auditiva de los trabajadores debido al ruido existente en el ambiente de trabajo.

La Ley General de Sanidad, partiendo de un punto de vista epidemiológico, establece el objetivo de la vigilancia de la salud en el trabajo como:

“Vigilar la salud de los trabajadores para detectar precozmente e individualizar los factores de riesgo y deterioro que puedan afectar a la salud de los mismos».

Más específicamente, el protocolo de ruido dice:

La recogida armonizada y periódica de datos sobre riesgos y enfermedades y su posterior análisis e interpretación sistemáticos con criterios epidemiológicos, constituye uno de los instrumentos con que cuenta la salud pública para poder identificar, cuantificar y priorizar, y por lo tanto, diseñar políticas de prevención eficaces.

El Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, establece que el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud específica de los trabajadores expuestos, cuando en la evaluación de riesgos se ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de estos y los trabajadores deberán someterse a esta vigilancia de la salud, con las excepciones a la voluntariedad citadas en el apartado 1 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Los trabajadores cuya exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción tendrán derecho a que un médico, u otra persona debidamente cualificada bajo la responsabilidad de un médico, a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa, lleven a cabo controles de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico preventivo los trabajadores cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, cuando la evaluación y la medición previstas en el artículo 6.1 del real decreto indiquen que existe riesgo para su salud.

Estos controles audiométricos se realizarán en la forma establecida en los protocolos específicos a que hace referencia el artículo 37.3.c) del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y su finalidad será el diagnóstico precoz de cualquier pérdida de audición debida al ruido y la preservación de la función auditiva.

En el actual Real Decreto 286/2006 ha desaparecido la mención expresa a la obligación de practicar un “control médico inicial de la función auditiva de los trabajadores” que se contemplaba en el anterior Real Decreto 1316/1989, en sus artículos 5.2ª, 6.1ª y 7.1ª.

En cuanto a la exposición al ruido, la periodicidad mínima de los controles audiométricos debe ser:

1. Reconocimiento inicial.

Para llevar a cabo un seguimiento de la salud del trabajador y disponer de información suficiente para detectar a trabajadores sensibles a ciertos riesgos, se efectuará el reconocimiento inicial en la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud. El objetivo de la misma sería disponer de un estado de salud de base que facilitaría el seguimiento posterior y la detección de trabajadores especialmente sensibles.

Como mínimo este reconocimiento médico debe incluir anamnesis, otoscopia y control audiométrico.

Las condiciones que pueden dar lugar a una mayor sensibilidad son todas aquellas que suponen una mayor vulnerabilidad coclear o retrococlear como, por ejemplo:

- Exposición a ototóxicos tanto de origen laboral como extralaboral (medicamentos o el tabaco).
- Ciertas alteraciones metabólicas como la diabetes o las hipomagnesemias severas.

- Estado de salud: hipertensión arterial, infecciones óticas, mayores de 50 años, antecedentes de traumatismo craneal con afectación coclear, etc.).
- Embarazo: se han establecido riesgos a partir de la semana 20-25 de gestación.

2. Reconocimiento periódico específico.

Se realizarán:

- Cada 3 años como mínimo para trabajadores cuya exposición supera los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción.
- Cada 5 años si su exposición supera los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

Incluyen, como mínimo, otoscopia y audiometría.

Puede ser necesario aumentar la frecuencia de reconocimientos si se detecta una especial sensibilidad o en circunstancias de exposición atípicas o de difícil evaluación, como la prolongación de la exposición al ruido después de la exposición laboral, pero motivada por ésta (trabajadores que se desplacen a su lugar de trabajo por carreteras no asfaltadas, etc.).

3. Reconocimiento después de una ausencia prolongada por motivos de salud.

Se debe realizar con la finalidad de descubrir si guardan relación o pueden atribuirse a la exposición a ruido o si ha aparecido una especial sensibilidad, ya sea temporal o permanente.

La periodicidad podrá verse afectada si, por causas excepcionales ligadas a la seguridad, el trabajador debe prescindir de los protectores auditivos. Con relación a los trabajadores especialmente sensibles, esta

periodicidad dependerá tanto de las características de la exposición como de las causas de esa especial sensibilidad.

Cuando se detecte en los controles audiométricos una lesión auditiva diagnosticable, el médico de vigilancia de la salud ha de evaluar si puede ser por consecuencia de una exposición al ruido durante el trabajo. Si concluye que es motivada por ésta, el médico u otro personal sanitario competente debe comunicar al trabajador personalmente el resultado e informar al empresario en términos de aptitud.

Por su parte, el empresario una vez recibido el informe preceptivo sobre la aptitud del trabajador, debe realizar las siguientes acciones:

- Revisar la evaluación de los riesgos efectuada con arreglo al artículo 6.
- Revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de exigir el uso de los protectores auditivos en el supuesto a que se refiere el apartado 1.a) del artículo 7, durante la revisión de aquellas medidas y hasta que se eliminen o reduzcan los riesgos.
- Tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquier otra medida que se considere necesario para eliminar o reducir riesgos de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición.
- Disponer una vigilancia sistemática de la salud y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar.

Respecto al trabajador, el empresario deberá “tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualquier otra medida que se conside-



re necesaria para eliminar o reducir riesgos de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 4 y 7, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición”.

La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral de los trabajadores. El acceso, confidencialidad y contenido de dichas historias se ajustará a lo establecido en la normativa. El trabajador tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

7.3 PROTOCOLO DE VIGILANCIA SANITARIA ESPECÍFICA DE RUIDO

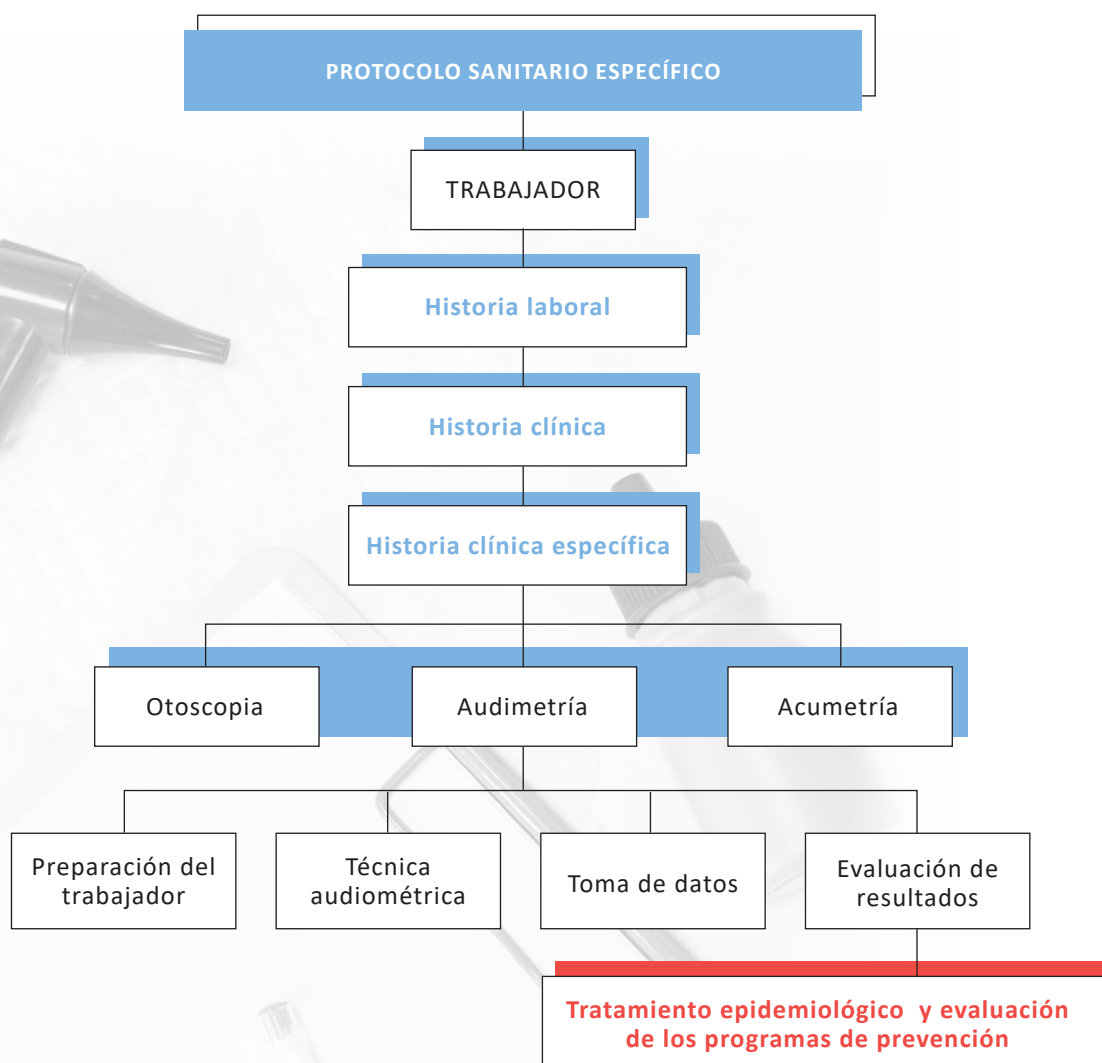
El grupo de trabajo de salud laboral de la Comisión de Salud Pública del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, a fin de unificar la aplicación de criterios para la vigilancia periódica de la salud de los trabajadores en función de los riesgos inherentes a su puesto de trabajo, señala unos Protocolos de Vigilancia Sanitaria específica, para garantizar lo establecido en el artículo 22 del capítulo III, de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de

Riesgos Laborales y el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Esta vigilancia de la salud no solo debe aplicarse cuando exista una relación laboral, si no que en caso necesario continuará posteriormente a ese contrato de trabajo.

El protocolo de vigilancia sanitaria específica es un instrumento basado en la experiencia profesional y métodos científicos, que proporciona unos resultados fiables para la aplicación de la prevención de riesgos laborales en una empresa, a través de su evaluación de riesgos.

En la siguiente figura se muestra el proceso a seguir en el Protocolo de Vigilancia Sanitaria Específica contra el ruido.





Como ya se ha indicado anteriormente, los efectos dañinos del ruido para la salud de los trabajadores se dan en un gran número de puestos de trabajo, por lo que una vez realizada la correspondiente evaluación de riesgos se comprobará la necesidad de aplicar el protocolo de vigilancia sanitaria específica de ruido.

Se determinará el nivel diario equivalente y el nivel de pico, representativo del puesto de trabajo, aplicando este protocolo específico a los trabajadores que se encuentren a exposiciones límite al ruido.

En la historia laboral se marcará la exposición actual y previa al ruido, tanto en el ámbito laboral como en el extralaboral.

En la historia clínica es importante que se queden reflejados hábitos como tabaquismo, consumo de alcohol, enfermedades padecidas con posibles secuelas de afección ótica y se de-

ben señalar los antecedentes personales de exposición a ototóxicos. También se debe conocer la presencia de enfermedades actuales o padecidas en el tiempo, así como los antecedentes de tipo otológico (acúfenos, otalgias, vértigos, etc).

MÉTODOS PARA LA EXPLORACIÓN DE LA AUDICIÓN

Las exploraciones clínicas específicas por exposición al ruido deberían constar fundamentalmente de tres apartados:

- **Otoscopia:** se realiza una otoscopia para analizar el estado de los conductos auditivos externos y de las membranas timpánicas.
- **Audiometría:** la audiometría de tonos puros es la prueba que permite conocer con exactitud el estado auditivo del individuo. Las alteraciones del umbral auditivo detectadas en la misma orientarán hacia una patología producida por el ruido, y deberán servir para tomar las medidas oportunas.
- **Acumetría.**

Si la audiometría no explora la vía ósea, pueden usarse las pruebas de Rinne y Weber, realizadas con diapasón, que orientan a la detección de alteraciones de transmisión, o bien neurosensoriales. Existen otros métodos diagnósticos como los test vocales y los de discriminación, precisos pero más costosos, que requieren personal especializado para su aplicación, por lo que quedan restringidos generalmente al ámbito clínico especializado.

Las otoemisiones acústicas se presentan como un método sencillo de investigación del sistema sensorial auditivo con capacidad de análisis frecuencial y que tiene capacidad de detectar el trauma acústico con gran sensibilidad; en el futuro podría ser otro método de exploración específica en los trabajadores expuestos a ruido.

7.3.1 ACUMETRÍA

La acumetría es una técnica audiológica que, mediante el uso de diapasones, evalúa la función auditiva. Es una aproximación inicial a la valoración de la audición, en el que no se emplean medios radioeléctricos. Es una técnica relegada a un segundo plano, ya que existen equipos más avanzados que permiten realizar estas pruebas con más posibilidades de análisis.

Con la aplicación de este método se puede comprobar de una manera rápida si la pérdida de audición se produce en la transmisión del sonido del oído medio o en la transmisión a través de los nervios auditivos del oído interno.

Para producir el sonido en la realización de las pruebas se emplean en general diapasones al emitir tonos puros.

Las acumetrías más utilizadas son:

PRUEBA DE RINNE

Con esta prueba se puede comparar la sensación auditiva percibida por vía aérea con la percibida por vía ósea en el mismo oído.

La realización de esta prueba se hace de la siguiente manera:

Se comienza haciendo vibrar el diapasón, seguidamente este se coloca apoyando su mango en la zona mastoidea del oído explorado, indicando al paciente que haga una señal cuando deje de oírlo. Justo después se coloca el diapasón frente al pabellón auricular. El paciente indicará en que zona lo oye mejor.

De esta prueba obtendremos las siguientes conclusiones:

- **Rinne positivo (+):** esto sucede cuando tras dejar de escuchar el diapasón por la vía ósea se continúa escuchando el diapasón por vía aérea.

Con un Rinne positivo puede ocurrir que la audición sea normal, o exista hipoacusia de percepción, es decir, existe una patología en la audición tanto por vía aérea como por ósea, siendo algo mayor la audición aérea. (Rinne positivo patológico).

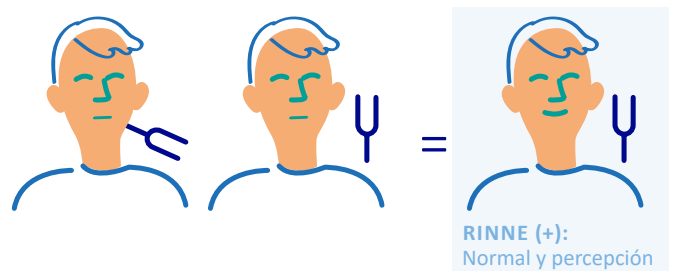
- **Rinne negativo (-):** esto sucede cuando el paciente indica que el tiempo de audición por vía aérea es menor que por vía ósea.

Cuando esto ocurre se está ante un caso de patología en la audición producida en el aparato de transmisión, lo que se denomina hipoacusia de transmisión.

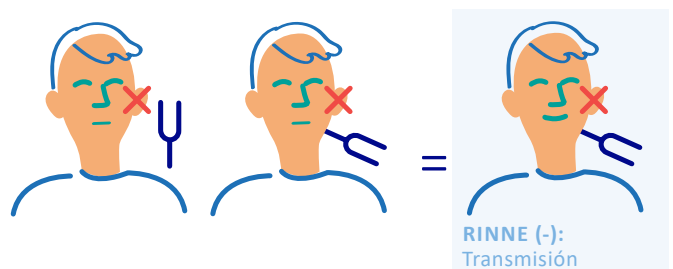
En un individuo normal tendremos un Rinne (+).

PRUEBA DE RINNE

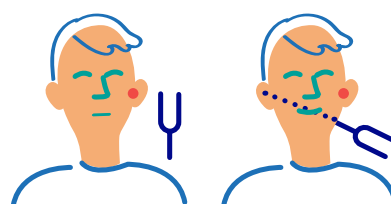
Comparación



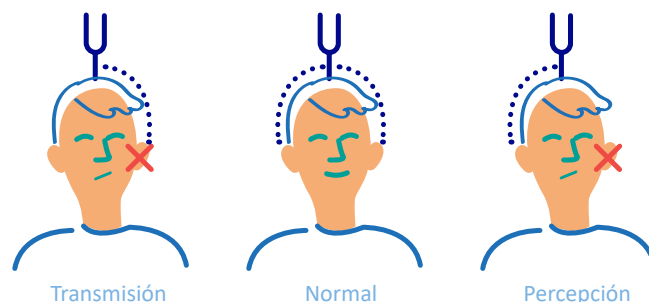
Comparación



Sordera profunda



PRUEBA DE WEBER (X=OÍDO AFECTADO)



PRUEBA DE WEBER

Con esta prueba se explora solamente y de forma simultánea la vía ósea de ambos oídos.

La realización de esta prueba se hace de la siguiente forma:

Se comienza haciendo vibrar el diapason. A continuación, éste se coloca apoyando su mango en cualquier punto de la línea media del cráneo y el paciente indicará por qué oído percibe el sonido más intenso.

De esta prueba se obtendrá que el paciente:

- No lateralice, es decir, lo perciba por ambos oídos con la misma intensidad. El paciente lo oye en el centro y esto puede ser por una audición normal o por una hipoacusia simétrica, donde el sonido se percibirá por ambos oídos con la misma intensidad, aunque de una forma menor.
- Que lateralice, entonces el nivel de audición es diferente en los dos oídos. Cuando el sonido se lateraliza hacia el lado afectado se estará ante una hipoacusia de transmisión y, sin embargo, cuando se lateralice hacia el oído sano, se estará ante una hipoacusia de percepción.

Un individuo normal percibe el sonido por ambos oídos.

Las características de la hipoacusia por ruido son las siguientes:

- Tímpano: normal.
- Localización: bilateral (en el inicio de la enfermedad o en presencia de focos sonoros especiales se observan audiogramas asimétricos).
- Reversibilidad: irreversible.
- Rinne: positivo.
- Weber: se lateraliza hacia el oído más sano.
- Vía aérea: descendida.
- Vía ósea: descendida.
- Diferencia entre ambas vías: no existe (entre ambas vías descenso paralelo).
- Síndrome vestibular: puede existir.
- Síndrome neurológico: no.
- Acúfenos: pueden existir.

7.3.2 AUDIOMETRÍA

La audiometría se refiere a la medición de la capacidad de cada oído de percibir las vibraciones de diversas bandas del espectro audible. Es un método de evaluación de la audición empleado

para valorar las alteraciones de la audición en relación con los estímulos acústicos, tanto a nivel personal como vigilancia colectiva de la salud.

Los objetivos de la audiometría son:

- Evaluar la audición de las personas que van a estar expuestas en su puesto de trabajo en el momento de su entrada en la empresa o antes de ser trasladadas a un área ruidosa (audiometría de ingreso).
- Detectar con anterioridad deterioros del umbral auditivo y/o patologías auditivas en aquellos trabajadores que están sometidos a riesgo (audiometría periódica).
- Evaluación del estado de audición del trabajador al salir de la empresa o abandonar el puesto ruidoso (audiometría final).
- Detección de otras anomalías y patologías diferentes a las producidas por el ruido y que requieren diagnóstico o evaluación.
- Motivar y educar a los trabajadores con respecto a sus cambios audiométricos, promoviendo el uso correcto de medidas preventivas adecuadas.
- Realizar una evaluación continua, a través del análisis global de sus resultados, de las medidas que se están tomando.
- Valorar la efectividad de las medidas adoptadas.

La audiometría en el marco de la vigilancia de la salud en la empresa tiene características que la hacen distinta de la audiometría clínica. La motivación de los individuos, la capacitación del personal que realiza la prueba, las condiciones del local y del aparato y la no observancia de un periodo de no exposición al ruido previo al test, son puntos que afectan a la sensibilidad y especificidad de la audiometría y, por tanto, a su validez como prueba.

Existen opiniones que indican que esta prueba no debe realizarse, por servir solamente para dar la falsa impresión a los trabajadores de que se están tomando medidas, cuando no se toman soluciones técnicas y/o cuando el daño es irreversible por haber transcurrido más de 5-10 años.

Por el contrario, otras opiniones (teoría epidemiológica y estudios de la variabilidad del test audiométrico) indican que la audiometría es útil, siempre que se realice minimizando la influencia de factores que afecten a su validez.

En España se dispone de exigencias legales para realizar audiometrías en relación directa con el nivel de ruido y, asimismo, hay especificaciones en lo que respecta al método audiométrico.

Las siguientes normas UNE-EN especifican la forma de realizar las audiometrías, si bien éstas no son de obligado cumplimiento al no figurar en ninguna normativa legal:

- **UNE-EN ISO 389-1:2019.** “Acústica. Cero de referencia para la calibración de equipos audiométricos. Parte 1: niveles de referencia equivalentes de presión acústica liminar para auriculares de tonos puros supra-aurales” (ISO 389-1:2017). Esta norma anula a la UNE-EN ISO 389-1:2001.
- **UNE-EN ISO 8253-1:2011.** “Acústica. Métodos de ensayo audiométricos. Parte 1: audiometría de tonos puros por conducción aérea y por conducción ósea (ISO 8253-1:2010). Esta norma anula a la UNE-EN ISO 8253-1:1998 y a la UNE 74151:1992.

Existen una serie de factores que se deben tener en cuenta para que la audiometría facilite unos datos fiables y reales del estado de la audición de un trabajador. Estos son los siguientes:

1. Factores dependientes de la persona.

El estado fisiológico, la motivación, etc., pueden influir negativamente en los umbrales auditivos. El técnico audiometrista debe motivar al individuo explicándole el porqué de la prueba y en qué consiste. Se debe insistir en que responda al sonido más débil que perciba en vez de esperar a que el sonido sea lo bastante fuerte como para oírlo fácilmente.

Dentro de los factores fisiológicos, se encuentra la fatiga auditiva. El posible desplazamiento transitorio del umbral derivado de una exposición al ruido previa a la realización de la prueba es otro factor de variabilidad.

Con el fin de garantizar la recuperación de la fatiga auditiva producida por un ruido de intensidad suficiente, se recomienda que el trabajador sometido a una audiometría tenga un descanso de exposición al ruido entre las 12 y las 14 horas.

El incumplimiento de este factor puede generar unas graficas erróneas y diagnosticar hipoacusias, cuando pueden ser simplemente producidas por una fatiga (pérdidas temporales del umbral).

2. El equipo audiométrico.

Este equipo debe cumplir unas cualidades técnicas mínimas para que los resultados sean fiables:

- El audímetro será de tono puro para conducción aérea.
- Ensordecedor de ruido blanco.
- La sala o cabina deberá estar insonorizada, alejada de lugares ruidosos y con una atenuación mínima de 40 dB a 1000 Hz. El nivel de ruido en la sala audiométrica puede enmascarar los tonos, dando como resultado umbrales distintos a los reales,

especialmente a bajas frecuencias. La norma UNE-EN ISO 8253-1:2011, citada anteriormente, define unas condiciones ambientales en cuanto a nivel máximo de presión sonora que no se deben sobrepasar cuando el umbral de audición más bajo a medir es de 0 dB. En una empresa de tamaño medio es muy difícil encontrar locales que no sobrepasen estos valores si no se utilizan cabinas audiométricas, pero éstas resultan costosas para las empresas. Otra solución sería el uso de los equipos móviles de que disponen las entidades que actúan como servicios de prevención ajenos a la propia empresa.

3. El audiometrista tiene entre sus funciones la de recoger las respuestas obtenidas e interpretarlas correctamente.

4. La calibración del equipo audiométrico junto con sus propios auriculares se realizará por la entidad comercial suministradora.

Una vez que se ha realizado una audiometría, existen dos aspectos a tener en cuenta antes de tomar una decisión sobre un audiograma:

- Caída significativa del umbral.
Los audiogramas realizados serán comparados unos audiogramas base, que en este caso serán los que muestren los mejores umbrales entre los realizados previamente por el trabajador. Con esto se calcula si se ha producido una caída significativa del umbral.
- Presbiacusia.

Idoneidad o no de utilizar un factor de corrección debido a la edad del individuo.

Si un trabajador presenta una caída significativa del umbral auditivo es recomendable que sea enviado al especialista, en este caso al otorrinolaringólogo. Este debe confirmar dicha caída, así como realizar una valoración auditiva y ofrecer algunos tratamientos o soluciones (prótesis auditivas).

Un requisito importante a tener en cuenta, es que la vigilancia de la salud deberá quedar documentada y se actualizará tanto a nivel clínico como de exposición. Siempre estará garantizada la confidencialidad de los datos y el uso de los mismos para el fin para los que han sido recogidos.

Cuando se detecte una audiometría alterada se solicitará un control audiométrico adicional, preferentemente en los 30 días siguientes, después de un periodo de reposo de al menos 14 horas, si se mantiene el cambio de umbral.

Una audiometría cuyas características sean compatibles con diagnóstico de hipoacusia y una exposición crónica a ruido, será suficiente en muchos casos para diagnosticar la lesión auditiva de origen laboral. En otros casos, y según el criterio médico, será necesario recurrir a pruebas complementarias para establecer un diagnóstico diferencial. Ejemplos de pruebas que nos permiten localizar lesiones en zona coclear o retrococlear son la impedanciometría y las otoemisiones acústicas, o la audiometría de altas frecuencias para descartar la presbiacusia.

El control audiométrico de confirmación debe acompañarse de una revisión de cualquier circunstancia o condición sobrevenida que pueda dar lugar a una alteración auditiva como la exposición a agentes ototóxicos o la ingesta de fármacos, entre otras.

La unidad de vigilancia de la salud deberá proponer al empresario medidas de prevención que se ajusten a cada uno de los trabajadores con necesidades especiales. Esas medidas pueden consistir desde una mayor periodicidad de la vigilancia hasta una restricción de tareas, adaptación del tiempo de trabajo, uso de protectores auditivos, una nueva organización del trabajo o incluso un alejamiento temporal o permanente del lugar de trabajo habitual.

Siempre que se confirme una lesión auditiva en un trabajador, se debería realizar un nuevo tipo de reconocimiento a los trabajadores que se encuentren en una situación de exposición similar.



A nivel de documentación, el protocolo específico debe incluir los siguientes apartados:

- **Datos generales.**
Entre ellos figurarán los datos personales del trabajador, el nombre de la empresa y el puesto de trabajo actual. Se indicará si la evaluación es inicial, periódica o adicional. También debe constar la fecha de realización del reconocimiento médico.
- **Historia laboral.**
En este apartado se constatará el nivel de exposición previo y actual al ruido en su centro de trabajo.
- **Historial clínico.**
Es importante que figuren los antecedentes personales de exposición al ruido, así como el consumo de alcohol, tabaco y medicación ototóxica. También deben plasmarse las enfermedades padecidas con posibles secuelas en el oído y los antecedentes de presencia de enfermedades como vértigos, acúfenos, etc. Interesa incluir de igual manera una percepción del estado de audición del trabajador.
- **Exploración clínica específica.**
Esta exploración consistirá en una otoscopia, audiometría y acumetría.



08

GESTION DEL RUIDO EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

8.1. Identificación de fuentes de ruido en obra

- 8.1.1. Ambiente de trabajo
 - 8.1.1. Tareas realizadas
 - 8.1.1. Equipos, materiales y sustancias
 - 8.1.1. Vehículos
 - 8.1.1. Otras actividades concurrentes
-

8.2. Gestión antes del inicio de obra

8.3. Gestión durante el transcurso de obra

- 8.3.1. Evaluación de la exposición al ruido
 - 8.3.2. Eliminación de las fuentes de ruido
 - 8.3.3. Medidas de control del ruido
 - 8.3.4. Equipos de protección auditiva
 - 8.3.5. Participación de trabajadores.
Revisión y documentación
-

8.4. Formación

8.5. Vigilancia de la salud

8.1 IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE RUIDO EN OBRA

Uno de los primeros pasos para gestionar el ruido en una obra de construcción es la identificación de todas las fuentes de ruido que existen en la misma. Existe un importante porcentaje de trabajadores que están expuestos a niveles de ruido elevados (los datos estiman que el 35% de los trabajadores del sector de la construcción están expuestos a niveles de ruido importantes durante más de la mitad de su jornada laboral).

Estas fuentes de ruido son generadas por los siguientes aspectos:

- Ambiente de trabajo físico.
- Tareas realizadas.
- Equipos (herramientas y máquinas), materiales y sustancias utilizadas.
- Motores de vehículos.
- Ruidos procedentes de otras actividades concurrentes en la obra.

Generalmente, los aspectos anteriores se identifican inspeccionando el lugar de trabajo a través de paseos y observando la forma de llevar a cabo el trabajo por parte de los trabajadores. Será por tanto necesario visitar y recorrer la obra y observar los equipos cuando estén en uso. Siempre es recomendable hablar con los trabajadores, los fabricantes, proveedores, responsables y especialistas de seguridad y salud. También se deberá revisar la información relevante, en registros e informes de incidentes.

A modo de guía, cuando sea necesario levantar la voz para comunicarse con alguien que se encuentra a un metro de distancia, es pro-

bable que el ruido sea peligroso en el lugar de trabajo y es posible que los trabajadores estén expuestos a niveles de ruido peligrosos.

No todos los ruidos de obra constituyen un peligro para los trabajadores. Es necesario identificar qué actividades tienen el potencial de contribuir a la pérdida de audición o a causar otro tipo de daños.

En la siguiente tabla podemos observar fuentes de ruido común y sus correspondientes niveles sonoros en dB(A).

FUENTE DE SONIDO	NIVEL SONORO dB(A)
Perforadora	120
Motosierra	110
Taller de chapa	100
Cortadora de césped	90
Tráfico pesado / Torno	80
Conversación en voz alta	70
Conversación normal	60
Música de radio tranquila	40
Susurro	30

8.1.1 AMBIENTE DE TRABAJO

Al hablar de medio ambiente físico de trabajo, nos referimos a todo aquello que se encuentra en el medio físico en el que el trabajador realiza sus tareas, y que puede provocar efectos negativos en su salud. Se pueden catalogar de la siguiente manera:

- **Factores físicos:** ruido, iluminación, condiciones de temperatura y humedad, espacio físico de trabajo, vibraciones, radiaciones, etc.
- **Factores biológicos:** materia viva presente en el ámbito laboral como virus, bacterias, hongos, etc.
- **Factores químicos:** sustancias y mezclas como gases, polvo en suspensión, vapores, etc.

Dentro de los **factores físicos** podemos citar los siguientes:

Diseño y espacio de trabajo.

Un diseño erróneo del puesto de trabajo puede llegar a crear insatisfacción en el trabajo. Por el contrario, la realización de un buen diseño del espacio de trabajo implica que el proceso industrial está racionalizado, además de generar una buena imagen de la propia empresa. La disposición del espacio de trabajo crea situaciones de estrés vinculadas a escenarios de aglomeración, aislamiento, ordenación y puede ser fuente de insatisfacción, irritabilidad y menor rendimiento.

Ruido.

La exposición de los trabajadores a niveles de ruido elevados incide de manera negativa en el nivel de satisfacción, en la productividad y la vulnerabilidad a los accidentes e incrementa la posibilidad de errores.

El ruido obstaculiza la actividad mental, provocando irritabilidad, fatiga y dificultad de concentración. Eleva la probabilidad de accidentes y hace más difícil la comunicación en el lugar de trabajo. El ruido es fuente de estrés: impide el proceso de pensamiento normal, provoca distracciones y puede generar problemas de concentración y sensación de frustración.

Iluminación.

La luminosidad, el brillo y el contraste son relevantes, tanto para el rendimiento, como para el bienestar psicológico de los trabajadores. Cuando la iluminación en el trabajo no es adecuada provoca consecuencias negativas para la visión, dificulta el mantenimiento de la atención, provoca dolores de cabeza, fatiga visual, tensión y frustración por hacer las tareas más molestas y costosas. La iluminación es un factor que cuando no se controla provoca fatiga, mayor número de errores y mayor tiempo de ejecución de las tareas, a la vez que tensión e insatisfacción.

Temperatura.

Este factor influye sobre el bienestar del trabajador (tanto por exceso como por defecto) y en su sensación de confort. Una temperatura inadecuada exige un esfuerzo añadido de atención. Puede ser causa de accidentes, influye en la destreza y capacidades psicofísicas del trabajador.

Los **factores biológicos** son capaces de producir riesgo en la conducta humana en su aspecto social, por la percepción que tiene el trabajador del efecto nocivo que ejercen sobre su salud. Los trabajadores más susceptibles de sufrir los efectos psicológicos de los factores biológicos son aquellos que estando cerca del posible contaminante, desconocen el comportamiento del mismo, o quienes conocen el agente biológico y reconocen la gravedad de la exposición.

La exposición a **agentes químicos** también es un factor de riesgo psicosocial que puede provocar múltiples efectos nocivos en la salud; genera alteraciones en la percepción sensorial y motriz, en las funciones cognitivas, alteraciones afectivas y de comportamiento, fatiga, irritabilidad y ansiedad.

Factores físicos en obra de construcción.



8.1.2 TAREAS REALIZADAS

Los niveles de ruido varían bastante según las tareas que se realicen en cada momento y su interacción entre ellas. En obras de edificación las fases en las que se producen los niveles más elevados de ruido son las siguientes:

- Demoliciones.
- Acondicionamiento del terreno: movimiento de tierras, desbroce, excavación, red de saneamiento horizontal, entibaciones, compactación, etc.
- Cimentaciones: pilotes, muro pantalla, losas, zapatas, etc.
- Estructuras: forjados, pilares, escaleras, muros, etc., ferrallado, encofrado y hormigonado.

Los trabajadores pueden verse expuestos a menores niveles de ruido en la ejecución de las siguientes fases:

- Actuaciones previas: acopio y suministro de material, andamios, grúas torre, etc.
- Fachadas y particiones: fachadas ventiladas, muros, dinteles, tabiquería de placas, muros cortina, barandillas, rejas, balcones, etc.
- Cubiertas: tejas, pizarras, asfálticas, hormigón, metálicas, etc.
- Limpieza de obra.
- Aislamiento térmico y acústico, impermeabilizaciones.
- Revestimientos y trasdosados: chapados, pinturas, enfoscados, guarnecidos, enlucidos, revocos, morteros, pavimentos, falsos techos, etc.

Los niveles de ruido más bajos pueden encontrarse en la ejecución de instalaciones como calefacción, climatización y ACS, eléctricas, fontanería y gas, iluminación, contraincendios, ventilación, seguridad, etc.

8.1.3 EQUIPOS, MATERIALES Y SUSTANCIAS

La mayoría de los ruidos en las obras de construcción provienen de los equipos de trabajo. El nivel de ruido medido en decibelios que generan algunos de los equipos que más frecuentemente se utilizan en las obras es el siguiente:

EQUIPOS DE TRABAJO	DECIBELIOS dB(A)
Martillo neumático	103-113
Grúa	90-96
Sierra eléctrica	99-102
Sierra circular	98
Bulldozer	93-96
Tronzadora	90
Compresor	90
Fresadora	90
Retroexcavadora	84-93
Carretilla elevadora	80

Muchas máquinas y herramientas eléctricas utilizadas en construcción generan importantes niveles de ruido: máquinas de corte, martillos percutores, etc. La exposición prolongada al ruido procedente de la maquinaria es la principal causa de pérdida auditiva provocada por la exposición profesional a ruido. Esta exposición a ruido también puede contribuir a los accidentes laborales y al estrés.

El ruido generado por los equipos compactadores depende de las condiciones de mantenimiento y de la maquinaria que se encuentre funcionando en los alrededores. Sin embargo, la mayoría de compactadores requieren durante su uso, que los trabajadores dispongan de equipos de protección auditiva, ya que normalmente se alcanzan niveles superiores a los recomendados.

Los mantenimientos que deben realizarse en las máquinas son esenciales, ya que los ajustes en sus elementos pueden incrementar tanto el nivel de vibraciones, como el ruido al que está expuesto el trabajador.



Ruido generado por el uso de maquinaria pesada y equipos de corte.

No es aconsejable que un mismo trabajador utilice de forma continua una máquina durante periodos largos de tiempo. Este tema debe evitarse realizando una adecuada rotación de personal.

En las operaciones de corte utilizando sierras, tronadoras, se han detectado niveles de ruido importantes, superior, incluso, a los límites establecidos por la normativa actual. Es importante que se utilicen sistemas de corte en húmedo, que disminuyen la exposición de los trabajadores al polvo y consecuentemente a vibraciones y ruido.

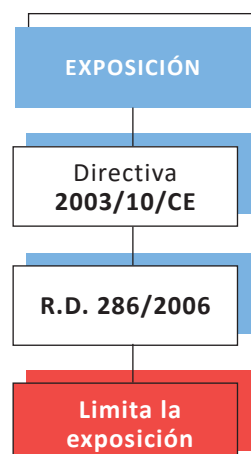
Se debe revisar igualmente la información disponible, ya que los fabricantes y proveedores tienen la obligación de proporcionar información sobre la emisión sonora de las máquinas.

Los empresarios deben evaluar y gestionar los riesgos del ruido, teniendo en cuenta la información del ruido de emisión suministrada por el fabricante de la máquina. Cuanto menor sea el ruido de emisión de una máquina, más sencillo es para el usuario la gestión de su exposición al ruido.

El Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, transpone la Directiva 2006/42/CE, y obliga a incluir en el manual de instrucciones de

las máquinas las siguientes indicaciones sobre el ruido aéreo emitido:

- El nivel de presión acústica de emisión ponderado A en los puestos de trabajo, cuando supere 70 dB(A); si este nivel fuera inferior o igual a 70 dB(A), deberá mencionarse este hecho.
- El valor máximo de la presión acústica instantánea ponderado C en los puestos de trabajo, cuando supere 63 Pa (130 dB con relación a 20 μ Pa).
- El nivel de potencia acústica ponderado A emitido por la máquina, si el nivel de presión acústica de emisión ponderado A supera, en los puestos de trabajo, 80 dB(A).



Los manuales de instrucciones suministrados con la maquinaria pueden necesitar que se incluya también información acerca de las medidas de control del ruido y los equipos de protección diseñados para reducir los riesgos asociados al ruido.

Por lo tanto, con los manuales de instrucciones de las máquinas puede detectarse a primera vista las máquinas que tienen un nivel de ruido elevado.

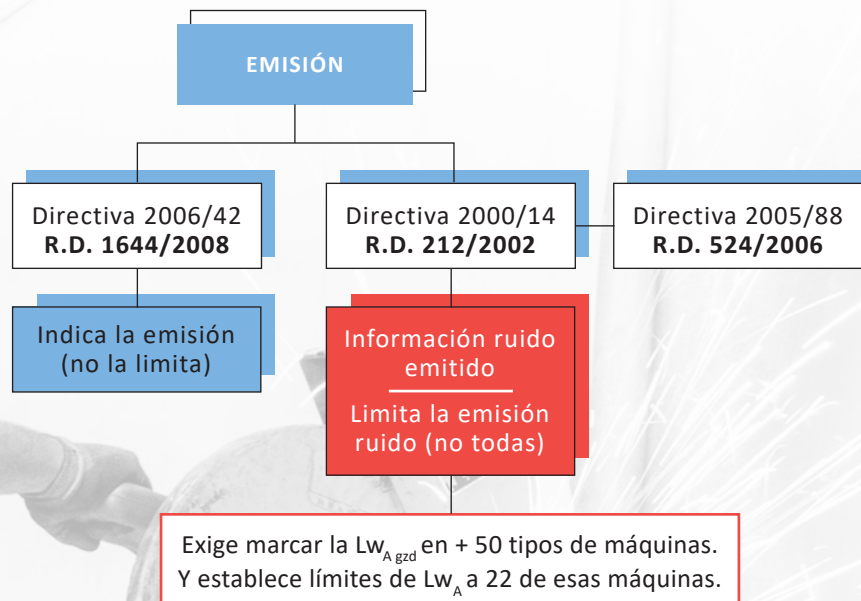
Las Directivas Europeas 2000/14/CE de 8 de mayo de 2000 y 2005/88/CE de 14 de diciembre de 2005 (modifica la anterior), fueron traspuestas a la normativa española a través del Real Decreto 212/2002 de 22 de febrero y su modificación con el *Real Decreto 524/2006 de 28 de abril, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre*.

Mediante el Real Decreto 212/2002, se transpuso al derecho interno español la Directiva 2000/14/CE del Parlamento Europeo y del Con-

sejo, de 8 de mayo de 2000, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre emisiones sonoras en el entorno debidas a las máquinas de uso al aire libre. Con posterioridad fue aprobada la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, cuyas disposiciones no afectaron a lo establecido en el real decreto.

Si la maquinaria empleada en la obra está bajo la Directiva 2000/14/CE, el fabricante debe determinar el nivel de potencia acústica garantizado teniendo en cuenta las variaciones (incertidumbres) en los niveles de potencia acústica medidas.

Para la maquinaria cubierta por ambas Directivas (2000/14/CE y 2006/42/CE), el fabricante debe indicar en el manual de instrucciones el nivel de presión acústica emitido, ponderado A, junto con la incertidumbre asociada a la medida. Además, se indicará el nivel pico de presión acústica cuando éste supere los 130 dB (C). También se deberá indicar el nivel de potencia acústica garantizado en el manual de instrucciones y marcar su valor sobre la máquina.



La exposición sonora depende de la persona, está relacionada con actividades reales, varía en función del tiempo de exposición y es suma de la contribución de todas las fuentes de ruido. Por otro lado, la emisión sonora depende de la máquina y sus características intrínsecas, está relacionada con las condiciones de funcionamiento específicas, es independiente de la ubicación de la fuente y el responsable es el fabricante de la propia máquina.

La lógica es que la política de compra de maquinaria en las empresas tienda o de preferencia a las máquinas más silenciosas debido a una serie de factores:

- Evita el coste de adopción de medidas a posteriori para el control del ruido, los costes del suministro de los equipos de protección y de la vigilancia de la salud.
- Evita accidentes por errores en la escucha de advertencias y mensajes.
- Protege a sus empleados del daño auditivo.
- Reduce el trabajo que tiene que repetirse por una mala comunicación en un ambiente ruidoso.

En las obras pueden existir trabajadores que pierdan capacidad auditiva por la exposición laboral a sustancias ototóxicas que dañan el nervio acústico. Son sustancias, tales como el monóxido de carbono, plomo, benceno, mercurio, etc.

En fases de pintura y acabados hay que prestar atención a la combinación de la exposición al ruido con sustancias neurotóxicas como, por ejemplo, los disolventes, ya que pueden intensificar su efecto.

8.1.4 VEHÍCULOS

La exposición al ruido de los operadores de muchos vehículos empleados en las obras de construcción ha mejorado en estos últimos



años, debido a la incorporación de materiales aislantes e impermeabilización en las cabinas, aunque aún existe en las obras una gran cantidad de vehículos antiguos que no cuentan con estos sistemas.

La exposición a la que están sometidos los conductores de los camiones hormigonera es muy elevado, sobrepasando muchas veces los niveles aceptados por la normativa. Los niveles que soportan estos trabajadores se ven agravados por el ruido procedente de la maquinaria que se encuentra trabajando en los alrededores y por la situación del motor dentro del vehículo, normalmente al lado del asiento del operador.

La ausencia de sistemas de climatización en muchos vehículos obligan a los operadores a trabajar con las ventanas de la cabina abiertas, por lo que aumenta el riesgo de exposición al ruido. El nivel de ruido en este tipo de cabinas es muy elevado, ya que no se encuentran aisladas correctamente.

8.1.5 OTRAS ACTIVIDADES CONCURRENTES

Los trabajadores pueden estar expuestos no sólo al ruido producido por las tareas que están realizando, sino también a ruidos ambientales o de fondo procedentes de otras fases de obra o trabajos efectuados en la obra.

Este ruido puede provenir de la maquinaria existente, de los vehículos de transporte interior o exterior, de señales de aviso, alarma, de altavoces, de las voces del resto de trabajadores, etc.

La exposición al ruido es acumulativa, a veces los trabajadores pueden realizar una serie de actividades a través del tiempo, que, en combinación, pueden exponerles a un peligro potencial.

El ruido también puede provenir también de la voz humana. Por ejemplo, las personas que trabajan en la obra, debido al elevado nivel de ruido ambiental existente, se ven forzadas a utilizar un nivel de sonido más alto.

Una exposición poco perceptible para el ser humano es la del espectro no audible, en particular la banda de los ultrasonidos. Son ondas acústicas cuya frecuencia está por encima de la capacidad de audición del oído humano (aproximadamente 20.000 Hz). Se utiliza en diversas actividades dentro de las obras de construcción, por ejemplo: la limpieza de fachadas por ultrasonidos, en tipos de soldadura, en el emulsionado y homogeneizado de pinturas, etc.

Una vez inspeccionadas las zonas de trabajo y consultados los trabajadores, se debe preparar una lista de todas las actividades ruidosas que puedan suponer un riesgo para la seguridad y salud de las personas en el lugar de trabajo. Si no se conoce el nivel de exposición o la forma de eliminar o reducir al mínimo los riesgos de manera efectiva, se deben evaluar los riesgos sobre pérdida auditiva.

Normalmente es habitual en obra superar los límites establecidos por la legislación. Por ello, se deben realizar evaluaciones de riesgos que, en estos casos, estarán incluidas en el Plan de Seguridad y Salud en las que se contemplen

los lugares, actividades y trabajadores que estén afectados por la exposición al ruido.

En el Plan de Seguridad y Salud debe indicarse cuáles son las fuentes que producen una exposición a niveles de ruido elevados, y reflejar las medidas de protección previstas para los trabajadores. En primer lugar, deben adoptarse medidas colectivas y, en caso de imposibilidad, los trabajadores utilizarán los equipos de protección individual.

En la planificación de obra será necesario conocer todas las fases o trabajos que se van a ejecutar, para poder tener identificados todos los riesgos, así como las medidas preventivas.

En algunas ocasiones, en las obras se tienen que ejecutar trabajos puntuales que no se han planificado con anterioridad, donde es necesario decidir la solución constructiva más eficaz. En estos casos, se determinarán los riesgos de la misma y las medidas preventivas a adoptar y quedarán reflejadas en un anexo al Plan de Seguridad y Salud, que será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud antes de la ejecución de dichas obras.

En la ejecución de obras con diversas máquinas en el interior de edificios, debe tenerse en cuenta la reverberación producida por el choque de las ondas sonoras contra paredes y techo. En estas situaciones el nivel de ruido se amplificará y por tanto el nivel de exposición de los trabajadores.



8.2 GESTIÓN ANTES DEL INICIO DE OBRA

Debe existir una planificación de las medidas de control del ruido en todas las fases de una obra de construcción.

FASE DE DISEÑO.

Durante esta fase de la obra hay que eliminar los trabajos que provoquen un elevado nivel de ruido. Si resultara imposible, se debe intentar reducir dichos trabajos. Una política eficaz de prevención del ruido establece la eliminación de las fuentes de ruido o la sustitución por sistemas más silenciosos. Pueden usarse apantallamientos acústicos en maquinarias ruidosas, tratamientos específicos de maquinarias aislando partes vibratorias, instalación de silenciadores acústicos, reemplazar máquinas por otras que emitan menor ruido, etc.

La eliminación o reducción del exceso de ruido en el lugar de trabajo no debe ser solamente una responsabilidad legal de las empresas, sino que responde igualmente a los intereses comerciales de una estructura. A mayor seguridad del entorno de trabajo, menos probabilidades existirán de absentismo, accidentes y bajo rendimiento, y por tanto existirá un mayor ahorro económico.

FASE DE ORGANIZACIÓN.

Durante la fase de organización de la obra se debe planificar la forma de gestionar la misma y el control sobre los riesgos. Dentro del contenido de la planificación se elaborará un programa detallado del proceso de ejecución y se identificarán los riesgos de cada etapa a ejecutar.

Esta revisión de partida, y su actualización periódica, conducirán al desarrollo de medidas de acción preventiva adecuadas a la naturaleza de los riesgos detectados, así como al control

de la efectividad de dichas medidas. Todo ello debe ir, además, acompañado de un proceso permanente de información y formación a los trabajadores para que conozcan el alcance real de los riesgos derivados de sus puestos y fases de trabajo y la forma de prevenirlos y evitarlos.

El éxito de esta fase se fundamenta, pues, en la identificación de los riesgos y del personal expuesto a los mismos. Es necesario conocer con bastante detenimiento las etapas de obra, la organización del trabajo y la mayor o menor complejidad que entrañe el desarrollo del mismo, los equipos de trabajo ya sean móviles o fijos, y el estado de salud de los trabajadores que van a desarrollar los diferentes trabajos. La identificación de los riesgos se debe de realizar desde una perspectiva amplia, contemplando la interacción entre éstos y los trabajadores.

Las acciones previas más significativas a tener en cuenta antes del inicio de los trabajos en la obra, son las siguientes:

- Compra o alquiler de maquinaria y equipos de trabajo con bajo nivel de ruido. Conviene aplicar una política de compras que priorice la elección de maquinaria y equipos de trabajo que tengan mínimos niveles de ruido. También se deben sustituir aquellos que producen un mayor nivel sonoro.
- Establecer las normativas vigentes en materia de ruido en el pliego de condiciones del proyecto para asegurar su cumplimiento.
- Planificación de los procesos de trabajo para evitar la masificación de los equipos más ruidosos en las zonas de actividad.
- Reducir al mínimo el tiempo de exposición de los trabajadores en las zonas con niveles de ruido elevados.
- Tener previsto un adecuado plan de mantenimiento de los equipos y maquinaria de trabajo. Este mantenimiento viene recogido en el manual de instrucciones emitido por el fabricante.

- Establecimiento de métodos de trabajo que requieran una menor exposición al ruido y aplicación de medidas técnicas sobre el terreno para reducir dicha exposición.
- Realizar un seguimiento periódico de los riesgos y de las medidas adoptadas para prevenir o controlarlos.
- Utilización de los equipos de protección auditiva adecuados.
- Aplicar una política de prevención del ruido a través de un programa de control que incluya:
 - o Actividades de planificación, contratación, formación y mantenimiento.
 - o Procedimientos documentados que sirvan para las posibles inspecciones, evaluaciones y mantenimiento de los equipos y las medidas técnicas.
 - o Documentación de las protecciones auditivas de cada uno de los trabajadores. La protección auditiva debe seleccionarse teniendo en cuenta la naturaleza y la intensidad del ruido, la comodidad de uso y la compatibilidad con las tareas de los trabajadores.

8.3 GESTIÓN DURANTE EL TRANCURSO DE OBRA

Durante la fase de construcción se deben evaluar los riesgos, eliminarlos o, en su defecto, controlarlos y revisar esta evaluación de manera regular y ante cambios previstos o inesperados.

Durante la evaluación de riesgos se estimarán aquellos riesgos que no han podido ser evitados y se obtendrá información precisa para que el empresario tome una decisión en cuanto a la necesidad de adoptar medidas preventivas y de qué tipo.

Una vez que se identifiquen y se evalúen los riesgos, se establecerán acciones coordinadas cuyo objetivo sea la eliminación, reducción y control de los mismos.

Todas las actuaciones preventivas que se realicen deberán llevar un control, con el fin de comprobar el grado de cumplimiento de los objetivos fijados para garantizar la seguridad y salud del personal.

El ruido, por tanto, debe gestionarse activamente una vez que han empezado los trabajos en la obra. El proceso de gestión del ruido puede dividirse en cuatro fases:

- Evaluación de los riesgos de exposición al ruido.
- Eliminación de las fuentes de ruido en obra.
- Medidas de control del ruido. Como última etapa dentro de esta fase, los trabajadores utilizarían los equipos de protección auditiva.
- Participación de trabajadores. Revisión de posibles cambios en el trabajo y modificación de la documentación (evaluación de riesgos) y de las medidas de control.



8.3.1 EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

El grado y tipo de evaluación a realizar dependerá del ámbito y de la dimensión del problema en el lugar de trabajo, pero, en general, deben tomarse en consideración todos los riesgos provocados por el ruido.

Siempre que se realice la evaluación de riesgos se deberían tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Identificar los diferentes riesgos existentes dentro de la obra.
- Verificar el nivel, tipo y duración de la exposición, incluida la exposición a ruidos de impulso o impacto.
- Comprobar quién puede sufrir daños y cómo, incluyendo al personal temporal y a tiempo parcial (por ejemplo, el personal de limpieza en obra y los proveedores de materiales).
- Comprobar si los trabajadores pertenecen a grupos de riesgo, como las trabajadoras embarazadas.
- Interacciones entre el ruido y vibraciones, y entre el ruido y las sustancias ototóxicas empleadas en el trabajo;
- Evaluar las medidas que se han puesto en funcionamiento para controlar los niveles de ruido y tomar una decisión sobre qué otras medidas se deben adoptar.
- Se deben anotar todos los resultados y comunicarlos a los trabajadores y a sus representantes.

Además, debe prestarse una atención especial a los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores provocados por no escuchar las señales de advertencia o alarmas y a los aumentos del tiempo de exposición real al ruido después de la jornada normal de trabajo, (comedor, pausas, transporte interno, etc.).

Al evaluar los riesgos, se debe contar con la información sobre las emisiones sonoras facilitada por los fabricantes de los equipos de trabajo, que estará contenida en el manual de instrucciones. También es importante tener en cuenta la existencia de otros equipos de trabajo diseñados para reducir las emisiones de ruido y otros avances técnicos disponibles, la información procedente de la vigilancia de la salud y de informes de las autoridades de vigilancia sanitaria.

A veces, cuando se efectúa una evaluación con respecto a los riesgos existentes, es posible que alguno de ellos no se contemple por desconocimiento o, quizás, surjan olvidos a la hora de evaluar también a algún trabajador, entonces la evaluación será inadecuada y el empresario realizará un gasto en medidas de control que no están bien encaminadas y que pueden suponer un uso ineficaz de recursos escasos.

8.3.2 ELIMINACIÓN DE LAS FUENTES DE RUIDO

La mejor forma de prevenir los riesgos a los que están expuestos los trabajadores es la eliminación de las fuentes de ruido. Es la manera más eficaz y siempre debe tenerse en cuenta a la hora de realizar la compra de maquinaria nueva o planificar las zonas de trabajo.

Una política basada en el alquiler o compra de equipos que generen “poco o nada de ruido”, ayudará a conseguir en la empresa una mayor rentabilidad y seguridad sobre el control del ruido.

Siempre que sea posible, debe eliminarse la generación de ruido. Si es necesario, pueden cambiarse los métodos de construcción y/o los procedimientos de trabajo. Si no es posible eliminar las fuentes de ruido, entonces será necesario ejercer un control sobre éste.

8.3.3 MEDIDAS DE CONTROL DEL RUIDO

En la protección de los trabajadores contra el ruido debe actuarse sobre tres puntos princi-

palmente y es preciso el uso de medidas técnicas y organizativas:

- Control del ruido en su fuente.
- Medidas colectivas, entre ellas la organización del trabajo.
- Utilización de equipos de protección auditiva.

Control del ruido en su fuente

En el caso de que no exista posibilidad de eliminar las fuentes de ruido, el segundo objetivo sería el control del ruido en su origen (normalmente un elemento del equipo de trabajo) hasta identificar las principales fuentes de ruido (dentro de la máquina), y observar cómo podemos controlar el mismo.

La reducción del ruido, ya sea en su origen o en su trayectoria, es una prioridad de los programas de gestión de ruido y debe considerar tanto el diseño como el mantenimiento del equipo y del lugar de trabajo.

Las siguientes medidas pueden aplicarse para controlar el ruido en su fuente:

- Emplear maquinaria y equipos de trabajo con bajos niveles sonoros.
- Asegurar que los operarios utilizan adecuadamente la maquinaria y equipos necesarios para el desarrollo de su trabajo.
- Sustituir o modificar la maquinaria, por ejemplo, reemplazar los accionamientos de engranaje por accionamientos de correa, utilizar herramientas eléctricas en lugar de neumáticas, etc.
- Colocar materiales más silenciosos, como fundas de goma en los cubos, transportadores, vibradores, etc.
- Aislar la fuente confinando algunos de sus elementos, o amortiguando las vibraciones mediante muelles metálicos o neumáticos

o soportes de caucho.

- Adoptar procedimientos de trabajo que eviten los impactos metálicos.
- Utilizar barreras o silenciadores en los tubos de escape.
- Reducir la velocidad en los equipos de corte y en los equipos que provoquen impactos, así como en los que accionan ventiladores.
- Sustituir procesos ruidosos por otros con valores inferiores.
- Control o cancelación activa del ruido. Son sistemas que permiten anular el ruido no deseado. Se aplican generalmente a ruidos de motores, ya que dichos ruidos son periódicos y esto hace que sean más fácilmente cancelables. También se utilizan en algunos tipos de orejeras.
- Realizar de manera regular el mantenimiento preventivo, así se evita que el nivel de ruido aumente según las piezas se desgasten.

Las aplicaciones más habituales de control de ruido en maquinaria utilizada en obras de construcción son las siguientes:

- **Compactadores ligeros (pisones y bandejas).**
Reducción de ruido mediante selección de motores con niveles bajos de emisión y diseño de encapsulamientos y apantallamientos.
- **Martillos hidráulicos y/o neumáticos.**
La reducción de ruido y las vibraciones se alcanzan mediante la utilización de elementos elásticos o desacoplamientos entre la empuñadura y el elemento principal.
- **Compactadores pesados.**
En este tipo de máquinas, la reducción



(derecha)
Uso de martillo
neumático
(izquierda)
Uso de equipos
de corte.

de ruido interior se realiza mediante acoplamientos elásticos en el motor y los grupos hidráulicos y también con tratamientos absorbentes en la cabina. La reducción de ruido exterior se alcanza mediante escapes con silenciosos y encapsulamientos ventilados.

- **Reglas vibrantes.**
Reducción de ruido mediante selección de motores de emisión acústica más baja.
- **Máquinas sobre camión (hormigoneras, grúas, bombas de hormigón).**
Reducción de vibraciones mediante sistemas de suspensión-amortiguadores, asientos con montajes aislantes, montaje de elementos móviles, motores y grupos hidráulicos sobre apoyos elásticos. Reducción de ruido mediante acondicionamiento acústico de la cabina.
- **Dumpers y maquinaria de movimiento de tierras.**
La reducción de ruido se puede conseguir mediante la utilización de silenciosos y cerramientos del motor.

- **Equipos de corte.**
La reducción de ruido se consigue mediante apantallamiento y montaje de motores sobre acoplamientos elásticos.

Medidas colectivas de control

Cuando el ruido no puede controlarse de forma adecuada en su origen, debemos implantar otras medidas para reducir la exposición de los trabajadores al ruido. Las medidas colectivas de control son más amplias que las medidas anteriores. Estas incluyen medidas de control a través de la organización del trabajo y la distribución del lugar de trabajo, con el fin de reducir el número de trabajadores expuestos y la duración de la exposición.

Entre estas medidas colectivas se encuentran las siguientes:

- Restringir y/o limitar el acceso de trabajadores a determinadas zonas de trabajo ruidosas.
- Aislar los procedimientos y métodos de trabajo que supongan un ruido elevado.
- Colocar materiales absorbentes en las zonas de trabajo ruidosas, como por ejemplo, en techos para que absorban ruidos. Esto pue-



de reducir de una manera considerable la exposición de los trabajadores al ruido, ya que dichos materiales reducen la reflexión del sonido.

- Colocar recintos y barreras de aislamiento sonoro para obstaculizar la vía de difusión del ruido.
- Controlar los ruidos y vibraciones transmitidos por el suelo mediante la instalación de planchas flotantes.
- Realizar una distribución eficaz de las tareas ruidosas para que el menor número de trabajadores quede expuesto al ruido.
- Aplicar esquemas de trabajo que controlen la exposición al ruido.
- Organizar las tareas y fases de obra de manera que se empleen métodos de trabajo que requieran una menor exposición al ruido y que se limite el tiempo de trabajo en los entornos ruidosos.

Se debe prestar atención también a la forma en la que se instala el equipo de trabajo y su

localización, ya que pueden suponer una gran diferencia en lo que respecta a la exposición de los trabajadores al ruido.

Es necesario tener en cuenta la ergonomía en todas las medidas de control del ruido que se apliquen. Si las medidas de control del ruido impiden a los trabajadores realizar correctamente su trabajo, éstas pueden ser modificadas o anuladas, con lo que quedan sin efecto.

8.3.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA

El uso de equipos de protección auditiva se considerará después de haber iniciado todas las medidas de eliminación, reducción y de control de ruidos. Los trabajadores deben utilizarlos como último recurso para protegerse del ruido.

Estos equipos pueden llegar a ser muy efectivos siempre que se utilicen correctamente y se mantengan en buen estado. En la ejecución de obras suele ocurrir que los trabajadores sufran incomodidades al llevar puesto sus equipos de protección personal junto con los protectores auditivos.

En el mercado podemos encontrar multitud de protectores auditivos que pueden ajustarse a los siguientes tipos:

- **Protectores pasivos.**
Dentro de este grupo se sitúan los tapones y las orejeras. Los tapones pueden ser desechables, insertos, reutilizables y con banda, mientras que las orejeras, pueden ser simples o acopladas a cascos de protección.
- **Protectores no pasivos.**
En esta categoría podemos tener protectores que incluyen sistemas de comunicación, es decir, permiten la comunicación oral, escuchar señales de alarma y atenuar el ruido en el ambiente de trabajo. También existen protectores con sistemas de reducción activa del ruido (protectores ANR) y protectores auditivos dependientes del nivel, que en este caso, disponen de un sistema electrónico que adapta su protección a medida que varía el nivel de ruido.

Puede consultarse información más detallada acerca de los protectores auditivos, de los criterios de selección entre ellos y de las recomendaciones de uso, en el tema 6 de esta guía (equipos de protección auditiva).

Cuando se utilicen equipos de protección auditiva se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El equipo que se utilice debe ser adecuado para el trabajo a desarrollar y para el tipo, nivel y duración del ruido.
- Los equipos deben ser compatibles con el resto de los equipos de protección que los trabajadores lleven puestos.
- Algunos trabajadores como los conductores de vehículos y los operadores de maquinaria, necesitan protectores auditivos con sistemas de comunicación, ya que debe garantizarse entre ellos una comunicación clara. Es importante que estos protectores dispongan de sistemas de reducción activa del ruido.

- Los trabajadores deben tener la capacidad de poder elegir los equipos de protección adecuados que les resulten más cómodos.
- Debe impartirse formación sobre cómo utilizar, almacenar y mantener el equipo de protección auditiva.
- Los equipos de protección deben mantenerse y almacenarse de forma adecuada.
- Es necesario que a los trabajadores se les imparta información sobre la utilización y el mantenimiento de sus equipos de protección.

8.3.5 PARTICIPACIÓN DE TRABAJADORES. REVISIÓN Y DOCUMENTACIÓN

Cuando en el desarrollo de la obra se apliquen nuevos procedimientos o se realicen mejoras con respecto a la seguridad y salud de los trabajadores, es obligado la consulta a los mismos, bien por un aspecto legal o porque el conocimiento de los trabajadores generalmente ayuda a detectar correctamente los riesgos y por tanto, a aplicar soluciones viables. Los trabajadores deben ser consultados sobre las medidas de salud y seguridad antes de introducir nuevas tecnologías o productos.

Los trabajadores que ejecutan la obra habitualmente conocen los problemas de ruido existentes, y casi siempre las posibles soluciones para éstos. Durante el procedimiento de evaluación de riesgos y de la eficacia de las medidas adoptadas, y especialmente en las reflexiones sobre la aplicación de medidas de control y su efectividad, deben participar los trabajadores y sus representantes. Estos, desempeñan un papel importante en estos procesos.

El trabajo en las obras de construcción cambia con mucha frecuencia, las empresas crean nuevos puestos de trabajo, etc., lo que obliga a revisar a menudo la evaluación de riesgos y, en

consecuencia, modificar las medidas de control adoptadas. Por lo tanto, hay que elaborar y conservar toda la documentación generada en este proceso, incluyendo la toma de decisiones y las medidas correctoras adoptadas. También se conservará a mano la documentación de la maquinaria, mediciones y vigilancia de la salud.

Las empresas deben comprobar de manera periódica que las medidas adoptadas para prevenir o controlar el ruido siguen funcionando con eficacia. En algunas ocasiones, se hace inevitable imponer controles externos en los que se compruebe que las medidas implementadas para controlar el ruido en el lugar de trabajo funcionan realmente. La frecuencia, así como el tipo de revisión, dependerán del lugar de trabajo y de la naturaleza de los riesgos existentes.

Se debe conservar igualmente, la documentación de las revisiones de dicha efectividad.

8.4 FORMACIÓN

En el control sobre el ruido, la formación constituye una parte muy significativa. Los trabajadores deben recibir información y formación que les permita entender y afrontar los riesgos relacionados con el ruido.

La información y formación deben incluir:

- Los riesgos de exposición al ruido que existen en las obras y las medidas preventivas adoptadas para eliminarlos o reducirlos.
- Los resultados de la evaluación de riesgos realizada y de las mediciones de los niveles de ruido, así como una explicación de su importancia contenido.
- Las medidas de control de ruido y de protección auditiva, incluyendo los equipos de protección a utilizar.
- Las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de la misma.
- Las razones por las que se deben detectar y notificar los indicios de haber sufrido daños auditivos y la forma de realizarlo.

Los empresarios también deben recibir formación para que puedan cumplir con sus obligaciones en materia de control y registro. La formación debe ser tan específica como sea posible. Los trabajadores que realizan obras en el sector de la construcción a menudo realizan diversas tareas y utilizan múltiples equipos. Deben conocer cómo reducir al mínimo la exposición al ruido causado por cada uno de dichos equipos. Se debe prestar una atención especial a los trabajadores recién incorporados.



8.5 VIGILANCIA DE LA SALUD

Los trabajadores tienen derecho a una vigilancia adecuada de la salud (artículo 22 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales).

La empresa garantizará a los trabajadores a su servicio la vigilancia de su estado de salud en función de los riesgos inherentes al puesto de trabajo, tanto en el momento previo a la admisión como con carácter periódico.

En el sector de la construcción los trabajadores deberán, obligatoriamente, someterse a un reconocimiento médico previo: el artículo 19.2 del VI Convenio Colectivo del Sector de la Construcción establece: *El trabajador, con independencia de su categoría profesional y antes de su admisión en la empresa, será sometido a un control de salud,...*

Por su parte, el artículo 20.3. del antes referido VI Convenio Colectivo del Sector de la Construcción indica: *los reconocimientos médicos posteriores al de admisión serán de libre aceptación para el trabajador, si bien, a requerimiento de la empresa, deberá firmar la no aceptación cuando no desee someterse a dichos reconocimientos. No obstante, previo informe de la representación de los trabajadores, la empresa podrá establecer el carácter obligatorio del reconocimiento en los supuestos en los que sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de salud del trabajador puede constituir un peligro para el mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa. En particular...*

Resumiendo, el control de salud previo a la admisión será obligatorio para todos los trabajadores enmarcados en el ámbito de aplicación del convenio sectorial, con independencia de su puesto y categoría profesional. Los posteriores, al

igual que para el resto de sectores, serán de libre aceptación por el trabajador, excepto en los casos en los que sea imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores o para verificar si el estado de salud del trabajador puede constituir un peligro para él mismo, para los demás trabajadores o para otras personas relacionadas con la empresa.

Dependiendo de su exposición al ruido, los trabajadores tienen derecho a una vigilancia sanitaria adecuada, que en este caso es la siguiente:

- Si se realizan mediciones de exposición a ruido en los puestos y/o lugares de trabajo y se superan los valores inferiores de exposición, los trabajadores expuestos tienen derecho a un control audiométrico preventivo con la periodicidad mínima de cinco años, cuando en la evaluación y medición del ruido se indique que hay riesgo para la salud.
- Si en el puesto de trabajo en la empresa se superan los valores superiores de exposición, los trabajadores expuestos tienen derecho a un control audiométrico preventivo con la periodicidad de tres años.

Cuando en la realización de la vigilancia de la salud de los trabajadores se empleen pruebas audiométricas preventivas, se deberán mantener historiales médicos individuales y facilitar la información a cada uno de los trabajadores. La experiencia que se obtiene a través del procedimiento de vigilancia debe utilizarse para examinar de nuevo la evaluación de riesgos y la efectividad de las medidas de control.



B

BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS NORMATIVAS

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, sobre máquinas.

- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Reglamento (UE) 2016/425 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2016, relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.

DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.
- Código de Conducta con orientaciones prácticas para el cumplimiento del Real Decreto 286/2006 en los sectores de la música y el ocio.
- Guía Técnica para la utilización por los trabajadores en el trabajo de los equipos de protección individual.
- NTP 270. Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.
- NTP 287. Hipoacusia laboral por exposición a ruido: evaluación clínica y diagnóstico.
- NTP 387. Evaluación de las condiciones de trabajo: método del análisis ergonómico del puesto de trabajo.
- NTP 503. Confort acústico: el ruido en oficinas.
- NTP 638. Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos.
- NTP 794. Evaluación de la comunicación verbal: método SIL (Speech Interference Level).
- NTP 795. Evaluación del ruido en ergonomía: criterio RC MARK II.
- NTP 864. Ruido en los sectores de la música y el ocio (I).
- NTP 865. Ruido en los sectores de la música y el ocio (II).
- NTP 950. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I). Incertidumbre de la medición.
- NTP 951. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II). Tipos de estrategias
- NTP 952. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III). Ejemplos de aplicación.
- NTP 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización.
- NTP 980. Protectores auditivos: orejeras dependientes del nivel.
- Exposición combinada a ruido y agentes químicos. Manuel Bernaola Alonso y María

Sánchez Fuentes. Número 89. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. Diciembre 2016.

- Ruido emitido por las máquinas. Fichas de divulgación normativa. Felicísimo Ayo Calvo. Centro Nacional de Verificación de Maquinaria.
- Comercialización de los protectores auditivos tipo orejera. Fichas de divulgación normativa. Jerónimo García González. Centro Nacional de Medios de Protección.
- Comercialización de los protectores auditivos tipo tapón. Fichas de divulgación normativa. Jerónimo García González. Centro Nacional de Medios de Protección.
- Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación. Teresa Álvarez Bayona. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías.
- Ruido en el trabajo. María del Carmen García Vico. Unidad Técnica de Agentes Físicos (CNMP).

Agencia Europea para la Seguridad y salud en el Trabajo. ¡No al ruido! Documento de la Semana Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo. 24-28 de octubre de 2005. Hojas de información sobre ruido.

- Número 67. El ruido en cifras.
- Número 59. Ruido en el trabajo: reducción de los riesgos.
- Número 58. Reducción y control del ruido.
- Número 57. Los efectos del ruido en el trabajo.
- Número 56. Introducción al ruido en el trabajo.
- Número 50. La gestión del ruido en el sector de la construcción.

Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Hipoacusia Laboral. Mercedes Bascuñán Llorente. Mercedes Barrio Sáenz. María Teresa González Rodríguez. Rafael Gómez Molina. Jorge López de Ávila. Concepción Parrilla Laso. Raquel Vega López. Año 2006.

Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra. AECOM. CEIM. Año 2012.

Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social. Ruido. Protocolos de Vigilancia Sanitaria Específica. Comisión de Salud Pública. Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud. Año 2000.

ISTAS. Instituto Sindical de Trabajo Ambiente y Salud. La protección de los trabajadores frente al ruido en el trabajo. Situación de partida y novedades del Real Decreto 286/2006. Dossier.

Secretaría de Medio Ambiente y Salud Laboral de la Unión General de Trabajadores de Cataluña. Cuaderno preventivo: el ruido en el trabajo.

Comisiones Obreras de Castilla y León. Guía básica para la prevención del riesgo de exposición al ruido. Año 2011.

CONFEMADERA. FECOMA-CCOO. MCA-UGT. Madera sin ruido. Mejora de la prevención del ruido en la industria de la madera y el mueble. Año 2007.

Generalitat Valenciana. Consejería de Sanidad. Manual de Procedimientos. Protocolos de Prevención de Riesgos Laborales. Año 2004.

Confederación de empresarios de Lugo. Manual sobre exposición laboral al ruido y vibraciones. Año 2008.

Sociedad Española de Acústica. Programa de concienciación sobre el ruido. Manual del profesor. 2008-2012.

Anmopyc. Ruido en máquinas: visión de los fabricantes. Sergio Serrano Tomás. Noviembre 2013.

Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo.

- Naturaleza y efectos del ruido. Alice H. Suter.
- Medición del ruido y evaluación de la exposición. Eduard I. Denisov y German A. Suvorov.
- Técnicas de control del ruido. Dennis P. Driscoll.
- Programas de conservación de la audición. Larry H. Royster y Julia Doswell Royster.
- Normas y reglamentaciones. Alice H. Suter.

Fremap. Guía práctica para el análisis y la gestión del ruido industrial. Robert R. Näf Cortés. Año 2013.

Ruido y salud laboral. Ferran Tolosa Cabaní. Francisco José Badenes Vicente. Año 2008.

Escuela Politécnica de Cuenca. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Automática y Comunicaciones. Ruido y vibraciones en el sector de la construcción. Isabel González. Jose A. Ballesteros. Marcos D. Fernández. Samuel Quintana.

A1

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO

Medición de niveles
de ruido en el uso de
equipos y maquinaria

Centro Territorial Madrid (FLC)



ÍNDICE

01

OBJETO 182

02

ALCANCE 182

03

METODOLOGÍA 191

- | | | |
|------|-------------------------|-----|
| 3.1. | Criterios de aplicación | 191 |
| 3.2. | Equipos utilizados | 192 |
| 3.3. | Estrategia de medición | 192 |
-

04

RESULTADOS OBTENIDOS
(Equipo/Operación) 194

- | | |
|------|--|
| 4.1. | Tronzadora de madera EUOTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave. |
| 4.2. | Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave. |
| 4.3. | Taladro de percusión MAKITA HP164. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave. |
| 4.4. | Rebarbadora RYOBI EAG600RS. Cortando acero en exterior de nave. |

- | | |
|-------|---|
| 4.5. | Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador. |
| 4.6. | Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Trabajador junto a cargadora barriendo pavimento, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador. |
| 4.7. | Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador. |
| 4.8. | Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre acero, en exterior de nave. |
| 4.9. | Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre hierro, en exterior de nave. |
| 4.10. | Atornilladora taladradora accionada por acumulador BOSH GSR 12V 3601J95501. Taladrando madera en exterior de nave. |
| 4.11. | Rebarbadora RYOBI EAG600RS. Cortando hierro, en exterior de nave. |
| 4.12. | Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra en exterior de nave. |
| 4.13. | Carretilla elevadora MANITOU MH 25-4 BUGGIE 36KW 4ST3A y torre de iluminación LQW5K 8,4 Mt 4x300W LED. Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido en conductor. |
| 4.14. | Excavadora compacta TAKEUCHI TB240 S/N 124000003. Moviendo gravilla, en exterior de nave, con puerta abierta. Medición de ruido en conductor. |

- 4.15. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.
- 4.16. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior de nave.
- 4.17. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior de nave.
- 4.18. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo acopio de gravilla húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido al conductor.
- 4.19. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora paleando arena húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.
- 4.20. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Barriendo pavimento en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.
- 4.21. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior de nave.
- 4.22. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) piedra, en interior de nave.
- 4.23. Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra en interior de nave.
- 4.24. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra en interior de nave.

- 4.25. Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior de nave.
- 4.26. Carretilla elevadora MANITOU MH 25-4 BUGGIE 36KW 4ST3A y torre de iluminación LQW5K 8,4 Mt 4x300W LED con grupo electrógeno. Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido a un trabajador en las inmediaciones de la carretilla.
- 4.27. Excavadora compacta TAKEUCHI TB240 S/N 124000003. Moviendo gravilla, en exterior de nave. Trabajador situado en el entorno de la excavadora. Medición de ruido en trabajador.

05

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS 207



1 OBJETO

Se desea valorar el riesgo de exposición a ruido de trabajadores que desarrollan diversas tareas en la ejecución de obras de construcción.

También se van a estudiar determinadas máquinas que se utilizan en la mayor parte de dichas obras. Para ello se recrean dichas tareas en las instalaciones de la Fundación Laboral de la Construcción, concretamente en el Centro Territorial de Madrid, situado en C/ Cámara de la Industria 23. Móstoles (Madrid).

2 ALCANCE

Las mediciones de ruido se realizan con el uso de los equipos y maquinaria que se relaciona a continuación:

MEDICIÓN	EQUIPO / MAQUINARIA	TAREAS REALIZADAS
Trabajador	TRONZADORA DE MADERA EUOTRON -315 PLUS T TRIF. 4CV	Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave
Trabajador	AMOLADORA ANGULAR GWS PROFESSIONAL 22-230 JH	Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave
Trabajador	TALADRO DE PERCUSIÓN MAKITA HP164	Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave
Trabajador	REBARBADORA RYOBI EAG600RS	Cortando acero en exterior de nave
Trabajador	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840	Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior de nave
Trabajador	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840 CON ACOPLAMIENTO DE BARREDORA CUCHARON 03CB1250	Trabajador junto a cargadora limpiando pavimento, en exterior de nave
Trabajador	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840	Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior de nave
Trabajador	TALADRO DE PERCUSIÓN MAKITA HP1641	Taladrando sobre acero, en exterior de nave
Trabajador	TALADRO DE PERCUSIÓN MAKITA HP1641	Taladrando sobre hierro, en exterior de nave
Trabajador	ATORNILLADORA TALADRADORA ACCIONADA POR ACUMULADOR BOSH GSR 12V 3601J95501	Taladrando madera en exterior de nave
Trabajador	REBARBADORA RYOBI EAG600RS	Cortando hierro, en exterior de nave
Trabajador	MARTILLO ROTATIVO MAKITA HR5201C (52MM)	Picando piedra en exterior de nave
Conductor	CARRETILLA ELEVADORA MANITOU MH 25-4 BUGGIE 36KW 4ST3A Y TORRE DE ILUMINACIÓN LQW5K 8,4 MT 4X300W LED	Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave.
Conductor	EXCAVADORA COMPACTA TAKEUCHI TB240 S/N 124000003	Moviendo gravilla, en exterior de nave, con puerta abierta.
Trabajador	MARTILLO PERFORADOR BOSCH GBH 2-20 D	Taladrando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.
Trabajador	MARTILLO PERFORADOR BOSCH GBH 2-20 D	Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior de nave

MEDICIÓN	EQUIPO / MAQUINARIA	TAREAS REALIZADAS
Trabajador	CORTADORA INGLETEADORA FREDIMAR DIAMOND TOOLS FR-600-T	Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior de nave.
Conductor	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840	Manejo de cargadora moviendo acopio de gravilla húmeda en exterior de nave. Cabina abierta
Conductor	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840	Manejo de cargadora paleando arena húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.
Conductor	CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840 CON ACOPLAMIENTO DE BARREDORA CUCHARON 03CB1250	Barriendo pavimento en exterior de nave. Cabina abierta.
Trabajador	CORTADORA INGLETEADORA FREDIMAR DIAMOND TOOLS FR-600-T	Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior de nave.
Trabajador	CORTADORA INGLETEADORA FREDIMAR DIAMOND TOOLS FR-600-T	Cortando en húmedo (con agua) piedra, en interior de nave.
Trabajador	AMOLADORA ANGULAR GWS PROFESSIONAL 22-230 JH	Cortando piedra en interior de nave
Trabajador	MARTILLO PERFORADOR BOSCH GBH 2-20 D	Taladrando piedra en interior de nave.
Trabajador	SOPLADOR-ASPIRADOR MANUAL MCCULLOCH MAC GBV 345	Soplando en interior de nave
Trabajador	CARRETILLA ELEVADORA MANITOU MH 25-4 BUGGIE 36KW 4ST3A Y TORRE DE ILUMINACIÓN LQW5K 8,4 MT 4X300W LED	Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido a un trabajador en las inmediaciones de la carretilla.
Trabajador	EXCAVADORA COMPACTA TAKECHI TB240 S/N 124000003	Moviendo gravilla, en exterior de nave. Trabajador situado en el entorno de la excavadora. Medición de ruido en trabajador

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA UTILIZADA

1 BARREDORA CUCHARÓN (IMPLEMENTO PARA EXCAVADORA). Modelo 03CB1250.

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Información no relevante.

Empresa: Euro Implementos, S.L.

2 SOPLADOR-ASPIRADOR MANUAL Mcculloch Mac GBV 345 numero de serie: 2012 en adelante

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Datos técnicos. Motor: 25 cm³, potencia
máxima motor: 0.75 kW, peso: 4.4 kg.

Emisiones de ruido

(Nota 1: emisiones sonoras en el entorno
medidas como potencia acústica (LWA)
según la directiva CE 2000/14/CE. El nivel
referido de potencia sonora de la máquina
se ha medido con el equipo original que
produce el nivel más elevado. La diferencia
entre la potencia sonora garantizada
y medida es que la potencia sonora
garantizada también incluye la dispersión en
el resultado de la medición y las variaciones
entre diferentes máquinas del mismo
modelo, según la directiva 2000/14/CE.)

- Nivel de potencia acústica medida, dB(A):
103.9

- Nivel de potencia acústica garantizada
 L_{WA} , dB(A): 108

Niveles acústicos

(Nota 2: los datos referidos del nivel de
presión sonora equivalente de la máquina
tienen una dispersión estadística habitual
(desviación típica) de 1 dB(A).



Barredora cucharón.

Soplador aspirador manual.



Nivel de presión sonora equivalente en el oído del usuario, medido conforme a ISO 22868, dB(A):

- Equipado con los tubos y la boquilla del soplador (originales): 96.7
- Equipado con tubos de aspiración (originales): 98.6

3 CARRETILLA ELEVADORA MANITOU Modelo MH25-4 BUGGIE 36 KW 4ST3A

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Diésel. Capacidad nominal (carga en horquillas): 2500 Kg.
Peso de la carretilla: 4260 kg.
Potencia motor: 37 kW
Régimen nominal: 2700 rpm.
Cilindrada: 2434 cm³
Nivel acústico en los oídos del conductor: 81 dB(A).
Nivel de potencia acústica garantizado sobre el medio ambiente (LWA): 104 dB(A)

Carretilla elevadora.



Cortadora ingleteadora.

4 CORTADORA INGLETEADORA FREDIMAR DIAMOND TOOLS FR-600-T (corte húmedo)

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Número de serie: 109325, 4CV, Voltaje: 380, eje 25.4,
Diámetro exterior disco: 300-350 mm.
Diámetro interior disco: 25.4 mm.
Año de construcción: 2003.
Peso de la máquina: 69 kg.
Potencia: 2.9 kW.
Velocidad de giro del disco: 2800 rpm.

Ruido emitido por la máquina

Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, en el puesto de trabajo, es de 78.1 dB(A).
Nivel de potencia acústica emitido por la máquina, es de 91.8 dB(A).

5 TALADRO DE PERCUSIÓN Makita HP1641

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Capacidades: Hormigón (16mm), Acero (13mm), Madera (30mm)
Velocidad en vacío: 0-2.800 min⁻¹
Golpes por minuto: 0-44800 min⁻¹
Longitud total: 303 mm.
Peso: 2 kg.

Ruido

El nivel de ruido A ponderado típico determinado de acuerdo con la norma EN 60745:

- Nivel de presión sonora (L_{pA}): 92 dB(A)
- Nivel de potencia sonora (L_{WA}): 103 dB(A)
- Error (K): 3 dB(A)

6 ATORNILLADORA TALADRADORA ACCIONADA POR ACUMULADOR BOSCH GSR 12V 3601J95501 (Taladro de batería)

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Tensión: 12V.

Revoluciones en vacío: 1ª velocidad (0-400 min-1), 2ª velocidad (0-1400 min-1)

Peso: 1.9 kg.

Nivel de ruido

Según EN 60745 el nivel de presión sonora del aparato determinado con un filtro A es inferior a 70 dB(A). El nivel de ruido al trabajar puede sobrepasar los 85 dB(A).

Este equipo viene con un acumulador AL60DV2411 con tensión de carga (7.2-24) V, peso: 1.2 kg.

7 MARTILLO PERFORADOR BOSCH GBH 2-20 D

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Potencia absorbida nominal: 650 W,

Revoluciones en vacío: 2030 min-1

Peso: 2.3 kg.

Nivel de potencia acústica (L_{WA}): 102 dB(A)

Nivel de presión sonora (L_{pA}): 91 dB(A)

Tolerancia (K): 3 dB

8 AMOLADORA ANGULAR GWS Professional 22-230JH

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo



Taladro de percusión.



Atornilladora taladradora.



Martillo perforador

Amoladora angular.



Rebarbadora.



Potencia absorbida nominal: 2200 W
Potencia útil: 1500 W
Revoluciones nominales: 6500 min⁻¹
Diámetro disco amolar: 230 mm
Peso: 5.2 kg

Nivel de ruido

Nivel de presión sonora: 91 dB(A)
Nivel de potencia acústica: 102 dB(A)
Tolerancia: K: 3 dB

9 REBARBADORA RYOBI, MODELO EAG600RS. Número de serie: 44432301000001

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Información no relevante
Uso previsto: amolado de metales

10 CARGADORA POR DESLIZAMIENTO GEHL SL4840

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Peso de trabajo: 2812 kg.
Carga nominal de operación: 680 kg.
Potencia neta: 34.3 kW a 2600 rpm.
Nivel de presión de sonido (oído del operario): 85 dB
Nivel de potencia ambiental: 104 dB



Cargadora por deslizamiento.

11 TRONZADORA DE MADERA EUOTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Número de fabricación: 3564-125519. Año de fabricación: 2006

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Nivel de potencia acústica medido en la máquina modelo: 106 dB
Nivel de potencia acústica garantizado: 110 dB
Nivel de presión acústica continuo equivalente, ponderado A, en el puesto de trabajo en dB (L_{pA}):

- En vacío: 83 / En carga: 93

Constante de declaración en dB (K_{pA}): 4 (en vacío y en carga).

Nivel de potencia acústica emitido por la máquina, ponderado A, en db (L_{WA}):

- En vacío: 92 / En carga: 106

Constante de declaración en db (K_{pA}): 4 (en vacío y en carga)

Diámetro disco: 315 mm / Diámetro eje disco: 30 mm

Motor trifásico.

Potencia motor: 4 CV (KW)

Rpm motor: 3000

Peso: 56 Kg.



Tronzadora de madera.

12 MARTILLO ROTATIVO MAKITA HR5201C

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Capacidades:

- broca con punta de carburo: 52 mm
- broca: 160 mm

Velocidad en vacío: 130-260 min-1

Golpes por minuto: 1075-2150

Longitud total: 599 mm

Peso neto: 10.8 kg

Nivel de ruido

Nivel de ruido típico de ponderación A establecido según la 60745-2-6:

- Nivel de presión de sonido (L_{pA}): 100 dB(A)
- Nivel de potencia de sonido (L_{WA}): 111 dB(A)
- Incertidumbre (K): 3 dB (A)



Martillo rotativo.

13 TORRE DE ILUMINACIÓN LQW5K 8,4 Mt 4x300W LED.

Año de construcción: 2016.

Número de serie: 1602691

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Potencia nominal de las lámparas: 1200 W

Capacidad de iluminación: 146000 lumens

Velocidad de funcionamiento nominal: 1500 rpm

Peso: 1074 kg.



Torre de iluminación.

Nivel sonoro

Nivel de ruido garantizado (L_{WA}): 83 dB(A)

Nivel de presión de ruido (7m): 54 dB(A)

14 EXCAVADORA COMPACTA TAKEUCHI. Modelo TB240 S/N 124000003

Información contenida en el manual de instrucciones del equipo

Tipo del motor: 4TNV88C-STB

Rendimiento del motor: 26.7 kW a 2200 rpm

Nivel de ruido

Nivel de potencia sonora (L_{WA}): 96 dB(A)

Nivel de presión sonora de emisiones en la posición del operario (L_{pA}): 75 dB(A)

Las conclusiones que se alcancen después de finalizar las mediciones estarán basadas en los datos recogidos en los días y horas del muestreo, así como en las condiciones en que se han efectuado dichas mediciones. Por tanto, variaciones que se produzcan sobre el proceso o las condiciones de trabajo pueden cambiar parcialmente dichas conclusiones.



Excavadora compacta.

3 METODOLOGÍA

3.1 CRITERIOS DE APLICACIÓN

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. INSST.
- Real Decreto 485/1997, 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología.
- Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos.
- UNE-EN 61252/A1. Electroacústica. Especificaciones para medidores personales de exposición sonora.
- UNE-EN 458:2016. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento. Documento guía.
- UNE-EN IEC 60942: 2019. Electroacústica. Calibradores acústicos.
- UNE-EN 61672-1:2014. Electroacústica. Sonómetros. Parte1: especificaciones.
- UNE-EN 61672-2:2014. Electroacústica. Sonómetros. Parte 2: ensayos de evaluación de modelo.
- UNE-EN 61672-3:2014. Electroacústica. Sonómetros. Parte 3: ensayos periódicos.
- ISO 1999:2013. Acoustics. Estimation of noise-induced hearing loss.
- UNE-EN-ISO 9612:2009. Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.



3.2 EQUIPOS UTILIZADOS

Para realizar las mediciones se han empleado los siguientes equipos:

EQUIPO	MARCA	MODELO	Nº SERIE
DOSÍMETRO	3M / QUEST	EDGE 5	ESP050121
DOSÍMETRO	3M / QUEST	EDGE 5	ESA000022
DOSÍMETRO	3M / QUEST	EDGE 5	ESS020125
CALIBRADOR DOSÍMETROS 3M / QUEST	3M / QUEST	AC-300	QIB040048

Los equipos están incluidos dentro de un programa de calibración y verificación periódica.

3.3 ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Las mediciones se han realizado siguiendo el protocolo establecido en el apéndice 5 de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, y la norma UNE-EN-ISO 9612: determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.

En todos los casos, los niveles sonoros se van a expresar como: $L_{Aeq,d'}$ definidos en el Real Decreto 286/2006 se van a expresar como:

$$L_{EX(8h)} \pm U$$

Siendo:

$L_{EX(8h)}$: valor medio obtenido del nivel continuo equivalente diario para el puesto de trabajo en cuestión.

U: incertidumbre expandida asociada a los resultados.

El protocolo mencionado establece tres

posibles estrategias para la realización de las mediciones según el perfil de exposición al ruido de los trabajadores, en el siguiente apartado se describe la utilizada.

Mediciones basadas en la tarea

Para la realización de este tipo de medición se dividen cada uno de los puestos de trabajo analizados en tareas, para cada una de las cuales se calcula un nivel equivalente medio de presión sonora, obtenido como media de los diferentes muestreos realizados para una misma tarea, utilizando la expresión:

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,mi}} \right) \text{dB}$$

Donde:

$L_{p,A,eqT,m}$ es el nivel equivalente durante la operación m,

$L_{p,A,eqT,mi}$ es el resultado de cada una de las mediciones de dicha operación e I es el número de mediciones.

Una vez conocidos estos valores para cada una de las tareas y conocido también el tiempo medio de cada una de estas tareas con respecto al global de la jornada de trabajo, dato

obtenido de la información proporcionada por la empresa, se calcula un valor de exposición del trabajador en este puesto de trabajo con la expresión:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right) \text{ dB}$$

En este tipo de mediciones, se calcula la incertidumbre siguiendo la expresión:

$$u^2 = \left(\sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

Donde:

$u_{1a,m}$ es la incertidumbre estándar debida al muestreo de la operación m.

$u_{1b,m}$ es la incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración de la operación m.

$u_{2,m}$ es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medición usado para la operación m.

u_3 es la incertidumbre estándar debida a la imperfecta selección de la posición del micrófono en la operación m.

T_m es el valor medio de los valores obtenidos del tiempo de duración de la operación m.

$c_{1a,m}$, c_{1bm} es el coeficiente de sensibilidad correspondiente a la operación m.

Para conocer el método de cálculo de cada uno de los factores se puede consultar la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

La incertidumbre expandida es $U = 1,65 \times u$.



4 RESULTADOS OBTENIDOS

Siguiendo los criterios y metodología descrita anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1. Tronzadora de madera EUOTRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{AEq,d}		L _{AEq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave.	99,0	100,2	99,7	8	99,7	± 1,8	99,7	± 3,0	123,0

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{AEq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.2. Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{AEq,d}		L _{AEq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.	110,5	111,9	110,9	8	111,1	± 1,8	111,1	± 3,0	127,6

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{AEq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.3. Taladro de percusión MAKITA HP164. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave.	89,8	91,7	92,6	8	91,5	± 2,0	91,5	± 3,3	116,7

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.4. Rebarbadora RYOBI EAG600RS. Cortando acero en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Cortando acero en exterior de nave.	91,8	93,7	93,6	8	93,1	± 1,9	93,1	± 3,1	116,9

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.5. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico} dBC
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.	80,3	80,7	81,5	8	80,9	± 1,8	80,9	± 3,0	118,2

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX}(8h)**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.6. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Trabajador junto a cargadora barriendo pavimento, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico} dBC
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Trabajador junto a cargadora barriendo pavimento, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.	85,5	86,1	85,8	8	85,8	± 1,8	85,8	± 3,0	117,8

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX}(8h)**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.



4.7. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u dBA	L _{EX} (8h) dBA	U dBA	
Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.	85,3	88,0	85,1	8	86,3 ± 2,0		86,3 ± 3,4		118,8

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX}(8h)**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.8. Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre acero, en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u dBA	L _{EX} (8h) dBA	U dBA	
Taladrando sobre acero, en exterior de nave.	91,4	93,3	92,4	8	92,4 ± 1,9		92,4 ± 3,1		115,0

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX}(8h)**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.9. Taladro de percusión MAKITA HP1641.

Taladrando sobre hierro, en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico} dBC
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Taladrando sobre hierro, en exterior de nave.	82,9	83,2	81,0	8	82,5 ± 1,9		82,5 ± 3,2		109,0

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.10. Atornilladora taladradora accionada por

acumulador BOSH GSR 12V 3601J95501.

Taladrando madera en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico} dBC
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Taladrando madera en exterior de nave.	69,1	69,7	69,4	8	69,4 ± 1,8		69,4 ± 3,0		108,9

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.



4.11. Rebarbadora RYOBI EAG600RS. Cortando hierro, en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Cortando hierro, en exterior de nave.	91,1	89,0	91,0	8	90,5	± 1,9	90,5	± 3,2	113,2

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX(8h)}, ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.12. Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Picando piedra en exterior de nave.	94,8	93,6	93,4	8	94,0	± 1,9	94,0	± 3,1	128,3

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX(8h)}, ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

**4.13. Carretilla elevadora MANITOU MH 25-4
BUGGIE 36KW 4ST3A y torre de iluminación
LQW5K 8,4 Mt 4x300W LED. Carretilla
elevadora en movimiento alrededor de
torre de iluminación, en exterior de nave.
Medición de ruido en conductor.**

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido en conductor.	82,2	83,3	83,7	8	83,1	± 1,9	83,1	± 3,1	109,5

L_{EX} , nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. $L_{EX}(8h)$, ponderado a 8 horas.
 L_{pico} , nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u , incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U , incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%, $U = 1,65 \cdot u$.
 $L_{Aeq,d}$, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

**4.14. Excavadora compacta TAKEUCHI TB240
S/N 124000003. Moviendo gravilla, en
exterior de nave, con puerta abierta.
Medición de ruido en conductor.**

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Moviendo gravilla, en exterior de nave, con puerta abierta. Medición de ruido en conductor.	76,3	76,9	77,8	8	77,0	± 1,9	77,0	± 3,1	115,2

L_{EX} , nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. $L_{EX}(8h)$, ponderado a 8 horas.
 L_{pico} , nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u , incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U , incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%, $U = 1,65 \cdot u$.
 $L_{Aeq,d}$, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.15. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20

D. Taladrando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u dBA	L _{EX} (8h) dBA	U dBA	
Taladrando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.	98,0	99,9	99,1	8	99,1	± 1,8	99,1	± 3,1	119,9

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.16. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20

D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u dBA	L _{EX} (8h) dBA	U dBA	
Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior de nave.	96,9	98,6	98,0	8	97,9	± 1,8	97,9	± 3,1	125,5

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.17. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico} dBC
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior de nave.	111,6	110,5	110,2	8	110,8	± 1,8	110,8	± 3,1	128,9

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.18. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo acopio de gravilla húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido al conductor.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico} dBC
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Manejo de cargadora moviendo acopio de gravilla húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido al conductor.	91,3	92,3	91,8	8	91,8	± 1,8	91,8	± 3,1	131,2

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.19. Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840.

Manejo de cargadora paleando arena húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Manejo de cargadora paleando arena húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.	84,6	84,8	85,8	8	85,1	± 1,8	85,1	± 3,1	131,6

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%, U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.20. Cargadora por deslizamiento GEHL

SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Barriendo pavimento en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Barriendo pavimento en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.	85,8	85,4	86,6	8	86,0	± 1,8	86,0	± 3,0	124,6

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%, U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.21. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones				L _{AEq,d}		L _{AEq,d}		L _{pico} dBc
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA	Exposición diaria (horas)	L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior de nave.	101,2	103,9	101,9	8	102,5	± 1,9	102,5	± 3,3	122,7

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{AEq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.22. Cortadora Ingleteadora FREDIMAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) piedra, en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones				L _{AEq,d}		L _{AEq,d}		L _{pico} dBc
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA	Exposición diaria (horas)	L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Cortando en húmedo (con agua) piedra, en interior de nave.	106,3	105,5	105,5	8	105,8	± 1,8	105,8	± 3,0	123,9

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{AEq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.



4.23. Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Cortando piedra en interior de nave.	110,2	111,5	109,1	8	110,4	± 1,9	110,4	± 3,2	127,4

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.24. Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Taladrando piedra en interior de nave.	97,8	98,7	99,4	8	98,7	± 1,8	98,7	± 3,1	119,3

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.25. Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior de nave.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	$L_{Aeq,d}$		$L_{Aeq,d}$		L_{pico} dB(C)
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		$L_{EX(8h)}$ dBA	u ± dBA	$L_{EX(8h)}$ dBA	U ± dBA	
Soplando en interior de nave.	96,5	96,3	96,1	8	96,3	± 1,8	96,3	± 3,0	113,1

L_{EX} , nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. $L_{EX(8h)}$, ponderado a 8 horas.
 L_{pico} , nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u , incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U , incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
 $L_{Aeq,d}$, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.26. Carretilla elevadora MANITOU MH 25-4 BUGGIE 36KW 4ST3A y torre de iluminación LQW5K 8,4 Mt 4x300W LED con grupo electrógeno. Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido a un trabajador en las inmediaciones de la carretilla.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	$L_{Aeq,d}$		$L_{Aeq,d}$		L_{pico} dB(C)
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		$L_{EX(8h)}$ dBA	u ± dBA	$L_{EX(8h)}$ dBA	U ± dBA	
Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido a un trabajador en las inmediaciones de la carretilla.	80,8	82,4	82,3	8	81,9	± 1,8	81,9	± 3,1	106,8

L_{EX} , nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. $L_{EX(8h)}$, ponderado a 8 horas.
 L_{pico} , nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u , incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U , incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
 $L_{Aeq,d}$, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

**4.27. Excavadora compacta TAKEUCHI TB240
S/N 124000003. Moviendo gravilla, en
exterior de nave. Trabajador situado en
el entorno de la excavadora. Medición
de ruido en trabajador.**

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	$L_{Aeq,d}$		$L_{Aeq,d}$		L_{pico} dB(C)
	L_1 dBA	L_2 dBA	L_3 dBA		$L_{EX(8h)}$ dBA	u $\pm$ dBA	$L_{EX(8h)}$ dBA	U $\pm$ dBA	
Moviendo gravilla, en exterior de nave. Trabajador situado en el entorno de la excavadora. Medición de ruido en trabajador.	79,2	79,3	78,3	8	79	$\pm 1,8$	79,0	$\pm 3,0$	112,6

L_{EX} , nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. $L_{EX(8h)}$, ponderado a 8 horas.
 L_{pico} , nivel de pico en dB(C), según se define en el RD 286/2006.
 u , incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U , incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
 $L_{Aeq,d}$, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

5 VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para realizar la valoración de los resultados obtenidos se tiene en cuenta el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.

En el mismo se fijan unos valores límite de exposición $L_{Aeq,d} = 87$ dB(A) y $L_{pico} = 140$ dB(C). Al aplicar el valor límite de exposición, para determinar la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que

procuran los protectores auditivos individuales utilizados por el/la trabajador/a.

Además este Real Decreto marca dos tipos de valores de exposición que dan lugar a una acción:

→ Valor superior de exposición que da lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 137 \text{ dB(C)}.$$

→ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)} \text{ y } L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}.$$

Por tanto, la clasificación de las tareas simuladas según los niveles de exposición que dan lugar a una acción, se refleja en el siguiente cuadro, por comparación directa con los valores obtenidos:

$L_{Aeq,d} < 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} < 135 \text{ dB(C)}$ Puestos no sujetos a Real Decreto 286/2006	$L_{Aeq,d} > 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} > 135 \text{ dB(C)}$ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción	$L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} > 137 \text{ dB(C)}$ Valor superior de exposición que da lugar a una acción
		Tronzadora de madera EURO-TRON-315 PLUS T TRIF. 4CV. Cortando tableros de pino y abeto en interior de nave.
		Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.
		Taladro de percusión MAKITA HP164. Taladrando sobre pared vertical de yeso y pladur, en interior de nave.
		Rebarbadora RYOBI EA-G600RS. Cortando acero en exterior de nave.
	Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo arena húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.	
		Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Trabajador junto a cargadora barriendo pavimento, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.
		Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Trabajador junto a cargadora moviendo gravilla húmeda, en exterior de nave. Medición de ruido al trabajador.

$L_{Aeq,d} < 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} < 135 \text{ dB(C)}$ Puestos no sujetos a R.D. 286/2006	$L_{Aeq,d} > 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} > 135 \text{ dB(C)}$ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción	$L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} \geq 137 \text{ dB(C)}$ Valor superior de exposición que da lugar a una acción
		Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre acero, en exterior de nave.
		Taladro de percusión MAKITA HP1641. Taladrando sobre hierro, en exterior de nave.
Atornilladora taladradora accionada por acumulador BOSH GSR 12V 3601J95501. Taladrando madera en exterior de nave.		
		Rebarbadora RYOBI EA-G600RS. Cortando hierro, en exterior de nave.
		Martillo rotativo MAKITA HR5201C (52mm). Picando piedra en exterior de nave.
		Carretilla elevadora MANI-TOU MH 25-4 BUGGIE 36KW 4ST3A y torre de iluminación LQW5K 8,4 Mt 4x300W LED. Carretilla elevadora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido en conductor.
	Excavadora compacta TAKEUCHI TB240 S/N 124000003. Moviendo gravilla, en exterior de nave, con puerta abierta. Medición de ruido en conductor.	
		Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando bordillos de hormigón colocados en el suelo, en exterior de nave.

$L_{Aeq,d} < 80 \text{ dB(A)}$ y /o $L_{pico} < 135 \text{ dB(C)}$ Puestos no sujetos a R.D. 286/2006	$L_{Aeq,d} > 80 \text{ dB(A)}$ y /o $L_{pico} > 135 \text{ dB(C)}$ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción	$L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} \geq 137 \text{ dB(C)}$ Valor superior de exposición que da lugar a una acción
		Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando sobre pared vertical de ladrillo, en interior de nave.
		Cortadora Ingleteadora FREDI-MAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en seco material cerámico y piedra, en interior de nave.
		Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora moviendo acopio de gravilla húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido al conductor.
		Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840. Manejo de cargadora paleando arena húmeda en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.
		Cargadora por deslizamiento GEHL SL4840 con acoplamiento de barredora cucharón 03CB1250. Barriendo pavimento en exterior de nave. Cabina abierta. Medición de ruido en conductor.
		Cortadora Ingleteadora FREDI-MAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) ladrillos, en interior de nave.
		Cortadora Ingleteadora FREDI-MAR Diamond Tools FR-600-T. Cortando en húmedo (con agua) piedra, en interior de nave.
		Amoladora angular GWS Professional 22-230 JH. Cortando piedra en interior de nave.

$L_{Aeq,d} < 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} < 135 \text{ dB(C)}$ Puestos no sujetos a R.D. 286/2006	$L_{Aeq,d} > 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} > 135 \text{ dB(C)}$ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción	$L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} \geq 137 \text{ dB(C)}$ Valor superior de exposición que da lugar a una acción
		Martillo perforador BOSCH GBH 2-20 D. Taladrando piedra en interior de nave.
		Soplador-Aspirador manual MCCULLOCH MAC GBV 345. Soplando en interior de nave.
		Carretilla elevadora MANITOU MH 25-4 BUGGIE 36KW 4ST3A y torre de iluminación LQW5K 8,4 Mt 4x300W LED con grupo electrógeno. Carretilla eleva- dora en movimiento alrededor de torre de iluminación, en exterior de nave. Medición de ruido a un trabajador en las inmediaciones de la carretilla.
	Excavadora compacta TAKEUCHI TB240 S/N 124000003. Movien- do gravilla, en exterior de nave. Trabajador situado en el entor- no de la excavadora. Medición de ruido en trabajador.	

A2

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A RUIDO

Medición de
niveles de
ruido en obra
de construcción

Excavación entre pantalla y
losa de los túneles norte/sur.
Plaza Glorias (Barcelona)



ÍNDICE

01

OBJETO 214

02

ALCANCE 214

03

METODOLOGÍA 218

3.1. Criterios de aplicación 218

3.2. Equipos utilizados 218

3.3. Estrategia de medición 218

04

RESULTADOS OBTENIDOS
(Equipo/Operación) 220

4.1. Perforadora de oruga horizontal.
Retirada de los tubos horizontales
insertados en el muro pantalla. El
trabajador está situado en el cuadro de
control de la perforadora.

4.2. Compresor de gasoil en el interior del
túnel. Supervisión del funcionamiento
del compresor.

4.3. Pala cargadora CATERPILLAR 963C sobre
cadenas y camión. Supervisión de tareas
de carga de material en el camión. Zona:
frente del túnel sur

4.4. Miniexcavadora EUROCOMACH ES95TR
con martillo hidráulico. Máquina
picando asfalto. Supervisión del
funcionamiento de la máquina desde el
exterior de la cabina.

4.5. Martillo neumático manual de tamaño
pequeño. Trabajador picando asfalto.

4.6. Movimiento de camiones en vacío y
en carga. Trabajador realizando tareas
de control de carga de material en los
camiones.

4.7. Plataforma elevadora móvil de personal.
Trabajador utilizando el equipo. No
se realizan tareas que generen ruido
adicional.

4.8. Excavadora giratoria sobre cadenas
HITACHI y camión. Supervisión de tareas
de carga de material en el camión. Zona:
frente del túnel norte

4.9. Perforadora con corona y soporte, por
vía húmeda. Realizando perforación en
loseta de acera.

4.10. Tráfico habitual alrededor de la obra.
Nivel de ruido generado por el tráfico
existente en el exterior de la zona
acotada de obra.

05

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS 225

1 OBJETO

Se desea valorar el riesgo de exposición al ruido de trabajadores que desarrollan diversas tareas en la ejecución de obras de construcción. También se van a estudiar determinadas máquinas que se utilizan en dichas obras. Para ello, se realizan mediciones de ruido en la siguiente obra:

- Obra: Construcción del túnel de Glorias. Excavación entre pantalla y losa de los túneles norte y sur. Realización de pozos de emergencia.
- Situación del centro de trabajo: C/Badajoz esquina C/Gran Vía de las Cortes Catalanas. Plaza Glorias. Barcelona.
- UTE ejecución obra: OHL, FCC y RUBAU.
- Localización y ubicación para realizar medidas: Rampa Besós de acceso al túnel norte y rampa Llobregat de acceso al túnel sur.

2 ALCANCE

El alcance de este informe se circunscribe a las mediciones de ruido en el uso de los equipos y maquinaria que se relacionan a continuación:



EQUIPO / MAQUINARIA**TAREAS REALIZADAS**

PERFORADORA DE ORUGA HORIZONTAL	La perforadora retira los tubos horizontales insertados en el muro pantalla. El trabajador está situado en el cuadro de control de la perforadora.
COMPRESOR DE GASOIL EN EL INTERIOR DEL TÚNEL	Supervisión del funcionamiento del compresor
PALA CARGADORA CATERPILLAR 963C SOBRE CADENAS Y CAMIÓN	Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel sur
MINIEXCAVADORA EUROCOMACH ES95TR CON MARTILLO DEMOLEDOR HIDRAÚLICO	Máquina picando asfalto. Supervisión del funcionamiento de la máquina desde el exterior de la cabina.
MARTILLO NEUMÁTICO MANUAL DE TAMAÑO PEQUEÑO	Trabajador picando asfalto.
MOVIMIENTO DE CAMIONES EN VACÍO Y EN CARGA	Trabajador realizando tareas de control de carga de material en los camiones
PLATAFORMA ELEVADORA MÓVIL DE PERSONAL	Trabajador utilizando el equipo. No se realizan tareas que generen ruido adicional.
EXCAVADORA GIRATORIA SOBRE CADENAS HITACHI Y CAMIÓN	Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel norte.
PERFORADORA CON CORONA Y SOPORTE, POR VÍA HÚMEDA.	Realizando perforación en loseta de acera
TRÁFICO HABITUAL EN ZONA CIRCUNDANTE A LA OBRA	Nivel de ruido generado por el tráfico existente en el exterior de la zona acotada de obra.



(izquierda)
Perforadora
de oruga
horizontal.
(derecha)
Compresor
de gasoil.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA UTILIZADA

1 PERFORADORA DE ORUGA HORIZONTAL

Retirada de los tubos horizontales insertados en el muro pantalla. El trabajador está situado en el cuadro de control de la perforadora.

2 COMPRESOR DE GASOIL EN EL INTERIOR DEL TÚNEL

Supervisión del funcionamiento del compresor.

3 PALA CARGADORA CATERPILLAR 963C SOBRE CADENAS Y CAMIÓN

Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel sur.

4 MINIEXCAVADORA EUROCOMACH ES95TR CON MARTILLO HIDRÁULICO

Máquina picando asfalto. Supervisión del funcionamiento de la máquina desde el exterior de la cabina.

5 MARTILLO NEUMÁTICO MANUAL DE TAMAÑO PEQUEÑO

Trabajador picando asfalto.

Pala cargadora.



Miniexcavadora.



Martillo neumático.





Movimiento de camiones.



Plataforma elevadora.



Excavadora giratoria sobre cadenas.

6 MOVIMIENTO DE CAMIONES EN VACÍO Y EN CARGA

Trabajador realizando tareas de control de carga de material en los camiones.

7 PLATAFORMA ELEVADORA MÓVIL DE PERSONAL

Trabajador utilizando el equipo. No se realizan tareas que generen ruido adicional.

8 EXCAVADORA GIRATORIA SOBRE CADENAS HITACHI Y CAMIÓN

Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel norte.

9 PERFORADORA CON CORONA Y SOPORTE, POR VÍA HÚMEDA.

Realizando perforación en loseta de acera.

10 TRÁFICO HABITUAL ALREDEDOR DE LA OBRA

Nivel de ruido generado por el tráfico existente en el exterior de la zona acotada de obra.

Las conclusiones que se alcancen después de finalizar las mediciones estarán basadas en los datos recogidos en los días y horas del muestreo, así como en las condiciones en que se han efectuado dichas mediciones. Por tanto, variaciones que se produzcan sobre el proceso o las condiciones de trabajo pueden cambiar parcialmente dichas conclusiones.



(izquierda)
Perforadora con corona y soporte.

(derecha)
Tráfico habitual alrededor de la obra.

3 METODOLOGÍA

3.1 CRITERIOS DE APLICACIÓN

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.
- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. INSST.
- Real Decreto 485/1997, 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 773/1997, 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 244/2016, de 3 de junio, por el que se desarrolla la Ley 32/2014, de 22 de diciembre, de Metrología.
- Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la medición de sonido audible y de los calibradores acústicos.
- UNE-EN 61252/A1. Electroacústica. Especificaciones para medidores personales de exposición sonora.

- UNE-EN 458:2016. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, cuidado y mantenimiento. Documento guía.
- UNE-EN IEC 60942: 2019. Electroacústica. Calibradores acústicos.
- UNE-EN 61672-1:2014. Electroacústica. Sonómetros. Parte1: especificaciones.
- UNE-EN 61672-2:2014. Electroacústica. Sonómetros. Parte 2: ensayos de evaluación de modelo.
- UNE-EN 61672-3:2014. Electroacústica. Sonómetros. Parte 3: ensayos periódicos.
- ISO 1999:2013. Acoustics. Estimation of noise-induced hearing loss.
- UNE-EN-ISO 9612:2009. Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.

3.2. EQUIPOS UTILIZADOS

Para realizar las mediciones se ha empleado el siguiente equipo:

EQUIPO	MARCA	MODELO	Nº SERIE
SONÓMETRO	CESVA	SC102	T238346

El equipo está incluido dentro de un programa de calibración y verificación periódica.

3.3. ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Las mediciones se han realizado siguiendo el protocolo establecido en el apéndice 5 de la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, y la norma UNE-EN-ISO

9612: determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.

En todos los casos, los niveles sonoros $L_{Aeq,d'}$ definidos en el Real Decreto 286/2006 se van a expresar como:

$$L_{EX(8h)} \pm U$$

Siendo:

$L_{EX(8h)}$: valor medio obtenido del nivel continuo equivalente diario para el puesto de trabajo en cuestión.

U : incertidumbre expandida asociada a los resultados.

El protocolo mencionado establece tres posibles estrategias para la realización de las mediciones según el perfil de exposición al ruido de los trabajadores, en el siguiente apartado se describe la utilizada.

Mediciones basadas en la tarea

Para la realización de este tipo de medición se dividen cada uno de los puestos de trabajo analizados en tareas, para cada una de las cuales se calcula un nivel equivalente medio de presión sonora, obtenido como media de los diferentes muestreos realizados para una misma tarea, utilizando la expresión:

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,mi}} \right) \text{dB}$$

Donde:

$L_{p,A,eqT,m}$ es el nivel equivalente durante la operación m ,

$L_{p,A,eqT,mi}$ es el resultado de cada una de las mediciones de dicha operación e I es el número de mediciones.

Una vez conocidos estos valores para cada una de las tareas y conocido también el tiempo medio de cada una de estas tareas con respecto al global de la jornada de trabajo, dato obtenido de la información proporcionada por la empresa, se calcula un valor de exposición del trabajador en este puesto de trabajo con la expresión:

$$L_{EX,8h} = 10 \lg \left(\sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right) \text{dB}$$

En este tipo de mediciones, se calcula la incertidumbre siguiendo la expresión:

$$u^2 = \left(\sum_{m=1}^M \left[c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2 \right] \right)$$

Donde:

$u_{1a,m}$ es la incertidumbre estándar debida al muestreo de la operación m .

$u_{1b,m}$ es la incertidumbre estándar debida a la estimación de la duración de la operación m .

$u_{2,m}$ es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medición usado para la operación m .

u_3 es la incertidumbre estándar debida a la imperfecta selección de la posición del micrófono en la operación m .

T_m es el valor medio de los valores obtenidos del tiempo de duración de la operación m .

$c_{1a,m}$, $c_{1b,m}$ es el coeficiente de sensibilidad correspondiente a la operación m .

Para conocer el método de cálculo de cada uno de los factores se puede consultar la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

La incertidumbre expandida es $U = 1,65 \times u$.

4 RESULTADOS OBTENIDOS

Siguiendo los criterios y metodología descrita anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

4.1. Perforadora de oruga horizontal. Retirada de los tubos horizontales insertados en el muro pantalla. El trabajador está situado en el cuadro de control de la perforadora.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Retirada de los tubos horizontales insertados en el muro pantalla. El trabajador está situado en el cuadro de control de la perforadora.	81,3	82,0	80,6	8	81,3	± 2,1	81,3	± 3,4	108,1

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX(8h)}, ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.2. Compresor de gasoil en interior del túnel. Supervisión del funcionamiento del compresor.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Supervisión del funcionamiento del compresor. Medición realizada a 1 metro del equipo.	92,0	92,3	91,7	8	92,0	± 1,8	92,0	± 3,0	98
Supervisión del funcionamiento del compresor. Medición realizada a 2 metros del equipo.	85,2	85,0	85,3	8	85,2	± 1,8	85,2	± 3,0	-
Supervisión del funcionamiento del compresor. Medición realizada a 3 metros del equipo.	83,0	83,1	83,1	8	83,1	± 1,8	83,1	± 3,0	-

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX(8h)}, ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.3. Pala cargadora CATERPILLAR 963C sobre cadenas y camión. Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel sur. Medición realizada a 20 metros de la zona de trabajo.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel sur. Medición realizada a 20 metros de la zona de trabajo.	86,7	89,1	88,2	8	88,1	± 2,8	88,1	± 4,7	111,2

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.4. Miniexcavadora EUROCOMACH ES95TR con martillo hidráulico. Máquina picando asfalto. Supervisión del funcionamiento de la máquina desde el exterior de la cabina. Medición realizada a 10 metros del equipo de trabajo.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Máquina picando asfalto. Supervisión del funcionamiento de la máquina desde el exterior de la cabina. Medición realizada a 10 metros del equipo de trabajo.	88,3	86,9	88,5	8	88,0	± 2,2	88,0	± 3,6	95,0

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. L_{EX}(8h), ponderado a 8 horas.
 L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
 u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
 U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. U = 1,65•u.
 L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.5. Martillo neumático manual de tamaño pequeño. Trabajador picando asfalto.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{AEq,d}		L _{AEq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Trabajador picando asfalto.	104,0	105,7	104,5	8	104,8	± 2,2	104,8	± 3,6	125,5

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{AEq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.6. Movimiento de camiones en vacío y en carga. Trabajador realizando tareas de control de carga de material en los camiones.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{AEq,d}		L _{AEq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Movimiento de camiones sin carga, bajando marcha atrás por rampa de hormigón y con avisador acústico operativo.	76,8	78,3	79,3	8	78,3	± 2,8	78,3	± 4,7	105,8
Movimiento de camiones con carga, subiendo por rampa de hormigón.	86,0	88,7	86,5	8	87,2	± 3,3	87,2	± 5,5	109,5

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{AEq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.7. Plataforma elevadora móvil de personal.

Trabajador utilizando el equipo. No se realizan tareas que generen ruido adicional.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Trabajador utilizando el equipo. No se realizan tareas que generen ruido adicional.	75,6	75,4	75,9	8	75,6	± 1,8	75,6	± 3,0	102,0

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.8. Excavadora giratoria sobre cadenas

HITACHI y camión. Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel norte. Medición realizada a 10 metros de la zona de trabajo.

Resultados obtenidos.

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _{Aeq,d}		L _{Aeq,d}		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX(8h)} dBA	u ± dBA	L _{EX(8h)} dBA	U ± dBA	
Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel norte. Medición realizada a 10 metros de la zona de trabajo.	81,5	82,5	80,0	8	81,5	± 2,8	81,5	± 4,7	109,5

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX(8h)}**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_{Aeq,d}, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.9. Perforadora con corona y soporte, por vía húmeda. Realizando perforación en loseta de acera.

Resultados obtenidos

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Realizando perforación en loseta de acera.	89,2	87,3	86,9	8	87,9	± 2,8	87,9	± 4,7	107,4

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX}(8h)**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

4.10. Tráfico habitual alrededor de la obra. Nivel de ruido generado por el tráfico existente en el exterior de la zona acotada de obra.

Resultados obtenidos

OPERACIÓN	Muestreo de operaciones			Exposición diaria (horas)	L _A Eq,d		L _A Eq,d		L _{pico}
	L1 dBA	L2 dBA	L3 dBA		L _{EX} (8h) dBA	u ± dBA	L _{EX} (8h) dBA	U ± dBA	
Nivel de ruido generado por el tráfico existente en el exterior de la zona acotada de obra.	76,1	75,5	77,0	8	76,2	± 2,1	76,2	± 3,4	110,7

L_{EX}, nivel sonoro equivalente calculado según norma UNE EN ISO 9612. **L_{EX}(8h)**, ponderado a 8 horas.
L_{pico}, nivel de pico en dBC, según se define en el RD 286/2006.
u, incertidumbre típica combinada asociada a los resultados.
U, incertidumbre expandida para un intervalo de confianza unilateral del 95%. $U = 1,65 \cdot u$.
L_AEq,d, dosis diaria de exposición al ruido definida en el RD 286/2006.

5 VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para realizar la valoración de los resultados obtenidos se tiene en cuenta el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.

En el mismo se fijan unos valores límite de exposición $L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 140 \text{ dB(C)}$. Al aplicar el valor límite de exposición, para determinar la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por el/la trabajador/a.

Además, este Real Decreto marca dos tipos de valores de exposición que dan lugar a una acción:

→ Valor superior de exposición que da lugar a una acción:

$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 137 \text{ dB(C)}$.

→ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción:

$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$ y $L_{pico} = 135 \text{ dB(C)}$.

Por tanto, la clasificación de las tareas realizadas según los niveles de exposición que dan lugar a una acción, se refleja en el siguiente cuadro, por comparación directa con los valores obtenidos:



$L_{Aeq,d} < 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} < 135 \text{ dB(C)}$ Puestos no sujetos a Real Decreto 286/2006	$L_{Aeq,d} > 80 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} > 135 \text{ dB(C)}$ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción	$L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} > 137 \text{ dB(C)}$ Valor superior de exposición que da lugar a una acción
	Perforadora de oruga horizontal. Retirada de los tubos horizontales insertados en el muro pantalla. El trabajador está situado en el cuadro de control de la perforadora.	
		Compresor de gasoil en interior del túnel. Supervisión del funcionamiento del compresor. Medición realizada a 1, 2 y 3 metros del equipo.
		Pala cargadora CATERPILLAR 963C sobre cadenas y camión. Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel sur. Medición realizada a 20 metros de la zona de trabajo.
		Miniexcavadora EUROCO-MACH ES95TR con martillo hidráulico. Máquina picando asfalto. Supervisión del funcionamiento de la máquina desde el exterior de la cabina. Medición realizada a 10 metros del equipo de trabajo.
		Martillo neumático manual de tamaño pequeño. Trabajador picando asfalto.
	Movimiento de camiones sin carga, bajando marcha atrás por rampa de hormigón y con avisador acústico operativo.	

$L_{Aeq,d} < 80 \text{ dB(A)}$ y /o $L_{pico} < 135 \text{ dB(C)}$ Puestos no sujetos a Real Decreto 286/2006	$L_{Aeq,d} > 80 \text{ dB(A)}$ y /o $L_{pico} > 135 \text{ dB(C)}$ Valor inferior de exposición que da lugar a una acción	$L_{Aeq,d} > 85 \text{ dB(A)}$ y/o $L_{pico} > 137 \text{ dB(C)}$ Valor superior de exposición que da lugar a una acción
		Movimiento de camiones con carga, subiendo por rampa de hormigón.
Plataforma elevadora móvil de personal. Trabajador utilizando el equipo. No se realizan tareas que generen ruido adicional.		
		Excavadora giratoria sobre cadenas HITACHI y camión. Supervisión de tareas de carga de material en el camión. Zona: frente del túnel norte. Medición realizada a 10 metros de la zona de trabajo.
		Perforadora con corona y soporte, por vía húmeda. Realizando perforación en loseta de acera.
Tráfico habitual alrededor de la obra. Nivel de ruido generado por el tráfico existente en el exterior de la zona acotada de obra.		



FINANCIADO POR:



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRABAJO, MIGRACIONES
Y SEGURIDAD SOCIAL



FUNDACIÓN
ESTATAL PARA
LA PREVENCIÓN
DE RIESGOS
LABORALES, F.S.P.



FUNDACIÓN
LABORAL
DE LA CONSTRUCCIÓN