

# Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra

2012

Con la mecanización de los procesos productivos, se han optimizado, mejorado y facilitado las tareas, pero también se han introducido nuevos riesgos. En mayor o menor medida todas las máquinas generan ruido y vibraciones siendo algo intrínseco al funcionamiento de las mismas. No obstante éste progreso, debe verse influenciado por los principios de acción preventiva considerándose su diseño, uso y mantenimiento para así minimizar los riesgos. Este manual se va a centrar en la generación de ruidos y vibraciones y su incidencia.

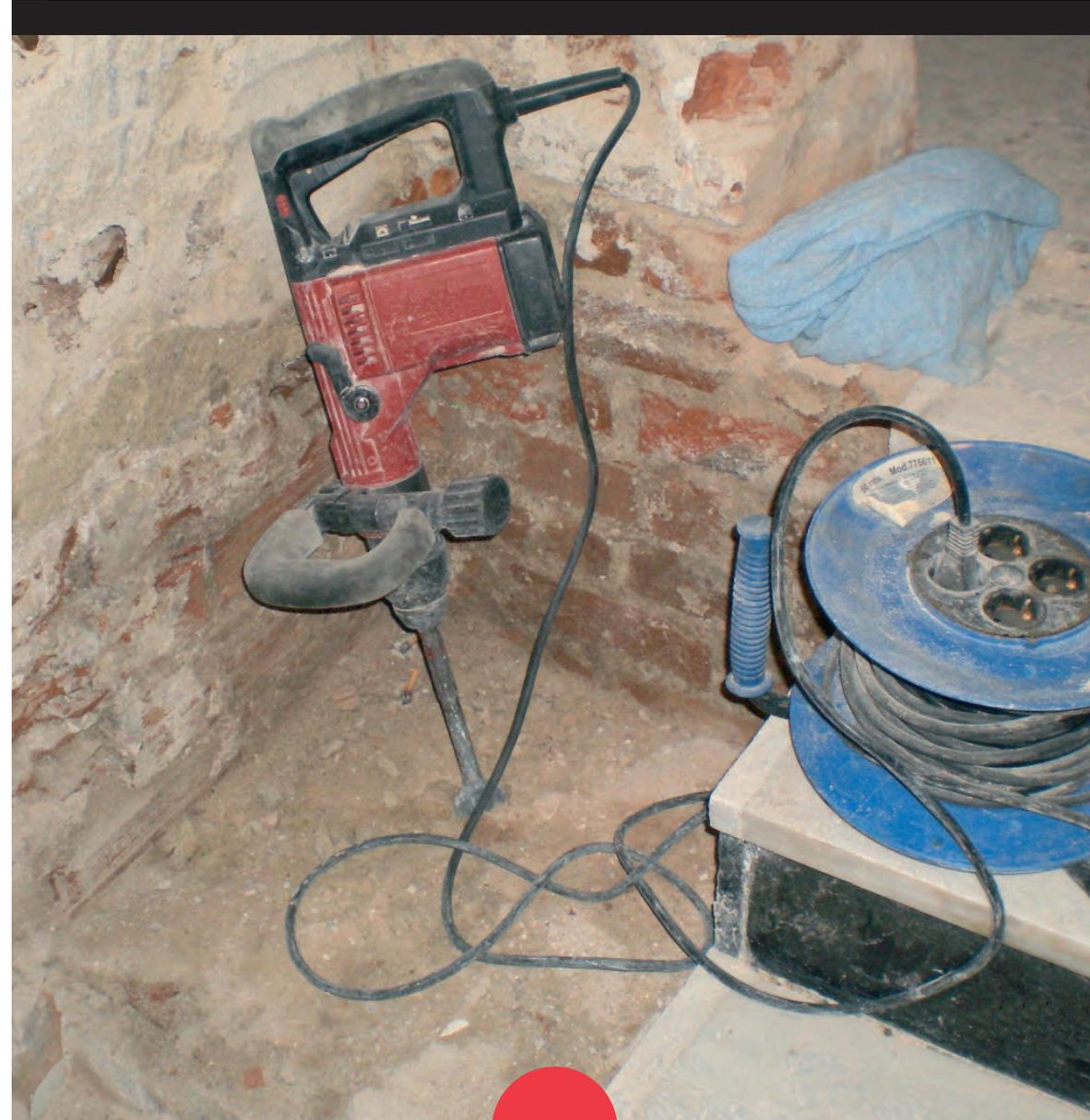


Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra 2012



# Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra

2012



PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES





# Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra

2012



CONSEJERÍA DE EMPLEO, TURISMO Y CULTURA  
**Comunidad de Madrid**

Esta versión digital forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Empleo, Turismo y Cultura de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión se encuentran amparadas por el marco legal de la misma

[www.madrid.org/culpubli](http://www.madrid.org/culpubli)  
[culpubli@madrid.org](mailto:culpubli@madrid.org)



El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo colabora en esta publicación en el marco del III Plan Director de Prevención de Riesgos Laborales de la Comunidad de Madrid 2007-2011 y no se hace responsable de los contenidos de la misma ni las valoraciones e interpretaciones de sus autores. La obra recoge exclusivamente la opinión de su autor como manifestación de su derecho de libertad de expresión.

**[www.madrid.org](http://www.madrid.org)**

Tirada: 2000 ejemplares  
1ª Edición - 11/2012

Maqueta e imprime: AVANCE SERVICIO INTEGRAL GRÁFICO, S.L.  
C/ Belmonte de Tajo, 55 - 1º C. 28019 Madrid  
Tel.: 91 428 04 94

Depósito Legal: M-36120-2012

**Impreso en España - Printed in Spain**

---

# Índice

---

<b>Presentación</b> .....	11
<b>Introducción</b> .....	15
<b>Vibraciones</b> .....	17
<b>1. Definición</b> .....	17
<b>2. Clasificación de las vibraciones</b> .....	21
<b>2.1. Según la parte del cuerpo a la que afectan</b> .....	21
<b>2.2. Según las características físicas</b> .....	22
<b>2.3. Según la frecuencia de las vibraciones</b> .....	22
<b>2.4. Según el origen de las vibraciones</b> .....	23
<b>2.5. Según el tiempo de exposición y su distribución</b> .....	24
<b>3. Efectos de la acción directa de las vibraciones sobre el organismo</b> .....	27
<b>3.1. Factores</b> .....	27
<b>3.2. Conceptos básicos de medida de las vibraciones</b> .....	28
3.2.1. Magnitud.....	28
3.2.2. Frecuencia.....	29
3.2.3. Dirección.....	32
3.2.4. Duración.....	34
3.2.5. Impedancia.....	35
3.2.6. Efectos de la exposición a vibraciones globales en cuerpo completo.....	35
3.2.7. Efectos de la exposición a vibraciones parciales.....	40

<b>4. Medición de las vibraciones</b> .....	45
<b>4.1. Diferentes mediciones a realizar</b> .....	45
<b>4.2. Duración de las mediciones</b> .....	48
<b>4.3. Medición de la aceleración</b> .....	50
<b>4.4. Equipos de medida de vibraciones</b> .....	50
<b>4.5. Localización y montaje de los acelerómetros</b> .....	52
<b>4.6. Datos que aportan los equipos de medida</b> .....	54
<b>4.7. Comprobación y verificación de equipos de medida</b> .....	58
<b>4.8. Cálculo del valor de exposición diaria a vibraciones normalizado para un periodo de 8 horas</b> .....	58
4.8.1. Vibraciones mano-brazo.....	58
4.8.2. Vibraciones cuerpo entero.....	61
<b>4.9. Cálculo del valor de exposición a vibraciones para un periodo superior a un día</b> .....	62
<b>5. Evaluación de riesgos</b> .....	65
<b>6. Tecnologías para la reducción de las vibraciones</b> .....	77
6.1. Tecnologías tradicionales.....	77
6.2. Tecnologías modernas.....	78
<b>7. Equipos de protección individual</b> .....	81
<b>8. Estudio de la aplicación de sistemas de control de vibraciones en maquinaria de obra</b> .....	83
<b>9. Prácticas sencillas para disminuir los efectos de las vibraciones</b> .....	89
9.1. Acciones técnicas a nivel de fabricante.....	89
9.2. Acciones organizativas.....	90
9.3. Acciones técnicas a nivel de obra.....	90
9.4. Datos complementarios.....	94

<b>Ruido</b> .....	115
<b>1. Sonido, ruido y contaminación acústica</b> .....	115
<b>2. Clasificación del ruido</b> .....	119
<b>2.1. Conceptos básicos de medida del ruido</b> .....	122
2.1.1. Velocidad del sonido (c).....	122
2.1.2. Periodo (T).....	122
2.1.3. Longitud de onda ( $\lambda$ ).....	123
2.1.4. Intensidad.....	123
2.1.5. Presión acústica.....	124
2.1.6. Frecuencia (f).....	125
2.1.7. Nivel de presión acústica ponderado A ( $L_{pA}$ ).....	126
2.1.8. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ).....	128
2.1.9. Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ).....	129
2.1.10. Nivel de exposición semanal equivalente, ( $L_{Aeq,s}$ ).....	130
2.1.11. Nivel de pico ( $L_{pico}$ ).....	131
2.1.12. Potencia acústica (W).....	131
2.1.13. Índice de impulsividad.....	132
<b>3. Efectos de la acción directa del ruido sobre el organismo</b> .....	135
<b>3.1. Efectos auditivos</b> .....	135
3.1.1. El oído.....	136
<b>3.2. Efectos no auditivos</b> .....	138
<b>3.3. Factores que influyen en los efectos             del ruido sobre la salud</b> .....	141
<b>4. Medición del ruido</b> .....	143
<b>4.1. Técnicas de medida del ruido</b> .....	143
4.1.1. Los micrófonos.....	145
4.1.2. Los sonómetros.....	146
4.1.3. Los analizadores FFT.....	154
4.1.4. Calibradores acústicos.....	155

<b>5. Estrategias de medición del ruido</b> .....	157
5.1. Cálculo del valor de exposición basada en la tarea u operación.....	157
5.2. Cálculo del valor de exposición basada en el trabajo o función.....	158
5.3. Cálculo del valor de exposición diaria al ruido, en una jornada de trabajo completa.....	158
<b>6. Evaluación de riesgos</b> .....	161
6.1. Nivel diario equivalente inferior o igual 80 dBA y nivel pico inferior o igual a 135 dB.....	164
6.2. Nivel diario equivalente situado entre 80 dBA y 85 dBA.....	164
6.3. Nivel diario equivalente superior a 85 dbA o Nivel pico mayor de 137 dBC.....	165
6.4. Nivel diario equivalente superior a 87 dBA o Nivel pico mayor de 140 dBC.....	166
<b>7. Equipos de proteccion individual</b> .....	171
7.1. Tipos de protectores auditivos.....	173
7.2. Protectores auditivos tipo “orejeras”.....	175
7.3. Casco antirruído.....	175
7.4. Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección.....	176
7.5. Protectores auditivos dependientes del nivel.....	177
7.6. Protectores auditivos con aparatos de intercomunicación.....	178
7.7. Protectores auditivos con reducción activa del ruido (anr).....	178
7.8. Recomendaciones para la evaluación de EPI.....	179
7.9. Atenuación acústica de los protectores.....	182
<b>8. Señalización relativa al ruido</b> .....	187

<b>9. Prácticas para disminuir los efectos de la exposición al ruido</b> .....	189
<b>9.1. Organización del trabajo</b> .....	189
<b>9.2. Reducción del ruido en la fuente emisora</b> .....	189
<b>9.3. Revestimiento de aislamientos</b> .....	189
<b>9.4. Utilización de maquinaria moderna</b> .....	189
<b>9.5. Control adecuado de la velocidad de los vehículos en la obra</b> .....	190
<b>9.6. Mantenimientos adecuados de toda la maquinaria de obra</b> .....	190
<b>9.7. Mantener en funcionamiento los equipos exclusivamente durante su uso</b> .....	190
<b>9.8. Utilización de equipos de protección individual</b> .....	190
<b>9.9. Formación e información de los trabajadores</b> .....	190
<b>9.10. Vigilancia de la salud</b> .....	191
<b>10. Secuencia de medidas técnicas y organizativas para disminuir los efectos de la exposición al ruido</b> .....	193
<b>11. Protocolo de vigilancia sanitaria específica de ruido</b> .....	207
<b>11.1. Métodos para la exploración de la audición</b> .....	209
<i>11.1.1. La acumetría</i> .....	209
<i>11.1.2. La audiometría</i> .....	213
<b>11.2. Protocolo sanitario específico</b> .....	214
<b>12. Ejemplo concreto en una obra de construcción</b> .....	217



---

## Presentación

---

Entre los sectores productivos a los que dirige sus actuaciones el III Plan Director en Prevención de Riesgos Laborales de la Comunidad de Madrid, encontramos, en una posición destacada, al sector de la Construcción.

Dentro de éste, nos es necesario, además, tener en cuenta aquellos subsectores de actividad económica que se consideran de mayor riesgo con el objetivo de mejorar las condiciones de trabajo y reducir los índices de siniestralidad laboral en nuestra comunidad autónoma.

Sobre estas premisas y asumiendo los Objetivos Generales recogidos en la actual Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo (2007-2012) y en cumplimiento de los Objetivos marcados en el III Plan Director de Prevención de Riesgos Laborales de la Comunidad de Madrid, AECOM propone como primera actividad dentro del proyecto a desarrollar en la anualidad 2012 la elaboración, edición y distribución de 10 manuales de prevención de riesgos laborales, que con gran satisfacción presento al lector a través de estas líneas.

Ocho de ellos pertenecen a una colección específicamente dirigida a Pymes y microempresas:

1. Conservación de edificios
2. Conservación de viales en entorno urbano
3. Derribos (desarme y derribo manual)
4. Carga, transporte y descarga de materiales
5. Trabajos en presencia de amianto
6. Ruido y vibraciones en la maquinaria de obra
7. Seguridad efectiva en entornos multiculturales
8. Protecciones personales en obras de la construcción

Y los dos últimos (noveno y décimo) se integran dentro de las colecciones editadas en años anteriores:

9. Conservación de carreteras
10. Estaciones de tratamiento de agua potable (ETAP)

Con esta actividad AECOM pretende:

- **Sensibilizar e informar** en materia preventiva a empresas medianas, pequeñas y microempresas.
- **Asesorar** a empresarios titulares de microempresas sobre la mejor forma de organizar, sus recursos preventivos y sus actividades preventivas.
- **Impulsar** en las microempresas la formación de trabajadores en prevención de riesgos laborales con un nivel suficiente y adecuado para llevar a cabo una función de enlace con el servicio de prevención ajeno, para el control de la eficacia de las actividades preventivas.
- **Reforzar** la prevención de las enfermedades profesionales.

Este proyecto no hubiera podido llegar a buen puerto sin la financiación del mismo por la Consejería Empleo, Turismo y Cultura y sin la inestimable ayuda, tanto de los técnicos del IRSST como de los que integran la Comisión de Seguridad y Salud en el Trabajo de AECOM y, especialmente, de las siguientes empresas:

- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.U.
- DRAGADOS, S.A.
- FCC, S.A.
- FERROVIAL AGROMAN, S.A.
- ISOLUX CORSAN, S.A.
- OHL
- ORTIZ CTNES.Y PROYECTOS, S.A.
- SACYR VALLEHERMOSO
- TORREDOZ PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES, S.L.U.

Muchas gracias a todos.

Madrid a 30 de noviembre de 2012

Francisco Ruano Tellaeche  
Presidente





---

## Introducción

---

Los trabajos de construcción, tanto de edificación como de obra pública, se realizan con múltiples tipos de maquinaria, ya sea de movimiento de tierras, pasando por hormigoneras, camiones, compactadoras, vibradores de hormigón, martillos hidráulicos, sierras de todo tipo de materiales hasta las ligeras máquinas manuales.

Con la mecanización de los procesos productivos, sustituyendo herramientas manuales por maquinaria, se han optimizado, mejorado y facilitado las tareas, pero también se han introducido nuevos riesgos.

Ese progreso, debe verse influenciado por los principios de acción preventiva considerándose desde su diseño y así minimizar los riesgos desde el origen.

Todas las máquinas generan ruido y vibraciones en mayor o menor medida siendo algo intrínseco al funcionamiento de las mismas.

El ruido y las vibraciones tienen un origen común en la maquinaria, produciendo, cuando se generan niveles elevados, una sensación de discomfort a la que le sucede una reducción de la seguridad y la posibilidad de ocasionar enfermedades profesionales.

Así mismo, no podemos olvidar que ambos generan una contaminación en el entorno que cada vez se trata de controlar con mayor empeño, aunque no sea tema de este libro.

La solución para reducir los índices, tanto de vibraciones como de ruido, comienza actuando sobre la propia fuente de generación, es decir sobre la propia maquinaria. Por este motivo, los mercados y la normativa son cada vez más exigentes obligando a los fabricantes a investigar y aplicar nuevas tecnologías y mecanismos que permitan una reducción de los mismos.

Este manual se va a centrar en la generación de ruidos y vibraciones y su incidencia.



---

## Vibraciones 1. Definición

---

El diccionario de la Real Academia Española define vibrar como *oscilar alternativamente en torno a su posición de equilibrio*.

Es decir, consideramos que un cuerpo vibra, cuando sus partículas o moléculas se ven influenciadas por un movimiento de oscilación respecto de una posición de equilibrio de referencia.

Las vibraciones hay que contemplarlas en el entorno próximo a la fuente de emisión, debido a que puede producir alteraciones en:

### Los materiales

Cuando se realiza una obra con edificaciones en las proximidades, hay que tener en cuenta que la maquinaria empleada (fuente de emisión) genera vibraciones y dependiendo del tipo que se emplee y las vibraciones que generen puedan causar daños en las estructuras de los edificios colindantes, en las vías públicas, en los taludes contiguos, en instalaciones enterradas perimetrales, etc. Así mismo, en la edificación que se esté ejecutando y el propio elemento a ejecutar.

Aunque estos efectos ocasionen en primer lugar desperfectos materiales, pueden ocasionar efectos en los trabajadores.

Como accidentes laborales a destacar donde la causa principal son las vibraciones, tenemos los producidos por la maquinaria pesada que produce un corrimiento de tierras, o los martillos percutores manuales para realizar rozas de instalaciones que producen el derrumbamiento de muros cuando se encuentran recién construidos y no ha fraguado el mortero, e incluso la utilización de motores para la ejecución de grandes estructuras en el caso de puentes, pasarelas, cubiertas, etc.

Si bien estos efectos son producidos por las vibraciones, no son objeto de este libro.

## Los humanos

La exposición a vibraciones, se produce cuando al entrar en contacto con los organismos, los imbuyen en un movimiento oscilatorio generado por otro elemento, pudiendo afectar a la totalidad del cuerpo o a una parte concreta, produciendo mareos, cefaleas, trastornos gástricos, etc.

Al igual que el ruido, dos de las características que posee, son su comportamiento físico muy variado, así como su origen. Pueden proceder de los propios procesos de transformación, del funcionamiento de la maquinaria o herramientas y de las fuerzas naturales.

Existen distintas magnitudes utilizadas para describir los efectos de las vibraciones aunque la más frecuentemente utilizada es la aceleración, que se estudiará en los apartados siguientes.





---

## 2. Clasificación de las vibraciones

---

Las vibraciones se pueden clasificar según distintos aspectos:

### 2.1. Según la parte del cuerpo a la que afectan

#### a) Vibraciones globales.

Cuando afectan a todo el cuerpo en su totalidad. Estas vibraciones no tienen la misma incidencia en todos los individuos al depender de la postura y de la sensibilidad de cada persona. A este tipo de vibraciones, se le asocian traumatismos en la columna vertebral, dolores abdominales, problemas de equilibrio, dolores de cabeza, trastornos digestivos, visuales y del sueño. A pesar de ello, no hay estudios que permitan determinar con exactitud que todos estos síntomas sean consecuencia de la exposición a vibraciones globales.

El R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, define como vibración transmitida al cuerpo entero: *la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en particular lumbalgias y lesiones en la columna vertebral.*

#### b) Vibraciones parciales.

Cuando afectan a subsistemas del cuerpo. Las más características son la denominada “mano-brazo” por ser la zona de contacto con la fuente de vibración. Son propias de las herramientas manuales.

El R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre define como vibración transmitida al sistema mano-brazo: *la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano o brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.*

## 2.2. Según las características físicas

### a) Vibraciones libres, periódicas o sinusoidales.

Cuando existen fuerzas externas que modifican la amplitud de las sucesivas ondas.

Es la que se reproduce a intervalos de tiempo iguales.

Las vibraciones periódicas se pueden descomponer en una suma de funciones senoidales, teniendo cada una de ellas su propia frecuencia y amplitud.

### b) Vibraciones no periódicas.

Cuando se produce un movimiento oscilatorio transitorio, como sucede en el caso de golpes o cualquier otro tipo de choque, en el que se produce una liberación de energía en un corto periodo de tiempo.

### c) Vibraciones aleatorias.

Cuando se produce de forma irregular, no pudiendo preverse su amplitud en un momento concreto, por lo que no es suficiente conocer el espectro frecuencial sino que habrá que añadir un estudio de probabilidad.

## 2.3. Según la frecuencia de las vibraciones

En general la capacidad de absorción del organismo de las vibraciones es inversamente proporcional a la frecuencia. Por ello, la frecuencia es uno de los parámetros determinantes, por lo que las podemos clasificar:

### a) Muy bajas frecuencias (menores a 1Hz).

Son las vibraciones de aceleración que suelen transmitirse en los medios de transporte causando alteraciones en el oído y en el sentido del equilibrio.

**b) Baja y medias frecuencias** (de 1Hz a 20 de Hz).

Estas vibraciones afectan a la columna vertebral, aparato digestivo, visión y función cardiovascular.

**c) Altas frecuencias** (de 20 a 300Hz).

Estas pueden producir problemas circulatorios, en las articulaciones, musculares e incluso quemaduras por el rozamiento.

Un ejemplo de máquinas que tienen estas frecuencias lo podemos encontrar en algunas máquinas manuales como las percutoras rotativas.

## 2.4. Según el origen de las vibraciones

**a) Vibraciones generadas en procesos de transformación.**

Suelen ser vibraciones no periódicas, como las que se originan por los martillos neumáticos, prensas, tronzadoras que se generan entre las piezas de la máquina y los elementos que transforman.

**b) Vibraciones propias del funcionamiento de las máquinas o de los propios materiales.**

En estas nos encontramos las producidas por los motores, alternadores y los que provienen de la circulación de la maquinaria por terrenos irregulares de las obras.

**c) Vibraciones por fallos en el funcionamiento de las máquinas.**

Suelen deberse a un incorrecto mantenimiento de las mismas, generado por desgastes de piezas, falta de lubricación, desequilibrados, etc.

## 2.5. Según el tiempo de exposición y su distribución

### a) Con exposición breve.

Pueden afectar al sistema nervioso.

### b) Con exposición prolongada o de larga duración.

Afectan fundamentalmente a la región lumbar de la columna.





---

## 3. Efectos de la acción directa de las vibraciones sobre el organismo

---

### 3.1. Factores

De la citada clasificación de las vibraciones podemos deducir, que los efectos de la acción directa de las vibraciones van a depender fundamentalmente de los siguientes factores:

- De la zona afectada del cuerpo.
- De la frecuencia.
- Del tiempo de exposición y su distribución.

También se debe considerar como factor adicional, la posición del trabajador cuando realiza sus tareas y se encuentra expuesto a las vibraciones, al estimarse que la tolerancia decrece cuando el individuo está sentado.

Las vibraciones pueden causar diferentes efectos pasando de un simple malestar a una alteración grave para la salud, dependiendo de las características propias del individuo como edad, sexo, antecedentes clínicos, etc.

Diferentes estudios establecen una correspondencia entre los tipos de vibraciones con las distintas actividades relacionadas con la construcción.

ACTIVIDAD	TIPO DE VIBRACIONES	FUENTES MÁS COMUNES
Máquinas-herramientas	Parciales	Herramientas manuales vibrantes
Movimiento de tierras	Globales	Maquinaria pesada: cargadoras, excavadoras, rodillos compactadores, motoniveladoras, etc.
Cimentación	Globales	Pilotadoras, cucharas hidráulicas, cucharas mecánicas, extractores hidráulicos, hidrofresas
Maquinaria de obra pública	Globales	Equipos pesados
Fabricación de hormigón	Globales	Hormigoneras, vibradores, compactadores
Estructuras de hierro y acero en obra	Parciales	Maquinaria vibrante: cizallas, dobladoras, mesas de corte
Carpintería de madera	Parciales	Sierras y lijadoras
Estructuras de hormigón en obra	Parciales	Hormigoneras, vibradores, compactadores
Transporte de materiales	Globales	Camiones articulados o no, carretillas elevadoras, bombas de hormigón

Más adelante estudiaremos los distintos aspectos de los efectos producidos por las vibraciones en el organismo según afecten de forma global o parcial.

## 3.2. Conceptos básicos de medida de las vibraciones

### 3.2.1. Magnitud

Las vibraciones producen movimientos oscilatorios que alternativamente, van en una dirección y después en la opuesta. Esto significa que el objeto experimenta una aceleración constante en cada uno de sus movimientos.

La magnitud de la vibración puede cuantificarse en función de:

**1) Su desplazamiento:**

a) Valor pico-pico.

Midiendo la distancia entre los extremos que alcanza en la vibración.

b) Valor pico.

Midiendo la distancia entre el punto central y el extremo máximo.

**2) Su aceleración.**

Se mide con acelerómetros en  $m/s^2$ .

Es importante hacer hincapié en que los desplazamientos producidos por las vibraciones no tienen por qué ser perceptibles visualmente para tener efectos perjudiciales para la salud. Por ello, suelen ir acompañados de las medidas de aceleración y frecuencia.

### 3.2.2. Frecuencia

La frecuencia es el número de veces que vibra por segundo, se expresa en ciclos por segundos o hertzios (Hz).

Ésta influye:

- a) A la superficie con que se transmiten las vibraciones al cuerpo, como una empuñadura de una máquina manual o el asiento de un dumper.
- b) A la superficie del cuerpo en la que se transmite (**transmisibilidad**), que determinará la zona afectada como desde la empuñadura donde se encuentra la mano hasta el hombro o desde el asiento a través de la columna vertebral hasta la cabeza.

La transmisibilidad al cuerpo depende también del eje de vibración y de la postura del cuerpo.

Es importante conocer la relación entre el desplazamiento y la aceleración de un movimiento.

Para un movimiento de una sola frecuencia (senoidal), el valor promedio o eficaz es el valor pico dividido por 2.

Así mismo, en este tipo de movimientos podemos calcular

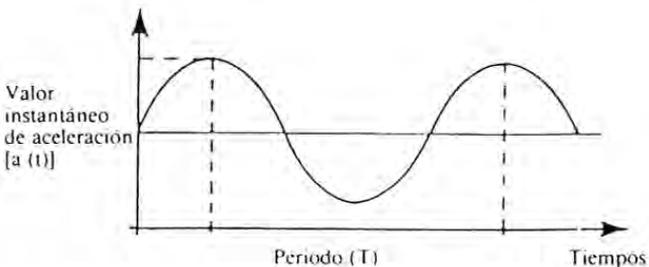
$$a = (2\pi f)^2 \times d$$

Siendo:

$a$  = aceleración en  $m/s^2$

$f$  = la frecuencia en ciclos por segundo (Hz)

$d$  = desplazamiento en m

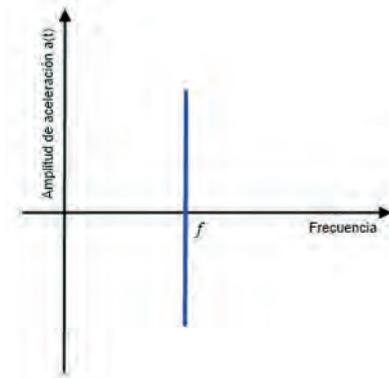


*Figura 01. Representación de onda senoidal. Espectro temporal.*

La vibración senoidal es la vibración más sencilla y cuya representación gráfica se realiza con el valor instantáneo de aceleración ( $a$ ) y en función del tiempo ( $t$ ) lo que se llama espectro temporal. (figura 01).

Asimismo podemos representar una vibración senoidal en función de la frecuencia de aceleración ( $f$ ) lo que se llama espectro frecuencial. (figura 02).

*Figura02. Espectro frecuencial de una onda senoidal.*



Normalmente, las vibraciones que transmiten las máquinas no son de una frecuencia determinada, sino un conjunto de vibraciones de diferentes frecuencias.

Por esta razón, cuando medimos vibraciones, no se consideran frecuencias individuales, sino que se van a agrupar en bandas de tercio de octava.

Con la finalidad de armonizar las mediciones, solamente se tienen en cuenta las frecuencias centrales comprendidas entre 6,3 y 1.250 Hz en el caso de las vibraciones mano-brazo y entre 0,5 y 80 Hz para las vibraciones de cuerpo entero.

### 3.2.3. Dirección

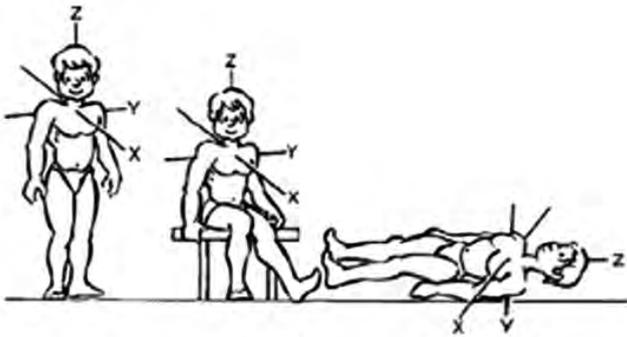
Las vibraciones se pueden producir en tres ejes lineales (longitudinal, lateral y vertical) y tres rotacionales (balanceo, cabeceo y deriva).

La incidencia de la vibración se expresa en unos ejes ortogonales de transmisión al cuerpo humano. Por ello, se han fijado unos sistemas de coordenadas.

#### Para vibraciones transmitidas al cuerpo entero

Se tomarán como ejes de referencia: (figura 03).

- Eje x: Dirección espalda - pecho. Sentido positivo: hacia el frente
- Eje y: Dirección hombro - hombro. Sentido positivo: hacia hombro izquierdo
- Eje z: Dirección pies - cabeza. Sentido positivo: hacia la cabeza



*Figura 03. Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo.*

### **Para vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo**

Se tomarán ejes de referencia según dos métodos:

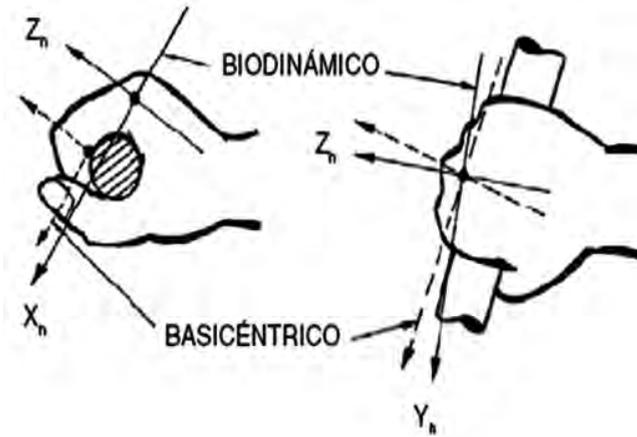
#### **SISTEMA BIODINÁMICO**

- **Eje z:** Dirección del eje longitudinal del tercer hueso metacarpiano. Sentido positivo hacia la extremidad distal del dedo.
- **Eje x:** Dirección dorso - palma. Sentido positivo: hacia la palma.
- **Eje y:** Dirección perpendicular a los otros dos. Sentido positivo: hacia el pulgar.

#### **SISTEMA BASICÉNTRICO**

Es el sistema que habitualmente se emplea en la práctica al considerarse que se aproxima más el eje de referencia al eje de agarre de las máquinas manuales.

Es sustancialmente similar al biodinámico, aunque rotado alrededor del **eje x** de manera que el **eje y** coincide con la línea de los nudillos. (figura 04).



*Figura 04. Ejes de referencia para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.*

### 3.2.4. Duración

El tiempo de exposición del trabajador puede ser:

#### a) Constante

Con lo que con un cronometro determinaremos la duración de la exposición.

#### b) Variable.

Su medición es más compleja existiendo distintos métodos dependiendo de si además de tratarse de una exposición intermitente se añade una diferencia de intensidad.

### 3.2.5. Impedancia

La impedancia mecánica del cuerpo es la fuerza que se requiere para que el cuerpo se mueva a cada frecuencia, dependiendo fundamentalmente de la masa corporal del individuo. Se mide en Hertzios.

Normalmente esta impedancia suele generar resonancia cuando alcanza los 5 Hz.

### 3.2.6. Efectos de la exposición a vibraciones globales en cuerpo completo

Los efectos para la salud que pueden causar las vibraciones globales suelen ser máximos en el límite inferior del intervalo de frecuencias, de 0,5 a 100 Hz, ocasionando alteraciones en el cuerpo humano como:

- a) En el sistema músculo esquelético, particularmente trastornos a nivel de la columna vertebral.
- b) Alteraciones de las funciones fisiológicas.
- c) Alteraciones neuromusculares.
- d) Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas.
- e) Alteraciones ginecológicas y riesgo de aborto.
- f) Alteraciones urológicas
- g) Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central.
- h) Malestar (discomfort).
- i) Interferencia con la actividad.
- j) Percepción.
- k) Mareo inducido por el movimiento.

Estos efectos pueden aparecer de forma inmediata o a largo plazo.

### **En el sistema músculo esquelético**

En la actualidad no se encuentra incluida como enfermedad profesional al ser discutible la relación causa-efecto.

No sobrepasar los límites de exposición establecidos en la norma vigente no significa la exclusión del riesgo.

Diferentes estudios realizados señalan que particularmente se producen trastornos a nivel de la columna vertebral y en la zona lumbar en trabajadores que durante muchos años de su vida laboral se ven sometidos y expuestos a vibraciones de cuerpo completo, como les ocurre a los camioneros, a los maquinistas de excavadoras, pilotadoras, pantalladoras, operadores de grúas, etc.

Estos trastornos se originan por una alteración de las vértebras y discos intervertebrales en principio en la zona lumbar y posteriormente se pueden transmitir a la zona torácica.

### **Alteraciones de las funciones fisiológicas**

Las alteraciones fisiológicas pueden producirse en un momento concreto al inicio de la transmisión de vibración y posteriormente normalizarse, o bien producirse de forma continua.

Una alteración fisiológica habitual en los trabajadores expuestos a vibraciones globales es el aumento de la frecuencia cardiaca.

Al igual que en el caso de los trastornos en la columna no se ha establecido una relación directa entre causa y efecto.

### **Alteraciones neuromusculares**

Los músculos del cuerpo tienen unos movimientos naturales que oscilan entre frecuencias de 2 a 8 Hz.

Los niveles de frecuencias a los que se puede ver afectado un trabajador durante las vibraciones de cuerpo completo oscilan entre los 0,5 Hz y 100Hz.

Esta diferencia entre lo natural y lo artificial tanto en muy bajas como en altas frecuencias es lo que genera las alteraciones neuromusculares.

Los trabajadores que realizan sus tareas sentados, normalmente, acusan alteraciones neuromusculares en los músculos superficiales de la espalda, estén sometidos a vibraciones o no.

Estudios que se han realizado en trabajadores sometidos a vibraciones completas en posición sentado, detectan que éstas les hacen inconscientemente mantener erguida y contracturada la espalda para contrarrestar los movimientos oscilatorios y las aceleraciones. Si se consigue que el trabajador adopte una postura relajada y encorva la espalda, las alteraciones neuromusculares prácticamente desaparecen.

### **Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas**

Existen estudios en los que se comprueba que la exposición a vibraciones desde frecuencias próximas al límite, según normativa, produce un aumento de la presión arterial, de la frecuencia cardiaca, un mayor consumo de oxígeno y alteraciones en las hormonas adrenocorticotrópicas (ATCH) y catecolaminas.

Se ha comprobado mayor incidencia en trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo completo con trastornos digestivos y alteraciones circulatorias con varices en piernas y hemorroides.

### **Alteraciones urológicas ginecológicas y riesgo de aborto**

Como en los efectos anteriores no se puede determinar los límites seguros en los que se evitaría el riesgo:

En las mujeres pueden ocasionar alteraciones menstruales, desplazamientos de órganos internos e incluso riesgo de aborto en embarazadas, con posible transmisión de las vibraciones al feto. Por ello, en las evaluaciones de riesgos se suele aconsejar limitar al mínimo posible la exposición a vibraciones en fases de embarazo.

### **Alteraciones urológicas**

En los hombres se ha detectado un mayor número de trabajadores con problemas de inflamación en la próstata (prostatitis).

### **Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central**

Los efectos de las vibraciones se traducen en alteraciones sensoriales que transportan una deficiente información al sistema nervioso central que afectan:

- Al sentido del oído, con pérdida de audición debida a la disfunción de los nervios auditivos.

Tienen mayor incidencia en intensidades altas entre 4 o 5 Hz

- Al aparato vestibular situado en el oído en el que los cilios de sus células sensoriales disponen de los llamados otolitos que son unos pequeños cristales de carbonato cálcico, que con motivo de las vibraciones se pueden descolocar produciendo vértigos y alteraciones en el sentido del equilibrio y control espacial.

Estas descompensaciones suelen ser más acusadas en exposiciones a vibraciones de frecuencias muy bajas.

- Al sentido de la vista, con una pérdida de visión.
- Al sentido del tacto, con una pérdida de sensibilidad.

### **Malestar (discomfort)**

El efecto de malestar causado por la exposición a vibraciones de cuerpo entero depende fundamentalmente de la magnitud de la vibración, que variará directamente proporcional, es decir, a mayor magnitud mayor malestar.

Este discomfort también se acentuará en mayor o menor medida dependiendo de la dirección de la vibración, de la duración y del estado de salud general del individuo.

### **Interferencia con la actividad**

Esta interferencia con la actividad a desarrollar está muy ligada a las alteraciones sensoriales de la vista y del tacto.

Son fácilmente reducibles estudiando el diseño de las tareas, siendo normalmente efectivo, aumentar el tamaño de la pantalla en el caso de las alteraciones visuales y reduciendo la sensibilidad de las zonas de contacto con las manos en el caso del tacto.

Algunos estudios señalan que también se pueden dar casos de aumento de cansancio y fatiga.

### **Percepción**

La percepción varía de unos trabajadores a otros para la misma exposición a vibraciones, dependiendo del estado general de salud del trabajador, su complexión, el sexo, etc.

Puede ocasionar pérdida de concentración y destreza en las tareas realizadas con lo que puede ocasionar riesgos añadidos.

### **Mareo inducido por el movimiento**

El efecto llamado mareo inducido por el movimiento, es una respuesta a los efectos sensoriales y digestivos que pueden ocasionar malestar general, vómitos, náuseas, etc.

Suele cesar cuando termina la exposición a la vibración o ir disminuyendo en unos pocos días hasta su desaparición.

### 3.2.7. Efectos de la exposición a vibraciones parciales

Los efectos de las vibraciones parciales prácticamente se pueden resumir en las extremidades superiores, que son las que se ven afectadas fundamentalmente por las transmitidas por las máquinas manuales. Son la denominada mano-brazo.

- a) Transtornos en el sistema músculo esquelético.
- b) Alteraciones neurológicas.
- c) Alteraciones circulatorias.
- d) Malestar (discomfort).
- e) Interferencia con la actividad.

Estos efectos pueden aparecer de forma inmediata o a largo plazo.

#### **En el sistema músculo esquelético**

Los efectos de la exposición a las vibraciones afectan al sistema músculo esquelético ocasionando tendinitis, rigidez, artrosis, deformación, debilidad muscular con disminución de fuerza, contracturas, tenosinovitis, degeneración ósea y articular, etc.

Se han detectado una mayor incidencia en artrosis en muñeca y codo en el caso de trabajadores que, de forma habitual, utilizan máquinas que transmiten vibraciones a baja frecuencia y gran desplazamiento como puede ser las ocasionadas por las herramientas neumáticas de percusión, al precisar para su utilización y control un agarre fuerte.

*Figura 05. Trabajo con martillo neumático.*



Sin embargo, no se detectan trastornos óseos en los trabajadores que se encuentran expuestos a vibraciones de mediana a alta frecuencia por ejemplo procedente de sierras de cadena o amoladoras.

La pérdida de masa y fatiga muscular pueden causar la incapacidad de un trabajador para realizar sus tareas al suponer una pérdida de fuerza y control de los objetos que tiene que agarrar con las manos.

La tenosinovitis es una enfermedad producida por estar expuestos los tendones del pulgar y de la muñeca a movimientos oscilatorios repetitivos, lo que ocasiona una inflamación crónica de los tendones abductor largo y extensor corto del pulgar.

Un efecto muy común es la llamada contractura de Dupuytren, que consiste en la retracción de la palma de la mano, así como la flexión progresiva y fija de los dedos hacia la palma que imposibilita realizar las funciones de la mano.

### **Alteraciones neurológicas**

La utilización de maquinaria vibrante suele ocasionar hormigueo y adormecimiento de dedos y manos, que cuando la exposición es puntual desaparece en poco tiempo.

Por el contrario si una exposición es habitual puede afectar a los nervios de los dedos, produciendo edema perineural, ocasionando fibrosis o pérdida de fibra nerviosa, síndrome del túnel carpiano, etc.

### **Alteraciones circulatorias**

Los efectos más habituales son el llamado fenómeno de Raynaud o también denominado del dedo blanco.

Este trastorno, afecta a los capilares de las extremidades (habitualmente en las manos y en menos porcentaje en los pies) provocando un estrechamiento de los vasos sanguíneos, por lo que la sangre no puede llegar a la superficie de la piel y las zonas afectadas se vuelven blancas.

Cuando cesa la actividad, el flujo sanguíneo vuelve a establecerse, causando una sensación de hormigueo y palpitación.

En casos severos, si no retorna el flujo sanguíneo en su totalidad pueden producirse llagas o muerte de los tejidos.

Normalmente se asocia a los trabajadores que emplean maquinaria vibrante como martillos percutores, herramientas rotativas, amoladoras.

La aplicación de sistemas de antivibración y la reducción del tiempo de utilización hacen que se reduzca la incidencia.

El síndrome del martillo hipotenar es una trombosis de la arteria cubital que es la encargada de transportar sangre a la mano. Éste daño produce una oclusión del vaso, en el canal de Guyón, situado en la cara interna (cubital) de la palma, lo que comprime el nervio (Síndrome de Guyón).

### **Malestar (discomfort)**

El efecto de malestar causado por la exposición a vibraciones parciales depende fundamentalmente del tiempo de utilización de la máquina que variará directamente proporcional, es decir, a mayor magnitud mayor malestar.

### **Interferencia con la actividad**

Los efectos por exposición a vibraciones parciales se ven acusados, cuando estas se producen con temperaturas ambientales bajas, causando reducción del tacto y pérdida de control en la manipulación de la máquina por lo que pueden ocasionar riesgos añadidos.



---

## 4. Medición de las vibraciones

---

Para medir la exposición de una vibración, en primer lugar realizaremos la medición de la aceleración y posteriormente calcularemos el valor de la exposición diaria a vibraciones normalizado para un periodo de 8 horas.

### 4.1. Diferentes mediciones a realizar

Para realizar una medición hay que:

- 1) Enumerar los distintos tipos de maquinaria que generan vibraciones, existente en el centro de trabajo. Para ello, se identificará cada equipo con la marca, modelo, antigüedad, etc.
- 2) De cada máquina hay que estudiar las distintas situaciones que pueden suponer una diferencia en las mediciones que se ejecuten.

Para realizar las mediciones sobre las máquinas existentes en un centro de trabajo, es fundamental, tener en cuenta el artículo 18. Información consulta y participación de los trabajadores, de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, ley 31/1995 de 8 de noviembre.

Los trabajadores darán información real sobre las distintas operaciones que realizan y que generan mayores vibraciones dentro de su puesto de trabajo.

También se consultarán las distintas evaluaciones de riesgos que se hayan realizado en las que se puedan señalar como riesgo las vibraciones.

Una vez analizado lo anterior se deberá diferenciar las distintas mediciones que se deben realizar teniendo en cuenta aspectos que se exponen en la siguiente tabla y con la recogida de los siguientes datos.

Fuente de exposición a mediciones	Máquinas	Diferenciar los distintos tipos de maquinaria y herramientas que se utilicen
	Herramientas	
Modos de funcionamiento de cada máquina	Ralentí	Dará diferentes medidas de vibración en función de la velocidad de uso de la máquina
	Velocidad media	
	Velocidad máxima	
Para cada tipo de operación que puede desarrollar una máquina		Por ejemplo, una pala cargadora realiza operaciones que generan distintos tipos de vibraciones según el trabajo a realizar sea de excavación, extendido y nivelación, carga o descarga.
Tipo de material en el que se aplique	blando	Por ejemplo una pilotadora dará distintas mediciones dependiendo del tipo de terreno en el que esté actuando, pudiendo variar dentro de una misma ejecución de un pilote, al encontrarse distintos tipos de materiales.
	duro	
El tipo de accesorio que se coloque en la misma máquina		Las máquinas disponen en ocasiones de distintos accesorios que generan diferentes tipos de vibraciones. Por ejemplo no genera las mismas vibraciones un taladro percutor con una broca fina que con una gruesa.
<b>Tiempo de exposición.</b>  <b>Mano-brazo (UNE-EN-ISO-5349:2 ANEXO E)</b>  <b>Globales (ISO 2631-1:1997 ANEXO C. Guía de los efectos de las vibraciones sobre la percepción y el confort)</b>  Por ejemplo, existen equipos como los vibradores de hormigón que su funcionamiento es constante o los martillos neumáticos que son de funcionamiento de corta duración e intermitente	Funcionamiento continuado	Cuando el tiempo de exposición coincide con el tiempo que se utiliza la máquina
	Larga duración en funcionamiento intermitente.	El tiempo de exposición coincide con el tiempo de utilización del equipo
	Corta duración en funcionamiento intermitente	En el tiempo de exposición coincide con el tiempo de operación. No se incluyen los descansos, ni el tiempo en que las manos pierden el contacto con el equipo.
	Duración fija en operaciones con equipos que producen impactos o choques.	El tiempo de exposición se obtiene multiplicando la duración fija de la medida por el número de impactos por día y dividiendo el resultado por el número de impactos en cada periodo.

<b>Punto por el que entran las vibraciones en el cuerpo, por todo tipo de superficies de apoyo</b>	Sentados: Glúteos, espalda y pies	Mayor sensibilidad a las vibraciones se da: - En la dirección del eje z en los rangos de frecuencia de 3Hz a 12 Hz. - En la dirección del eje x en el rango de frecuencia de 0,5Hz a 2Hz. - En la dirección del eje y en el rango de frecuencia de 0,5 a 1 Hz.
	pies	
	Recostado	
<b>Condiciones ambientales</b>	Ruido	
	Condiciones térmicas	
	Condiciones higrométricas	
<b>Condiciones del individuo</b>	Edad	
	Sexo	
	Hábitos	

Para armonizar las mediciones se ha convenido que para evaluar la exposición a vibraciones se tiene en cuenta las bandas de frecuencia centrales comprendidas entre:

- En vibraciones mano-brazo: 6,3 - 1250 Hz
- En vibraciones de cuerpo completo: 0,5 - 80 Hz

## 4.2. Duración de las mediciones

El valor eficaz de una aceleración en un cierto periodo de tiempo  $T$  de una señal de aceleración representa el valor de una aceleración constante y de energía igual a la original (figura 06) y se calcula como

$$a = \sqrt{\frac{1}{T} \times \int_T a^2(t) dt}$$

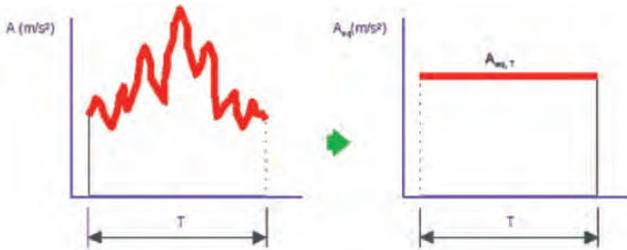


Figura 06.

La ponderación en frecuencia es resultado de aplicar el filtro de ponderación en frecuencia establecido en la norma UNE-ISO 2631-1:2008 y que debe incluirse en los aparatos de medida a utilizar.

Las vibraciones deben medirse según las direcciones de los tres ejes ortogonales, preferiblemente de forma simultánea empleando tres acelerómetros monoaxiales o bien uno triaxial.

Para obtener una medida representativa de las condiciones de la exposición real se deberán tomar muestras a diferentes horas del día y promediarlas.

Se deben llevar a cabo mínimo tres muestras de al menos 1 minuto de duración en el caso de vibraciones de mano-brazo y 3 minutos en vibraciones de cuerpo completo.

Es aconsejable, al resultar más fiable, tomar varias muestras en periodos cortos que una en periodo largo.

Para calcular el promedio de las vibraciones de una serie de N muestras se aplica:

$$a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{T} \times \sum_{j=1}^n a_{hwj}^2 \times t_j}$$

$$T = \sum_{j=1}^n t_j$$

Donde:

$a_{hw}$  es la magnitud de las vibraciones ponderada

$a_{hwj}$  es la magnitud de las vibraciones medida para la muestra j. Siendo en el caso de vibraciones de cuerpo entero el cálculo por separado para cada uno de los tres ejes de medida

$t_j$  es la duración de la medición de la muestra j

### 4.3. Medición de la aceleración

La medición de la aceleración se realizará conforme a los criterios que se contemplan en *R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre* y a las normas a las que éste se remite.

En este Real Decreto se incluye la posibilidad de no tener que realizar una medición real en el caso de poder estimar los valores de emisión de vibraciones con los datos facilitados por los fabricantes, siempre y cuando las condiciones de utilización sean las indicadas por los mismos en las que determinó el valor de la aceleración.

Sin embargo en muchos casos será necesaria la medición real, para lo que emplearemos unos equipos de medida que deberán cumplir la *Norma UNE-EN ISO 8041:2006 “Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida”*, donde se establecen los requisitos mínimos a cumplir para medir las vibraciones, tales como filtros de ponderación en frecuencia, tolerancias, rango dinámico, sensibilidad, calibración, linealidad y capacidad de sobrecarga.

### 4.4. Equipos de medida de vibraciones

Existe un gran abanico de equipos de medida de vibraciones en el mercado.

Desde los **vibrómetros de bolsillo**, que miden la velocidad de las vibraciones que se utilizan para el mantenimiento preventivo de máquinas de producción, hasta los **analizadores de vibraciones**, que son instrumentos de medida que nos aportan dependiendo de los modelos, los parámetros fundamentales de la vibración: la aceleración, la velocidad, el desplazamiento y el espectro de vibración. (figura 07).

Éstos últimos son los recomendados para tener un análisis de las distintas frecuencias y son los equipos de medida adecuados para la medición de choques simples repetitivos.

Este análisis puede también ser realizado en un ordenador mediante programas adecuados, para lo cual sólo es necesario que el vibrómetro sea capaz de almacenar la señal en tiempo.

Los requisitos mínimos a cumplir para medir las vibraciones por los equipos de medida y análisis se recogen en la Norma UNE-EN ISO 8041: 2006 “Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida”.

Los vibrómetros constan de:

- Un acelerómetro.
- Un dispositivo para el tratamiento y salida de datos.
- Cable de conexión entre ambos.

*Figura 07. Vibrómetro*



El **acelerómetro** es el dispositivo que genera una tensión eléctrica proporcional al grado de vibración, utilizando para ello el efecto piezoeléctrico.

Hay acelerómetros que miden la vibración proveniente de un determinado eje (monoaxiales) o los capaces de medir en los tres ejes a la vez (triaxiales) que son más fiables.

Si necesitamos analizar las vibraciones en más de un eje con un acelerómetro monoaxial debemos realizar un montaje con acelerómetros individuales para cada eje.

Se seleccionará el acelerómetro apropiado para el tipo de vibración que tengamos que determinar (mano-brazo o cuerpo entero), la magnitud de la vibración esperada, el rango de frecuencia, las características físicas de la superficie sobre las que se va a medir y el ambiente en que se va a utilizar.

#### 4.5. Localización y montaje de los acelerómetros

Es importantísima la colocación adecuada de los acelerómetros para evitar mediciones que no correspondan a la realidad.

Se seguirán de forma exhaustiva lo indicado en el manual de instrucciones de los mismos. No obstante, se van a señalar algunos aspectos generales a tener en cuenta:

- Los acelerómetros deben fijarse rígidamente a la superficie vibrante.
- Los acelerómetros no pueden interferir en la tarea del trabajador.

##### **En el caso de las vibraciones de cuerpo entero**

La medición se realizará en el lugar donde se produce el contacto entre la fuente de vibración y el cuerpo del trabajador.

Si hay varias zonas de contacto se realizan mediciones en cada una de ellas.

Por ejemplo:

- Cuando se está realizando la medición de un conductor de una máquina retroexcavadora, las vibraciones de cuerpo entero se transmiten cuando el trabajador se encuentra sentado.

En este caso, tiene tres puntos de contacto donde se tomarán mediciones:

- El asiento
  - El respaldo
  - Los pies
- Para las posiciones de sentado los sensores de los acelerómetros se encuentran en el interior de un disco (figura 08).
  - Cuando el trabajador esté de pie sobre una superficie vibrante como en una plataforma elevadora, la medición se tomará en la zona donde apoya el pie con mayor frecuencia.

*Figura 08. Sensor de cuerpo entero.*



### En el caso de las vibraciones mano-brazo

Las mediciones, al igual que en el caso de cuerpo entero, se deberán tomar mediante la colocación del acelerómetro en el punto de entrada de la vibración, siendo la mano y el brazo del trabajador.

En general se sitúan los sensores en el centro de la zona de agarre, que coincide con la mitad del ancho de la mano cuando se agarra el mango de una máquina manual.

Si esto nos resultara dificultoso existen unos adaptadores que se colocan en los dedos y que se fijan en la empuñadura.

*La norma UNE- EN ISO 5349-2:2002* señala ejemplos de localización de los sensores según la máquina y el tipo de empuñadura que nos puede producir una lectura diferente a la real por el material con que se encuentre construida (rígido o flexible) o la fuerza de agarre.

### 4.6. Datos que aportan los equipos de medida

Los equipos de medida pueden proporcionar las diferentes mediciones que vamos a ver a continuación:

- **La aceleración ponderada** en cada uno de los 3 ejes en el tiempo de medida.

A estos valores se aplicará el factor K para obtener el valor total de las mediciones, siendo:

FACTOR K	TIPO DE VIBRACIÓN
K=1	Vibraciones mano-brazo en los 3 ejes
	Vibraciones cuerpo entero en el eje z
K=1,4	Vibraciones cuerpo entero en los ejes x, y

- **Análisis espectral de la vibración**, indicando la aceleración medida en cada una de las bandas de tercio de octava.

Si a estos los aplicamos los factores de ponderación, obtendremos la aceleración eficaz.

Es aconsejable para una precisión mayor en la medición elegir un equipo que la medida realizada se encuentre entre el 70% y 100% de rango de medición del aparato.

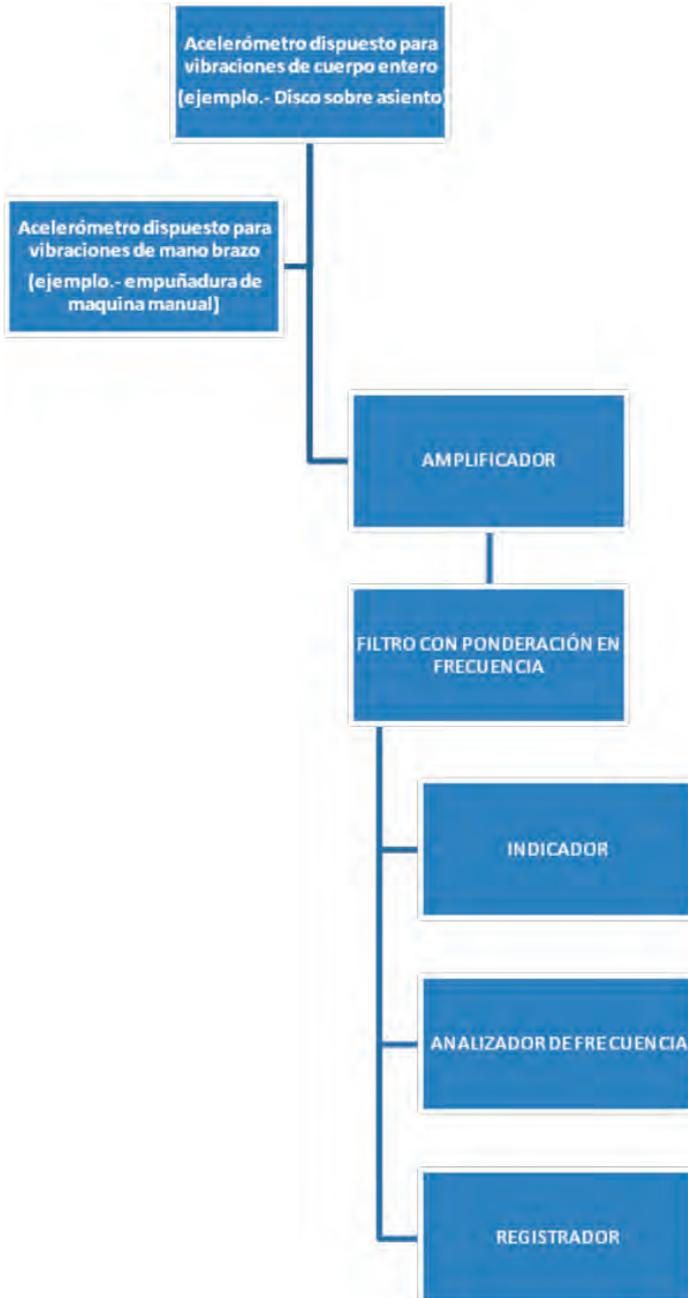
La norma UNE-ISO 2631, 1:2008, define los factores de ponderación frecuencial para la medición de las vibraciones de cuerpo completo recogidos en la siguiente tabla:

POSICIÓN (Lugar de medición)		PONDERACIÓN (eje)	K	ESTIMACIÓN (según ISO 2631-1:1997)
<b>CONFORT (0,5 a 80 Hz)<sup>1,2</sup></b>				
	Traslación (asiento)		$W_d(x)$ $W_d(y)$ $W_k(z)$ $W_b(\text{trenes})$	1 1 1
Sentado	Rotación	(asiento)	$W_e(rx)$ $W_e(ry)$ $W_e(rz)$	0,63 m/rad 0,4 m/rad 0,2 m/rad
		(respaldo)	$W_c(x)$ $W_d(y)$	0,8 0,5
		(Pies)	$W_k(z)$	0,4
De pie (suelo)		$W_d(x)$ $W_k(z)$ $W_d(y)$	1 1 1	
Tumbado (bajo pelvis)		$W_d(\text{horizontal})$ $W_k(\text{vertical})$	1 1	
Tumbado (bajo cabeza) cuando no hay almohada blanda		$W_j(\text{vertical})$	1	

$$a_w = (K_x^2 a_{wx}^2 + K_y^2 a_{wy}^2 + K_z^2 a_{wz}^2)^{1/2}$$

PERCEPCIÓN (0,5 a 80 Hz) <sup>1,2</sup>			
Sentado (asiento)	$W_d(x)$	1	$a_w = a_{w_{x,y,z}}$ máximo
	$W_d(y)$	1	
	$W_k(z)$	1	
De pie (suelo)	$W_d(x)$	1	
	$W_d(y)$	1	
	$W_k(z)$	1	
Tumbado (superficie de apoyo excepto la cabeza)	$W_d(x)$	1	
	$W_d(y)$	1	
	$W_k(z)$	1	
Tumbado (bajo cabeza) cuando no hay almohada blanda	$W_j$ (vertical)	1	
MAREO PRODUCIDO POR EL MOVIMIENTO (0,1 a 0,5 Hz)			
Sentado o de pie	$W_f(z)$		
1 Si el valor ponderado determinado en cualquier eje es menor del 25% del valor máximo determinado en el mismo punto pero en otros ejes puede ser excluido.			
2 La vibración horizontal en los respaldos de los vehículos puede afectar mucho al confort. Si por razones técnicas no es posible su medición, se tomarán las medidas en la superficie del asiento en los ejes x e y, y el factor de multiplicación en lugar de 1 será 1,4.			
3 La evaluación de la percepción de las vibraciones será hecha con relación a la más alta determinada en cualquiera de los ejes, de los puntos de contacto y tiempo.			

A continuación se muestra un gráfico de la secuencia que realiza un vibrómetro para la medición de vibraciones.



## 4.7. Comprobación y verificación de equipos de medida

### a) Calibrador de vibraciones antes y después de cada secuencia de medición

Antes y después de cada secuencia de mediciones de vibraciones se comprobará mediante un calibrador de vibraciones la correcta medición del equipo.

Este calibrador funciona produciendo una aceleración sinusoidal a una frecuencia conocida.

### b) Verificación del sistema cada periodo fijo y después de alguna manipulación.

Los equipos de medida de vibraciones se deberán verificar cada cierto periodo fijo, previamente estipulado, por ejemplo cada dos años.

Así mismo, después de cualquier manipulación, reparación se deberá proceder a su verificación.

## 4.8. Cálculo del valor de exposición diaria a vibraciones normalizado para un periodo de 8 horas

El cálculo del valor de exposición diaria a vibraciones va a depender del número de fuentes a que se encuentre expuesto y del tipo de vibraciones que produzcan bien sean de mano-brazo o de cuerpo entero.

### 4.8.1. Vibraciones mano-brazo

En las mediciones de las vibraciones mano-brazo solo se tienen en cuenta las frecuencias centrales comprendidas entre 6,3 Hz y 1250 Hz.

Se realiza un cálculo de la exposición diaria de trabajador para un periodo normalizado de 8 horas, que es con el que se deben comparar los límites establecidos en la normativa. Pudiendo ser:

**Si la vibración solo se produce por una sola fuente**

$$A(8) = a_{hv} \times \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

Donde:

$a_{hv}$  es el valor total de la aceleración eficaz, ponderada en frecuencia.

$T$  es la duración, en horas, de la exposición diaria.

$T_0$  es el periodo de referencia normalizado de 8 horas.

La aceleración eficaz ( $a_{hv}$ ) viene definida en *la norma UNE-EN-ISO-5349, partes 1 y 2* a que remite el *R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre de 2005*, señalándose que es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes de la aceleración ponderada en frecuencia en los tres ejes.

$$a_{hv} = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2}$$

**Si la vibración se produce por varias fuentes**

Se calcula los valores parciales correspondientes a cada exposición de cada fuente y el valor total se calcularía mediante la siguiente formula:

$$A(8) = \sqrt{A_1(8)^2 + A_2(8)^2 + A_3(8)^2 + \dots}$$

O lo que es lo mismo

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \times \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 \times T_i}$$

Donde:

$a_{hvi}$  es el valor de la aceleración eficaz, ponderada debida a la fuente  $i$ .

$n$  es el número de fuentes de vibración a las que está expuesto.

$T_i$  es la duración, en horas, de la exposición a la fuente  $i$ .

$T_0$  es el periodo de referencia normalizado de 8 horas.

### Ejemplo:

Si los valores totales de las vibraciones para tiempos de exposición de 2,5 h, 1,00h y 0,50h (en el mismo día de trabajo) son  $1m/s^2$ ,  $6m/s^2$  y  $8m/s^2$ , respectivamente,

1º Pasaremos todas las horas a segundos

$$2,50 \text{ h} = 9.000 \text{ s}$$

$$1,00 \text{ h} = 3.600 \text{ s}$$

$$0,50 \text{ h} = 1.800 \text{ s}$$

$$8,00 \text{ h} = 28.800 \text{ s}$$

2º Se calculará  $A(8)$

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{28.800 \text{ s}} \times [(1m/s^2)^2 \times 9.000s + (6m/s^2)^2 \times 3.600s + (8m/s^2)^2 \times 1.800s]}$$

$$A(8) = \sqrt{\frac{9.000 + 129.600 + 115.200}{28.800}}$$

$$A(8) = \sqrt{\frac{124.329,6}{28.800}} = \sqrt{4,317}$$

### 4.8.2. Vibraciones cuerpo entero

Se realiza un cálculo de la exposición diaria de trabajador para un periodo normalizado de 8 horas en función de los tres ejes, para un trabajador sentado o de pie, tomándose el mayor valor de los obtenidos.

Éste es el que se debe comparar con los límites establecidos en la normativa.

Pudiendo ser:

**Si las vibraciones solo se produce por una sola fuente**

Donde:

$$A_x(8) = 1,4 \times a_{wx} \times \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_y(8) = 1,4 \times a_{wy} \times \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_{xz}(8) = a_{wz} \times \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$w_{(x,y,z)}$  es el valor eficaz de la aceleración ponderada en frecuencia según los ejes ortogonales x, y, z. (Este valor viene definido en *la norma ISO-2631-1:1997* a la que se remite el *R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre de 2005*, en su anexo)

$T_{es}$  es la duración, en horas, de la exposición.

$T_0$  es el tiempo de referencia normalizado de 8 horas.

**Si las vibraciones se producen por varias fuentes**

Se calcula los valores parciales en las tres direcciones correspondientes a cada exposición de cada fuente y el valor total se calcularía mediante la siguiente fórmula:

$$A_i(\mathbf{g}) = \sqrt{A_{i1}(\mathbf{g})^2 + A_{i2}(\mathbf{g})^2 + A_{i3}(\mathbf{g})^2 + \dots}$$

Donde  $i$  se refiere a los ejes  $x, y, z$ .

#### 4.9. Cálculo del valor de exposición a vibraciones para un periodo superior a un día

Cuando se estime necesario el cálculo del valor de la exposición para periodos superiores a un día se seguirá lo indicado en la norma *UNE-EN ISO-5349-2* a la que se remite el R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre de 2005, en su anexo B, aplicando:

$$A_{\text{típica}}(\mathbf{g}) = \sqrt{\frac{1}{N} \times \sum_{d=1}^N A_d^2(\mathbf{g})}$$

$A_d(\mathbf{g})$  es la exposición a vibraciones en el día "d".

$N$  es el número de días sobre el que se determina la exposición.

$A_{\text{típica}}(\mathbf{g})$  es la exposición típica diaria estimada sobre un periodo de  $N$  días.

De este modo para estimar el valor de exposición durante la jornada semanal de trabajo se sustituirá la  $N$  por el  $n^\circ$  de días que sería 5.

$$A_{\text{típica}}(\mathbf{g}) = \sqrt{\frac{1}{5} \times \sum_{d=1}^5 A_d^2(\mathbf{g})}$$





## 5. Evaluación de riesgos

En toda evaluación de riesgos se debe contemplar la posible existencia de riesgo frente a la exposición de los trabajadores a las vibraciones.

Según determina el *R.D. 1311/2005 de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas*, la evaluación de riesgos deberá realizarse determinando el valor del parámetro  $A(8)$  y compararlo con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite que viene fijado en el R.D. e indicamos en la siguiente tabla:

VIBRACIONES TRANSMITIDAS	VALOR QUE DA LUGAR A UNA ACCIÓN	VALOR LÍMITE
AL SISTEMA MANO-BRAZO	2,5 m/s <sup>2</sup>	5 m/s <sup>2</sup>
AL CUERPO ENTERO	0,5m/s <sup>2</sup>	1,15m/s <sup>2</sup>

Una vez realizadas las mediciones reales y determinado el valor de  $A(8)$ , puede suceder que:

- $A(8) < \text{Valor que da lugar a una acción}$ .
- $\text{Valor que da lugar a una acción} < A(8) < \text{Valor límite}$ .
- $A(8) > \text{Valor límite}$ .

Cada uno de los casos tendrá unas consecuencias a la hora de evaluación de los riesgos, debiendo establecerse unas acciones, que se indican de forma general en la siguiente tabla:

VALOR DE A(8)	SITUACIÓN	ACCIONES
A (8) < Valor que da lugar a una acción	Estado aceptable salvo especial susceptibilidad	<p>Aún cuando resulte aceptable se deberá cumplir con la formación e información a los trabajadores y su participación, según establece el artículo 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre y Art.18,19 y 12 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre</p> <p>Revisar la evaluación de riesgos de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997 de 17 de enero</p>
Valor que da lugar a una acción <A(8) < Valor límite	Situación de riesgo	<p>Realizar un programa de medidas preventivas, planificarlas y establecerlas siguiendo el art 5.2. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre</p> <p>Llevar a cabo la vigilancia de la salud art 8. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre</p> <p>Cumplir con la participación, formación e información a los trabajadores según establece el artículo 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre y Art.18,19 y 12 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre</p> <p>Revisar la evaluación de riesgos de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997 de 17 de noviembre</p>
A(8) > Valor límite	Riesgo inadmisibile	<p>Establecer un programa de medidas preventivas de forma inmediata para reducir la exposición a vibraciones de los trabajadores siguiendo el art 5.3 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre</p> <p>Llevar a cabo la vigilancia de la salud art 8. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre</p> <p>Cumplir con la participación, formación e información a los trabajadores según establece el artículo 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre y Art.18,19 y 12 de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre</p> <p>Revisar la evaluación de riesgos de acuerdo con lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997 de 17 de enero</p>

Al realizar la evaluación de riesgos en relación a las vibraciones de una máquina o equipo, se actuará siguiendo el siguiente esquema



**Ejemplo 1:**

Si queremos evaluar la exposición de un trabajador que trabaja durante 3 horas diarias de forma continuada, con una máquina manual que produce una aceleración en cada eje de:

$$a_{hwx} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

$$a_{hwy} = 1,15 \text{ m/s}^2$$

$$a_{hwz} = 2,3 \text{ m/s}^2$$

1º) Se calculará el valor de la aceleración eficaz global  $a_{hv}$

$$a_{hv} = \sqrt{(1,5^2 + 1,15^2 + 2,3^2)} = 2,98 \text{ m/s}^2$$

2º) Se determina el valor de la exposición para un periodo de 8 horas

$$A(8) = a_{hv} \times \sqrt{\frac{T_e}{8}} = 2,98 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 1,82 \text{ m/s}^2$$

Se observa que, el valor de  $A(8)$  obtenido es inferior al valor que da lugar a una acción por lo que la situación es aceptable salvo en los casos de trabajadores con especial susceptibilidad.

En este caso:

- a) Se dispondrán las medidas para cumplir lo establecido en los artículos 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, en cuanto a formación e información, consulta y participación de los trabajadores.
- b) Se revisará la evaluación de riesgos según lo establecido en el art. 6 del R.D. 39/1997, de 17 de enero.

### Ejemplo 2:

Si queremos evaluar la exposición de un trabajador que trabaja durante 6 horas diarias de forma continuada, con una máquina manual que produce una aceleración en cada eje de:

$$a_{hwx} = 1,8 \text{ m/s}^2$$

$$a_{hwy} = 2,3 \text{ m/s}^2$$

$$a_{hwz} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

1º) Se calculará el valor de la aceleración eficaz global  $a_{hv}$

$$a_{hv} = \sqrt{1,8^2 + 2,3^2 + 2,5^2} = 3,84 \text{ m/s}^2$$

2º) Se determina el valor de la exposición para un periodo de 8 horas

$$A(8) = a_{hv} \times \sqrt{\frac{T_e}{8}} = 3,84 \times \sqrt{\frac{6}{8}} = 3,33 \text{ m/s}^2$$

Podemos observar que, el valor de  $A(8)$  obtenido es inferior al valor límite, pero superior al valor que da lugar a una acción, indicando que el trabajador se encuentra en una situación de riesgo, por lo que se tendrá que establecer las siguientes acciones:

- a) Establecer un programa de medidas preventivas y ponerlas en práctica como determina el artículo 5.2. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre
- b) Realizar la vigilancia de la salud, según establece el artículo 8 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre
- c) Se dispondrán las medidas para cumplir lo establecido en los artículos 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, en cuanto a formación e información, consulta y participación de los trabajadores.
- d) Se revisará la evaluación de riesgos según lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997, de 17 de enero.

### Ejemplo 3:

Si queremos evaluar la exposición de un trabajador que trabaja durante 5 horas diarias de forma continuada, con una máquina manual que produce una aceleración en cada eje de:

$$a_{\text{hwx}} = 3,8 \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{hwy}} = 2,3 \text{ m/s}^2$$

$$a_{\text{hwz}} = 4,5 \text{ m/s}^2$$

1º) Se calculará el valor de la aceleración eficaz global  $a_{\text{hv}}$

$$a_{\text{hv}} = \sqrt{3,8^2 + 2,3^2 + 4,5^2} = 6,54 \text{ m/s}^2$$

2º) Se determina el valor de la exposición para un periodo de 8 horas

$$A(8) = a_{\text{hv}} \times \sqrt{\frac{T_8}{8}} = 6,54 \times \sqrt{\frac{5}{8}} = 5,17 \text{ m/s}^2$$

En este caso observamos que, el valor de A(8) obtenido es superior al valor límite, por lo que el trabajador se encuentra en una situación de riesgo inadmisibles, por ello se tendrán que establecer inmediatamente las siguientes acciones:

- a) Adoptar medidas para reducir la exposición, como determina el artículo 5.3. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- b) Realizar la vigilancia de la salud, según establece el artículo 8 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- c) Se dispondrán las medidas para cumplir lo establecido en los artículos 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, en cuanto a formación e información, consulta y participación de los trabajadores.
- d) Se revisará la evaluación de riesgos según lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997, de 17 de enero.

Una de las medidas inmediatas que se pueden adoptar es reducir el tiempo de exposición del trabajador.

Si se estableciera un tiempo máximo de 4 horas el valor de A(8) sería 4, 6 m/s<sup>2</sup>, por lo que nos encontraríamos en la misma situación que en el ejemplo 2 y por tanto se establecerían las mismas acciones indicadas anteriormente.

Figura 09. Fratasadora.



#### Ejemplo 4:

Si queremos evaluar la exposición de un trabajador de una obra en la que trabaja durante 6 horas diarias de forma continuada, con una retroexcavadora que produce una aceleración en cada eje de:

$$a_{wx} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$a_{wy} = 0,3 \text{ m/s}^2$$

$$a_{wz} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

1º) Se calculará el valor de la exposición diaria en cada eje en esas 6 horas:

$$A_x(8) = 1,4 \times a_{wx} \times \sqrt{\frac{T_a}{8}} = 1,4 \times 0,5 \times \sqrt{\frac{6}{8}} = 0,61 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1,4 \times a_{wy} \times \sqrt{\frac{T_a}{8}} = 1,4 \times 0,3 \times \sqrt{\frac{6}{8}} = 0,36 \text{ m/s}^2$$

$$A_{zz}(8) = a_{wz} \times \sqrt{\frac{T_a}{8}} = 0,5 \times \sqrt{\frac{6}{8}} = 0,43 \text{ m/s}^2$$

De los datos obtenidos, se toma el valor máximo de  $A(8)$ , en este caso corresponde a  $A_x(8) = 0,61 \text{ m/s}^2$ , siendo inferior al valor límite, pero superior al valor que da lugar a una acción, por lo que el trabajador se encuentra en una situación de riesgo, así se tendrán que establecer las siguientes acciones, al igual que se ha indicado en el ejemplo 2:

- a) Establecer un programa de medidas preventivas y ponerlas en práctica como determina el artículo 5.2. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- b) Realizar la vigilancia de la salud, según establece el artículo 8 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- c) Se dispondrán las medidas para cumplir lo establecido en los artículos 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, en cuanto a formación e información, consulta y participación de los trabajadores.
- d) Se revisará la evaluación de riesgos según lo establecido en el art. 6 del R.D. 39/1997, de 17 de enero.

### **Ejemplo 5:**

Si queremos evaluar la exposición de un trabajador de una obra, que igual que en el caso anterior realiza su trabajo mediante una retroexcavadora que dispone de una pala y un martillo neumático, utilizándola a tiempos iguales durante 6 horas diarias de forma continuada, que produce una aceleración en cada eje de:

Utilización de la pala durante 3 horas:

$$a_{wx} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$a_{wy} = 0,3 \text{ m/s}^2$$

$$a_{wz} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

Utilización del martillo neumático durante 3 horas:

$$a_{wx} = 0,8 \text{ m/s}^2$$

$$a_{wy} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$a_{wz} = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Se calculará el valor de la exposición diaria en cada eje en esas 3 horas de cada elemento:

Pala

$$A_x(8) = 1,4 \times a_{wx} \times \sqrt{\frac{T_g}{8}} = 1,4 \times 0,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,43 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1,4 \times a_{wy} \times \sqrt{\frac{T_g}{8}} = 1,4 \times 0,3 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,26 \text{ m/s}^2$$

$$A_{zx}(8) = a_{wz} \times \sqrt{\frac{T_g}{8}} = 0,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,31 \text{ m/s}^2$$

Martillo neumático

$$A_x(8) = 1,4 \times a_{wx} \times \sqrt{\frac{T_g}{8}} = 1,4 \times 0,8 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,68 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1,4 \times a_{wy} \times \sqrt{\frac{T_g}{8}} = 1,4 \times 0,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 0,43 \text{ m/s}^2$$

$$A_{zx}(8) = a_{wz} \times \sqrt{\frac{T_g}{8}} = 2,5 \times \sqrt{\frac{3}{8}} = 1,53 \text{ m/s}^2$$

Con los datos obtenidos, se calcula el valor global en cada uno de los ejes:

$$A_x(8) = \sqrt{0,43^2 + 0,68^2} = 0,80 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = \sqrt{0,26^2 + 0,43^2} = 0,50 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = \sqrt{0,31^2 + 1,53^2} = 1,56 \text{ m/s}^2$$

Se toma el valor máximo de  $A(8)$ , en este caso corresponde a  $A_z(8) = 1,56 \text{ m/s}^2$ , siendo superior al valor límite, por lo que el trabajador se encuentra en una situación de riesgo inadmisibles, de modo que se tendrá que establecer las siguientes acciones:

- a) Adoptar, inmediatamente, medidas para reducir la exposición, como determina el artículo 5.3. del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- b) Realizar la vigilancia de la salud, según establece el artículo 8 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre.
- c) Se dispondrán las medidas para cumplir lo establecido en los artículos 6 y 7 del R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre, en cuanto a formación e información, consulta y participación de los trabajadores.
- d) Se revisará la evaluación de riesgos según lo establecido en el artículo 6 del R.D. 39/1997, de 17 de enero.

Una de las medidas inmediatas que se pueden adoptar es reducir el tiempo de exposición del trabajador y realizar turnos con otros trabajadores.

Pero en este caso, si se observan los datos obtenidos en el eje z en el empleo del martillo percutor sobrepasarían el valor límite igualmente para una utilización durante dos horas dando un valor de  $A_z(8) = 1,28 \text{ m/s}^2$

Si se reduce la utilización de la máquina como martillo neumático a 1 hora el valor de  $A_z(8) = 0,93 \text{ m/s}^2$

De esta manera pasaríamos de forma inmediata de una situación de riesgo intolerable a una situación de riesgo para el trabajador, pero dentro de los límites establecidos de valores que dan lugar a una acción.

*Figura 10.  
Retroexcavadora con  
martillo rompedor.*





---

## 6. Tecnologías para la reducción de las vibraciones

---

A continuación se van a señalar distintas tecnologías que se aplican para llevar a cabo una reducción de las vibraciones que producen las máquinas.

### 6.1. Tecnologías tradicionales

Existen distintos sistemas tradicionales que reducen la transmisión de vibraciones:

#### **Acoplamientos elásticos**

Los acoplamientos elásticos se basan en la introducción de un elemento de baja rigidez, buscando un sistema con una frecuencia natural por debajo de la frecuencia de las fuerzas dinámicas de excitación.

Estos sistemas suelen aplicarse en rangos de frecuencia media superiores a 10 Hz, ya que al reducir la rigidez puede suponer un riesgo añadido en la estabilidad del conjunto con peligro de vuelco sobre todo en la puesta en marcha o arranque de la máquina o en la seguridad de la misma frente al choque con objetos o impactos.

Los materiales empleados habitualmente son elementos de caucho.

#### **Amortiguación**

La amortiguación se basa en reducir la amplitud de la respuesta dinámica utilizando un elemento viscoso o paso de fluidos entre las partes que se pretenden aislar.

Estos sistemas suelen aplicarse en rangos de frecuencia inferiores a 3Hz o como complemento a la aplicación del sistema de acoplamientos elásticos.

Es habitual su aplicación en la suspensión de los vehículos.

Este sistema no es efectivo a velocidades extremas, ya que en velocidades altas el fluido rigidiza el conjunto y en bajas el fluido no pone resistencia.

### **Amortización ajustada**

Se basa en introducir un elemento elástico y amortiguador en la masa del elemento en el que se debe reducir las vibraciones, cuya frecuencia natural coincida con la frecuencia de excitación.

El material habitualmente empleado es un elastómero.

Este sistema se aplica para reducir las vibraciones al ralentí de la dirección de los vehículos.

## **6.2. Tecnologías modernas**

Se basan principalmente en la introducción de un sensor que analiza cada situación de trabajo y una fuente de energía externa, pudiendo encontrar las llamadas técnicas semiactivas o técnicas activas.

Estas técnicas buscan materiales adaptativos o inteligentes (control semiactivo) que a través de sensores analizan la situación de trabajo y realizan una modificación controlada mediante la inclusión de campos magnéticos o eléctricos adecuándose a la situación concreta.

Estas tecnologías se utilizan en los rangos de frecuencia bajos compensando con un amortiguamiento cuando sea preciso.

Con ambos sistemas se consiguen acoplamientos elásticos y amortiguadores que pierdan rigidez cuando tengan que aislar frecuencias bajas, pero que den estabilidad al conjunto con una mayor rigidización cuando sea preciso.

La técnica activa se basa en el control de la vibración introduciendo en el sistema nuevas fuerzas dinámicas que interfieran y eliminen o minimicen la transmisión de las vibraciones.

Esta técnica es más efectiva en los rangos de frecuencia bajos, aunque se encuentra en desarrollo por lo que solamente los encontramos en tecnología muy precisa como la industria aeronáutica y en concreto en los asientos de maquinaria pública en el que se combinan estas técnicas con las semiactivas.

Existen dos tipos de fluidos:

### **Magneto-reológicos**

Permiten unos rangos de fuerza mayor.

Se utilizan principalmente para el desarrollo de sistemas de suspensión y amortiguadores de los vehículos.

Son los que se utilizan en la maquinaria moderna de obra e industria, tanto en la suspensión de la cabina completa de la máquina como en el asiento del conductor.

Son los aplicados también en la protección de edificios en zonas con un grado elevado de seísmos.

Así mismo se puede contemplar su utilización en el amortiguamiento de los cables de los puentes.

### **Fluidos electro-geológicos**

Tienen un consumo menor y permiten tener dimensiones reducidas.



---

## 7. Equipos de protección individual

---

Las herramientas manuales con motor de poca vibración, se utilizan con las dos manos, por ello se deben usar con **guantes antivibraciones** que tengan los cinco dedos y que cumplan con lo establecido por la UNE-EN ISO 10819.

Se comprobará si los guantes antivibraciones disponen del marcado CE conforme a la norma antes citada, ya que puede que no minimicen los efectos de exposición a la vibración.

Los guantes antivibraciones deberán disponer en su interior de una cámara de aire.

Se debe recordar a los trabajadores que ante la utilización de cualquier herramienta vibrante se debe mantener las manos tibias, es decir no apretar con mucha fuerza.

*Figura 11. Guantes antivibraciones.*





---

## 8. Estudio de la aplicación de sistemas de control de vibraciones en maquinaria de obra

---

Si se realiza un estudio general sobre la maquinaria pesada utilizada tanto en edificación como en obra civil y se observa que donde más se ha evolucionado y existen grandes avances e implantaciones es en los asientos de los conductores.

**Los asientos** de las máquinas en un principio eran rígidos, posteriormente se comenzaron a realizar montajes elásticos y en la actualidad se realizan con suspensiones de aire.

Los asientos son uno de los factores que más influyen en el confort y en la transmisión de los riesgos derivados de las vibraciones.

El conductor de cualquier tipo de maquinaria está expuesto a vibraciones elevadas.

Cuando el trabajador se encuentra sentado pierde el mecanismo más efectivo para aislarlo de las vibraciones, que son sus piernas.

*Figura 12. Asiento de un compactador de rodillos vibrantes.*



Los órganos más sensibles del cuerpo humano tienen frecuencias propias:

- La frecuencia de resonancia del estomago es de 4,5 Hz.
- La frecuencia de resonancia en la columna vertebral en la zona lumbar es de 4 Hz.
- En el rango de frecuencias de 3 a 6 Hz aparecen tensiones musculares que conllevan un aumento del ritmo de respiración y deficiencias en la circulación de la sangre.
- En el rango de frecuencias de 4 a 10 Hz el sentido de la vista disminuye su capacidad de visión.

Por lo anteriormente indicado se debe tratar de evitar que el asiento transmita al conductor frecuencias entre los 4 y los 8 Hz.

Para ello se desarrollan los denominados “asientos suspendidos”, los que mediante muelles, graduables según el peso de conductor evitan la transmisión al trabajador.



*Figura 13. Asiento, de carretilla elevadora, con muelles.*

Se utilizan sistemas semiactivos con la incorporación de fluidos magnetoreológicos en los amortiguadores, lo que produce una reducción de la rigidez del conjunto pero limitando los desplazamientos máximos permitidos al asiento mediante la acción del amortiguador.

De esta manera evitamos el movimiento de vaivén del operario pero manteniendo un buen aislamiento a bajas frecuencias.

Su funcionamiento es independiente del peso del operario.

También se utilizan sistemas activos incorporando un actuador hidráulico que evita la transmisión de vibraciones en la base.

La utilización de estos sistemas tanto semiactivos como activos supone una reducción de transmisión de vibraciones de hasta un 30% frente a los sistemas con elementos neumáticos.

También de forma generalizada se pueden observar la utilización en las suspensiones de los amortiguadores en baja frecuencia con cargas elevadas.

Así mismo, se ha introducido con bastante frecuencia materiales de caucho como apoyos elásticos en el montaje de equipos con altos niveles de vibración.

Martillos hidráulicos y Martillos neumáticos		Elementos elásticos o desacoplamientos entre cuerpo principal y empuñadura
Pisones	Empuñaduras	Desacopladas elásticamente o con amortiguadores adicionales
Reglas vibrantes	Reducción de vibraciones mediante aislamiento en etapas: Reducción de amplitud en modos de vibración	Regla-bastidor Bastidor-empuñadura
Cortadoras	Montaje de motores con acoplamiento elásticos	
Compactadores pesados	Reducción de vibraciones mediante aislamiento en etapas:	Rulo-brazo Chasis-cabina Cabina asiento

Maquinaria de movimientos de tierras Dumpers	Colocación de elementos de suspensión.
	Asientos con montaje elástico o con colchón neumático.
	Sistemas de suspensión-amortiguadores
Máquinas sobre camión (hormigoneras, grúas, bombas de hormigón)	Asientos con montaje elástico, montaje de elementos móviles, motores y grupos hidráulicos sobre apoyos elásticos

Los elevados costes de los sistemas semiactivos y activos hacen que se hayan introducido poco en la fabricación de la maquinaria al desconocerse la justificación del gasto frente a los sistemas tradicionales.

No obstante en las máquinas con sistemas tradicionales se está introduciendo los elementos tipo “básig” que combinan material elastómero, metal y fluido lo que genera unos resultados efectivos.

Así mismo resulta efectiva la utilización de otros elementos elásticos como los sistemas neumáticos en más aplicaciones (solo habituales en los asientos) o la introducción de amortiguadores ajustados o amortiguadores en etapas.

En el mercado existen elementos semiactivos y activos en reducción de vibraciones como las suspensiones MR y los asientos ya indicados, se considera que están en una fase temprana de desarrollo y solo se recomiendan en los casos en que las soluciones pasivas han sido insuficientes.

Los materiales reológicos apuntan a ser los que más posibilidades de implementación tienen en un plazo no muy largo y de menor coste.

En la actualidad el avance tecnológico está sujeto a ensayos que pongan en marcha nuevas tecnologías cuyo resultado sea óptimo frente a los valores exigidos por la normativa.

Para ello, se debería enfocar estableciendo a nivel formativo de ingenierías, en centros especializados de investigación, un estudio inicial de las vibraciones como agente físico.

Se estima que se podría conseguir una reducción del nivel de vibraciones entre un 20 y un 50%.

Con esta estimación se podría aumentar las horas diarias de trabajo por parte del operario, sin superar los límites establecidos por la normativa, con lo que se mejoraría la competitividad del producto.

Las máquinas portátiles manuales, deben disponer de unos asideros adecuados.

Como norma general estos deben tener una longitud mínima de 9 cm y un grosor entre 3 y 6 cm.

Es aconsejable que dispongan de dos asideros para permitir la utilización con ambas manos, lo que hará que se agarre con menor fuerza.

Las empuñaduras se encontrarán limpias, lisas y en perfecto estado para evitar presiones añadidas en las palmas de las manos.

Los órganos de accionamiento deben estar dispuestos de manera que para su utilización no sea preciso soltar ninguno de los asideros.

*Figura 14. Máquina de accionamiento manual.*





---

## 9. Prácticas sencillas para disminuir los efectos de las vibraciones

---

A continuación se indican los aspectos que hay que controlar para disminuir los efectos de las vibraciones a los trabajadores.

### 9.1. Acciones técnicas a nivel de fabricante

#### **Reducción de la vibración en la fuente**

El fabricante es el responsable de diseñar un equipo que transmita unas vibraciones tolerables, disponiendo de unos diseños ergonómicos de las empuñaduras y de los asientos. Por ello, deberá estudiar las posibles modificaciones en las uniones entre los elementos móviles, los puntos de anclaje o sujeción, etc.... para poder reducir el nivel de vibración de la máquina.

#### **Aislamiento de las vibraciones**

El fabricante dispondrá de aislantes de asientos sobre soportes elásticos, mangos absorbentes de vibraciones en las empuñaduras de las herramientas manuales que generen una disminución de las vibraciones que se transmiten al trabajador y eviten riesgos para la salud.

#### **Utilización de equipos de protección individual**

El estudio por el fabricante de los equipos de protección individual eficaces que deben emplearse para el manejo de la maquinaria o herramientas que impidan la transmisión de las vibraciones al cuerpo.

Estos incluirán la ropa y el calzado de trabajo adecuado.

## 9.2. Acciones organizativas

Dentro del centro de trabajo se establecerán unas acciones organizativas que consistirán en:

### **Organización del trabajo**

Programación previa del trabajo conforme a las condiciones del entorno y pudiendo introducir modificaciones en las secuencias de montaje.

### **Establecimiento de pausas en el trabajo**

Implantación de los horarios de trabajo y de utilización de la máquina cumpliendo los límites establecidos por la normativa vigente.

### **Rotación de puestos y establecer turnos de trabajo**

Contemplación de la rotación de los trabajos con herramientas con efecto vibratorio, con tareas que no supongan exposición, teniendo en cuenta los tiempos de exposición recomendados que deben de señalarse en las fichas de características técnicas de las máquinas.

## 9.3. Acciones técnicas a nivel de obra

### **Elección de equipos adecuados para los trabajos que se van a acometer**

Se realizará una elección de la maquinaria a utilizar en función de:

- Tendrán marcado CE.
- Se analizarán los datos de vibraciones del equipo.
- Según el tamaño, potencia y capacidad precisa para el trabajo y según el material sobre el que se va a emplear.

- La maquinaria pesada deberá disponer de respaldo, asiento, reposacabezas y apoyabrazos ergonómico.
- Los órganos de accionamiento no requerirán grandes esfuerzos para su utilización.
- Los neumáticos serán los adecuados a las características del terreno por el que tengan que circular.

### **Control adecuado de la velocidad de los vehículos en la obra**

La velocidad de los vehículos está directamente relacionada con la transmisión de vibraciones por lo que deberá ser la adecuada.

La velocidad vendrá en función de las condiciones de trabajo y estado del terreno por donde circule.

La conducción será tranquila sin frenazos, acelerones y evitando el paso de los posibles baches de forma brusca.

### **Utilización de maquinaria moderna**

Los fabricantes van introduciendo modificaciones o creando máquinas nuevas que transmiten menores vibraciones.

Los modelos más modernos suelen incluir en gran cantidad de máquinas, sistemas antivibratorios en los que separan el motor de los mangos o asientos con amortiguadores, lo que reduce la exposición.

### **Control de los mantenimientos adecuados de toda la maquinaria de obra**

Es importantísimo el seguimiento del control de los mantenimientos de todo tipo de equipo de trabajo por personal cualificado y autorizado para ello, ya que se van a corregir los posibles desajustes y desengrasas que se suceden en la vida de un equipo tanto por su uso como por su no utilización.

Así mismo la utilización de accesorios desgastados como por ejemplo los discos de una cortadora aumenta los valores de exposición a vibraciones.

Dentro de este mantenimiento, se deberá revisar entre otros:

- Los ajustes de las piezas
- La suspensión
- Los apoyos fijos de la maquinaria que estarán aislados frente a las vibraciones
- La lubricación
- Los neumáticos que deberán estar con la presión adecuada a la carga, al terreno por el que circulan y a las condiciones de trabajo
- Los apoyos de los asientos
- Los escapes del motor

### **Mantener en funcionamiento los equipos exclusivamente durante su uso**

Los equipos transmiten vibraciones tanto si se están usando como si no, por lo que se evitará dejar en marcha equipos que no se estén utilizando.

### **Incorporación en instalaciones o maquinaria de obra de dispositivos de reducción de vibraciones**

Planificación y control para que se dispongan equipos en obra con dispositivos que reduzcan la exposición a vibraciones.

### **Uso de equipos de protección individual**

Se proporcionará la ropa y el calzado de trabajo adecuado según la variación de las temperaturas ambientales.

En el caso de los guantes, deberán ser antivibratorios, que sean térmicos en caso de elevadas temperaturas y que tengan una palma antideslizante para poder garantizar un buen agarre con la empuñadura de la máquina.

No obstante se debe comprobar la eficacia realizando mediciones o a través de las fichas técnicas de cada máquina para la elección del guante con la protección adecuada.

Hay que tener en cuenta, que estudios realizados sobre el empleo de guantes a frecuencias bajas (6,3-50Hz) se observa que hay momentos en los que reducen la transmisión, pero también en otros amplifican.

En el caso de vibraciones de frecuencias medias entre 50 y 500 Hz la utilización de cualquier tipo de guantes supone una amplificación de la transmisión.

En frecuencias altas entre 500-16000Hz se reduce la vibración en más de un 50%.

### **Revestimiento de aislamientos**

Revestir con materiales aislantes distintos elementos de la obra como por ejemplo disponer cubrición de goma en tolvas, cribas, contenedores, cazos, etc.

### **Formación e información de los trabajadores**

Los trabajadores deberán conocer los riesgos a los que se encuentran expuestos durante la ejecución de sus tareas, así como las medidas de control o de protección que deben adoptar.

Para ello, todo trabajador debe leer y entender las normas de mantenimiento y seguridad de cada máquina que utilice debiendo existir una justificación documental.

## Vigilancia de la salud

Se aplicarán los protocolos adecuados para la detección precoz de lesiones musculoesqueléticas, vasculares, etc., que deberán ser más exhaustivos en personas que padezcan alguna enfermedad que pudiera verse afectada por su trabajo expuesto a vibraciones como por ejemplo problemas circulatorios, enfermedades en el sistema nervioso periférico, en el sistema musculoesquelético, etc.

## 9.4. Datos complementarios

### Valores orientativos en distintas máquinas

Como ya se ha indicado el *R.D. 1311/2005, de 4 de noviembre*, establece el valor de aceleración para el límite de exposición  $5 \text{ m/s}^2$ , así como, valor de aceleración para el nivel de acción  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

### Apisonadora

Los dos rodillos vibran para realizar las funciones de compactación y alisado del terreno. (figura 15).

En función de la velocidad de actuación producen mayores vibraciones.

Habría que reducir el tiempo de exposición del trabajador para minimizar los riesgos.

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $7,0 \text{ m/s}^2$ .

*Figura 15. Apisonadora.*



### Martillo eléctrico

Se utilizan tanto en horizontal como en vertical, que cumplen su función con movimiento vibratorio. (figura 16).

Produce alto nivel de vibración en las empuñaduras.

Se revisarán el aislamiento de los mangos y se actuará en el tiempo de exposición del trabajador.

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $17,8 \text{ m/s}^2$ .



*Figura 16. Martillo eléctrico.*

### **Martillo neumático**

Es más potente que el martillo eléctrico.

Produce alto nivel de vibración en las empuñaduras.

Para el empleo en superficies verticales se utilizan los martillos picadores que son más pequeños y ligeros por lo que resultan más manejables y producen un menor nivel de vibraciones. (figura 17).

No obstante habrá que controlar el tiempo de exposición de los trabajadores y se tratará de sustituir por otro tipo de herramientas.

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $41,1 \text{ m/s}^2$ .

*Figura 17. Martillos neumáticos.*



### Mesa de corte

Este tipo de máquinas se encuentran sobre una mesa y el motor se encuentra alejado de la posición del cuerpo del operario, quedando las empuñaduras a cierta distancia por lo que no suelen producir efectos adversos en relación a las vibraciones. (figura 18).

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $9,1 \text{ m/s}^2$ .



*Figura 18. Cortadora de material cerámico.*

## Pisón

Los pisones realizan la función de compactado de terrenos porosos.

Para ello, tienen un gran peso y realizan un movimiento oscilatorio en vertical con gran potencia, figura 19.

Tienen elevados nivel de vibración que es minimizado con aislamientos mecánicos en el manillar.

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $12,3 \text{ m/s}^2$ .

*Figura 19. Pisón (rana).*



## Radial

Se utilizan en el corte de distintos materiales, debiendo utilizarse el tipo de disco adecuado para cada uno de ellos, en perfecto estado y adecuar la velocidad a la operación a realizar. (figura 20).

Es aconsejable apoyar y sujetar la pieza a cortar

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $9,3 \text{ m/s}^2$ .



*Figura 20. Radial.*

## Vibrador de hormigón

Son máquinas de baja frecuencia, diseñada para reducir el nivel de aire ocluido en el hormigón fresco vertido en obra. (figura 21).

Se evitará el uso de forma continuada por un mismo trabajador y mantener la aguja de vibrado a una distancia de 7 cm de las paredes de los paneles de encofrar.

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $8,9 \text{ m/s}^2$ .

*Figura 21. Vibrador.*



### **Atornillador de impacto**

Son máquinas con un nivel alto de vibraciones siendo el valor de aceleración para el límite de exposición media  $10,9 \text{ m/s}^2$ , aunque existen en el mercado algunas que reducen este valor a  $4,4 \text{ m/s}^2$ .

### **Taladro percutor**

El taladro percutor reduce la transmisión de vibraciones en comparación con el martillo neumático. (figura 22).

Podrá ser sustituido, aun cuando habrá que reducir la utilización continuada del mismo.

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $18,8 \text{ m/s}^2$ .



*Figura 22. Taladro percutor*

### **Fratasadora de hélice**

Son máquinas que generan vibraciones produciendo su uso continuado lesiones osteoarticulares. (figura 23).

Valor de aceleración para el límite de exposición media  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

*Figura 23. Fratasadora de hélice.*



### **Sierra de disco**

Estas máquinas también se sitúan por debajo del nivel de acción con valor de aceleración medio de  $2,3 \text{ m/s}^2$ . (figura 24).

*Figura 24. Sierra de disco de cortar madera.*



## Ingletadora

Al igual que las dos anteriores las ingletadoras tienen un nivel de acción con valor de  $1,9 \text{ m/s}^2$ . (figura 25).



*Figura 25. Ingletadora.*

## Atornillador

Son máquinas que se sitúan por debajo del nivel de acción con  $1,8 \text{ m/s}^2$  de media.

### **Pulidora**

Son máquinas que generan vibraciones con un nivel de aceleración medio de  $4,5 \text{ m/s}^2$ , por lo que se suelen encontrar por debajo del nivel límite de exposición. (figura 26).

No obstante habrá que controlar el tiempo de utilización de los trabajadores al poder ocasionar lesiones osteoarticulares.

*Figura 26. Pulidora.*



### **Sierra de calar**

Son máquinas que superan el nivel de acción pero se suelen encontrar por debajo del nivel límite de exposición.

Valor de aceleración medio de  $3,5 \text{ m/s}^2$ .

### **Generalidades**

En términos generales se puede indicar que:

Los más altos niveles de vibración los ocasionan las herramientas manuales que realizan tareas de romper o perforar.

Las máquinas que se sitúan sobre bancadas producen un nivel de vibraciones menor que las portátiles que realizan el mismo trabajo.

Atendiendo a su accionamiento, las máquinas que menor nivel de vibraciones generan son las neumáticas, a excepción del martillo rompedor neumático.

Después estarían las eléctricas y por último, las alimentadas por combustión.

El *National Institute for Working Life* de Suecia tiene publicada una serie de herramientas motorizadas y sus niveles de vibración.

Las mediciones son aproximadas dependiendo de la forma en que se mida la vibración, el mantenimiento de la herramienta y la utilización de la misma como ya se ha indicado en los apartados anteriores.

La información que puede observarse en esta base de datos es una recopilación de informes de investigación, catálogos de herramientas, etc.

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de vibración en $m/s^2$
Martillo cincelador	Makita	HK1810	Eléctrico	8
Martillo cincelador	Bosch	GSH 5 CE	Eléctrico	14
Martillo cincelador	Bosch	GSH 10 C	Eléctrico	14
Martillo cincelador	Atlas Copco	RRC 12/12B	Neumático	4,7
Martillo cincelador	Uryu	BRH-7	Neumático	10
Martillo cincelador	Uryu	BRH-5UV	Neumático	7,9
Martillo cincelador	Hilti	TE 504	Eléctrico	12
Martillo cincelador	Hilti	TE 804	Eléctrico	14

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Maq. de corte de hilo de diamante (para mármol)	Atlas Copco	DME 1300	Eléctrico	2,5
Maq. de corte de hilo de diamante (para mármol)	Atlas Copco	DMB 2300	Eléctrico	2,5
Maq. de corte de hilo de diamante (para mármol)	Atlas Copco	DSA 2300	Eléctrico	2,5

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Pulidora de suelos de hormigón	ABS	RAE 90 LF/4	Eléctrico	5,4

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Taladro eléctrico	Hilti	TE 72	Eléctrico	8,9
Taladro eléctrico	Hilti	TE 72	Eléctrico	7,5
Taladro eléctrico	Hilti	TE 72	Eléctrico	7,7
Taladro eléctrico	Makita	HR 3850	Eléctrico	15,5
Taladro eléctrico	Makita	HR 3850	Eléctrico	19,7
Taladro eléctrico	Makita	HR 3850	Eléctrico	10,8
Taladro eléctrico	Hitachi	DH24PD	Eléctrico	8
Taladro eléctrico	Hitachi	DM20V	Eléctrico	2,7
Taladro eléctrico	Hitachi	DV24DV	Batería	10

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Fresadora manual	Makita	906	Eléctrico	2,5
Fresadora manual	Bosch	GG827	Eléctrico	3,5
Fresadora manual	Bosch	GG86S	Eléctrico	7
Fresadora manual	Bosch	GG816	Eléctrico	4
Fresadora manual	Uryu	UG-65NL	Neumático	1,8
Fresadora manual	Uryu	UG-650NL	Neumático	1,8
Fresadora manual	Atlas Copco	LSRS150CW	Neumático	2,5
Fresadora manual	Atlas Copco	LSR43S150	Neumático	5,6
Fresadora manual	Atlas Copco	LSR64SO60	Neumático	3

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Ligadora Orbital	Hitachi	SV12SA	Eléctrico	2,5
Ligadora Orbital	Makita	9036	Eléctrico	5
Ligadora Orbital	Makita	9046	Eléctrico	2,5
Ligadora Orbital	Bosch	GEX150AC	Eléctrico	4
Ligadora Orbital	Bosch	GEX125AC	Eléctrico	4
Ligadora Orbital	Bosch	GSS28A	Eléctrico	3,5
Ligadora Orbital	Atlas Copco	LST31H090-11	Neumático	2,5
Ligadora Orbital	Atlas Copco	LST31H090-13	Neumático	2,5
Ligadora Orbital	Atlas Copco	LST31H090-15	Neumático	2,5

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		x	y	z	Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Vibrador de hormigón	Oficine Ferrero	Sin especificar	Neumático	0,2	0,0	0,3	0,2
Vibrador de hormigón	Oficine Ferrero	Sin especificar	Neumático	0,7	0,0	1,4	0,7
Vibrador de hormigón	Oficine Ferrero	Sin especificar	Neumático	0,5	0,0	0,6	0,5
Vibrador de hormigón	Oficine Ferrero	Sin especificar	Neumático	2,1	0,0	5,5	2,1

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Compactador vibrante	Hitachi	W412D	Batería	12,1
Compactador vibrante	Fein	ASbe647-1	Eléctrico	3,8
Compactador vibrante	Fein	ASbe658-1	Eléctrico	4
Compactador vibrante	Kawasaki	KPT 2060	Neumático	2,8
Compactador vibrante	Kawasaki	KPT 12WS	Neumático	2,00
Compactador vibrante	Kawasaki	KPT 220P	Neumático	4,4
Compactador vibrante	Fuji	FWL-14P-5	Neumático	0,6
Compactador vibrante	Fuji	FW-5PX-6	Neumático	0,3
Compactador vibrante	Fuji	FW-24PX-5	Neumático	3,2
Compactador vibrante	Atlas Copco	LST16HR	Neumático	2,5
Compactador vibrante	Atlas Copco	LST56HR	Neumático	4,3

### DATOS DE MÁQUINAS QUE DAN LUGAR A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo	Valor eficaz (x)	Valor eficaz (y)	Valor eficaz (z)	Nivel de vibración en $m/s^2$
Compactadora de asfalto	Albaret	Isopactor M4	0,1	0,3	0,1	0,3
Compactadora de asfalto	Albart	P3	0,1	0,1	0,1	0,2
Compactadora de asfalto	Ingersold Rand	DD90	0,4	0,3	0,3	0,5
Compactadora de asfalto	Bomag	BW-138-AD	0,3	0,5	0,4	0,7
Compactadora de asfalto	Hamm	HD 90	0,2	0,3	0,3	0,4
Compactadora de asfalto	Hamm	HD110	0,2	0,3	0,2	0,4

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo	Valor eficaz /Valor pico (x)	Valor eficaz /Valor pico (y)	Valor eficaz /Valor pico (z)	Nivel de vibración en $m/s^2$
Excavadora	Akerman	H12	0,2/2,2	0,1/1,6	0,2/2,5	0,4
Excavadora	Akerman	H9M	0,8/5,0	0,6/4,5	1,0/6,3	1,7
Excavadora	Liebherr	A901C	1,3/2,2	0,2/2,5	0,4/2,5	0,7
Excavadora	Liebherr	932 lit	0,5/-	0,3/-	0,5/-	0,8
Excavadora	Liebherr	934 lit	0,3/-	0,2/-	0,3/-	0,5
Excavadora	Caterpillar	CAT225LC	0,5/5,3	0,4/0,5	0,5/7,1	1,0
Excavadora	Caterpillar	330BCMB	0,6/-	0,3/-	0,4/-	0,8
Excavadora	K-L	121B1973	0,4/8,4	0,2/8,45	0,7/7,9	0,9
Excavadora	P&H	2800	0,3/-	0,2/-	0,2/-	0,4

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo	Valor eficaz /Valor pico (x)	Valor eficaz /Valor pico (y)	Valor eficaz /Valor pico (z)	Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Excavadora	Akerman	H12	0,2/2,2	0,1/1,6	0,2/2,5	0,4
Excavadora	Akerman	H9M	0,8/5,0	0,6/4,5	1,0/6,3	1,7
Excavadora	Liebherr	A901C	1,3/2,2	0,2/2,5	0,4/2,5	0,7
Excavadora	Liebherr	932 lit	0,5/-	0,3/-	0,5/-	0,8
Excavadora	Liebherr	934 lit	0,3/-	0,2/-	0,3/-	0,5
Excavadora	Caterpillar	CAT225LC	0,5/5,3	0,4/0,5	0,5/7,1	1,0
Excavadora	Caterpillar	330BCMB	0,6/-	0,3/-	0,4/-	0,8
Excavadora	K-L	121B1973	0,4/8,4	0,2/8,45	0,7/7,9	0,9
Excavadora	P&H	2800	0,3/-	0,2/-	0,2/-	0,4

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo	Valor eficaz /Valor pico (x)	Valor eficaz /Valor pico (y)	Valor eficaz /Valor pico (z)	Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Dumper	Engström & Nilsson	666 B	0,3/3,1	0,4/4,3	0,5/6,5	0,9
Dumper	Volvo	DR860	0,4/3,7	0,4/3,1	0,9/7,8	1,1
Dumper	Volvo	5350	0,3/1,9	0,4/2,4	0,7/3,8	1,0
Dumper	Terex	2566	0,5/-	0,7/-	0,9/-	1,3
Dumper	Moxy Komatsu	775B	0,6/-	0,6/-	0,7/-	1,1
Dumper	Caterpillar	CAT775D	0,5/-	0,4/-	0,5/-	0,8
Dumper	Caterpillar	CAT775B	0,4/-	0,4/-	0,6/-	0,8

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo	Valor eficaz /Valor pico (x)	Valor eficaz /Valor pico (y)	Valor eficaz /Valor pico (z)	Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Carretilla elevadora	Hyster	H330B	0,2/-	0,1/-	0,3/-	0,0
Carretilla elevadora	Kalmar	LMV16-1200	0,1/-	0,1/-	0,4/-	0,0
Carretilla elevadora	Svetruck	1060	0,4/1,9	0,3/1,9	0,4/3,7	0,7
Carretilla elevadora	Kalmar	DC136	0,5/2,5	0,5/2,8	1,2/8,6	1,4

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo	Valor eficaz /Valor pico (x)	Valor eficaz /Valor pico (y)	Valor eficaz /Valor pico (z)	Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Camión hormigonera	Ausa	M01000	0,5/-	0,5/-	0,9/-	1,2
Camión hormigonera	Merlo	2500xsmy	0,7/-	0,3/-	0,6/-	1,0
Camión hormigonera	Flori	DB250S	0,3/-	0,3/-	0,5/-	0,6
Camión hormigonera	Flori	DB150	0,6/0,4	0,5/0,3	0,7/0,7	1,0
Camión hormigonera	Renault	300	0,5/-	0,6/-	0,6/-	1,0

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo	Valor eficaz /Valor pico (x)	Valor eficaz /Valor pico (y)	Valor eficaz /Valor pico (z)	Nivel de vibración en m/s <sup>2</sup>
Grúa móvil	Ormig	400tg	0,4/-	0,6/-	0,6/-	0,0
Grúa móvil	Gottwald	HMK280E	0,0/-	0,1/-	0,0/-	0,0





---

## Ruido 1. Sonido, ruido y contaminación acústica

---

### Sonido

La Real Academia Española de la Lengua, define **sonido** como la sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire.

Otras definiciones, que se asemejan a la indicada aunque algo más completas entienden como **sonido** a aquel efecto auditivo producido por una vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones.

### Ruido

La Real Academia Española de la Lengua define **ruido** como un sonido inarticulado por lo general desagradable.

Podemos encontrar otras definiciones que la amplían como, **ruido** es todo sonido indeseable que puede producir molestias.

Una definición generalizada de ruido sería un sonido extraordinario o intempestivo, o de forma más precisa, como todo sonido susceptible de producir efectos fisiológicos o psicológicos sobre una persona o grupo de personas.

De un modo resumido, podemos decir que el origen de un sonido, se encuentra en cualquier perturbación que se produce en el espacio y que se propaga como ondas de presión por un medio material hasta llegar a ser percibido por el oído humano.

Si este sonido es nocivo para la salud o puede interferir en una actividad, o simplemente si es molesto o desagradable se denomina ruido.

Una vez definido los conceptos de sonido y ruido se puede decir, que cualquier actividad humana trae consigo un nivel de sonido que puede ser más o menos elevado.

Dependiendo de la duración, el tipo, el lugar y el momento en el que se ocasiona puede ser incómodo produciendo efectos negativos en la salud.

### **Contaminación acústica**

La *Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido*, define la contaminación acústica como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que implique 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.

El transporte, la construcción de edificios, las obras públicas y la industria son las causas principales de la contaminación acústica.

Es reseñable que existen estudios que indican que en Estados Unidos aproximadamente 30 millones de trabajadores se encuentran expuestos a ruidos peligrosos. Por ello, existe gran preocupación al considerar la hipoacusia una de las enfermedades más habituales en aquel país.

La oficina de estadísticas laborales de Estados Unidos indica que en un periodo de cinco años desde el año 2004, se han registrado casi 125.000 hipoacusias permanentes o significativas. Solamente en el 2009 se registraron 21.000 enfermedades por pérdida de audición.

Para este tipo de enfermedades en la actualidad no existe cirugía que pueda corregir este tipo de hipoacusia.

Los audífonos en la mayor parte de los casos tampoco son efectivos.





---

## 2. Clasificación del ruido

---

Podemos diferenciar dos grupos:

- La **emisión sonora** es la que caracteriza una fuente de ruido, en unas condiciones determinadas de funcionamiento, es decir, es la que se refiere a las fuentes originarias o causantes de ruido, independientemente del entorno en el que se encuentren y del tiempo de funcionamiento.

Éstas inciden en el diseño, construcción, comercialización y puesta en servicio de los productos

- La **inmisión sonora o exposición es el impacto del ruido** que produce en un puesto de trabajo determinado, dependiendo de la distancia a la fuente, del tiempo de exposición, las características del entorno o local, así como de la movilidad del trabajador.

Dentro de la legislación se diferencian estos dos grupos de normativas:

### *Normativas de emisión*

*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.*

En este se considera al ruido como un peligro a tener en cuenta en la seguridad y salud, incluyendo:

- La exigencia de diseñar y fabricar la 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.

Para llevar a cabo estas exigencias podremos fijarnos en las Normas Armonizadas Europeas (EN) en donde se desarrollan y se especifican como se han de cumplir los requisitos, si bien éstas son de carácter voluntario.

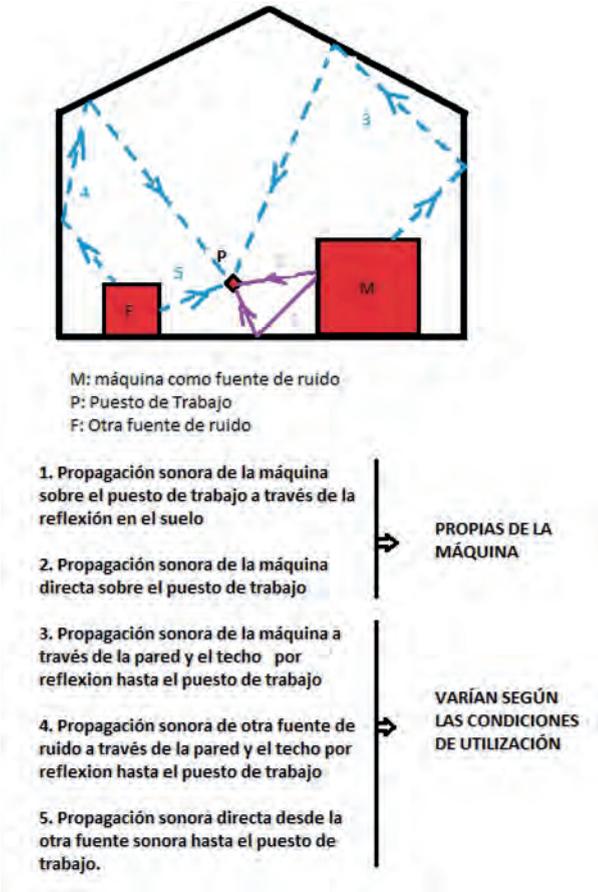
La Directivas Europeas 2000/14/CE de 8 de mayo de 2000 y la 2005/88/CE de 14 de diciembre de 2005, fueron traspuestas a la normativa española con el *R.D. 212/2002 de 22 de febrero* y su modificación con el *R.D. 524/2006 de 28 de abril, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.*

### ***Las normativas de inmisión***

Como ya se ha indicado incidirán 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.

La Directiva Europea 2003/10/CE de 6 febrero de 2003, fue transpuesta a la normativa española con el *R.D. 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.*

Figura 27. Ilustración de las diferentes vías de propagación aérea que influyen en el nivel de presión acústica en el puesto de trabajo P, en una máquina M colocada en el lugar de utilización. (Información recogida de las Fichas de Divulgación Normativa del INSHT)



Si se observa la figura 27 se pueden diferenciar los distintos conceptos de emisión e inmisión.

Las vías de propagación 1 y 2 son las propias de la máquina que permanecen invariables de un usuario a otro.

Las vías de propagación 3, 4 y 5 dependen de la utilización de la máquina y varían de un trabajador a otro.

Los fabricantes de maquinaria independientemente de conocer la normativa de inmisión, tienen que informar sobre los riesgos que produce la máquina situada en diferentes ambientes, por lo que se verán afectados igualmente por la normativa reglamentaria referente a la emisión.

Los fabricantes no son responsables del entorno y características del local donde se ubique su máquina, pero, sí tienen que dar información sobre la incidencia sobre los trabajadores.

## 2.1. Conceptos básicos de medida del ruido

### 2.1.1. Velocidad del sonido (c)

Se llama velocidad del sonido a la velocidad a la que se propaga la onda acústica en un medio elástico. Es decir, la velocidad del sonido depende exclusivamente de las características del medio en el que se propague, el tipo, su densidad, su estado físico, etc.

Se mide en m/s.

### 2.1.2. Periodo (T)

El periodo 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.

$$T = \frac{1}{f}$$

### 2.1.3. Longitud de onda ( $\lambda$ )

La longitud de onda es la distancia entre puntos análogos en dos ondas sucesivas.

Se mide en metros.

Depende del periodo, de la frecuencia y de la velocidad del sonido.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = c \times T$$

Los límites de frecuencia audibles se encuentran entre los rangos de longitud de onda de 17 m para 20 Hz de frecuencia y 17 mm para los 20.000 Hz.

### 2.1.4. Intensidad

La intensidad 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.

$$I = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo} \times \text{Superficie}}$$

Medido en ergio/s·cm<sup>2</sup> (sistema CGS)

$$I = \frac{\text{Potencia}}{\text{Superficie}}$$

Medido en W/m<sup>2</sup> (sistema S.I.)

### El Nivel de Intensidad Acústica. (LI)

Se define con la siguiente expresión:

$$L_I = 10 \times \lg \left( \frac{I}{I_0} \right)$$

Donde:

I es la intensidad acústica considerada, en  $\text{W}/\text{m}^2$

$I_0$  es la intensidad acústica de referencia, que se establece en  $10^{-12} \text{W}/\text{m}^2$

Se mide en decibelio (dB).

### 2.1.5. Presión acústica

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  $P_0$ .

La presión de referencia  $P_0$  corresponde al umbral de audición humana, que por convenio se elige como  $20 \mu\text{Pa}$  ( $2 \times 10^{-5} \text{Pa}$ ) para medios gaseosos.

El otro extremo del intervalo de presiones que el oído humano puede percibir es de  $200 \text{Pa}$ , correspondiente al umbral de dolor.

Como puede observarse, el margen de variación es muy amplio, por lo que se maneja el **nivel de presión acústica** ( $L_p$  o NPS), medido en decibelios (dB) y relacionado con la presión acústica por:

$$L_p = 10 \times \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2 = 20 \times \log \frac{P}{P_0}$$

Para aclarar el significado del decibelio (dB), puede observarse en la expresión anterior que duplicar el valor de una cierta magnitud ( $\log 2=0,301030$ ) supone un aumento de 3 dB.

En el caso de la presión, dado que la magnitud está elevada al cuadrado, duplicar la misma equivale a un aumento de 6 dB.

Con una escala así definida, el valor mínimo de la sensibilidad auditiva humana corresponde a un nivel de presión sonora de 0 dB y el umbral de dolor a 140 dB.

### 2.1.6. Frecuencia (f)

Otro parámetro a tener en cuenta para la evaluación del ruido es la **frecuencia**, que se define como el número de variaciones de presión de la onda sonora en un segundo y se mide en Hercios (Hz) o ciclos por segundo.

Un sonido puro será 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**.

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**.

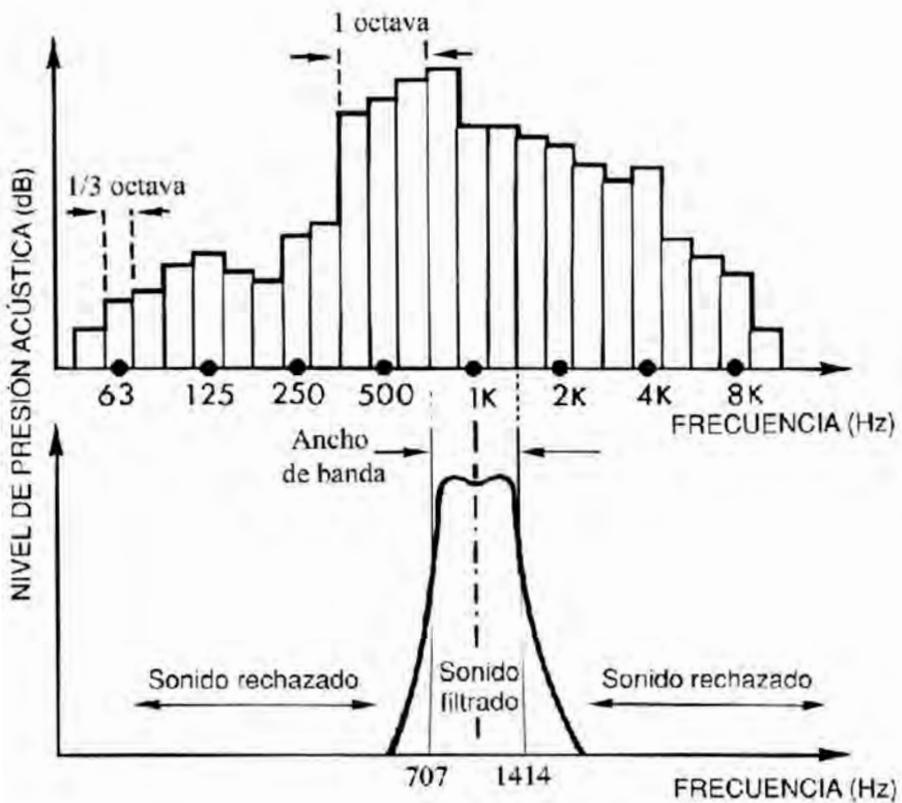


Figura 28. Formación de bandas de frecuencia

Para construirlas se emplean filtros que dejan pasar el ruido entre unas frecuencias mínima y máxima, siendo el límite superior en frecuencia el doble del límite inferior. (figura 28)

### 2.1.7. Nivel de presión acústica ponderado A (LpA)

Un método más sencillo para considerar el efecto de las frecuencias en el trabajador consiste en medir la presión acústica con unas escalas de ponderación que ajustan los sonidos en función de la frecuencia.

La más utilizada es el filtro de ponderación A, que es un filtro en frecuencia similar al comportamiento del oído humano.

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

$$L_{pA} = 10 \log \left( \frac{P_A}{P_0} \right)^2 = 20 \log \frac{P_A}{P_0}$$

donde  $P_A$  es la presión acústica ponderada A, en pascales.

La medida se expresa entonces en dB(A).

Lo que suele hacerse es incluir este factor de ponderación (establecido en la norma UNE-EN 61672:2005) en el instrumento de medida mediante un circuito electrónico, que modifica la señal captada por el micrófono de forma similar a como lo hace el oído humano.

Una consideración adicional es que los ruidos que percibe un trabajador no son siempre del mismo tipo. Se pueden clasificar en:

**Ruido estable:** aquel cuyo nivel de presión acústica ponderado A permanece esencialmente constante, lo que se cumple cuando la diferencia entre los valores máximo mínimo de  $L_{pA}$  es inferior a 5 dB(A), medido con la característica <<SLOW>> del sonómetro.

**Ruido variable:** es aquel cuyo nivel de presión acústica ponderado A oscila más de 5 dB(A) a lo largo del tiempo.

Un ruido variable puede descomponerse en varios ruidos estables.

La variación del ruido puede producirse de manera periódica o aleatoria, tal como se refleja en la figura 29.

**Ruido de impacto o de impulso:** ascenso brusco del ruido en una duración total del impulso menor de un segundo. El tiempo transcurrido entre máximos consecutivos ha de ser igual o superior a un segundo.

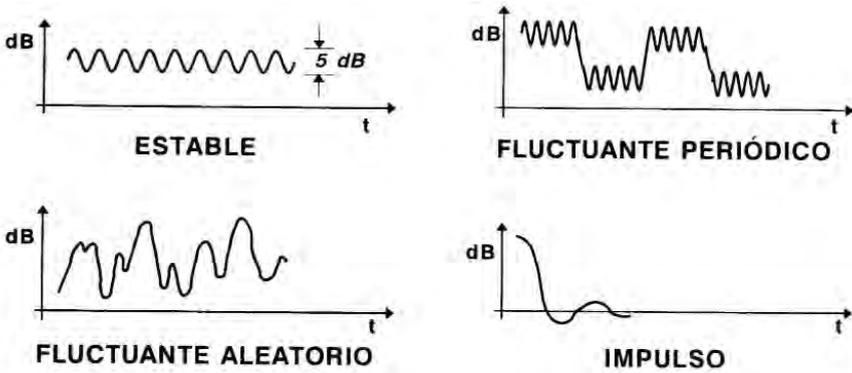


Figura 29.

### 2.1.8. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ )

Para poder medir el ruido de forma coherente 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.

Se define así el **nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A**  $L_{Aeq,T}$  como aquél que tendría un ruido continuo que en el mismo tiempo de exposición transmitiera la misma energía que el ruido variable considerado. (figura 30).

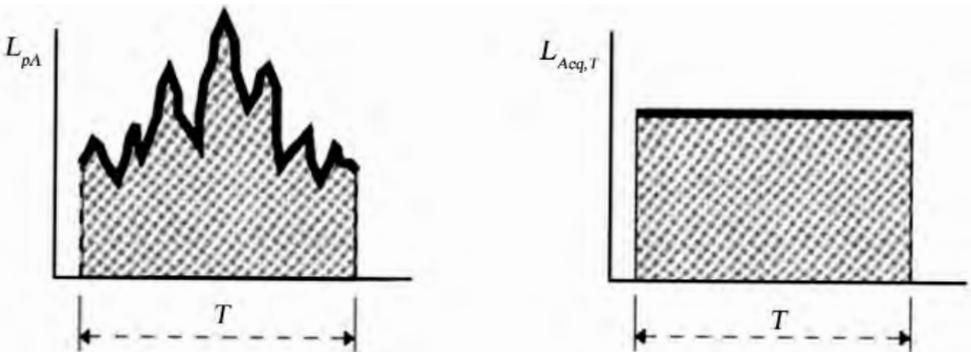


Figura 30.

Su expresión es:

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

con  $T=t_2-t_1$  el tiempo de exposición del trabajador al ruido.

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

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

El siguiente aspecto a considerar es el diferente tiempo de exposición de un trabajador al ruido.

Para ello lo que se hace es considerar el valor del ruido que habría sufrido el trabajador si el tiempo anterior  $T$  hubiera sido igual a 8 horas, obteniéndose el **nivel de exposición diario equivalente**,  $L_{Aeq,d}$ .

Así si un trabajador ha estado expuesto un tiempo  $T$  a un ruido, el valor diario equivalente se puede obtener como

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}.$$

En la figura 31 se muestran ruidos en diferentes periodos equivalentes a un ruido de 90 dB(A).

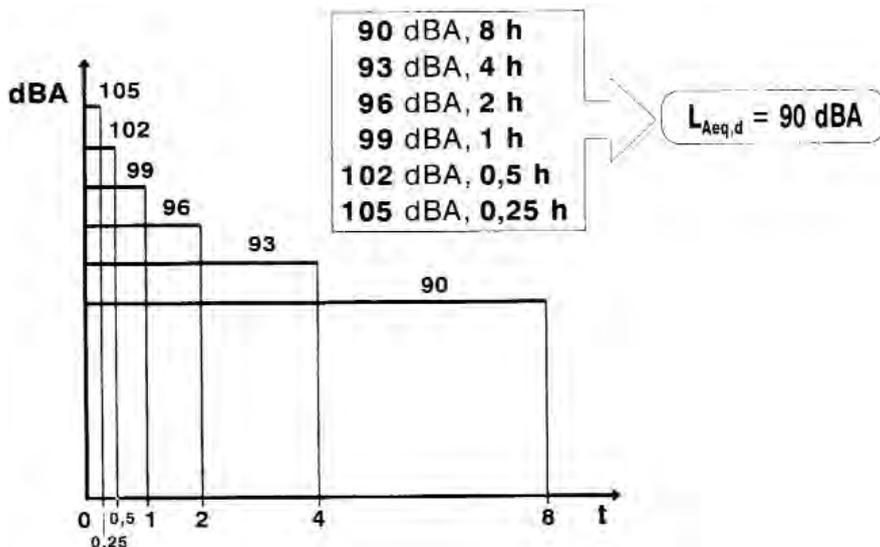


Figura 31.

Si un trabajador está expuesto a «m» distintos tipos de ruido y, a efectos de la evaluación del riesgo, se ha analizado cada uno de ellos separadamente, el nivel de exposición diario equivalente se calculará según las siguientes expresiones:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \sum_{i=1}^m 10^{0,1(L_{Aeq,d})_i} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^m T_i \times 10^{0,1L_{Aeq,T_i}}$$

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

En determinados casos en los que el ruido varíe mucho de una jornada a otro no podrá aplicarse el nivel diario y se deberá considerar el **nivel de exposición semanal equivalente**,  $L_{Aeq,s}$  dado por la expresión

$$L_{Aeq,s} = 10 \times \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^m 10^{0,1L_{Aeq,d_i}}$$

siendo  $m$  el número de días al que está expuesto el trabajador al ruido y  $L_{Aeq,d_i}$  el nivel de exposición diario equivalente en el día “i”.

### 2.1.11. Nivel de pico ( $L_{\text{pico}}$ )

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 alcanzada (nivel de pico) y para ellos el empleo de una diferente escala de ponderación C, que se debe incorporar al instrumento de medida.

Se define así el **nivel de pico**  $L_{\text{pico}}$  como

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

$P_{\text{pico}}$  = Es el valor máximo de la presión acústica instantánea a que está expuesto el trabajador, determinado con el filtro de ponderación frecuencial C, en pascuales.

$P_0$  = la presión de referencia, correspondiente al umbral de audición humana, que se define por convenio como  $2 \cdot 10^{-5}$

Las mediciones realizadas utilizando esta escala de ponderación se indican con la notación dB(C).

### 2.1.12. Potencia acústica ( $W$ )

Además de conocer los valores de presión acústica a los que está sometido un trabajador, es también necesario conocer el ruido que emiten las máquinas.

Se define para ello la **potencia acústica**  $W$  como la energía emitida por una fuente sonora en la unidad de tiempo.

Se mide en vatios ( $W$ ) y los niveles detectables están entre  $10^{-12}$  y  $10^{10} W$ .

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.

Tomando como referencia el umbral de  $W_0=10^{-12}$  W, puede definirse el **nivel de potencia acústica** ( $L_w$  o NWS) como

$$L_w = 10 \times \log \frac{W}{W_0} = 10 \times \log W - 10 \times \log W_0 = 10 \times \log W + 120$$

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.

### 2.1.13. Índice de impulsividad

En ocasiones es necesario conocer si un ruido contiene o no componentes impulsivos que resulten relevantes, por lo que se calcula el índice de impulsividad.

Para ello, se compara para el mismo ciclo de funcionamiento

- $L_{A_{Ieq}}$ . Nivel de presión acústica ponderada A, determinados con una constante temporal I (impulso)
- $L_{A_{Aeq}}$ . Nivel de presión acústica ponderada A.

Esta operación se repite en distintas posiciones del micrófono y en al menos cinco ciclos de funcionamiento en cada posición.

Puede establecerse que se trata de un ruido impulsivo si el valor medio del índice de impulsividad es mayor o igual que 3dB.





---

## 3. Efectos de la acción directa del ruido sobre el organismo

---

Cuando los sonidos son muy fuertes ocasionan molestias e incomodidad, dificultan la comunicación, pueden ocasionar la no detección de señales de alarma, generan una mayor tensión en el trabajador, alterando la concentración, llegando a producir en algunos casos daños irreversibles en el sistema auditivo.

El ruido, puede ocasionar enfermedades profesionales según se indica en *el R.D. 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 los criterios para su modificación y registro.*

El ruido puede producir efectos adversos sobre la salud de los trabajadores que dependen fundamentalmente de:

- El nivel de ruido
- Duración de la exposición

Estos los podemos clasificar en:

### 3.1. Efectos auditivos

La pérdida de audición debido a la exposición al ruido en el lugar de trabajo es una de las enfermedades profesionales más habituales.

#### **Desplazamiento temporal del umbral o pérdida temporal de audición**

Este efecto es producido por una exposición breve en un lugar ruidoso.

Cuando más tiempo se encuentra el trabajador expuesto mayor será el tiempo de recuperación.

Los síntomas que producen además de la pérdida de audición, son el zumbido constante o “tinnitus”, lo que genera una vez abandonado el puesto de trabajo en ocasiones problemas sociales y de comunicación, hasta el restablecimiento normal de la audición.

### **Pérdida permanente de audición**

Cuando se producen ruidos impulsivos, de gran intensidad superando los 140 dBA y de corta duración, tipo explosión, se puede producir una pérdida auditiva permanente en todas las frecuencias.

Así mismo, cuando un trabajador se encuentra expuesto durante un largo periodo de tiempo a ruidos de intensidad moderada o alta de más de 80 dBA, se puede producir una pérdida de audición permanente.

Esta enfermedad se va desarrollando paulatinamente y es detectada cuando ya existe una patología irreversible, no teniendo cura.

Los efectos auditivos en cualquier trabajador expuesto a ruido en valores límites afectan al órgano del oído.

#### **3.1.1. El oído**

El oído se compone de tres partes:

- **Oído externo**

Compuesto por la oreja, el pabellón auricular y el conducto auditivo.

El oído externo es el encargado de recibir las ondas sonoras mediante la oreja y el pabellón auricular.

Dirige estas ondas al interior del conducto auditivo llegando al tímpano.

- **Oído medio**

Compuesto por el tímpano y la caja timpánica que aloja la cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) y la trompa de Eustaquio que comunica con la nasofaringe.

En el oído medio es donde las ondas sonoras se transforman en vibraciones mecánicas y los huesecillos sirven de medio transmisión al oído interno, realizando un ajuste de las presiones del oído exterior con el oído interno, para evitar daños ante la variación de las mismas al variar la altura.

Por ejemplo, cuando se taponan los oídos en un avión es debido al desequilibrio entre la presión del oído medio y del exterior.

Si se tapa la nariz y se sopla, al no tener salida el aire, se produce un aumento de presión conducida por la trompa de Eustaquio al oído medio y al igualarse las presiones se destaponan los oídos.

- **Oído interno**

Compuesto por el caracol y el laberinto donde se sitúan los canales semicirculares encargados del equilibrio.

La energía sonora entra por la ventana oval dando paso al sonido desde el estribo al caracol, que al contactar con un líquido hace vibrar las células ciliadas del órgano de Corti.

Estas células son las que transforman las ondas sonoras en impulsos eléctricos transmitidos al córtex auditivo por el nervio estato-acústico, recorriendo el nervio auditivo y acabando en la corteza cerebral.

Una vez allí, se codifica la información para poder reconocer los sonidos y la voz.

La sensibilización a distintas frecuencias del sonido se localiza en la cóclea.

Cuando son sonidos de baja frecuencia se captan en la parte más interna de la cóclea, próxima al helicotrema, sin embargo, cuando los sonidos son de alta frecuencia la detección se produce en la zona exterior de la cóclea, junto a la ventana oval.

La pérdida de audición producida por la exposición al ruido, se localiza en el oído interno, en las células ciliadas externas de la superficie vesticular y de las de sostén de Deiters. Es decir, se trata de una patología en la cóclea que producirá una hipoacusia neurosensorial.

### 3.2. Efectos no auditivos

Dentro de los efectos no auditivos podemos señalar como los más comunes:

#### **Disminución de la coordinación y concentración**

Frente a la exposición de los trabajadores al ruido se produce una descoordinación y una desatención por lo que aumenta el riesgo de que se produzcan accidentes.

#### **Aumento de la tensión**

El ruido provoca un aumento de la tensión que da lugar a alteraciones:

- Circulatorias incluyendo trastornos y problemas cardiacos por un aumento en la presión sanguínea, aceleración de los movimientos respiratorios.
- Del sistema nervioso pudiendo ocasionar insomnio, cansancio o fatiga.
- Estomacales pudiendo generar úlceras. Así mismo se pueden ocasionar disfunciones en el tránsito intestinal.
- Endocrinas.

- Inmunológicas. Puede ocasionar un efecto de disminución de la capacidad inmunológica del trabajador.
- Electroencefalográficas produciéndose alteraciones de descoordinación del EEG.
- Alteraciones musculares produciéndose contracturas.

### **Disminución de la productividad**

Esta disminución de la productividad va ligada a los efectos anteriormente descritos al ocasionarse un aumento de las distracciones y falta de concentración, al cansancio y la fatiga.

### **Trastornos de la voz**

Cuando un trabajador se encuentra en un ambiente ruidoso, eleva la intensidad de la voz para poder comunicarse con sus compañeros.

Algunos estudios indican que un ruido ambiente a partir de los 65 dB(A) pueden producir al aumentar la voz, daños en las cuerdas vocales.

A continuación, se puede observar los distintos niveles de ruidos que se pueden encontrar en la vida diaria cualquier ser vivo y los posibles efectos tanto auditivos como no auditivos a los que está expuesto.

EFFECTOS AUDITIVOS	SONIDOS O RUIDOS	EFFECTOS NO AUDITIVOS
Trauma acústico	Explosión 140 dB	Estrechamiento del campo visual Agresividad
Sensación de dolor	Despegue de avión a 25 m. 125 dB	
Vértigos y tinnitus Pérdida de audición	Martillo neumático 120-110 dB	Alteraciones hormonales
	Discoteca 100 dB	Alteraciones menstruales
	Motocicleta 90 dB	Alteraciones gastro-intestinales
	Tráfico pesado 80 dB	Alteraciones del ritmo respiratorio
Interferencias en la comunicación	Gritos 70 dB	Problemas coronarios
	Conversación 60 dB	Alteraciones del sistema nervioso
	Conversación voz baja 40dB	Perturbación del sueño
	Umbral de audición 0dB	

Si se observan distintos equipos utilizados en construcción, tanto de obra pública como de edificación, se comprueba que el nivel de ruido es muy elevado como se puede observar en la siguiente tabla:

MÁQUINA	dB
Martillo neumático	120-110 dB
Perforador neumático	105 -115 dB
Sierra de cortar	100- 110 dB
Sierra industrial hormigón	90- 105 dB
Bulldozer	95-100 dB
Allanadora	95-100 dB
Grúa	93-100 dB
Martillo	87-95 dB
Niveladora	87-95 dB
Retroexcavadora	85- 94 dB

Estos datos son orientativos y puede cambiar en función de la distancia a la que se encuentre la fuente o la acción que estén realizando.

### 3.3. Factores que influyen en los efectos del ruido sobre la salud

Existen factores que inciden directamente sobre el grado de lesión que se puede producir en los trabajadores, como son:

- **La calidad del ruido.**

Para la misma intensidad de un ruido son más nocivas las frecuencias agudas.

- **El espectro de frecuencias.**

Un sonido puro de elevada intensidad provoca mayores daños que un sonido de espectro de frecuencia amplio.

- **Impulso.**

Cuanto más brusco e instantáneo sea mayor será la capacidad de producir efectos más dañinos para la salud.

- **Estado general físico.**

Los trabajadores que tengan alguna tendencia o enfermedad ya manifestada pueden ver aumentados los efectos en dicha afección.

- **La edad y el sexo del trabajador.**

Son factores que no se ha determinado con exactitud su influencia.

- **Otros factores.**

Que sucedan junto a la exposición al ruido pueden ocasionar mayores efectos como:

- La exposición a vibraciones
- Agentes químicos
- La administración de fármacos ototóxicos
- Clima laboral
- Carga de trabajo o apremio



---

## 4. Medición del ruido

---

Los trabajadores se encuentran rodeados de ruidos diversos. Por ello, se necesita conocer y valorar la reacción de los seres humanos frente a ese ruido.

Para ello se precisa medir el valor numérico que se llama **Índice**, para comparar con los valores máximos admisibles indicados en la normativa, realizando así una **evaluación del ruido**.

Este índice se calculará en base a:

- La potencia acústica emitida por la fuente sonora.
- La intensidad acústica en un punto situado a una distancia determinada de la fuente sonora.
- La presión acústica en un punto situado a una distancia determinada de la fuente.

### 4.1. Técnicas de medida del ruido

En el mercado existen muy distintos tipos de instrumentos de medición.

Es fundamental, conocer las características técnicas y de uso propio que señala el fabricante, para escoger el instrumento más adecuado para la medición que se precisa realizar.

Los instrumentos para la medición del ruido deben cumplir lo dispuesto en la *Orden ITC/2845/2007 de 25 de septiembre, por el que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la realización de mediciones reglamentarias de niveles de sonido audible y de los calibradores acústicos*.

En esta orden se indica que los equipos de medición como los sonómetros, dosímetros y calibradores acústicos deben cumplir los siguientes requisitos:

- Certificado de conformidad.
- Verificación antes y después de una medición.

Para realizar cualquier medición sujeta al cumplimiento de una norma reglamentaria deberá ser verificada antes y después de cada medición, o serie de mediciones mediante un calibrador acústico.

Esta verificación se realizará conforme a la Norma *UNE-EN 60942:2005. Electroacústica. Calibradores acústicos.*

- Verificación después de una reparación, según lo establecido en el *capítulo III de la ITC/2845/2007, de 27 de septiembre.*
- Verificación después de una modificación, según lo establecido en el *capítulo III de la ITC/2845/2007, de 27 de septiembre.*
- Verificación periódica. Según lo establecido en el capítulo IV de la ITC/2845/2007, de 27 de septiembre, en la que se indican las actuaciones precisas para realizar esta verificación.

La norma UNE que hace referencia a los aparatos de medición de ruido es la norma *UNE-EN 61672: 2005, de Electroacústica. Sonómetros.*

En su parte 1 (UNE-EN 61672-1) se indican las especificaciones de funcionamiento de los sonómetros y dosímetros

En su parte 2 (UNE-EN 61672-2) se indican los ensayos de evaluación de modelo necesarios para verificar la conformidad en base a las especificaciones de funcionamiento de los sonómetros y dosímetros.

En su parte 3 UNE-EN 61672-3 se especifican los ensayos a realizar a los sonómetros y dosímetros para realizar la verificación periódica anual

Existen distintos medidores entre los que se encuentran:

### 4.1.1. Los micrófonos

Los micrófonos son los transductores encargados de transformar las variaciones de presión sonora en señales eléctricas proporcionales.

La precisión de las medidas dadas depende de la exactitud en la transformación.

Los que mayor calidad dan son los micrófonos de condensador, que consisten básicamente en que la energía mecánica se transforma en energía eléctrica mediante dos placas metálicas cargadas eléctricamente separadas una distancia, mediante la aplicación de una tensión continua de polarización.

Se tienen que conocer las siguientes características funcionales:

- **La sensibilidad del micrófono**

Viene definida por la cantidad de tensión eléctrica que es capaz de producir para un nivel de señal sonora, medida en minivoltios/Pascal (mV/ Pa)

Si se requiere una medición de niveles de presión bajos se requerirá un micrófono muy sensible y vendrá determinado cuanto mayor sea la cantidad de tensión eléctrica capaz de producir.

- **Respuesta en frecuencia.**

- **Rangos de capacidad de medición** o gama dinámica.

- **Sensibilidad direccional**, en función del ángulo de incidencia: Perpendicular o frontal y Horizontal.

La señal detectada por el micrófono se constata en unos **registradores**, para su análisis y estudio posterior, pudiendo ser:

- **Registradores gráficos de nivel**, que lo representan mediante unas gráficas en decibelios en función de la frecuencia o el tiempo.
- **Registradores magnéticos**, graban para su posterior estudio para su análisis.

Existen distintos tipos de micrófonos:

- Condensador
- Prepolarizados
- Piezoeléctricos

#### 4.1.2. Los sonómetros

Es el instrumento más habitual para determinar los niveles de presión sonora que soporta el trabajador, para ello, disponen de unos elementos que hace que la frecuencia del sonómetro sea equivalente o igual a la del oído del trabajador.

Estos pueden ser:

##### 4.1.2.1. Los sonómetros propiamente dichos o convencionales.

Que miden niveles de sonido con ponderación temporal exponencial, es decir, indicarán niveles de ponderación frecuencial A y ponderación temporal F (figura 32).

Figura 32. Sonómetro básico.



Se emplearán exclusivamente para la medición del Nivel de presión acústica ponderado A ( $L_{pA}$ ) en los casos en los que permanezca ésta estable en el tiempo, es decir, lo denominado en ruido estable.

El ruido estable se establece cuando cumple que la diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $L_{pA}$  medido utilizando la característica S (lenta), sea inferior a 5 dB(A).

La lectura promedio se considerará igual al Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ) de dicho ruido.

#### 4.1.2.2. Los sonómetros integradores promediados

Que miden niveles de sonido promediados en el tiempo, es decir, indicarán niveles de sonido con ponderación frecuencial A promediados temporalmente.

Pueden utilizarse para todo tipo de ruidos discontinuos, estables, de impulso o de impacto.

Se emplearán para la medición del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ) de cualquier tipo de ruido.

#### 4.1.2.3. Los dosímetros o sonómetros integradores

Los dosímetros o sonómetros integradores miden la dosis acumulada, independientemente del tiempo en que haya estado expuesto y del lugar donde se encuentre. (figura 33).

Los dosímetros indican niveles de ponderación sonora con ponderación A.

Estos medidores personales de exposición al ruido se utilizarán para cualquier tipo de ruido ya sean intermitentes, irregulares, estables, impulsivos, etc.

Con los dosímetros se obtiene la medición del nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ).

Los dosímetros están diseñados de forma que el trabajador puede portarlos, por lo que resultan muy adecuados para la medición acústica de los puestos de trabajo con gran movilidad, y cuando la exposición al ruido varía durante toda la jornada laboral.

Estos instrumentos personales suelen verse afectados por el incremento de los datos finales por recoger voces, golpes, etc., que sobrevaloran la exposición.

La experiencia y la buena práctica del técnico pueden compensar estas contribuciones falsas.

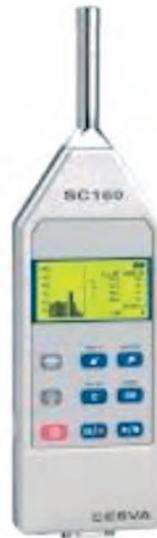
Cuando se le dispone para la medición al trabajador debe llevarlo puesto durante la jornada de 8 horas, realizando la actividad habitual de cualquier día laboral incluyendo los periodos de descanso. Si no fuera posible existen unas tablas de corrección.

Se define como dosis acumulada o dosis de ruido la cantidad de energía sonora que un oído puede percibir durante la jornada laboral para que el riesgo de pérdida auditiva al cabo de una jornada esté por debajo del valor establecido. Viene definido en tanto por ciento de la dosis máxima permitida.

Las normas ISO establecen que el doble nivel de intensidad de ruido genera el doble de riesgo, por lo que por ejemplo hay que reducir el tiempo de exposición a la mitad para un aumento de presión sonora determinada de 3 dB.

Existen unas tablas que relacionan las dosis de ruido con el nivel continuo equivalente durante la jornada laboral de 8 horas.

*Figura 33. Sonómetro integrador.*



En los sonómetros integradores, se puede adecuar la curva de ponderación que se precise:

- **Curva A (dBA).**

Mide la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja.

Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano.

Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma.

Es la curva que se utiliza habitualmente en la normativa.

- **Curva B (dBB).**

Su función es medir la respuesta del oído ante intensidades para intensidades medias.

No tiene prácticamente ninguna aplicación práctica.

- **Curva C (dBC).**

Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad.

Es utilizada para los niveles pico.

- **Curva D (dBD).**

Se utiliza solamente para estudiar el nivel de ruido generado por los aviones, por lo que no se va a tratar en este manual.

- **Curva U (dBU).**

Es la curva más moderna y se emplea para las mediciones de ultrasonidos, no perceptibles por los seres humanos.

También se puede realizar la ponderación en frecuencia, siendo posible realizar una ponderación en el tiempo (velocidad con que son tomadas las muestras).

Existen cuatro posiciones normalizadas:

- **Lento** (slow, S):

Valor (promedio) eficaz de aproximadamente un segundo.

- **Rápido** (fast, F):

Valor (promedio) eficaz por 125 milisegundos.

Son más efectivos ante las fluctuaciones.

- **Por Impulso** (impulse, I):

Valor (promedio) eficaz 35 milisegundos.

Mide la respuesta del oído humano ante sonidos de corta duración.

- **Por Pico** (Peak, P):

Valor de pico. Similar al, anterior, pero el rango está entre los 50 y los 100 microsegundos.

Este valor se utiliza en las evaluaciones de riesgos ante el ruido por impulsos.

Como ya se ha indicado, es necesario conocer las especificaciones y características del aparato de medición que se vaya a utilizar.

En el mercado existen algunos tipos de sonómetros capaces de determinar la medición del nivel pico ( $L_{pico}$ ) con ponderación C, con una constante de tiempo igual o inferior a 100 microsegundos.

En este tipo de aparatos el rango de nivel de pico que abarquen debe ser al menos de 40 dB para índices de ponderación C de pico.

Disponen de cuatro zonas:

- **Micrófono.**

En el que dispone de un micrófono propiamente dicho y un preamplificador

- **Ponderación en frecuencia.**

En el que existen dos amplificadores entre los que se sitúan unos filtros.

- **Promediador en tiempo.**

En el que existe un rectificador.

- **Indicador.**

En el que se convierte Lin/ Log que nos da el resultado final.

Los sonómetros según la anterior norma CEI 651 y la CEI 804 clasificaban según su grado de precisión en distintos tipos:

- **TIPO 0.**

Son los de máxima precisión, teniendo unas tolerancias  $\pm 0,4$  dBA.

Estos determinan la linealidad, las desviaciones en frecuencia y las desviaciones en la omnidireccionalidad.

- **TIPO 1.**

Teniendo unas tolerancias de  $\pm 0,7$  dBA.

Estos tienen una precisión plana.

Sus requisitos de funcionamiento se cumplen entre los  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $50^{\circ}$ .

- **TIPO 2.**

Tiene unas tolerancias de  $\pm 1,0$  dBA.

Obligan a la ponderación A.

Sus requisitos de funcionamiento se cumplen entre los 0°C y 40°C.

- **TIPO 3.**

Admiten unas tolerancias de  $\pm 1,5$  dBA.

Esta clasificación la podemos encontrar en algún sonómetro antiguo.

La normativa anterior fue sustituida por *la norma internacional CEI 61672-1 y CEI 61252*.

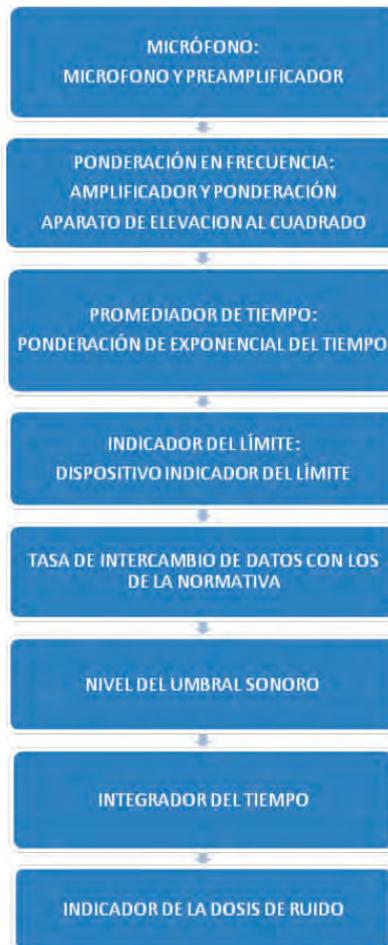
Según estas normas, los sonómetros se clasifican en función de su precisión en decibelios (dB) y dependiendo de la frecuencia, señalando la incertidumbre estándar ( $u_2$ ) de los instrumentos de medida validos para  $L_{A eq,T}$ :

- **Sonómetro Clase 0.** precisión  $<0,5$  dB Utilizada en laboratorios
- **Sonómetro Clase 1.** 0,5 dB, del dosímetro personal es 1,0 dB
- **Sonómetro de clase 2.** 1,0 dB

Para algunas medidas normalizadas se recomienda la utilización de sonómetros al menos de Clase 1, sobre todo cuando predominan frecuencias altas y en ambientes muy fríos.

En algunos casos se podrán utilizar otros tipos, siempre revisando lo indicado en *la norma CEI 61672*, que señala las especificaciones y características de los sonómetros.

El siguiente esquema indica los distintos pasos que sigue el sonómetro hasta la indicación de la dosis de ruido.



Existen equipos sonómetros con multifunciones a base de módulos ampliables a la unidad central, pudiéndose acoplar unos sensores diferentes para realizar por ejemplo mediciones de vibraciones.

#### 4.1.3. Los analizadores FFT

Con los analizadores FFT, (Transformada Rápida de Fourier) se toman unas muestras de la señal continua y aplicando una expresión matemática se obtiene el espectro correspondiente a la señal que se ha medido.

#### 4.1.4. Calibradores acústicos

Los calibradores acústicos son unos equipos que se emplean para realizar la verificación de las mediciones que realizan los aparatos de medida antes y después de cada medición o serie de ellas.

Los calibradores se emplearán conforme a lo establecido en *la norma ITC/2845/2007* y la *UNE-EN 60942:2005. Electroacústica. Calibradores acústicos* y deberán disponer de:

- Certificado de conformidad. Indicado en el anexo III.
- Verificación después de una reparación o una modificación según lo establecido en el anexo B de la norma UNE y el capítulo III de la norma ITC/2845/2007.
- Verificación periódica. Según lo establecido en el capítulo IV de la ITC/2845/2007 en la que se indican las actuaciones precisas para realizar esta verificación.

Para cada sonómetro deberá emplearse un calibrador específico o adaptable.

Los calibradores no son válidos para todos los sonómetros.

La calibración del sonómetro se realizará por el propio medidor, poniéndolo en modo de calibración, acoplándole el calibrador que emite un sonido a unos decibelios prefijados, siguiendo las instrucciones indicadas en el manual del fabricante, siendo habitual que indique que se realice en vertical e introduciendo el micrófono en el hueco del calibrador.

En el registrador del sonómetro, se grabará la fecha y hora de la calibración, debiendo quedar plasmado en el informe emitido de la medición del ruido.

Igualmente quedará recogida la revisión anual del calibrador, que deberá ser calibrado por un laboratorio autorizado.



---

## 5. Estrategias de medición del ruido

---

La decisión de la selección de la estrategia de medición apropiada para cada puesto de trabajo vendrá determinada por una planificación adecuada, previa a la propia medición, en lo referente a la elección de la jornada o jornadas de medición, el tiempo de duración de la medición, los periodos de medición dentro de cada jornada, los puestos de trabajo y/o trabajadores sobre los que se van a realizar estas mediciones y los instrumentos de medición que se van a utilizar para la realización de las mediciones.

*La norma UNE- EN ISO 9612 recoge esa planificación indicando tres estrategias de medición para la determinación de la exposición al ruido, para obtener unos resultados fiables del nivel diario equivalente, y conocer la exposición real frente al ruido de los trabajadores, que sirvan de base para la comparación con los valores indicados en el R.D. 286/2006, de 10 de marzo y poder aplicar acciones que supriman o reduzcan el riesgo frente al ruido de los trabajadores.*

### 5.1. Cálculo del valor de exposición basada en la tarea u operación

Se analizan y desglosan las diferentes tareas que realiza un trabajador durante una jornada de trabajo, realizando mediciones del nivel de presión sonora de cada una de ellas, por separado.

Esto llevará a realizar al menos tres mediciones representativas por cada tarea.

Una vez obtenidos los datos si se comprueba que esas tres mediciones difieren en tres decibelios o más se deberá:

- Realizar al menos tres mediciones adicionales por cada tarea, o
- Subdividir la tarea en otras tareas y volver a realizar nuevas mediciones, o
- Repetir las mediciones con una duración más larga.

## 5.2. Cálculo del valor de exposición basada en el trabajo o función

Se toma el nivel de presión sonora con distintas muestras aleatorias mientras se realiza la función o trabajo que queremos medir.

## 5.3. Cálculo del valor de exposición diaria al ruido, en una jornada de trabajo completa

Movilidad del puesto	Complejidad de la tarea	Ejemplo	Mediciones basadas en la operación	Mediciones basadas en el trabajo	Mediciones de la jornada completa
Fijo	Sencilla o una sola operación	Soldar componentes electrónicos en línea de montaje	Recomendada		
Fijo	Compleja o con muchas operaciones	Cortar, preparar soldar pieza	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas operaciones	Cargar y descargar camiones en puesto descarga	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Trabajo definido con muchas operaciones o con un patrón de trabajo complejo	Taller de carpintería. Operaciones con sierra, tupí, cepillado, etc.	Aplicable	Aplicable	Aplicable
Móvil	Patrón de trabajo impredecible	Reparaciones y mantenimiento. Conductor de carretilla		Aplicable	Recomendada
Fijo o móvil	Compuesta de muchas operaciones cuyo tiempo de duración es impredecible	Trabajos en taller de calderería		Recomendada	Aplicable
Fijo o móvil	Sin operaciones asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	Encargado de un taller		Recomendada	Aplicable

Tabla sobre la selección de estrategias de medición, según la guía Técnica del R.D. 286/2006 de 10 de marzo realizada por I.N.S.H.T.





---

## 6. Evaluación de riesgos

---

Según lo dispuesto en el art. 16 de la ley 31/1995, de 8 de noviembre y el capítulo II, sección 1ª del R.D. 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 R.D. 39/1997, de 17 de enero.

La evaluación de riesgos debe incluir los controles necesarios para su seguimiento y cumplimiento, así como debe ser revisada periódicamente y siempre que exista alguna modificación de las condiciones de trabajo o actividad, con puede ser, por ejemplo, la inclusión de una nueva máquina o equipo, o cuando se hayan detectado daños en la salud de los trabajadores, que indiquen que el control de riesgos es insuficiente o inadecuado.

Las revisiones serán anuales 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.

La evaluación de riesgos, los controles periódicos y las revisiones se deberán conservar por el empresario y tenerla a disposición de la autoridad laboral.

La evaluación de riesgos se realizará por cada puesto de trabajo y contendrá: la identificación del puesto de trabajo, el riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados, el 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.

En el caso de que se hayan detectado daños para la salud, se indicará el método de detección que ha llevado a la revisión y un análisis de la situación epidemiológica según los datos aportados por el sistema sanitario u otras fuentes disponibles, así mismo, se incluirán las actividades desarrolladas para minimizar los riesgos.

La medición del ruido que se señale en la evaluación de riesgos, dependiendo de la actividad de cada puesto de trabajo, podrá ser:

- Por apreciación directa por un profesional acreditado, que indique que sin necesidad de realizar una medición estime que las actividades desarrolladas en un puesto de trabajo no van a superar los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

Este suele ser el caso de actividades relacionadas con el comercio en tiendas, en trabajos administrativos o en algunos casos en trabajos sanitarios.

- Por medición in situ, en actividades de construcción y de industria, al ser puestos de trabajo sujetos a índices elevados de ruido.

Esto implica que dentro de una empresa habrá puestos de trabajo en los que una apreciación del técnico sea suficiente y otros en los que resulte necesaria la medición.

Los equipos de medida utilizados elegidos para la medición serán los adecuados al tipo de exposición que se tenga en el puesto de trabajo a evaluar para poder obtener unos resultados fiables que determinen los niveles de exposición diario equivalente, niveles pico y nivel de exposición equivalente semanal.

Para realizar las mediciones es fundamental la colocación de forma correcta del equipo de medida, siendo:

- Preferiblemente en ausencia del trabajador afectado. Para ello, se colocará el micrófono a la altura donde se encontraría el oído del trabajador.
- Si no es posible y el trabajador está presente el micrófono se colocará, frente a su oído, a una distancia de unos 10 cm.
- Si el micrófono se debe situar muy cerca del cuerpo se realizarán los ajustes necesarios para que la medición que obtengamos sea equivalente.

Para la realización de las mediciones se podrá realizar un **muestreo representativo** de la exposición personal de los trabajadores, en que se señalarán el número y la duración de las mediciones para que sean fiables.

Cuando se obtienen resultados en esos muestreos próximos a los límites permitidos o dentro del intervalo de incertidumbre de los propios aparatos de medición, se podrá optar por:

- Suponer que se supera el límite.
- Aumentar el número de muestras recogidas.
- Aumentar la duración de la medición.

Una vez obtenidas las mediciones se comparará con los valores establecidos en el R.D. 286/2006 de 10 de marzo, indicados anteriormente, para determinar las acciones necesarias para minimizar el efecto del ruido sobre los trabajadores en los distintos puestos de trabajo.

El Real Decreto establece los **valores límite de exposición** y los **valores de exposición que dan lugar a una acción**, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico. Estos valores son:

- a) Valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87$  dB(A) y  $L_{pico} = 140$  dB (C);
- b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 85$  dB(A) y  $L_{pico} = 137$  dB (C);
- c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 80$  dB(A) y  $L_{pico} = 135$  dB (C).

Atendiendo a esto podemos encontrar diferentes situaciones

### 6.1. Nivel diario equivalente inferior o igual a 80 dBA y nivel pico inferior o igual a 135 dB

Cuando sean inferiores a los establecidos en la normativa vigente tanto en el nivel diario equivalente como en el nivel pico no será necesaria la realización de una medición ni la adopción de ningún tipo de medidas.

### 6.2. Nivel diario equivalente situado entre 80 dBA y 85 dBA

Cuando el nivel diario equivalente este situado entre 80 dBA y 85 dBA se adoptarán las siguientes medidas:

- Entrega de equipos de protección individual.

Podrá estipularse la obligación de utilización de protectores auditivos para determinadas actuaciones.

- Controles médicos iniciales y posteriores con control auditivo como mínimo cada 5 años, con la correspondiente comparación de la posible evolución de alteraciones auditivas.
- Evaluaciones de riesgos, como máximo 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.

### 6.3. Nivel diario equivalente superior a 85 dbA o Nivel pico mayor de 137 dBC

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

- Obligación de utilización de equipos de protección individual.
- Controles médicos iniciales y posteriores con control auditivo como mínimo cada 3 años, con la correspondiente comparación de la posible evolución de alteraciones auditivas.
- Evaluaciones de riesgos, como máximo 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.

## 6.4. Nivel diario equivalente superior a 87 dBA o Nivel pico mayor de 140 dBC

En el RD. 286/2006 de 10 de marzo, en su artículo 8, se establece que en ningún caso el trabajador podrá estar expuesto a valores superiores al nivel diario equivalente de 87 dBA dentro de su jornada laboral a no ser que se aplique el nivel equivalente semanal que igualmente no podrá superar los 87 dBA.

Así mismo, el nivel pico no podrá superar los 140dBC.

Si estos datos se obtienen hay que proceder inmediatamente a la disposición de medidas como:

- Protectores auditivos que minimicen estos valores. Conociendo los niveles con los equipos de protección.
- Reducir el nivel de presión sonora en los lugares de trabajo.
- Reducir los tiempos de exposición.

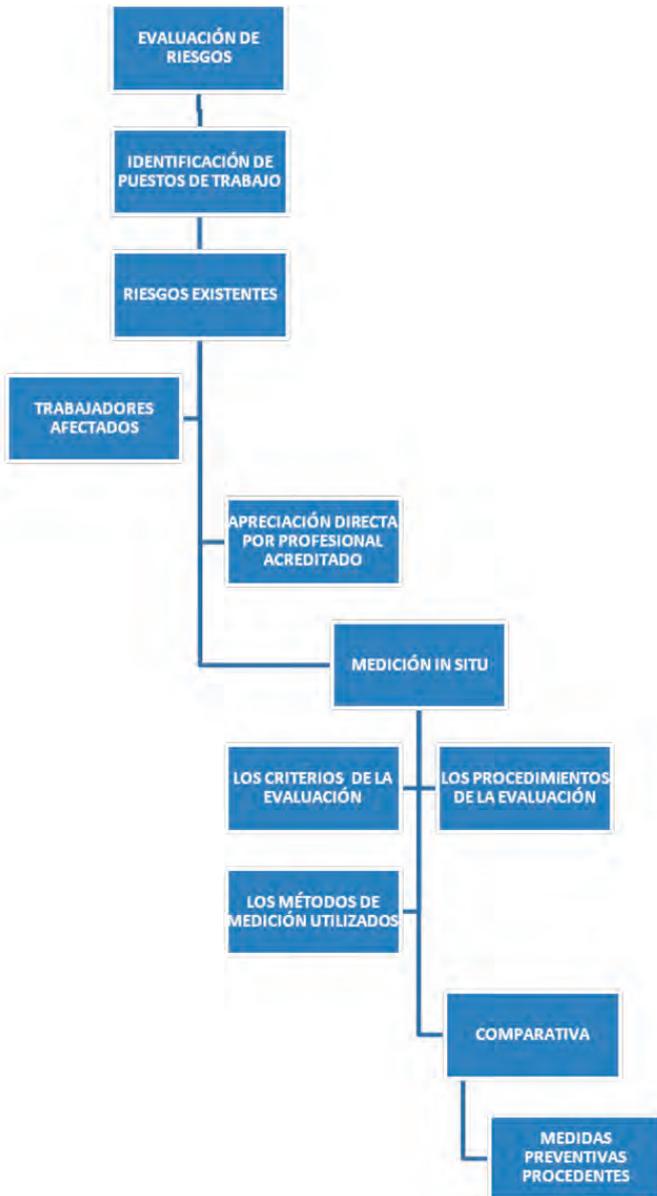
$L_{aeqT}$ en dBA	Tiempo máximo de exposición
87	8 horas
90	4 horas
93	2 horas
96	1 hora
99	½ hora
102	¼ hora
105	7 ½ minutos
112	1 ½ minutos
117	½ minuto
120	15 segundos

Tiempo máximo de exposición al ruido para alcanzar un nivel equivalente diario de 87 dBA

Una vez aplicadas estas medidas, se procederá a realizar un estudio sobre las condiciones de trabajo, las instalaciones y los equipos para detectar el origen de la sobre exposición.

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.

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.







---

## 7. Equipos de protección individual

---

Los equipos de protección individual para la minimización de los riesgos producidos por el ruido, están sujetos a la normativa establecida para todos los EPI.

*- R.D. 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 R.D. 159/1995*

Este R.D. el mercado CE estipula que se pueden comercializar los EPI,s que lleven CE.

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 R. D. 1407/1992.

Los equipos destinados a la protección auditiva se encuentran en la categoría de certificación II

*- R.D. 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 EPI contra los efectos del ruido deberán atenuarlo para que los niveles sonoros equivalentes, percibidos por el trabajador no superen los valores límites de exposición.*

*- R.D. 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 R.D. se establece que es obligación del empresario facilitar a los trabajadores los EPI necesarios, de forma gratuita y correctamente seleccionados en función del riesgo a que se encuentre sometido, sin que pueda suponer ningún riesgo adicional.

En concreto en su Artículo 5 se establece:

*“1. 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:*

*a. Responder a las condiciones existentes en el lugar de trabajo*

*b. Tener en cuenta las condiciones anatómicas y fisiológicas y el estado de salud del trabajador.*

*c. Adecuarse al portador, tras los ajustes necesarios.*

*2. 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.*

*3. 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 Art. 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 minimizarse por otros medios colectivos 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 EPI.

En el Art.7, se especifica la utilización y el mantenimiento de los EPI, indicándose:

*“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:*

*a. La gravedad del riesgo*

*b. El tiempo o frecuencia de exposición al riesgo*

*c. Las condiciones del puesto de trabajo*

*d. Las prestaciones del propio equipo*

*e. Los riesgos derivados de la propia utilización del equipo que no hayan podido evitarse.*

*f. 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 Art. 10 se dispone que el trabajador está obligado a utilizar los EPI,s correctamente, cuidarlos y depositarlos después de su uso en el lugar designado para ello, debiendo señalar a su inmediato superior del mal estado de los mismos.

## 7.1. Tipos de protectores auditivos

Protectores auditivos tipo “tapones”

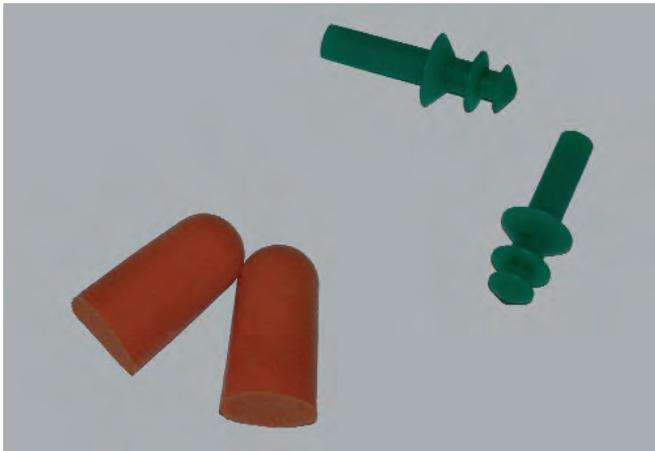
Es un equipo de protección auditiva que queda inserto en el conducto auditivo externo, cerrando el canal externo. (figura 34).

Estos pueden ser:

- Tapones propiamente dichos que se realizan con un material con cierta flexibilidad, que hacen que se ajusten a la forma del conducto auditivo externo.
- Tapones adaptables realizados con materiales moldeables que se pueden comprimir para su introducción y posteriormente se expanden ajustándose al conducto.

En este grupo nos encontramos los tapones de algodón, los de cera, etc.

- Tapón tipo válvula. Su funcionamiento consiste en actuar como un tapón que cierra el conducto auditivo y como una válvula mecánica que actúa frente a niveles de ruido muy elevados y de características específicas.



*Figura 34. Protectores auditivos (tapones).*

## 7.2. Protectores auditivos tipo “orejeras”

Este equipo de protección individual dispone de unos casquetes que envuelven totalmente el pabellón auditivo con un aro almohadado.

Estos EPI pueden llevar en su interior un material absorbente de sonido. (figura 35).

*Figura 35. Protectores auditivos tipo “orejeras”.*



Llevan un sistema de sujeción que ajusta los dos casquetes pudiendo tener una fijación con arnés de cabeza, bajo barbilla o la nuca.

## 7.3. Casco antirruído

Es un equipo de protección auditivo individual, cubriendo parte de la cabeza, no utilizado en construcción.

#### 7.4. Protectores auditivos acoplables a los cascos de protección

Son cascos de seguridad a la que se le han acoplado unos casquetes. (figura 36).



*Figura 36. Casco con protectores auditivos acoplados.*

### 7.5. Protectores auditivos dependientes del nivel

Se disponen tanto como tapones u orejeras, que disponen de un sistema electrónico que adapta su protección a medida que varía el nivel de ruido. (figura 37).

*Figura 37. Protectores auditivos dependiendo del nivel, acoplados a un casco de seguridad.*



## 7.6. Protectores auditivos con aparatos de intercomunicación

Son equipos similares al tipo de orejera pero llevan incorporado un sistema de intercomunicación.

## 7.7. Protectores auditivos con reducción activa del ruido (ANC, Active Noise Cancellation en Inglés)

Normalmente son orejeras que incorporan un sistema electrónico que minimizan el ruido a bajas frecuencias.

RIESGOS QUE DEBEN CUBRIRSE		
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
Acción de ruido	Ruido continuo Ruido repentino	Atenuación acústica suficiente para cada situación sonora

## 7.8. Recomendaciones para la evaluación de EPI

En el anexo IV del *R.D. 773/ 97 de 30 de mayo*, se dan recomendaciones para la evaluación de EPI, que en caso de protectores del oído son las siguientes:

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	Calidades de los materiales
	Falta de higiene	Facilidad de mantenimiento, posibilidad de sustitución de las orejeras por auriculares, utilización de tapones desechables para los oídos.
	Materiales inadaptados	Limitación del diámetro de las fibras minerales de los tapones para los oídos.
	Aristas vivas	Aristas y ángulos redondeados
	Ensanchamiento del pelo	Eliminación de los elementos que puedan producir pellizcos
Alteración de la función protectora debida al envejecimiento	Contacto con cuerpos incandescentes	Resistencia a la combustión y a la fusión
	Contacto con la llama	Ininflamabilidad, resistencia a la llama
	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.

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	<p>Elección del equipo en función de la naturaleza y la importancia de los riesgos y condicionamientos industriales:</p> <p>Respeto de las indicaciones del fabricante (instrucciones de uso)</p> <p>Respeto del marcado del equipo (ej.: clases de protección, marca correspondiente a una utilización específica)</p> <p>Elección del equipo en función de los factores individuales del usuario</p>
	Mala utilización del equipo	<p>Utilización apropiada del equipo y conocimiento del riesgo.</p> <p>Respeto de las indicaciones del fabricante.</p>
	Suciedad, desgaste o deterioro del equipo	<p>Mantenimiento en buen estado.</p> <p>Controles periódicos.</p> <p>Sustitución oportuna.</p> <p>Respeto de las indicaciones del fabricante</p>

La protección frente a la exposición del ruido deberá realizarse desde la fuente, así en una obra de construcción se puede cambiar el tipo de maquinaria empleada, como último recurso se optará por la utilización de protección individual.

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.
- 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.
- Los tapones al introducirse en el oído pueden infectar los oídos, bien porque alguna partícula se quede dentro o bien si la utilización no guarda unas normas de higiene.

En la actualidad existen tapones auditivos desechables de un solo uso, y otros reutilizables.

En estos últimos, el fabricante indicará la vida útil, así como, el mantenimiento adecuado, almacenamiento y 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.
- Es fundamental para la elección del equipo de protección individual, la previa consulta y la participación de los trabajadores.
- Los trabajadores deberán estar informados del uso y mantenimiento de los protectores auditivos.

Conocerán el folleto informativo del fabricante en el que indicará instrucciones para la revisión, limpieza, mantenimiento, desinfección y fecha de caducidad del EPI o de alguno de sus elementos.

- En las obras se llevará un control sobre la entrega de los EPI 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.

El nivel equivalente diario de presión sonora en un puesto de trabajo se calcula como:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n T_i \times 10^{0,1(L_{Aeq,T})_i}$$

Si durante la jornada laboral se utiliza solamente en algunos momentos el protector auditivo, para calcular el nivel diario equivalente efectivo, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$L'_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} [T_{EPI} \times 10^{0,1L_{Aeq,T_{EPI}}} + (T - T_{EPI}) 10^{0,1L_{Aeq,(T-T_{EPI})}}]$$

Siendo,

$L_{(AeqT)_i}$  los niveles de presión sonora durante los periodos de tiempo  $T_i$ .

$T = 8$  horas

## 7.9. Atenuación acústica de los protectores

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, que estarán calculados de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 4869-2.

A partir de estos datos, que figurarán en cada folleto informativo de cada protector, según la norma UNE-EN 458:2005 se puede calcular la protección que proporcionará el protector auditivo concreto.

Esta norma UNE-EN 458:2005 “*Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento*” nos define los siguientes parámetros

$$\text{PNR} = L_A - L'_A$$

Siendo,

PNR la reducción prevista del nivel de ruido

$L_A$  El nivel de presión sonora en un ambiente caracterizado

$L'_A$  El nivel de presión sonora efectivo ponderado A

Dependiendo de las frecuencias PNR la atenuación será:

- *Atenuación a altas frecuencias (H)*, cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = -2\text{dB}$
- *Atenuación a media frecuencia (M)*, cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = +2\text{dB}$
- *Atenuación a baja frecuencia (L)*, cuando la diferencia entre los niveles de presión sonora del ruido ambiental ponderados A y C es  $L_C - L_A = +10\text{dB}$
- *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 de un protector* ( $APV_f$ ) es el resultado de restar el valor medio de atenuación por banda de octava ( $m_f$ ), con la desviación típica ( $\sigma$ ), obtenida mediante ensayos de laboratorio.

$$APV_f = m_f - \sigma$$

Este es el cálculo de la protección asumida de un protector ( $APV_f$ ) con una atenuación con una probabilidad del 84%.

Salvo que se especifique otra cosa, es la que habitualmente se utiliza.

No obstante, si la eficacia de protección se deseara que fuera mayor aplicaríamos las siguientes expresiones:

Eficacia de protección (%)	Protección asumida (dB)
84	$APV_f = m_f -$
85	$APV_f = m_f - 1,04$
90	$APV_f = m_f - 1,28$
95	$APV_f = m_f - 1,64$
99,5	$APV_f = m_f - 2,58$





---

## 8. Señalización relativa al ruido

---

En los lugares de trabajo donde los trabajadores puedan estar expuestos a niveles de ruido que superen los valores máximos de exposición que dan lugar a una acción, deberán disponer de señalización adecuada, conforme al R.D. 485/1997, de 14 de abril sobre la señalización de Seguridad y salud en el trabajo. (figura 38 y 39).

*Figura 38. Obligatoriedad de uso de protectores auditivos.*



*Figura 39. Peligro. Ruido.*





---

## **9. Prácticas para disminuir los efectos de la exposición al ruido**

---

A continuación se indican los aspectos que hay que controlar para disminuir los efectos del ruido a los trabajadores.

### **9.1. Organización del trabajo**

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.

### **9.2. Reducción del ruido en la fuente emisora**

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.

La emisión sonora de cualquier máquina cumplirá los requisitos mínimos establecidos por la normativa.

### **9.3. Revestimiento de aislamientos**

Revestir con materiales aislantes distintos elementos de la obra como por ejemplo disponer cubrición de goma en tolvas, cribas, contenedores, cazos, etc.

### **9.4. Utilización de maquinaria moderna**

Los fabricantes van introduciendo modificaciones o creando máquinas nuevas que transmiten menores valores de emisión de ruido.

### 9.5. Control adecuado de la velocidad de los vehículos en la obra

La velocidad de los vehículos está directamente relacionada con la transmisión de ruido por lo que deberá ser la adecuada.

### 9.6. Mantenimientos adecuados de toda la maquinaria de obra

Es importantísimo el seguimiento del control de los mantenimientos de todo tipo de equipos de trabajo por personal cualificado y autorizado 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.

Así mismo la utilización de accesorios desgastados como por ejemplo los discos de una cortadora aumenta los valores de emisión sonora.

### 9.7. Mantener en funcionamiento los equipos exclusivamente durante su uso

Los equipos emiten ruido tanto si están usando como si no, por lo que se evitará el dejar en marcha equipos que no se estén utilizando.

### 9.8. Utilización de equipos de protección individual

El fabricante estudiará los equipos de protección individual eficaces que deben emplearse para el manejo de la maquinaria o herramientas que impidan o minimicen el riesgo frente a la emisión sonora.

### 9.9. Formación e información de los trabajadores

Los trabajadores deberán conocer los riesgos a los que se encuentran expuestos durante la ejecución de sus tareas, así como las medidas de control o de protección que deben adoptar.

Para ello, todo trabajador debe leer y entender las normas de mantenimiento y seguridad de cada máquina que utilice debiendo existir una justificación documental.

### **9.10. Vigilancia de la salud**

Se aplicará los protocolos adecuados para la detección precoz de lesiones auditivas o no auditivas.



---

## 10. Secuencia de medidas técnicas y organizativas para disminuir los efectos de la exposición al ruido

---

En una evaluación de riesgos de una empresa, por ejemplo en construcción en un parque de maquinaria, en el que se tengan que adoptar medidas para la reducción de la exposición al ruido, en determinados puestos de trabajo con  $L_{Aeqd} > 85$  dB(A) o  $L_{pico} > 137$  dB(C), en aplicación del R.D. 286/2006 se tendrá que definir un programa de actuación detallado consistente en:

### 1º DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Se determinaran unos objetivos reales para la eliminación o máxima minimización posible de los riesgos derivados de la exposición al ruido.

Para ello, se realizará un estudio previo, en el que se analizarán los siguientes aspectos:

- a) Circunstancias en que se presenta la exposición que genera la acción.
- b) Conocimiento de los avances técnicos existentes en el mercado.
- c) Diversidad de posibles actuaciones técnicas.
- d) Dificultad de la adopción en el puesto de trabajo afectado, de las distintas actuaciones técnicas.
- e) Presupuesto de la adopción en el puesto de trabajo afectado de las distintas actuaciones técnicas.

f) Establecer prioridades de actuación en función de:

- Las características de la actividad que se desarrolla que generan un ambiente sonoro.
- Las características acústicas existentes en los locales donde se ubican los puestos de trabajos.
- Puestos de trabajo con mayor exposición.
- Número de trabajadores expuestos.
- Localización de las fuentes de ruido.
- Fuentes principales que afectan a cada trabajador.
- Nivel de presión acústica de cada una de las fuentes de ruido principales.

## **2º DECISIÓN DE LAS ACTUACIONES QUE SE VAN INICIAR**

El estudio previo realizado y la definición de los objetivos reales, se traducirá en la reducción del ruido a través de la adopción de medidas:

### **A. TÉCNICAS.**

Las medidas técnicas se podrán aplicar en:

- En la propia fuente. Suelen ser más eficaces, aunque más costosas.
- En la transmisión del ruido.

Para la adopción de estas medidas técnicas se analizarán las siguientes características de la exposición:

1. Accesos a la zona de ruido.
2. Fuentes de ruido.
3. Tipo de ruido.
4. Acústica del local.

### **A.1. Accesos a la zona de ruido**

Se analizará si la zona de acceso a la zona de ruido se trata de:

- **Un acceso continuo o frecuente**

En el que se podrá actuar dependiendo de la ubicación de la fuente dentro del local:

- Tratamiento absorbente del local
- Actuación en la propia fuente.
- Barreras aislantes o pantallas acústicas.

- **Un acceso ocasional**

En el que habitualmente se actuará en el cerramiento o si se trata de un campo reverberante también se podrá realizar un tratamiento absorbente del local.

## A.2. Fuentes de ruido

Se analizará el número y la disposición de las fuentes, constatando si se trata de:

- **Una fuente única o un conjunto de fuentes**

En este caso se podrá actuar tanto en el cerramiento como en el tratamiento absorbente del local si se trata de niveles muy elevados.

En el caso de tratarse de un campo reverberante se aplicará un tratamiento absorbente del local, así como la disposición de pantallas acústicas.

- **Varias fuentes dispersas**

En este caso se podrá realizar:

- Un tratamiento absorbente del local.
- Agrupar, si es posible, las fuentes y disponer barreras aislantes.
- Actuar sobre la propia fuente.
- Disponer de cabinas aislantes al trabajador.
- Actuar en el cerramiento.

- **Las fuentes se sitúan alejadas de los trabajadores**

Aquí se actuará o bien mediante la disposición de barreras aislante o mediante un tratamiento absorbente del local.

### **A.3. Tipo de ruido**

Se pasará a analizar el predominio del tipo de ruido:

- **Frecuencias altas**

Se podrá realizar bien, una actuación directa sobre la fuente o un tratamiento absorbente del local, o la disposición de barreras aislantes o bien, una actuación en el cerramiento.

- **Frecuencias Bajas**

Se podrá 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.

- **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.

### **A.4. Acustica del local**

Se analizará el tipo de local en cuanto a la reverberación, siendo:

- **Alta**

Se podrá realizar un tratamiento absorbente del local con o sin disposición de pantallas acústicas, o se actuará sobre el cerramiento.

- **Baja**

Se podrá realizar una actuación en el cerramiento, una actuación directa sobre la fuente, disposición de barreras aislantes o un tratamiento absorbente del local.

## **B. ORGANIZATIVAS**

Las medidas organizativas a aplicar conforme a las condiciones del entorno se establecerán, como ya se ha expuesto anteriormente en:

- Limitando la duración e intensidad de la exposición.
- Estableciendo una ordenación de los tiempos de trabajo.

## **C. COMPLEMENTARIAS**

Dentro de estas medidas complementarias se han incluido:

### **C.1. Medidas desde proyecto**

Como ya se ha referido en apartados anteriores en el momento de realizar un proyecto de una nueva actividad se tendrá en cuenta:

- El diseño del lugar de trabajo.
- Compra de equipos.

### **C.2. Medidas periódicas**

Dentro de las actividades que hay que programar se incluirán, ciertas medidas que deberán realizarse con una periodicidad establecida en cada una de ellas:

- Mantenimiento de los sistemas y equipos.
- Información y formación a los trabajadores.
- Consulta y participación de los trabajadores.
- Vigilancia de la salud con el protocolo adecuado para la actividad a desarrollar.
- Control de los niveles de exposición.

### **C.3. MEDIDAS EXIGIBLES EN EL R.D. 286/2006:**

- Entrega de EPI.
- Establecimiento de la obligatoriedad del uso de EPI.
- Formación e información sobre la utilización de los EPI.
- Señalización de las zonas de exposición.
- Delimitación de las zonas de exposición.
- Limitación, en su caso, del acceso a las zonas de exposición.

### **3º ESTABLECIMIENTO DE LA PLANIFICACIÓN DE LAS ACTUACIONES PROGRAMADAS**

Se establecerán los plazos de las actuaciones a realizar, debiendo ser el mínimo posible, teniendo en cuenta:

- La prioridad de actuaciones.
- La complejidad técnica.
- Presupuesto para su implantación.

### **4º DESIGNACIÓN DE LOS RESPONSABLES DE LA PROGRAMACIÓN**

Se designará a las personas responsables para la ejecución del programa.

No obstante se deberá implantar una integración de todos los trabajadores en la planificación de la actividad preventiva de la empresa.

Se establecerán las funciones de cada responsable, dándose las a conocer.

Los responsables tendrán la formación adecuada para llevar a cabo las funciones establecidas.

## **5º RECURSOS NECESARIOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROGRAMA**

Se establecerán los recursos necesarios para la ejecución del programa, incluyéndose los siguientes:

- Los recursos financieros: El programa determinará el coste del programa tanto los recursos materiales, como los recursos humanos que se precisen.
- Los recursos materiales: El programa establecerá la necesidad de los recursos materiales que se precisen valorando económicamente la conveniencia de la posibilidad de que sean propios o alquilados.

Dentro de estos recursos se tendrán que incluir:

- EPI.
- Instrumentos de medida y calibración.
- Materiales para la reducción de ruido.
- Señalizaciones, etc.

## **6º 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 designaran a unos responsables, con capacitación formativa suficiente para desarrollar eficazmente el cumplimiento de sus funciones previamente fijadas.

## **7º MODIFICACIÓN O AJUSTE DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS**

En aplicación del R.D. 286/2006 se modificara o reajustará la evaluación de riesgos en la que se indicarán:

- Los objetivos cumplidos.

Con el que la planificación o programa con sus revisiones periódicas quedará terminado.

- Los objetivos incumplidos.

Indicará que se precisa una modificación del programa en estos puntos.

**TODAS LAS FASES DE LA PLANIFICACIÓN INDICADAS DEBERÁN ESTAR:**

**DOCUMENTADAS**

**ACCESIBLES**

**A DISPOSICIÓN DE LA AUTORIDAD LABORAL**

**A DISPOSICIÓN DE LOS REPRESENTANTES DE LOS TRABAJADORES**

El *National Institute for Working Life* de Suecia como se ha indicado en el tema de vibraciones tiene publicada una serie de datos de herramientas con motor y sus niveles de presión sonora y potencia sonora.

Las mediciones son aproximadas dependiendo de la forma en que se mida la exposición al ruido, el mantenimiento de la herramienta y la utilización de la misma como ya se ha indicado en los apartados anteriores.

La información que puede observarse en esta base de datos es una recopilación de informes de investigación, catálogos de herramientas, etc.

A modo de ejemplo, se ha introducido en la propia base de datos respecto del tipo de máquina, para conocer las diferencias de los niveles de presión sonora y potencia sonora entre los distintos fabricantes y modelos.

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de Presión sonora dB(A)	Nivel de Potencia sonora dB(A)
Martillo cincelador	Makita	HK1810	Eléctrico	89,00	103,00
Martillo cincelador	Bosch	GSH 5 CE	Eléctrico	88,00	101,00
Martillo cincelador	Bosch	GSH 10 C	Eléctrico	88,00	101,00
Martillo cincelador	Atlas Copco	RRC 12/12B	Neumático	97,00	110,00
Martillo cincelador	Uryu	BRH-7	Neumático	100,00	
Martillo cincelador	Uryu	BRH-5UV	Neumático	91,00	
Martillo cincelador	Hilti	TE 504	Eléctrico	108,00	
Martillo cincelador	Hilti	TE 804	Eléctrico	108,00	

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de Presión sonora dB(A)	Nivel de Potencia sonora dB(A)
Maq. de corte de hilo de diamante (para mármol)	Atlas Copco	DME 1300	Eléctrico	92,00	105,00
Maq. de corte de hilo de diamante (para mármol)	Atlas Copco	DMB 2300	Eléctrico	93,00	106,00
Maq. de corte de hilo de diamante (para mármol)	Atlas Copco	DSA 2300	Eléctrico	92,00	105,00

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de Presión sonora dB(A)	Nivel de Potencia sonora dB(A)
Taladro percutor	Hitachi	DH24PD	Eléctrico	90,00	103,00
Taladro percutor	Hitachi	DH40MB	Eléctrico	89,00	102,00
Taladro percutor	Hitachi	DM20V	Eléctrico	96,00	107,00
Taladro percutor	Mitachi	DH20PB	Eléctrico	95,00	103,00
Taladro percutor	Mitachi	DV24DV	Batería	101,00	114,00
Taladro percutor	Mitachi	DV 18V	Eléctrico	99,00	110,00
Taladro percutor	Hitachi	DV20DB	Eléctrico	99,00	112,00
Taladro percutor	Hitachi	DV20DB	Eléctrico	99,00	110,00
Taladro percutor	Hitachi	FDV16VB2	Eléctrico	93,00	104,00

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de Presión sonora dB(A)	Nivel de Potencia sonora dB(A)
Fresadora manual	Makita	906	Eléctrico	79,00	
Fresadora manual	Bosch	GGs27	Eléctrico	82,00	
Fresadora manual	Bosch	GGs6S	Eléctrico	86,00	99,00
Fresadora manual	Bosch	GGs16	Eléctrico	86,00	99,00
Fresadora manual	Uryu	UG-65NL	Neumático	85,00	
Fresadora manual	Uryu	UG-650NL	Neumático	85,00	
Fresadora manual	Atlas Copco	LSRS150CW	Neumático	76,00	
Fresadora manual	Atlas Copco	LSR43S150	Neumático	87,00	100,00
Fresadora manual	Atlas Copco	LSR64SO60	Neumático	82,00	

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de Presión sonora dB(A)
Ligadora Orbital	Hitachi	SV12SA	Eléctrico	76,00
Ligadora Orbital	Makita	9036	Eléctrico	79,00
Ligadora Orbital	Makita	9046	Eléctrico	81,00
Ligadora Orbital	Bosch	GEX150AC	Eléctrico	75,00
Ligadora Orbital	Bosch	GEX125AC	Eléctrico	75,00
Ligadora Orbital	Bosch	GSS28A	Eléctrico	82,00
Ligadora Orbital	Atlas Copco	LST31H090-11	Neumático	84,00
Ligadora Orbital	Atlas Copco	LST31H090-13	Neumático	83,00
Ligadora Orbital	Atlas Copco	LST31H090-15	Neumático	84,00

Tipo de máquina	Fabricante	Modelo		Nivel de Presión sonora dB(A)	Nivel de Potencia sonora dB(A)
Compactador vibrante	Hitachi	W412D	Bateria		110,50
Compactador vibrante	Fein	ASbe647-1	Eléctrico	95,00	108,00
Compactador vibrante	Fein	ASbe658-1	Eléctrico	95,00	108,00
Compactador vibrante	Kawasaki	KPT 2060	Neumático	88,00	
Compactador vibrante	Kawasaki	KPT 12WS	Neumático	85,00	
Compactador vibrante	Kawasaki	KPT 220P	Neumático	93,00	
Compactador vibrante	Fuji	FWL-14P-5	Neumático	90,00	
Compactador vibrante	Fuji	FW-5PX-6	Neumático	75,00	
Compactador vibrante	Fuji	FW-24PX-5	Neumático	95,00	
Compactador vibrante	Atlas Copco	LST16HR	Neumático	85,00	
Compactador vibrante	Atlas Copco	LST56HR	Neumático	88,00	





---

## 11. 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 Art.22, del Capítulo III, de la Ley 31/95, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos laborales y el R.D. 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Cabe destacar que esta vigilancia de la salud no solo se aplica 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.

Como ya se ha indicado anteriormente, los efectos dañinos para la salud del ruido 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 valor diario equivalente y el nivel pico, representativo del puesto de trabajo, aplicando este protocolo específico a los trabajadores que se encuentren a exposiciones límite al ruido.

Para el entendimiento de las actuaciones que se llevan a cabo en este protocolo específico, se deben conocer los siguientes conceptos:

### - Ruido aleatorio

Es aquel en que la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel de presión acústica ponderada A sea superior o igual a 5dB(A) y varíe aleatoriamente a lo largo del tiempo.

$$L_{pA \max} - L_{pA \min} \geq 5db(A)$$

### - Ruido estable

Es aquel en que la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel de presión acústica ponderada A sea inferior a 5dB(A) y permanezca constante a lo largo del tiempo.

$$L_{pA \max} - L_{pA \min} < 5db(A)$$

### - Ruido de impacto

Es aquel que su duración en el tiempo es menor a un segundo y el nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo.

### - Ruido periódico

Es aquel en que la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel de presión acústica ponderada A sea superior o igual a 5dB(A) y su emisión se dé de forma cíclica.

$$L_{pA \max} - L_{pA \min} < 5db(A)$$

### - Ruido o sonido complejo

Es aquel compuesto por tonos de diferentes frecuencias y amplitudes.

## 11.1. Métodos para la exploración de la audición:

### 11.1.1. La acumetría

La acumetría es una primera aproximación a la valoración de la audición, en el que no se emplean medio radioelectricos.

Con este método se puede determinar rápidamente 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.

Las pruebas de acumetría emplean como productores del sonido en general diapasones al emitir tonos puros.

Las acumetrías más utilizadas son:

#### a) 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.

Para la realización de esta prueba se actúa de la forma siguiente:

1º Se hace vibrar el diapason

2º Se coloca apoyando su mango en la zona mastoidea del oído explorado, indicando al paciente que haga una señal cuando deje de oírlo.

3º Inmediatamente después se coloca el diapason frente al pabellón auricular.

4º El paciente indicará en que zona lo oye mejor.

De esta prueba obtendremos:

- **Rinne positivo**

Cuando tras dejar de escucharlo por la vía ósea se continúa escuchando el diapasón por vía aérea.

Con un Rinne positivo puede ocurrir que:

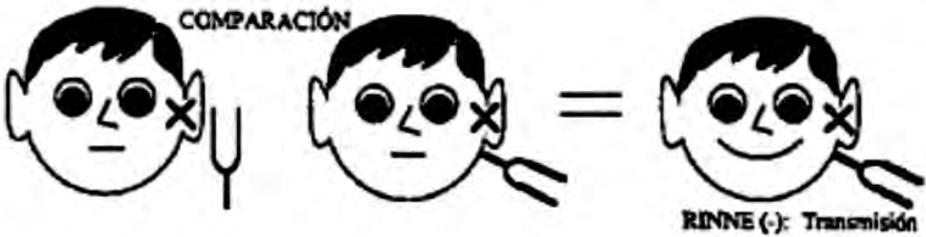
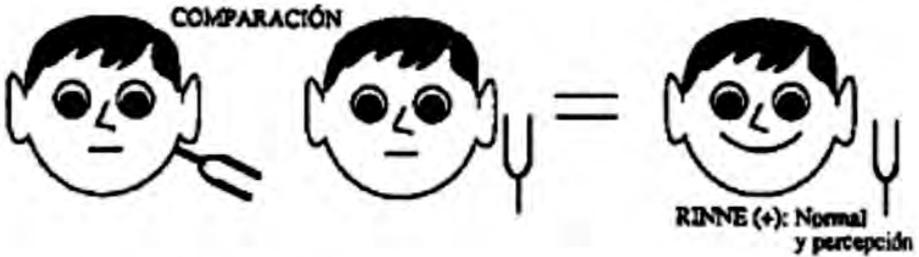
- La audición es **normal**, o

- 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**

Cuando el paciente indique 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**.

### PRUEBA DE RINNE



### b) Prueba de Weber

Con esta prueba se explora solamente la vía ósea de ambos oídos de forma simultánea.

Para la realización de esta prueba se actúa de la forma siguiente:

1º Se hace vibrar el diapasón.

2º Se coloca apoyando su mango en cualquier punto de la línea media del cráneo.

3º El paciente indicará por qué oído percibe el sonido más intenso.

De esta prueba obtendremos, que el paciente:

- **No lateralice (Lo perciba por ambos oídos con la misma intensidad)**

El paciente lo oye en el centro y esto puede ser por:

- **Audición Normal.**

El trabajador lo percibe por ambos oído con la misma intensidad.

- **Hipoacusia simétrica.**

Se está ante una hipoacusia simétrica, el sonido se percibirá por ambos oídos con la misma intensidad, aunque menor.

- **Que lateralice**

Cuando el nivel de audición es diferente en los dos oídos. Estamos ante una **hipoacusia de Transmisión**. Cuando el sonido se lateraliza hacia el lado afectado.

- Sin embargo estaremos ante una hipoacusia de Percepción si se lateraliza hacia el oído sano.

**PRUEBA DE WEBER (X= Oído afectado)**



**TRANSMISIÓN**



**NORMAL**



**PERCEPCIÓN**

### 11.1.2. La audiometría

La audiometría 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, determinando:

- La audición de un trabajador inicial, previa al comienzo de las tareas en zonas con un nivel alto de exposición al ruido o al inicio de su actividad dentro de una empresa.(audiometría de ingreso).
- Detección precoz de patologías auditivas en los trabajadores que se encuentren sometidos a una exposición al ruido (audiometría periódica) cuya periodicidad está establecida en el RD 286/2006.
- La audición de un trabajador final, posterior a la realización de tareas en zonas con un nivel alto de exposición al ruido o al final de su actividad dentro de una empresa (audiometría final).
- Detectar patologías distintas a las ocasionadas por el ruido que requieran de una evaluación.
- Evaluación de los resultados, con los datos obtenidos de las audiometrías, valorando la efectividad de las medidas adoptadas.

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 389/2001 "Acústica. Cero normal de referencia para la calibración de audímetros de tonos puros por vía aérea.
- UNE EN ISO 8253/2011 Acústica. Métodos de ensayo audiométricos. Parte 1: Audiometría de tonos puros por conducción aérea y por conducción ósea.

Para que una audiometría facilite unos datos fiables y reales del estado de la audición de un trabajador, hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- El **equipo audiométrico** 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 **audiometrista** tiene entre sus funciones la de recoger las respuestas obtenidas e interpretarlas correctamente.
- La **calibración** del equipo audiométrico junto con sus propios auriculares se realizará anualmente por la entidad comercial suministradora.
- **Fisiológicos**. 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 (perdidas temporales del umbral).

## 11.2. Protocolo sanitario específico

El protocolo específico incluirá:

### Datos generales.

- Datos personales del trabajador.
- Nombre de la empresa.

- Puesto de trabajo actual.
- Evaluación. Inicial, periódica, o adicional.
- Fecha de realización del reconocimiento médico.

### **Historia laboral**

- En este apartado se constatará el nivel de exposición actual y previa al ruido en su centro de trabajo.

### **Historial clínico**

- Antecedentes personales de exposición al ruido.
- Consumo de alcohol, tabaco y medicación ototóxica.
- Enfermedades padecidas con posibles secuelas en el oído.
- Antecedentes de presencia de enfermedades como vértigos, acufenos, etc.
- Percepción del estado de audición del trabajador.

### **Exploración clínica específica**

Esta exploración consistirá en:

- Otoscopia.
- Audiometría.
- Acumetría.



---

## 12. Ejemplo concreto en una obra de construcción

---

A continuación se van a estudiar determinadas máquinas que se utilizan en la mayor parte de las obras de construcción.

Como norma general en una obra de construcción los niveles de ruido suelen ser muy elevados, siendo habitual superar los límites establecidos por la normativa.

Por ello, se deben realizar evaluaciones de riesgos, que en este caso, se deberán incluir 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 deberá indicarse cuáles son las fuentes que producen una exposición a niveles elevados de ruidos, señalándose las medidas de protección a los trabajadores. Siendo en primer lugar las medidas colectivas a adoptar y en caso de imposibilidad o defecto los equipos de protección individual que se utilizarán por parte de los trabajadores.

Es fundamental, cuando se planifica una obra, conocer todas las actuaciones que se van a desarrollar para poder tener identificados todos los riesgos y medidas preventivas.

No obstante, en las obras, en muchas ocasiones se tienen que hacer trabajos puntuales que no se han planificado con anterioridad, por lo que es necesario decidir la solución constructiva de la tarea a ejecutar.

A su vez, se determinarán los riesgos de la misma y las medidas preventivas a aplicar y se reflejarán en un anexo al Plan de Seguridad y Salud, que será aprobado por el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de las obras.

Dentro de la planificación de las actividades que se realizan en una obra se tendrán distintas circunstancias que habrá que considerar.

En la ejecución de una rehabilitación de un edificio de oficinas se realizarán trabajos con diversas máquinas, que a veces se utilizarán en el exterior, otras en interior de recintos cerrados o semi abiertos, donde las ondas sonoras rebotarán contra el techo y las paredes y ocasionarán reverberación, que amplificarán el nivel de ruido y por tanto el nivel de exposición del trabajador.

Revisando los manuales de instrucciones de las distintas máquinas se observa que en las más modernas se dispone dentro del mismo un documento final que informa sobre el ruido emitido por la máquina (*Declaración del ruido de una máquina*).

En esta declaración de ruido, se identifica:

- La máquina.
- El modelo.
- El número.
- En las diferentes condiciones de funcionamiento:
  - Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A.  
 $L_{pAeq}$  en dB.
  - Causas de incertidumbre de medida, en dB
  - Nivel de potencia acústica emitido por la máquina, ponderado A.  
 $L_{wA}$  en dB.
  - Valores de ruido de emisión medido y constatación de declaración, según lo establecido en la legislación, indicándose la normativa aplicada.

De las máquinas más antiguas hay que solicitarlo al fabricante o al suministrador aparte, porque no se encuentra dentro del manual de instrucciones.

Por lo tanto, los manuales de instrucciones de las máquinas a emplear son un modo para detectar la existencia de máquinas que tienen un nivel de ruido elevado.

A modo de ejemplo se han elegido cuatro máquinas, que pasamos a analizar:

### **Martillo picador**

El martillo picador es una herramienta que se utiliza habitualmente para replanteos y para demoliciones, figura 40.



*Figura 40. Martillo picador.*

En este caso, se utiliza en primer lugar en una pequeña edificación existente en el solar, que se destinará a vestuarios del personal.

Para acondicionarla, se precisa demoler un tabique interior y un pequeño forjado de hormigón a modo de altillo.

Para ello, se realiza una medición del nivel de ruido en el exterior del local para comprobar el ruido real del martillo picador y en el interior del local para conocer el nivel de ruido al que van a estar sometidos los trabajadores, tanto en el picado del tabique de ladrillo, como en la demolición del forjado de hormigón.

El nivel de ruido medido en el exterior  $L_{AeqD} = 87,9$  dB, superando los 87 dB.

El nivel de ruido medido en el interior del local, en la zona más desfavorables  $L_{AeqD} = 93,5$  dB. Esta medición es superior a la obtenida en el exterior.

Se observa que dentro del local se dan distintos niveles debido a la existencia de ventanas y una puerta de garaje que hacen diferir la reverberación en una zonas de las otras. Dado que en ambos casos se supera los valores límites de exposición según el art.5 del RD 286/2006, estos trabajos no se podrán realizar bajo estas circunstancias, si tras adoptar medidas correctoras se siguiese en los mismos valores, el empresario estará obligado a:

- a) tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición;
- b) determinar las razones de la sobreexposición,
- c) corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;
- d) informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

## Dumper

Esta máquina es utilizada en el exterior en la zona de urbanización.

Se dispone de un dumper con motor de gasóleo que dispone de marcado CE. (figura 41).

Al comprobar el manual de instrucciones y el libro de mantenimiento se observa que se trata de una máquina antigua, con una edad de 7 años y medio, y que la última revisión se ha realizado hace bastante tiempo por haber estado en desuso.

En primer lugar, se debe solicitar una máquina más moderna, de no ser posible se exige una revisión y un mantenimiento para que el dumper esté en perfectas condiciones.

*Figura 41. Dumper de obra.*



Una vez realizado el mantenimiento se obtienen unos valores  $L_{AcqD}$  de 80,9 dB, que supera los 80 dB.

Se actuará informando y facilitándoles los protectores auditivos a los trabajadores expuestos.

### **Radial**

La radial es una máquina muy utilizada en las obras para cortes rápidos de distintos materiales en concreto para ajustes de piezas. (figura 42).



*Figura 42. Utilización de radial sin protectores auditivos.*

Esta máquina sobre todo se va a utilizar en el interior, salvo en el corte de algunas piezas que será en el exterior.

Por ello, se realizarán mediciones de ruido en el interior y en el exterior, y para distintos tipos de materiales:

- Para el corte con radial de piezas metálicas la medición de nivel de ruido en el exterior  $L_{AeqD}$  es de 87,3dB y en el interior  $L_{AeqD}$  de 94,2dB.
- Para el corte con radial de piezas de ladrillo la medición de nivel de ruido en el exterior  $L_{AeqD}$  es de 84,1dB y en el interior  $L_{AeqD}$  de 91,9dB.
- Para el corte con radial de piezas de piedra natural la medición de nivel de ruido en el exterior  $L_{AeqD}$  es de 89,8dB y en el interior  $L_{AeqD}$  de 97,9dB.

Como se puede observar existe gran diferencia entre el corte de unos materiales a otros.

En primer lugar, como en los casos anteriores se informa a los trabajadores de los riesgos de la exposición a los niveles de ruido, así como, se recuerda el modo de utilización según el manual de instrucciones y se insiste en la utilización para el corte de cada tipo de material la utilización del disco correspondiente, observando su estado antes de proceder a realizar cualquier operación.

Se incide además en los siguientes métodos para reducir el ruido en la utilización de las radiales:

- Adecuación de la velocidad de giro para el corte debiendo reducirla al mínimo posible.
- Apoyar y sujetar la pieza a cortar sobre un soporte adecuado, sobre todo en la zona de corte para minimizar la generación de vibraciones.
- Adaptación de la extracción, con una velocidad adecuada y dirección respecto de la corriente de aire generada por la rotación del disco apropiada.

Dado que en todos los casos en el uso de la radial en interiores se supera el valor límite de exposición, según el art. 5 del RD 286/2006, los trabajos no se podrán desarrollar, debiendo el empresario:

- a) tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición;
- b) determinar las razones de la sobreexposición,
- c) corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;
- d) informar a los delegados de prevención de tales circunstancias."

### **Sierra circular de mesa**

La sierra circular de mesa se va a utilizar al igual que la radial, en el corte de distintos materiales y tanto en el interior como en el exterior.

Se procede a la medición del nivel de ruido tanto en el exterior como en el interior del corte mediante sierra de mesa circular de los materiales en los que se prevé su utilización:

- Para el corte de piezas de material cerámico la medición de nivel de ruido en el exterior  $L_{AeqT}$  es de 87,0dB y en el interior  $L_{AeqT}$  de 94,1dB.
- Para el corte de piezas de madera la medición de nivel de ruido en el exterior  $L_{AeqT}$  es de 74,7dB y en el interior  $L_{AeqT}$  de 79,4dB.

Como se puede observar de nuevo existe gran diferencia entre el corte de unos materiales a otros.

Como en los casos anteriores se informa a los trabajadores de los riesgos de la exposición a los niveles de ruido, así como, se recuerda el modo de utilización según el manual de instrucciones de la máquina

Se incide además en los siguientes métodos para reducir el ruido en la utilización de las sierras circulares de mesa:

- Adecuación de la velocidad de giro para el corte debiendo reducirla al mínimo posible.
- Colocar la mesa en una superficie adecuada donde esté bien asentada y equilibrada para minimizar la generación de vibraciones.
- Adaptación de la extracción, con una velocidad adecuada y dirección respecto de la corriente de aire generada por la rotación del disco apropiada.
- Utilización para el corte de cada tipo de material la utilización del disco correspondiente, observando su estado antes de proceder a realizar cualquier operación. Existiendo en el mercado discos de corte diseñados para reducir el ruido.

Como se puede apreciar para el corte de material cerámico se sobrepasan los valores límite de exposición indicados en el art. 5 del RD 286/2006, por lo que no se podrá utilizar dicha sierra para ese trabajo, estando el empresario obligado a:

- a) tomar inmediatamente medidas para reducir la exposición por debajo de los valores límite de exposición;
- b) determinar las razones de la sobreexposición,
- c) corregir las medidas de prevención y protección, a fin de evitar que vuelva a producirse una reincidencia;
- d) informar a los delegados de prevención de tales circunstancias.

- Piezas de madera:

- Gafas antiproyección.

- Mascarilla antipolvo.

- No se obliga a la utilización de orejeras antirruído, aunque se incide en los efectos contra la salud de la exposición a estos niveles.

- No se obliga a la utilización de discos de corte diseñados para reducir el ruido.



