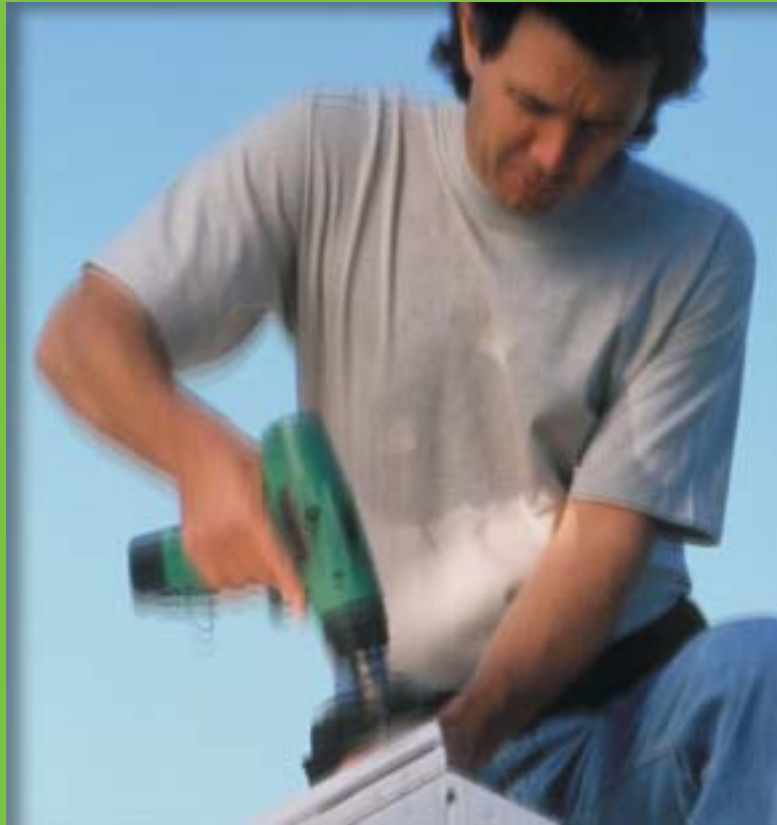


Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición a las **vibraciones** mecánicas en los puestos de trabajo

Extracto de :
Directiva 2002/44/CE. Norma UNE-EN-ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1



Título: Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición a las vibraciones mecánicas en los puestos de trabajo.
Extracto de directiva 2002/44/CE.
Norma UNE-EN-ISO 5349-1.
Norma ISO 2631-1

Autores: *D. Miguel Arana Burgui*
Departamento de Física
Universidad Pública de Navarra
D. Javier Eransus Izquierdo
Técnico de Prevención
Instituto Navarro de Salud Laboral

© Gobierno de Navarra.
Instituto Navarro de Salud Laboral.
Departamento de Salud.

Diseño gráfico: Ana Cobo
Impresión: Graficas Biak

Depósito Legal: NA-2.396/2004

Promociona y distribuye:
Fondo de Publicaciones del Gobierno de Navarra
Departamento de Presidencia e Interior
c/ Navas de Tolosa, 21
Tel.: 848 42 71 21
Fax: 848 42 71 23
e-mail: fpubli01@cfnavarra.es
<http://www.navarra.es>
31002 Pamplona

Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición a las vibraciones mecánicas en los puestos de trabajo

Extracto de:

Directiva 2002/44/CE. Norma UNE-EN-ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1

Introducción

Son numerosas las actividades laborales que suponen una exposición prolongada a vibraciones mecánicas tanto transmitidas al sistema mano-brazo como al cuerpo entero. La conducción de vehículos de transporte, carretillas elevadoras, maquinaria agrícola o de obras públicas, así como el uso de herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras son las fuentes principales de la exposición laboral a vibraciones mecánicas.

A pesar de la numerosa población laboral expuesta, no es equivocado decir que es escasa la cultura preventiva frente a los riesgos por exposición a vibraciones mecánicas.

Al objeto de paliar esta carencia presentamos en este texto de manera simplificada el contenido de la Directiva 2002/44/CE, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos, vibraciones. Se han incluido en este texto los aspectos relativos a la evaluación de la exposición mediante mediciones a que hace referencia el anexo de la Directiva, incluyendo de la manera más sencilla posible los aspectos más relevantes de las Normas ISO 5349-1 e ISO 2631-1 citadas en el referido Anexo.

Contenido básico de la directiva 2002/44 sobre vibraciones

Introducción

La Directiva 2002/44/CE de 25 de junio de 2002 establece disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de las vibraciones en los puestos de trabajo. Tiene por objetivo fijar los valores límite de exposición diaria a las vibraciones (tanto para las vibraciones transmitidas por el sistema mano-brazo como para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero) en los puestos de trabajo, destinadas a proteger a los trabajadores de los riesgos derivados de las vibraciones, en particular los problemas osteomusculares, neurológicos y vasculares.

Las disposiciones tienen también por finalidad crear, para el conjunto de los trabajadores de la Unión Europea, una base mínima de protección que evite posibles distorsiones de la competencia.

Disposiciones generales

OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Directiva establece las disposiciones mínimas en materia de protección de los trabajadores contra los riesgos para su seguridad y su salud originados o que puedan originarse por la exposición a vibraciones mecánicas.

Las disposiciones de la presente Directiva se aplicarán a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo.

TRANSPOSICIÓN

Los Estados miembros adoptarán las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a la Directiva, **antes del 6 de julio de 2005.**

No obstante, **para los valores límite de exposición**, los Estados miembros podrán disponer de un periodo transitorio máximo de 5 años (es decir,

hasta el 6 de julio de 2010) cuando se utilicen equipos de trabajo que hayan sido puestos a disposición de los trabajadores antes del 6 de julio de 2007.

Además, para equipos utilizados en los **sectores agrícola y silvícola**, podrán prorrogar hasta cuatro años (es decir, **hasta el 6 de julio de 2014**) el periodo transitorio máximo.

DEFINICIONES

VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL SISTEMA MANO-BRAZO

Es la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.

VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO ENTERO

Es 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 de la columna vertebral.

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

1. Para la vibración transmitida al sistema mano-brazo:

- a.** el valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas se fija en 5 m/s^2 ;
- b.** el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en $2,5 \text{ m/s}^2$.

2. Para la vibración transmitida al cuerpo entero:

- a.** el valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas se fija en $1,15 \text{ m/s}^2$;
- b.** el valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.

Obligaciones de los empresarios

DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS

El empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario, la medición, de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores.

Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

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

- a.** el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida toda exposición a vibraciones intermitentes o a sacudidas repetidas;
- b.** los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción previstos en la presente Directiva;
- c.** todos los efectos que guarden relación con la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a riesgos especialmente sensibles;
- d.** todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo;
- e.** la información facilitada por los fabricantes del equipo de trabajo;
- f.** la existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a las vibraciones mecánicas;
- g.** la prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario;
- h.** condiciones de trabajo específicas, tales como trabajar a temperaturas bajas;
- i.** una información apropiada recogida en el control de la salud incluida la información publicada, en la medida en que sea posible.

MEDIDAS ENCAMINADAS A EVITAR O A REDUCIR LA EXPOSICIÓN

Cuando se rebasen los valores establecidos de exposición diaria normalizados para un periodo de 8 horas (tanto por vibraciones mano-brazo como de cuerpo entero), que den lugar a una acción, el empresario establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y/o de organización destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de la misma, tomando en consideración, especialmente:

- a.** otros métodos de trabajo que reduzcan la necesidad de exponerse a vibraciones mecánicas;
- b.** la elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado;
- c.** el suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo;
- d.** programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los sistemas en el lugar de trabajo;
- e.** la concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo;
- f.** la información y formación adecuadas, para enseñar a los trabajadores el manejo correcto y en forma segura del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas;
- g.** la limitación de la duración e intensidad de la exposición;
- h.** la fijación de horarios de trabajo apropiados, provistos de suficientes periodos de descanso;
- i.** el suministro de ropa adecuada que proteja del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos.

Los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición.

Si, a pesar de las medidas adoptadas por el empresario, se superase el valor límite de exposición, el empresario tomará de inmediato medidas para reducir la exposición a niveles inferiores a dicho valor límite.

El empresario adaptará dichas medidas a las necesidades de los trabajadores expuestos a riesgos especialmente sensibles.

INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE LOS TRABAJADORES

El empresario velará por que los trabajadores expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo y/o sus representantes reciban información y formación relativas al resultado de la evaluación de los riesgos, en particular sobre:

- a.** las medidas tomadas con objeto de eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la vibración mecánica;
- b.** los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción;
- c.** los resultados de las evaluaciones y mediciones de la vibración mecánica efectuadas y las lesiones que podría acarrear el equipo de trabajo utilizado;
- d.** la conveniencia y el modo de detectar e informar sobre signos de lesión;
- e.** las circunstancias en las que los trabajadores tienen derecho a un control de su salud;
- f.** las prácticas de trabajo seguras, con el fin de reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas.

CONSULTA Y PARTICIPACIÓN DE LOS TRABAJADORES

La consulta y participación de los trabajadores y/o sus representantes sobre las medidas previstas en la presente Directiva se realizarán de conformidad con lo establecido en la Directiva Marco 89/391/CEE.

Control de la salud

El control de la salud, cuyos resultados se tendrán en cuenta al aplicar medidas preventivas en un lugar de trabajo concreto, tendrá como objetivo la prevención y el diagnóstico precoz de cualquier daño para la salud como consecuencia de la exposición a vibraciones mecánicas. **Dicho control será apropiado cuando:**

- la exposición del trabajador a las vibraciones sea tal que pueda establecerse una relación entre dicha exposición y una enfermedad determinada o un efecto nocivo para la salud,
- haya probabilidades de contraer dicha enfermedad o padecer el efecto nocivo en las condiciones laborales concretas del trabajador,
- existan técnicas probadas para detectar la enfermedad o el efecto nocivo para la salud.

Cuando el control de la salud ponga de manifiesto que un trabajador padece una enfermedad o dolencia diagnosticable que, en opinión de un médico o de un especialista en medicina del trabajo, sea consecuencia de una exposición a vibraciones mecánicas en el lugar de trabajo,

- a. el médico u otra persona que tenga la cualificación adecuada comunicará al trabajador el resultado que le atañe personalmente; en particular, le informará y aconsejará sobre el control de la salud a que deberá someterse al final de la exposición;
- b. El empresario deberá recibir información sobre cualquier dato significativo obtenido a raíz del control de la salud, teniendo en cuenta todos los requisitos del secreto médico;
- c. por su parte, el empresario deberá:
 - revisar la evaluación de los riesgos efectuada con arreglo al artículo 4,
 - revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos,
 - tener en cuenta las recomendaciones del especialista en medicina del trabajo o de otra persona debidamente cualificada o de la autoridad competente al aplicar cualquiera otra medida que se considere necesaria para eliminar o reducir riesgos de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5, incluida la posibilidad de

asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de exposición, y

- disponer un control continuado de la salud y el examen del estado de salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar. En tales casos, el médico o especialista en medicina del trabajo o la autoridad competente podrá proponer que las personas expuestas se sometan a un reconocimiento médico.

Anexo



VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL SISTEMA MANO-BRAZO

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La evaluación de la vibración transmitida al sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 8 horas, $A(8)$, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales a_{hwx} , a_{hwy} y a_{hwz} , tal como se definen en la **norma ISO 5349-1:2001**.

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

NORMA UNE-EN-ISO-5349-1

Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano (parte 1. Requisitos generales).

Objeto y campo de aplicación:

Especifica los requisitos generales para la medida e información de la exposición a las vibraciones transmitidas por la mano, en tres ejes ortogonales. Define una ponderación en frecuencia y los filtros de banda limitante para conseguir una comparación uniforme de las medidas. Los valores obtenidos pueden utilizarse para predecir los efectos adversos de las vibraciones transmitidas por la mano en el intervalo de frecuencia cubierto por las bandas de octava que van desde 8 Hz a 1 kHz.

Es aplicable a vibraciones periódicas y aleatorias. Provisionalmente, también se aplica a los choques repetidos tipo excitación (impactos).

Símbolos:

$a_{hw}(t)$	Valor de la aceleración instantánea de las vibraciones transmitidas por la mano, ponderadas en frecuencia, en el tiempo t , en m/s^2
a_{hw}	Valor eficaz de la aceleración instantánea de las vibraciones transmitidas por la mano, ponderadas en frecuencia, en el tiempo t , en m/s^2
a_{hwx}	Valor de a_{hw} , en m/s^2 , para el eje x
a_{hwy}	Valor de a_{hw} , en m/s^2 , para el eje y
a_{hwz}	Valor de a_{hw} , en m/s^2 , para el eje z
a_{hv}	Valor total de la aceleración eficaz de las vibraciones, ponderada en frecuencia. Conocida también como vector suma o suma de aceleraciones ponderadas en frecuencias. Es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores de a_{hw} para los tres ejes de medida de las vibraciones, en m/s^2
$A(8)$	Exposición diaria a las vibraciones (valor total de la energía equivalente de las vibraciones para 8 horas), en m/s^2 . También denominado $a_{hv(eq,8h)}$ o, abreviadamente, a_{hv}
T	Duración total diaria de la exposición a las vibraciones
T_0	Duración de referencia de 8 horas (28 800 s)
W_h	Característica de ponderación en frecuencia para las vibraciones transmitidas por la mano

Medida y evaluación de las vibraciones transmitidas por la mano:

La exposición diaria a las vibraciones se evalúa mediante:

$$A(8) = a_{bv} \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

donde:

T es la duración total diaria de la exposición a las vibraciones

T_0 es la duración de referencia de 8 horas (28.800 s)

Si el trabajo es tal que la exposición diaria total a las vibraciones consta de varias operaciones con diferentes magnitudes de las vibraciones, entonces:

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

donde:

a_{bvi} es la magnitud (vector suma) de las vibraciones de la operación i

n es el número de exposiciones individuales a las vibraciones

T_i es la duración de la operación i

Ejemplo:

Si los valores totales de las vibraciones para tiempos de exposición de 2 h, 1'5 h y 1 h (en el mismo día de trabajo) son 1 m/s^2 , 4 m/s^2 y 8 m/s^2 , respectivamente, entonces:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8h} \left[(1\text{m/s}^2)^2 \times 2h + (4\text{m/s}^2)^2 \times 1,5h + (8\text{m/s}^2)^2 \times 1h \right]} = 3,4\text{m/s}^2$$

Información a registrar de una evaluación:

Cuando se realice una evaluación de la exposición a las vibraciones transmitidas por la mano, debe registrarse la siguiente información:

- 1.** El sujeto de la evaluación de la exposición.
- 2.** Las operaciones que causan las exposiciones a las vibraciones.
- 3.** Las herramientas guiadas a motor, herramientas insertadas y/o piezas de trabajo implicadas.
- 4.** Localización y orientación de los transductores.
- 5.** Raíz cuadrática media individual y las aceleraciones medidas en un solo eje ponderadas en frecuencia.
- 6.** Valor total de las vibraciones por cada operación.
- 7.** Duración diaria total para cada operación.
- 8.** Exposición diaria a las vibraciones.
- 9.** Cuando no se realicen mediciones en todos los ejes, debe registrarse el factor de multiplicación empleado para estimar el valor total de las vibraciones y la justificación para esta selección.

Filtros de ponderación en frecuencia:

Las medidas de a_{hv} requieren la aplicación de filtros de ponderación en frecuencia y de banda limitante. La ponderación en frecuencia W_h refleja la importancia asumida de las diferentes frecuencias que pueden causar daño a la mano. El intervalo de aplicación de los valores medidos para la predicción de los daños de las vibraciones está restringido al intervalo de frecuencia de trabajo cubierto por las bandas de octava que van desde 8 Hz a 1 kHz. La dependencia de la frecuencia de las respuestas a las vibraciones no tiene por qué ser la misma en todos los ejes. Sin embargo, en la actualidad, no están disponibles diferentes ponderaciones para los diferentes ejes.

La aceleración eficaz ponderada en frecuencia a_{hw} se calcula mediante la expresión:

$$a_{bw} = \sqrt{\sum_i (W_{bi} a_{bi})^2}$$

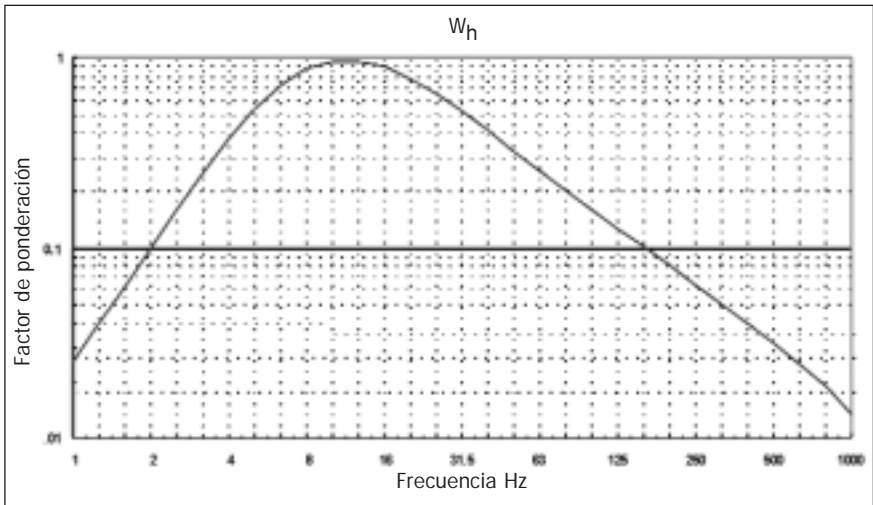
donde:

W_{hi} es el factor de ponderación para la banda de tercio de octava i .

a_{hi} es la aceleración eficaz en la banda de tercio de octava i .

La curva de ponderación se muestra en la figura nº 1.

Fig. 1. Curva de ponderación en frecuencias W_h para las vibraciones transmitidas por la mano.



MEDICIÓN

Cuando se proceda a la medición de los niveles de vibración a que están expuestos los trabajadores:

- a.** los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión; los métodos y aparatos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida, con arreglo a la norma ISO 5349-2 (2001);
- b.** cuando se trate de aparatos que deban sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano. La exposición se determinará por referencia al valor más elevado; también se dará información sobre la otra mano.

INTERFERENCIAS

Las disposiciones de la letra d) del apartado de obligaciones empresariales se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

RIESGOS INDIRECTOS

Las disposiciones de la letra d) del apartado de obligaciones empresariales se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudique la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los equipos de protección individual contra la vibración transmitida al sistema mano-brazo pueden contribuir al programa de medidas encaminadas a evitar o reducir las exposiciones en que se rebasen los niveles de acción.



VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

La evaluación de la vibración transmitida al cuerpo entero se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, $A(8)$, expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas, calculada como el mayor de los valores eficaces, o el mayor de los valores de dosis de vibración (VDV), de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales ($1,4 a_{wx}$, $1,4 a_{wy}$, a_{wz} , para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con la norma **ISO-2631-1:1997**.

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

Los Estados miembros podrán tener en cuenta únicamente, en lo que respecta a la navegación marítima, las vibraciones de frecuencia superior a 1 Hz.

NORMA ISO-2631-1

Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones globales del cuerpo. (Parte 1. Requisitos generales)

Objeto y campo de aplicación:

Define los métodos para la medida de vibraciones transmitidas al conjunto del cuerpo humano, bien sean vibraciones periódicas, aleatorias o transitorias. Indica los principales factores que influyen para determinar el grado para el que una exposición a las vibraciones será aceptable. El rango de frecuencias considerado es:

*0,5 Hz – 80 Hz para seguridad, confort y percepción
0,1 Hz – 0,5 Hz para mareos*

Es aplicable para las transmisiones a través de las superficies soportantes: por el pié para persona erguida, nalgas, espalda y pié para persona sentada o área soportante para persona acostada. Tal tipo de vibración se encuentra en vehículos, maquinaria y edificios.

Símbolos:

a Valor eficaz de la aceleración, en m/s^2 .

W Ponderación frecuencial.

La evaluación se realizará mediante la medida de la aceleración eficaz ponderada:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2}$$

donde:

$a_w(t)$ es el valor instantáneo de la aceleración ponderada en frecuencia.

T es la duración de la medida, es segundos.

Respuesta humana a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero:

La respuesta humana a este tipo de vibraciones depende tanto del criterio de afección (salud, confort, percepción o mareo) como de la parte del cuerpo en contacto y dirección de la vibración. Se utilizan, por ello, diferentes filtros. Las siguientes tablas son una guía de aplicación de los mismos (ver la figura 2 para la definición de los ejes basicéntricos del cuerpo humano).

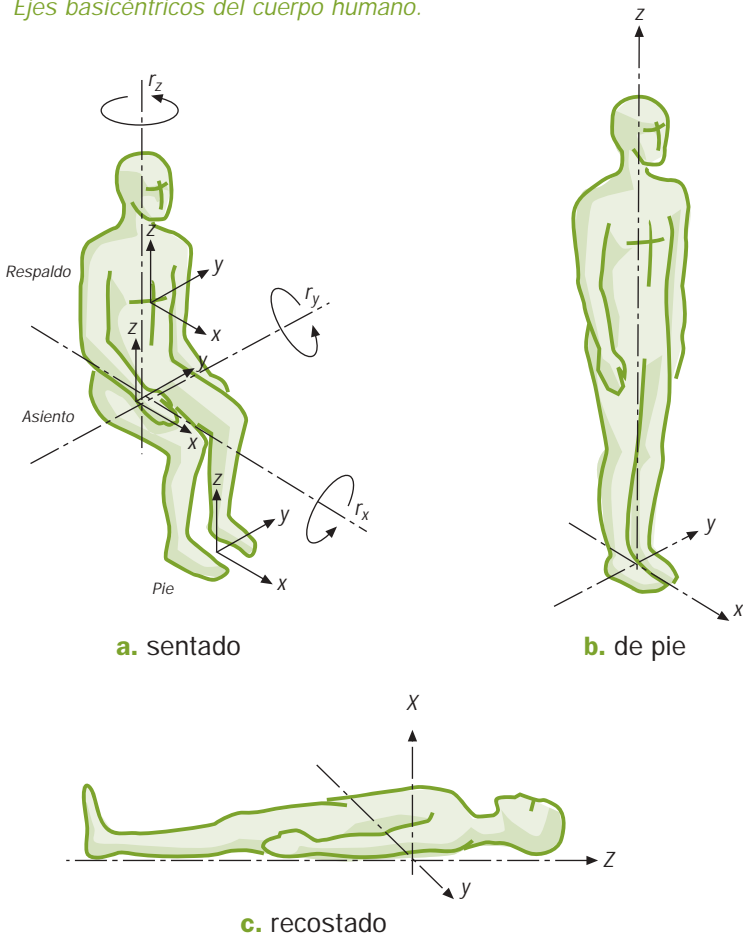
Tabla 1. Guía para la aplicación de las curvas de ponderación frecuencial para las principales ponderaciones.

Ponderación Frecuencial	Salud	Confort	Percepción	Mareos
W_k	eje- z; asiento	eje- z; asiento eje- z; de pie Recostado vertical Ejes x-y-z; pie (sentado)	eje- z; asiento eje- z; de pie Recostado vertical	
W_d	eje- x; asiento eje- y; asiento	eje- x; asiento eje- y; asiento ejes x-y; de pie Recostado horizontal ejes x-y y espalda sentado	eje- x; asiento eje- y; asiento ejes x-y; de pie Recostado horizontal	
W_f				vertical

Tabla 2. Guía para la aplicación de las curvas de ponderación frecuencial para factores de ponderación adicional.

Ponderación Frecuencial	Salud	Confort	Percepción	Mareos
W_c	eje- x; espalda sentado	eje- x; espalda sentado	eje- x; espalda sentado	
W_e		Ejes rx-ry-rz; asiento	Ejes rx-ry-rz; asiento	
W_j		Recostado vertical	Recostado vertical	

Fig. 2. Ejes basicéntricos del cuerpo humano.



Filtros de ponderación:

Las figuras 3 y 4 muestran los filtros de ponderación principales y adicionales para las vibraciones transmitidas al cuerpo entero (ISO 2631-1:1997)

Fig. 3. Curvas de ponderación en frecuencia (W_k , W_d y W_f) para las principales ponderaciones en las vibraciones transmitidas al cuerpo entero.

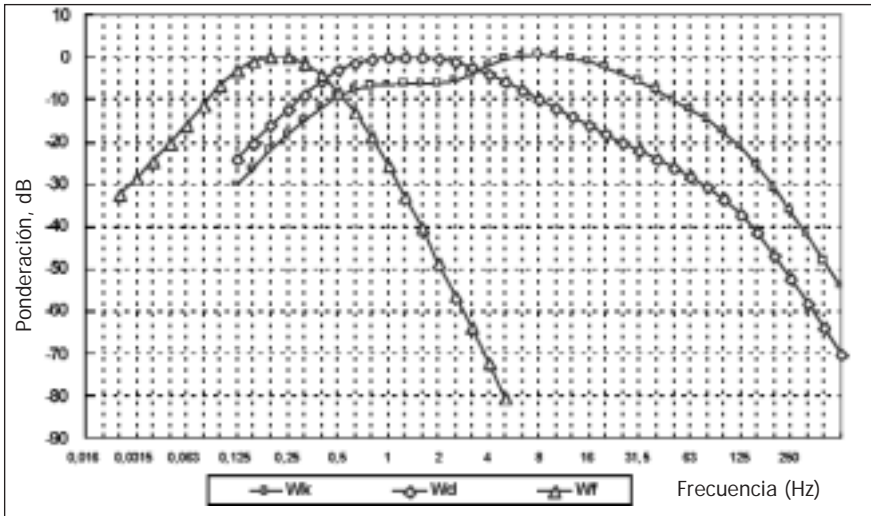
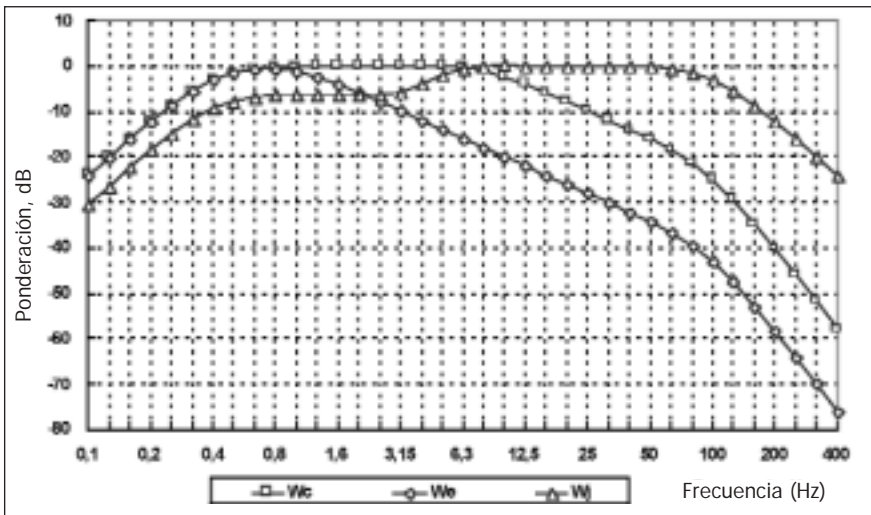


Fig. 4. Curvas de ponderación en frecuencia (W_c , W_e y W_j) para las ponderaciones adicionales en las vibraciones transmitidas al cuerpo entero.



Evaluación:

El resultado final de una evaluación se obtiene ponderando los resultados obtenidos para cada banda de tercio de octava por los factores de ponderación de los filtros mostrados en las figuras anteriores, mediante la expresión:

$$a_w = \left[\sum_i (W_i a_i)^2 \right]^{1/2}$$

donde:

- a_w es la aceleración ponderada en frecuencia
- W_i es el factor de ponderación para la banda de tercio de octava i .
- a_i es el valor eficaz de la aceleración para la banda de tercio de octava i .

La expresión anterior está expresada en el dominio de la frecuencia. La expresión equivalente, en el dominio del tiempo es:

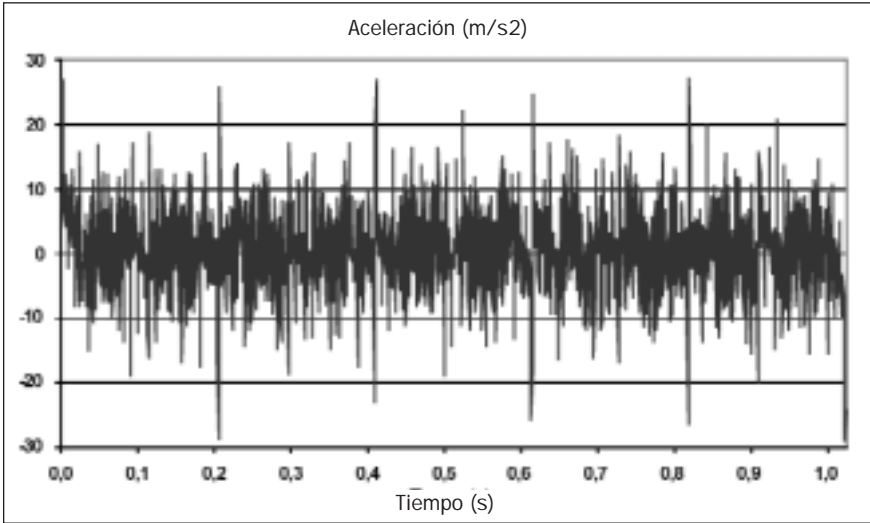
$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2}$$

Ejemplo:

Mostraremos, mediante un ejemplo, el proceso de cálculo para la evaluación y valoración de la vibración. Mostraremos el caso de vibración transmitida al cuerpo entero y donde la vibración predominante es la correspondiente al eje vertical en el asiento.

Supongamos que hemos medido la aceleración vertical (eje z) en el asiento de un vehículo con operario conduciendo dicho vehículo. La figura 5 muestra en valor instantáneo de tal aceleración durante el tiempo de un segundo.

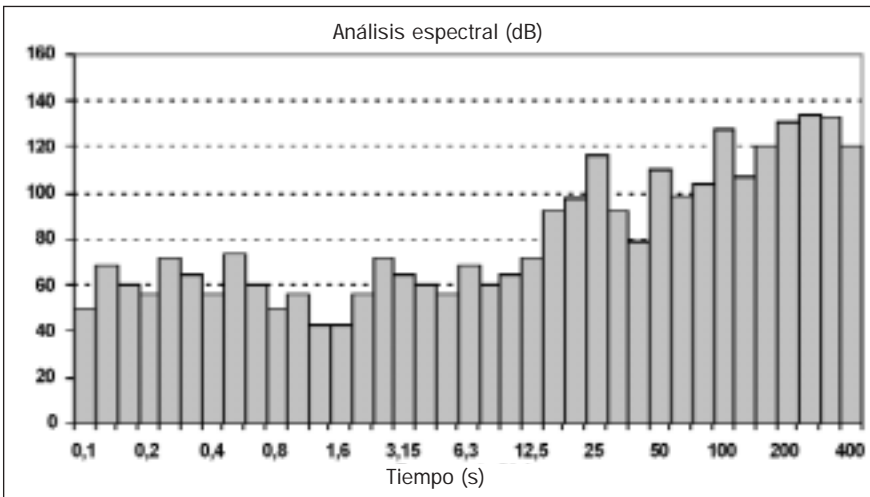
Fig. 5. Aceleración vertical (eje z) medida en asiento de conductor.



A continuación, realizamos el análisis espectral de esta señal, en bandas de tercio de octava. Expresado en dB, con referencia $10^{-6}m/s^2$ (es decir, una aceleración de $1 m/s^2$ se expresa como 120 dB, utilizando la conversión:

$$a(dB)=20 \log \frac{a(m/s^2)}{10^{-6}m/s^2} , \text{ obtenemos como análisis espectral de la señal medida, el mostrado en la figura 6.}$$

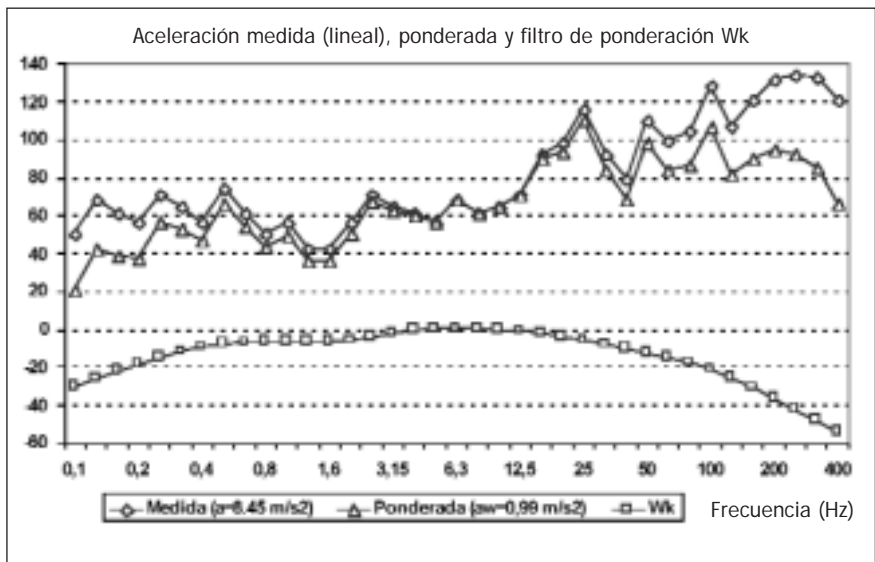
Fig. 6. Análisis espectral, en tercios de octava, de la señal de vibración de la figura 5.



Tanto para los criterios de salud como de confort y percepción, en las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, el filtro de ponderación en frecuencias utilizado para la aceleración vertical, es el filtro W_k , definido en la norma ISO 2631-1:1997 y mostrado en la figura 3.

La figura 7 muestra el resultado de aplicar el filtro de ponderación a la señal medida.

Fig. 7. Aceleración medida, ponderada y filtro de ponderación W_k



Así, de una aceleración lineal de $8,45 \text{ m/s}^2$, hemos pasado a una aceleración ponderada de $0,99 \text{ m/s}^2$. Como puede comprobarse, el filtro no atenúa las frecuencias comprendidas entre 4 y 10 Hz (frecuencias a las que el cuerpo humano es más sensible) y atenúa considerablemente las muy bajas y, especialmente, las muy altas frecuencias.

El proceso descrito se repite para todo el tiempo de medida durante el cual el operario está sometido a vibraciones. Con el resultado obtenido, se lleva a cabo el cálculo del valor de exposición diaria, $A(8)$, expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas.

MEDICIÓN

Cuando se proceda a la medición del nivel de las vibraciones mecánicas, los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión. Los métodos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida.

INTERFERENCIAS

Las disposiciones de la letra d) del apartado de obligaciones empresariales se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

RIESGOS INDIRECTOS

Las disposiciones de la letra d) del apartado de obligaciones empresariales se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

PROLONGACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Las disposiciones de la letra g) del apartado de obligaciones empresariales se aplicarán, en particular, cuando la naturaleza de la actividad implique la utilización por parte de los trabajadores de locales de descanso bajo responsabilidad del empresario; excepto en casos de fuerza mayor, la exposición del cuerpo entero a las vibraciones en estos locales debe reducirse a un nivel compatible con las funciones y condiciones de utilización de estos locales.



Polígono de Landaben, calle E/F - 31012 Pamplona
Tel. 948 42 37 71 - Fax 948 42 37 30
www.cfnavarra.es/insl