



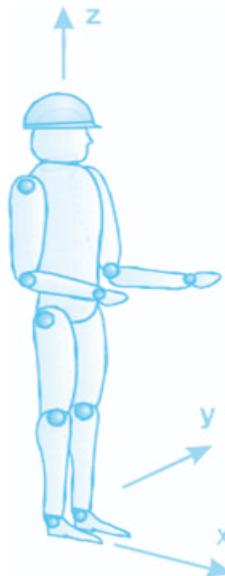
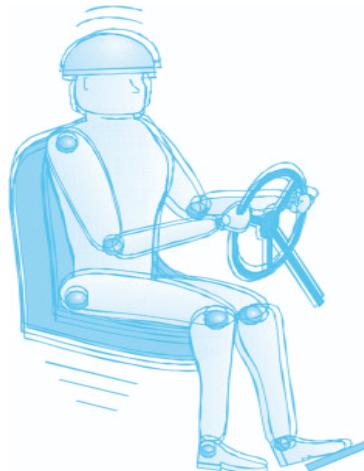
MINISTERIO
DE TRABAJO
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Vibraciones cuerpo entero

VIBRACIONES CUERPO ENTERO





MINISTERIO
DE TRABAJO
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Vibraciones cuerpo entero

Evaluación del riesgo: Medición de la magnitud

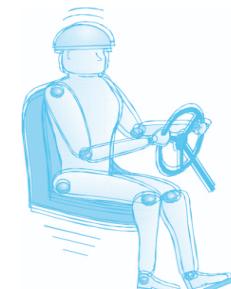
Directiva 2002/44/CE
R. D.1311/ 2005

Mano- brazo

UNE-EN ISO 5349

Cuerpo entero

UNE-ISO 2631





Anexo del RD 1311/2005

- B. Vibración transmitida al cuerpo entero

Evaluación de la exposición.- La evaluación del nivel de exposición a las vibraciones se basa en el cálculo de la exposición diaria A(8) expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas, **calculada como el mayor de los valores eficaces** de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinada según los tres ejes ortogonales ($1.4a_{wx}$, $1.4 a_{wy}$, $1a_{wz}$, para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5,6 y 7, el anexo A y el B de la norma ISO 2631-1 (1997)



Vibraciones cuerpo entero

- Por lo tanto para la evaluación de la exposición a cuerpo entero (VCE) se especifica el uso de una norma internacional cuyo equivalente español es la: **UNE-ISO 2631-1:2008**.
- Las partes relevantes de esta norma, así como sus anexos vienen explicados en la **guía de vibraciones mecánicas del INSHT**
- Por último existe otra norma cuyo uso se recomienda también a la hora de evaluar la exposición de VCE: **UNE-EN 14253:2004+A1**.



MINISTERIO
DE TRABAJO
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Vibraciones cuerpo entero

UNE-ISO 2631-1

Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero

INTRODUCCION

El propósito principal de esta parte de la norma ISO 2631 es definir métodos de cuantificación de vibraciones de cuerpo entero en relación con:

- La salud humana y el bienestar;
- La probabilidad de percepción de las vibraciones;
- La incidencia del mal del movimiento (mareos)



UNE-ISO 2631-1

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

- Se definen los métodos para la medición de vibraciones de cuerpo entero periódicas, aleatorias y transitorias.
- El rango de frecuencias considerado en nuestro caso (para la salud) es de 0.5 Hz a 80 Hz
- Se aplica a movimientos transmitidos al cuerpo humano en su conjunto.
- No se aplica en la evaluación de choques de magnitud extrema tal como ocurre en los accidentes de vehículos



Vibraciones cuerpo entero

UNE-ISO 2631-1

Se requiere diferentes ponderaciones en frecuencia para los diferentes ejes de vibración.

Las diferentes curvas de ponderación reflejan la importancia asumida de las diferentes frecuencias que pueden causar daños a la salud.

Ponderación en frecuencia	Salud
W_k	Eje z, superficie de asiento
W_d	Eje x, superficie de asiento Eje y, superficie de asiento



Vibraciones cuerpo entero

“Por lo tanto, a diferencia del sistema mano- brazo, para evaluar las vibraciones que afectan al sistema cuerpo entero, hay que tener en cuenta diferentes curvas de ponderación

Eje	Aceleración eficaz (r.m.s)	Ponderación	Aceleración eficaz ponderada en freq.
Eje x	a (rms)	w_d 	a_{wx}
Eje y	a (rms)	w_d 	a_{wy}
Eje z	a (rms)	w_k 	a_{wz}



UNE-ISO 2631-1

5 MEDICIÓN DE VIBRACIONES

Las vibraciones deben medirse en relación a un sistema de coordenadas que parta desde un punto desde el que se considera que las vibraciones entran en el cuerpo humano.

La vibración que se transmite al cuerpo debe medirse sobre la superficie entre el cuerpo y dicha superficie.



Vibraciones cuerpo entero

UNE-ISO 2631-1

Las principales áreas de contacto para personas sentadas son: la superficie de apoyo del asiento, el respaldo del asiento y los pies.

Para posiciones tumbadas se consideran como superficie de apoyo la que se encuentra bajo la pelvis, la espalda y la cabeza.

Cuando no sea factible obtener una alineación precisa de los transductores de vibraciones con los ejes basicéntricos preferidos, los ejes sensitivos de los transductores pueden desviarse de los ejes preferidos hasta 15º.



Vibraciones cuerpo entero

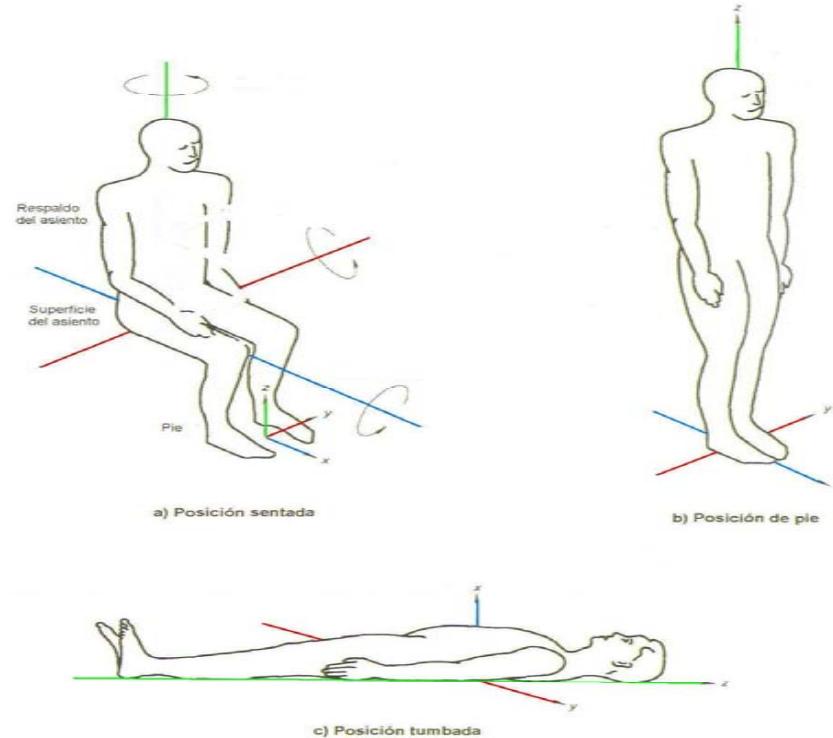


Figura 1 – Ejes basicéntricos del cuerpo humano



UNE-ISO 2631-1

- Además de las ponderaciones, w_d y w_k antes mencionadas, también debe aplicarse unos factores de multiplicación K según se indican a continuación:

eje x: $W_d, K= 1.4$

eje y: $W_d, K= 1.4$

eje z: $W_k, K=1$



Calculo del A(8)

Resumen de parámetros a tener en cuenta para el cálculo del A(8) en cada eje.

Eje	Acelerac. Eficaz	Ponderac	Factor de multiplic.	Tiempo de expos.	A(8)
Eje x	a (rms)	w_d	1.4	t	$A(8)_x$
Eje y	a (rms)	w_d	1.4	t	$A(8)_y$
Eje z	a (rms)	w_k	1	t	$A(8)_z$



Cálculo de A(8)

La ecuación que relaciona estos 4 parámetros es:

$$A_l(8) = k_l \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_i a_{wli}^2 T_i} = k_l a_{wli} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$$

Y dependiendo del eje del que estemos calculando, tendremos

$$A_x(8) = 1.4 a_{wx} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}$$

$$A_y(8) = 1.4 a_{wy} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}$$



Vibraciones cuerpo entero

UNE-ISO 2631-1

Una vez que ya tenemos los A(8) por ejes, la evaluación de la vibración debe realizarse con respecto a la aceleración ponderada en frecuencia más alta obtenida en cada uno de los ejes del asiento.

$$A(8) = \max.[A_x(8), A_y(8), A_z(8)]$$



UNE-ISO 2631-1

6 EVALUACIÓN DE LA VIBRACIÓN

En la norma se establece como método de evaluación principal el método de evaluación básico, que incluye mediciones de la aceleración eficaz ponderada (r.m.s.).

Se introduce el concepto factor- cresta, como el módulo de la relación entre el máximo valor de pico instantáneo de la señal de la aceleración ponderada en frecuencia y su valor r.m.s.

$$\text{factor - cresta} = \frac{\text{acelerac. pico}}{\text{acelerac. eficaz}}$$

Para vibraciones con factores de cresta inferiores o iguales a 9 el método de evaluación básico es normalmente suficiente.



UNE-ISO 2631-1

6 EVALUACIÓN DE LA VIBRACIÓN

Sin embargo se indica que puede haber situaciones en las que el método de evaluación básico pueda subestimar los efectos de las vibraciones (factor cresta elevado, choques esporádicos, vibraciones transitorias), y que en estos casos debería determinarse también otros métodos adicionales:

- el valor eficaz móvil de la aceleración ponderada: [MTVV](#)
- el valor dosis de vibración a la cuarta potencia: es más sensible a los picos que el método básico: [VDV](#)



UNE-ISO 2631-1

6.3.1. Método del valor eficaz móvil de la aceleración ponderada:

Tiene en cuenta choques esporádicos y vibraciones transitorias.

$$a_w(t_0) = \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_0-\tau}^{t_0} [a_w(t)]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$a_w(t)$ es la aceleración ponderada en frecuencia

τ es el tiempo de integración para el promedio móvil

t es el tiempo (variable de integración)

t_0 es el tiempo de observación (tiempo instantáneo)

La magnitud se define como un valor máximo de vibración transitoria
(MTVV)

$$MTVV = \max[a_w(t_0)]$$



UNE-ISO 2631-1

6.3.2. Método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia.

Es más sensible a los picos que el método de evaluación básico ya que usa como base para el promedio la cuarta potencia en lugar de la segunda potencia del histórico del tiempo de la aceleración.

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{1/4}$$

$a_w(t)$ es la aceleración instantánea ponderada en frecuencia

T es la duración de la medición



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

APÉNDICE 2- 3.3.CALCULO DE A(8)

Una vez se dispone del valor de la aceleración y del tiempo de exposición, se está en condiciones de determinar el valor de exposición diaria a las vibraciones normalizado para un período de 8 horas A(8). Sin embargo este cálculo debe enfocarse de distinta manera según se esté expuesto a una sola fuente de vibración o a más de una.



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

Una sola fuente de vibración (una única operación):

Se toma como valor de $A(8)$, el mayor de los tres valores siguientes:

$$A(8) = \max . [A_x(8), A_y(8), A_z(8)]$$

Ejemplo numérico



Vibraciones cuerpo entero

Ejemplo numérico:

El conductor de una cosechadora está expuesto a vibraciones 6 horas y media al día. Los resultados de la aceleración eficaz medidos en el asiento son:

$$\text{eje x: } 0.2 \text{ m/s}^2$$

$$\text{eje y: } 0.4 \text{ m/s}^2$$

$$\text{eje z: } 0.25 \text{ m/s}^2$$

Si calculamos el A(8) para cada eje,

$$A_l(8) = k_l a_{wli} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$$

$$A_x(8) = 1.4 \times 0.2 \sqrt{\frac{6.5}{8}} = 0.25 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1.4 \times 0.4 \sqrt{\frac{6.5}{8}} = 0.5 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = 0.25 \sqrt{\frac{6.5}{8}} = 0.23 \text{ m/s}^2$$



Vibraciones cuerpo entero

Ejemplo numérico (continuación):

Como el valor diario de exposición a vibraciones , $A(8)$, que se debe elegir debe ser el más alto de los obtenidos en cada eje,

$$A(8) = \max.[A_x(8), A_y(8), A_z(8)] = \max[0.25, 0.5, 0.23]$$

En este caso el valor más alto es $A_y(8) = 0.5$, que justo coincide con el nivel de acción, por lo que habrá que adoptar medidas de control



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

Varias fuentes de vibraciones (varias operaciones y/o maquinas)

Se determina los valores de la exposición diaria a vibraciones parciales en las tres direcciones para cada fuente de exposición y luego se calcula el valor global para cada eje.

Finalmente se elige como valor representativo el mayor de estos tres valores globales calculados para cada eje.



Vibraciones cuerpo entero

Ejemplo numérico

Un operario trabaja 6 horas al día circulando dentro de una nave con una carretilla elevadora y una hora fuera de la nave con un dumper por terreno arenoso y sin asfaltar, etc.

Los valores obtenidos para la aceleración eficaz en los asientos son:

Con la carretilla	Con el dumper
Eje x= 0.2 m/s ²	Eje x= 0.5 m/s ²
Eje Y= 0.1 m/s ²	Eje Y= 0.3 m/s ²
Eje z= 0.2m/s ²	Eje z= 0.9 m/s ²



Vibraciones cuerpo entero

Ejemplo numérico (continuación):

1º Se calcula el valor diario de exposición parcial en cada eje, $A_l(8) = k_l a_{wli} \sqrt{\frac{T_i}{T_0}}$

- Para la carretilla elevadora

$$A_{x\text{carretilla}}(8) = 1.4 \times 0.2 \sqrt{\frac{6}{8}} = 0.24 m/s^2$$

$$A_{y\text{carretilla}}(8) = 1.4 \times 0.1 \sqrt{\frac{6}{8}} = 0.12 m/s^2$$

$$A_{z\text{carretilla}}(8) = 0.2 \sqrt{\frac{6}{8}} = 0.17 m/s^2$$

- Para el dumper

$$A_{xdumper}(8) = 1.4 \times 0.5 \sqrt{\frac{1}{8}} = 0.25 m/s^2$$

$$A_{ydumper}(8) = 1.4 \times 0.3 \sqrt{\frac{1}{8}} = 0.15 m/s^2$$

$$A_{zdumper}(8) = 0.9 \sqrt{\frac{1}{8}} = 0.32 m/s^2$$



Ejemplo numérico (continuación):

2º Se calcula la exposición diaria global para cada eje,

$$A_x(8) = \sqrt{0.25^2 + 0.24^2} = 0.3m/s^2$$

$$A_y(8) = \sqrt{0.15^2 + 0.12^2} = 0.19m/s^2$$

$$A_z(8) = \sqrt{0.32^2 + 0.17^2} = 0.36m/s^2$$

3º Se toma como valor de la exposición diaria equivalente A(8) el mayor de estos tres valores, que en este caso es 0.36 m/s^2 , valor que está por debajo del nivel de acción



MINISTERIO
DE TRABAJO
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Vibraciones cuerpo entero

Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

(UNE-EN 14253:2004+A1)

PREPARACION DEL PROCEDIMIENTO DE MEDIDA

Antes de realizar ninguna medida, es necesario en primer lugar identificar las operaciones individuales que contribuyen sustancialmente a la exposición total.

Se debería definir de forma muy precisa la localización , naturaleza y tiempo de cada operación, así como se debería cuantificar la duración total de la exposición asociada con cada trabajador durante un día.



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

(UNE-EN 14253:2004+A1)

Para cada operación identificada, se debe establecer lo siguiente

- La máquina que está siendo usada
- Una descripción completa de la operación que se va a medir
- Condiciones de operación
- Naturaleza del terreno
- Estado y posición del asiento
- Número de veces que se realiza la operación por día
- Duración promedio de la operación
- Si es posible, la naturaleza de las vibraciones (continua, impulsiva, choques, dirección principal, fuente, etc.)



MINISTERIO
DE TRABAJO
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Vibraciones cuerpo entero

UNE-ISO 2631-1

Es importante realizar mediciones para todas las máquinas y operaciones que puedan tener una contribución significativa sobre la exposición diaria a las vibraciones.

La duración de la medición debe ser lo suficientemente amplia como para asegurar una precisión estadística razonable y que la vibración sea típica de las exposiciones que están siendo evaluadas.



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

(UNE-EN 14253:2004+A1)

DURACION Y NUMERO DE MEDIDAS DE LAS VIBRACIONES

A) Operaciones largas ininterrumpidas

- Diferentes mediciones
- De al menos 3 minutos cada una de ellas
- En diferentes momentos de la jornada
- Número de mediciones suficientes
- Promediadas
- Cálculo para cada eje por separado



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

(UNE-EN 14253:2004+A1)

- B) Operaciones de corta duración que se repiten cíclicamente**
 - Diferentes mediciones sobre ciclos de trabajo completos (mayor de 3 minutos)
 - Promedio de los ciclos de trabajo
 - Número de mediciones suficientes
- C) Operaciones que no se repiten**
 - Se miden las vibraciones de cada una de las operaciones
- D) No se repite el ciclo de corta duración y las operaciones son inferiores a 3 minutos.**
 - O se repiten las operaciones o se simulan, pero mínimo muestras de 3 minutos de duración.



MINISTERIO
DE TRABAJO
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Vibraciones cuerpo entero

Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

(UNE-EN 14253:2004+A1)

FUENTES DE ERROR EN LA MEDIDA DE LAS VIBRACIONES

- Problemas del cable conector
- Interferencias electromagnéticas
- Efecto triboeléctrico
- Vibraciones de alta frecuencia
- Pérdida de contacto entre el sujeto y el asiento



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

- Efecto triboeléctrico

Los cables, principalmente los de los acelerómetros piezoeléctricos, no deben someterse a altas tensiones mecánicas que generarían perturbaciones eléctricas capaces de distorsionar la señal.

Por esta razón, los cables de señal deberían asegurarse a las superficies vibrantes, cerca de los acelerómetros.



Guía de vibraciones mecánicas del INSHT

■ Vibraciones a alta frecuencia

La exposición a muy altas aceleraciones en altas frecuencias, por ejemplo en herramientas percutoras desprovistas de un sistema antivibratorio, puede sobrecargar mecánicamente el sistema piezoeléctrico y, como consecuencia, distorsionar la señal de vibraciones dando valores excesivamente altos de aceleración abajas frecuencias.

En algunas máquinas, tales como las carretillas paletizadoras, las componentes de las vibraciones de alta frecuencia pueden producir una saturación del equipo de medida aunque el rango dinámico de interés no se haya excedido. En estos casos puede ser una solución el colocar un filtro de paso bajo con una frecuencia extrema adaptada.(por ejemplo 160 Hz)



MINISTERIO
DE TRABAJO
E INMIGRACIÓN



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Vibraciones cuerpo entero

GRACIAS POR SU ATENCIÓN