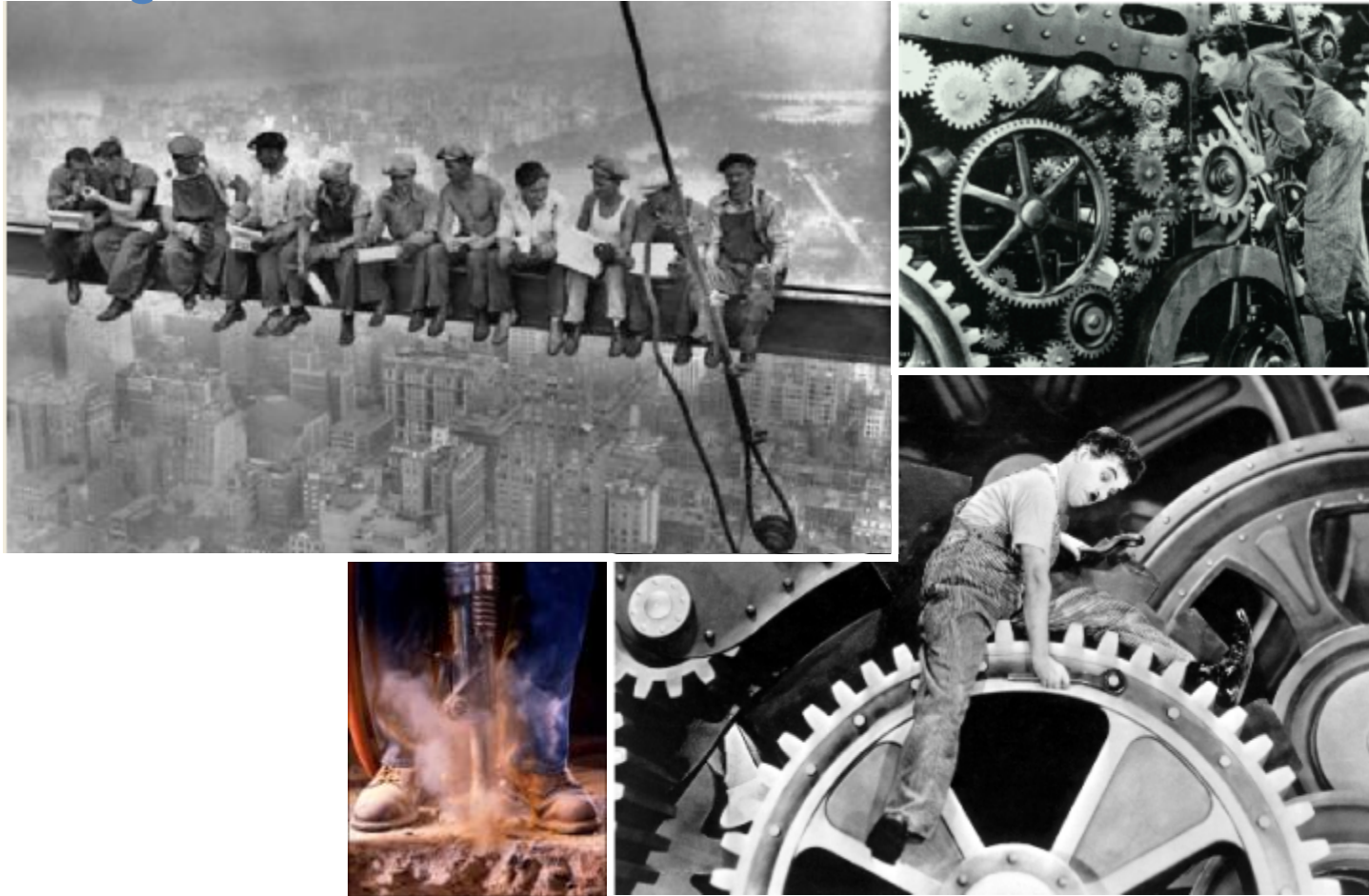


5.4. Seguridad laboral en vibraciones mecánicas



Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.





De muy baja frecuencia 0,1 a 0,5 Hz

-Balanceo de barcos, trenes, aviones, etc

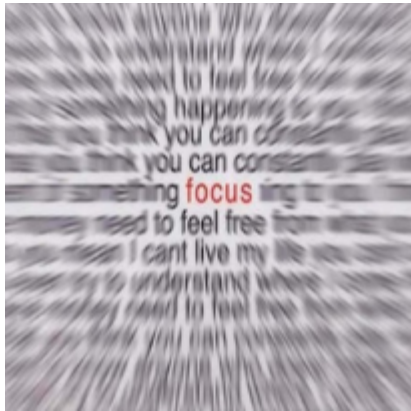
De baja frecuencia 1-20 Hz

-Vib. Originadas por carretillas elevadoras, tractores, vehículos de transporte urbano, máquinas excavadoras, etc.

De alta frecuencia 20-1000 Hz
(Pueden ir asociadas con ruido)

-Máquina neumáticas y rotativas, tales como martillos picadores neumáticos, pulidores, motosierras, lijadoras, etc





De muy baja frecuencia <1 Hz

- Trastornos en el sistema nervioso central; mareo vómitos (mal de los transportes)

De baja frecuencia 1-20 Hz

- Lumbalgias, ciática, hernias, pinzamientos discales.
- Dificultad equilibrio
- Trastornos de visión por resonancia



De alta frecuencia 20-1000 Hz

- Artrosis del codo y lesiones de muñeca.
- Afecciones angioneuróticas de la mano: calambres, pérdida de sensibilidad. /Síndrome dedo blanco (25 Hza 250 Hz), de Reynold, etc.
- Enfermedades del estómago



L 31/1995: Prevención de Riesgos Laborales

Artículo 14. Derecho a la protección frente a los riesgos laborales (modificado por Ley 54/2003)

1. Los trabajadores tienen derecho a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.....deber del empresario y un deber de las Administraciones públicas respecto del personal a su servicio.

Artículo 15. Principios de la acción preventiva

1. El empresario aplicará las medidas que integran el deber general de prevención previsto en el artículo anterior, con arreglo a los siguientes principios generales:

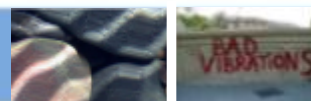
a) **Evitar los riesgos.**

b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.

No cuando ya lo tenemos encima!!!



Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



L 31/1995: Prevención de Riesgos Laborales

c, **Combatir los riesgos en su origen.**

d, **Adaptar el trabajo a la persona**

e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.

Actuar en la fuente!!!


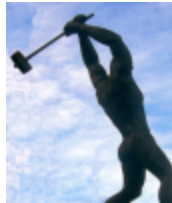


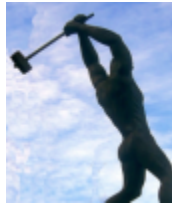
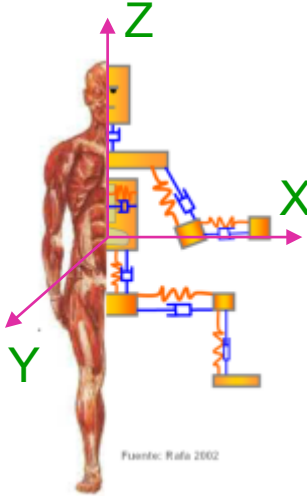

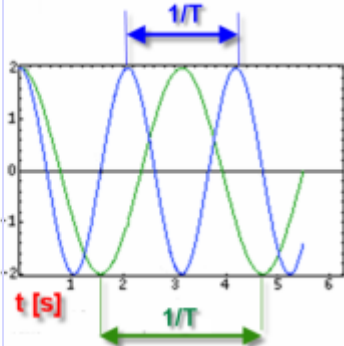
Y su entorno productivo



Artículo 41. Obligaciones de los fabricantes, importadores y suministradores

1. Los fabricantes, importadores y suministradores de elementos para la protección de los trabajadores están obligados a asegurar la efectividad de los mismos, siempre que sean instalados y usados en las condiciones y de la forma recomendada por ellos..

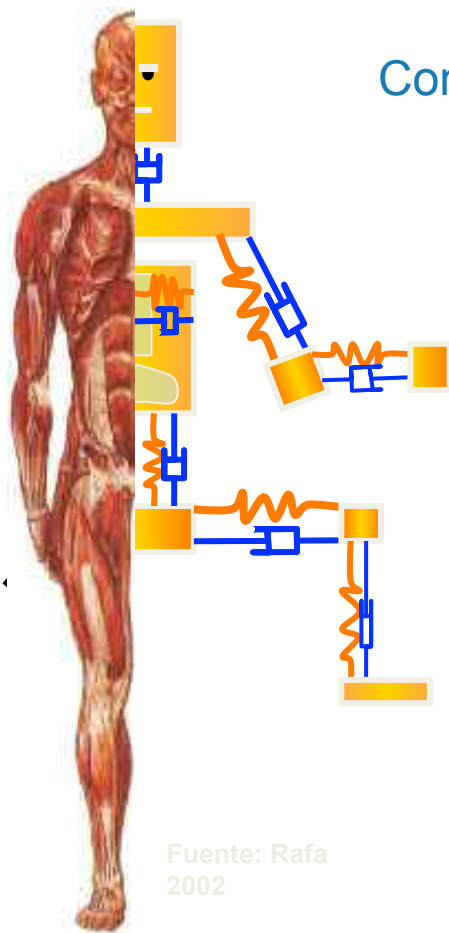


Zona de exposición en el cuerpo humano	Tipo de VM	Dirección	Amplitud	Rango frecuencial > sensibilidad
<p>Vibración Mano Brazo</p> <p><u>VMB (hav)</u></p>  <p><u>VCC (wbv)</u></p> <p>Vibración Cuerpo Completo</p> 	<p>Estacionarias o periódicas</p>  <p>Aleatorias</p>  <p>Transitorias</p> 	<p>Coordenadas ortogonales</p>  <p>Fuente: Rafa 2002</p>	 <p>Amplitud</p> 	

Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

RD1311/2005: Caracterización de las VM

Considera en cuanto a la afectación a vibraciones estos estados



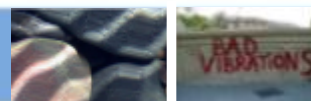
Fuente: Rafa
2002

El RIESGO se determina
por las ecuaciones s/VMN
o VCC y que pueden
derivar en

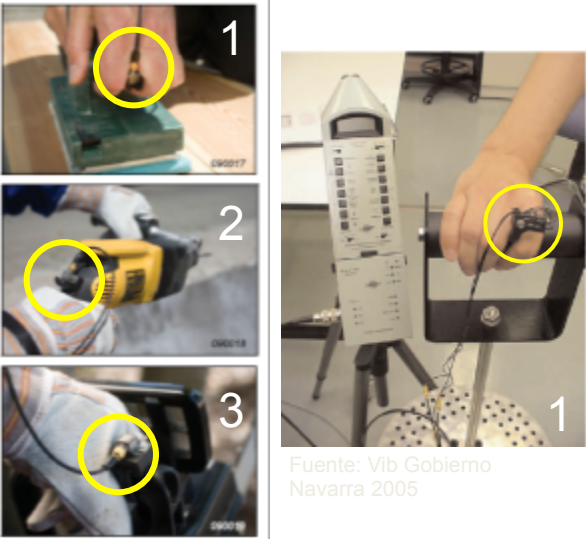
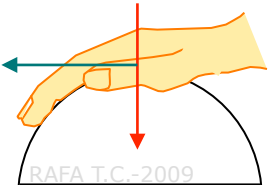
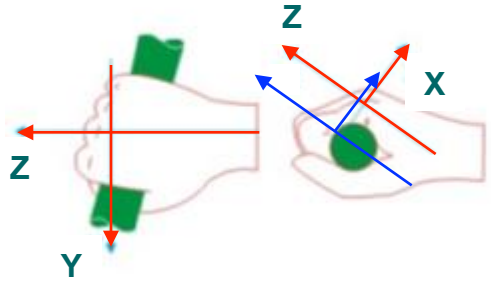
- Umbral
- (Nivel de confort)

- Molestia
- Daño

Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



VMB (vha) s/UNE-EN ISO 5349-1

Transductor: Acelerómetros de contacto	Posición de la mano	Sistemas de coordenadas BASICENTRO-BIODINÁMICO
 <p data-bbox="112 1078 241 1099">Fuente: B&K</p> <p data-bbox="401 985 608 1028">Fuente: Vib Gobierno Navarra 2005</p>	<p data-bbox="768 549 1043 585">Palma abierta.</p> <ul data-bbox="768 599 1294 678" style="list-style-type: none">•Fuerza normalizada sobre una esfera de Ø 200 mm. <div data-bbox="801 714 1255 771">A > fuerza de presión > VMB</div>	<p data-bbox="1516 492 1671 528">Triaxial</p>  <p data-bbox="1477 742 1651 763">RAFA T.C.-2009</p>
	<p data-bbox="768 885 1023 921">Empuñadura.</p> <ul data-bbox="768 935 1226 1013" style="list-style-type: none">•Fuerza normalizada sobre barra de Ø 40 mm. <div data-bbox="801 1049 1255 1106">A > fuerza de presión > VMB</div>	

Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

VCC (wbv) s/ISO 2631 parte 1

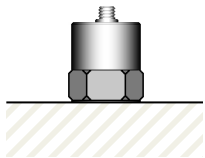
Transductor

Posición y Sistemas de coordenadas
BASICENTRO-BIODINÁMICO

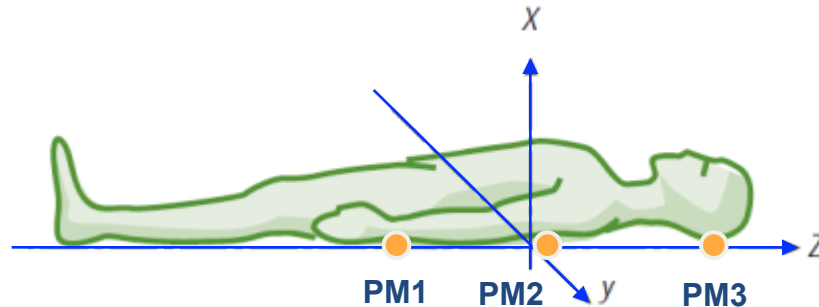
Acelerómetros de presión



Acelerómetros
piezoelectricos normales

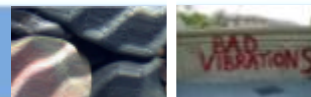


Centro coordenadas
basicentro: superficie del suelo



Recostado

PM (Punto de media): debajo de la pelvis , espalda y cabeza,



VCC (wbv) s/ISO 2631 parte 1

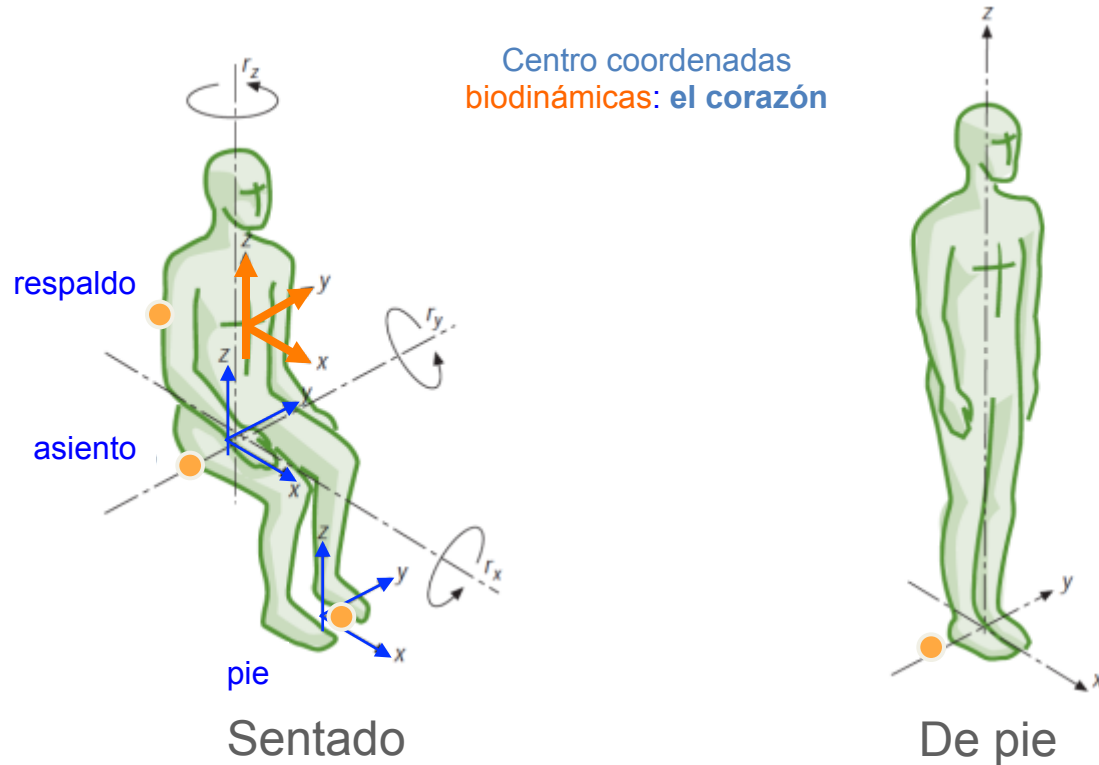
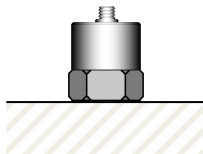
Transductor

Posición y Sistemas de coordenadas
BASICENTRO-BIODINÁMICO

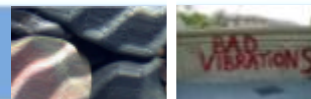
Acelerómetros de presión



Acelerómetros
piezoeléctricos normales



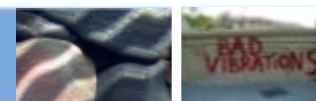
Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



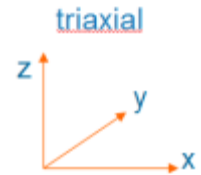
Zona de exposición	Rango frecuencial
VMB s/UNE EN ISO 5349-1	<ul style="list-style-type: none"> • filtrado 1/3 de octava para f_c de 6,3 Hz a 1,2KHz. • Filtrado de 1 octava para f_c de 8Hz a 1KHz • Media ponderada en frecuencia en la banda de octavas de 5,6Hz a 1.4KHz.
VMB s/UNE 2631-1	<ul style="list-style-type: none"> • filtrado 1/3 octava para f_c de 8 a 1KHz
VCC S/ISO 2631-1	<ul style="list-style-type: none"> • 0,5 Hz – 80 Hz para seguridad, confort y percepción • 0,1 Hz – 0,5 Hz para mareos

- Analizadores de vibración adecuados y calibrados s/ UNE ENV 28041:1994
- Transductores calibrados s/ ISO 5347-0:1987

Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



Valor eficaz de la aceleración de vibración



$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

Aceleración rms
promediada exponencialmente

$$a_{rms,\tau}(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_0^{t_0} a^2(t) e^{\frac{t-t_0}{\tau}} dt}$$

$\tau = 1s$ (slow)
 $\tau = 125ms$ (fast)

Sucesos vibratorios cortos (aleatorios)

Aceleración continua equivalente
promediada linealmente

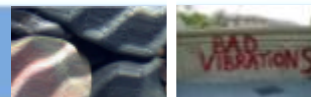
$$a_{eq}(T) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

$T = 1s$ (slow)
 $T = 125ms$ (fast)

Sucesos vibratorios largos (contínuos)

Valor eficaz de la aceleración de vibración

$$L_a = 10 \log \left(\frac{a}{a_0} \right)^2$$



VMB (vha) s/UNE-EN ISO 5349-1

Medida y evaluación de las vibraciones transmitidas por la mano:

La exposición diaria a las vibraciones se evalúa mediante:

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

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:

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

donde:

a_{hvi} 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

$a_{hw}(t)$ 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

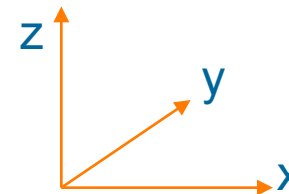
$A(8)$ Exposición diaria a las vibraciones (valor total de la energía equivalente de las vibraciones para 8 horas), en m/s^2 . También denominado $a_{hv(eq,8h)}$ o, abreviadamente, a_{hv}

T Duración total diaria de la exposición a las vibraciones

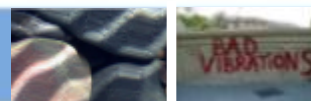
T_0 Duración de referencia de 8 horas (28 800 s)

W_h Característica de ponderación en frecuencia para las vibraciones transmitidas por la mano

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

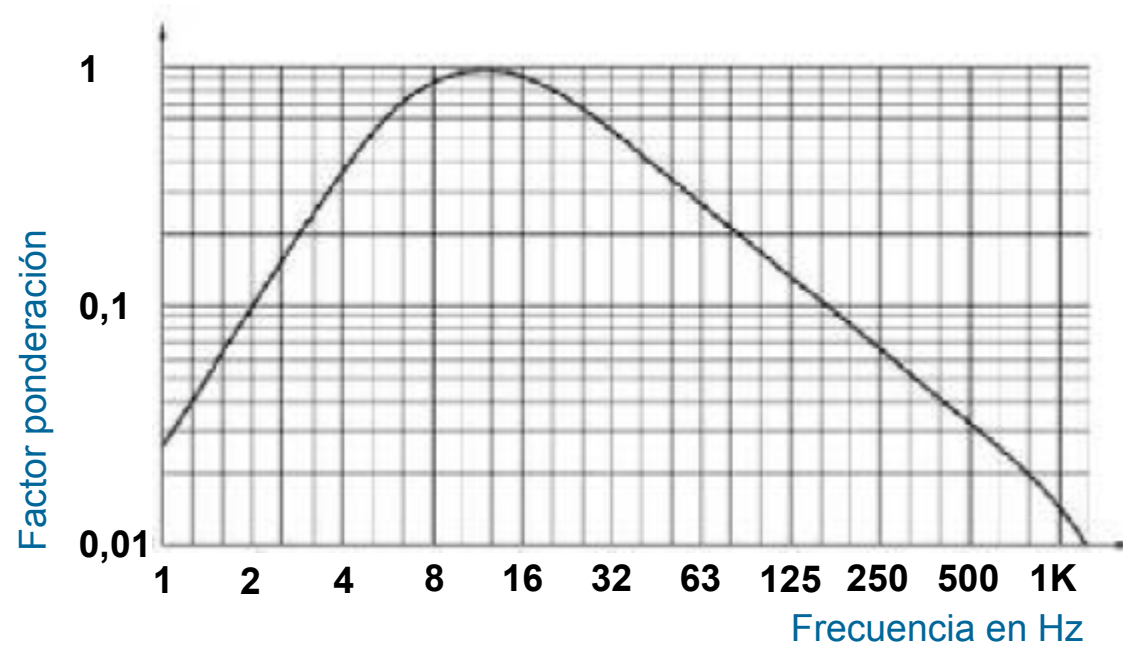


Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

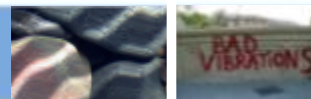


VMB (vha) s/UNE-EN ISO 5349-1

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2}$$



Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



VCC (wbv) s/ISO 2631 parte 1 y 2

Valor rms dinámico

Tiene en cuenta transitorios y choques ocasionales

Valor rms dinámico: MTVV (Valor máximo transitorio de la vibración)

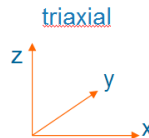
$$MTVV = \max \left[\left(\frac{1}{\tau} \int_{-\infty}^t a_{wm}^2(\xi) e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} d\xi \right)^{1/2} \right]_{t=0}^{t=T}$$

- $a_{wm}(\xi)$: Aceleración instantánea en función de tiempo ξ ponderada frecuencialmente W_m en m/s^2
- T : Duración de la medición
- τ : 1s promediado exponencial de 1 segundo.

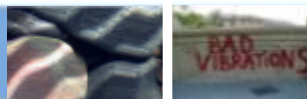
Valor de la dosis de vibración a la cuarta potencia -VDV

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

- $a_{wm}(\xi)$: Aceleración instantánea en función de tiempo ξ ponderada frecuencialmente W_m en m/s^2
- T : Duración de la medición

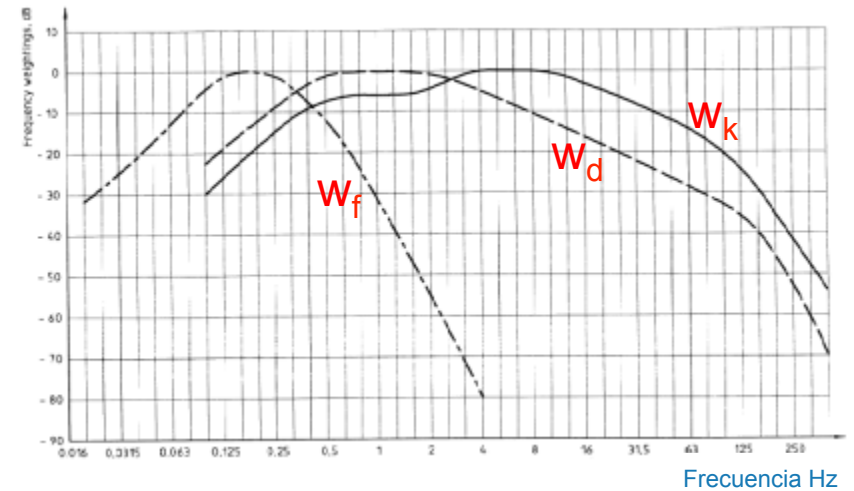


$$a_v = \sqrt{1,4^2(a_{wx})^2 + 1,4^2(a_{wy})^2 + (a_{wz})^2}$$

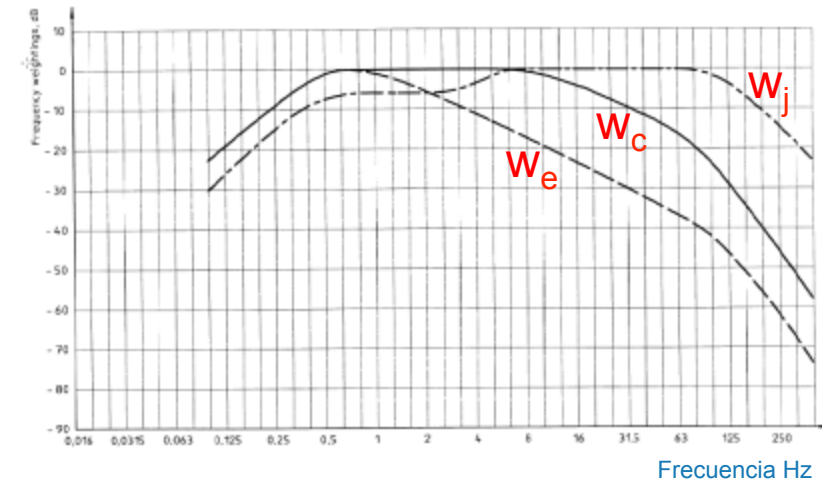


VCC (wbv) s/ISO 2631 parte 1 y 2

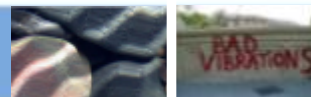
Ponderación Frecuencial	Salud	Confort	Percepción	Mareos
W_k	eje- z; asiento	eje- z; asiento eje- z; de pie Recostado vertical Ejes x-y-z; pie (sentado)	eje- z; asiento eje- z; de pie Recostado vertical	
W_d	eje- x; asiento eje- y; asiento	eje- x; asiento eje- y; asiento ejes x-y; de pie Recostado horizontal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



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	



Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

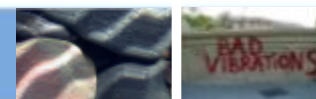


VCC (wbv) s/ISO 2631 parte 1 y 2

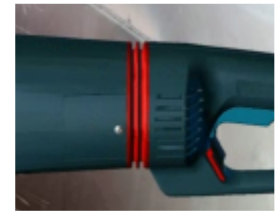
		VMB (hav) s/UNE-EN ISO 5349-1		VCC (wbv) s/ISO 2631 parte 1 y 2	
Valor de umbral A(8)		1 m/s²	120 dB	0,25 m/s²	108 dB
Valor de exposición que da lugar a una acción A(8)		2,5m/s²	128 dB	0,5 m/s²	114 dB
Valor límite de exposición diaria A(8)	NO Protegida	5 m/s²	134 dB	0,7 m/s²	117 dB
	Protegida	5 m/s²	134 dB	1,15 m/s²	121 dB



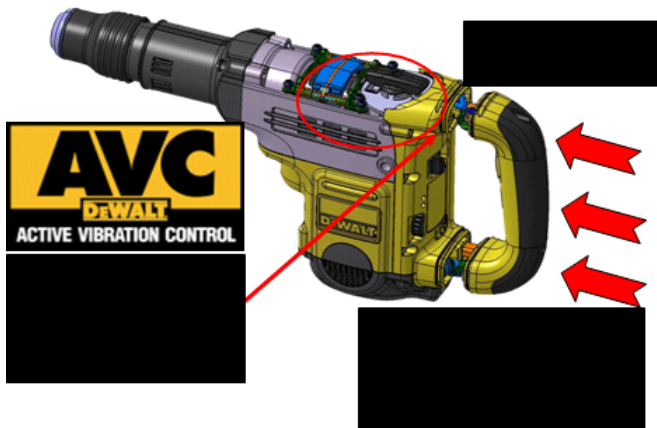
Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



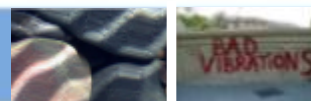
<http://www.bosch-pt.com/productspecials/blue/vibration/es>



<http://www.dewalt.es/vibration/exposure-calculation/>




Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.






Epa El Tiemblo (Ávila)



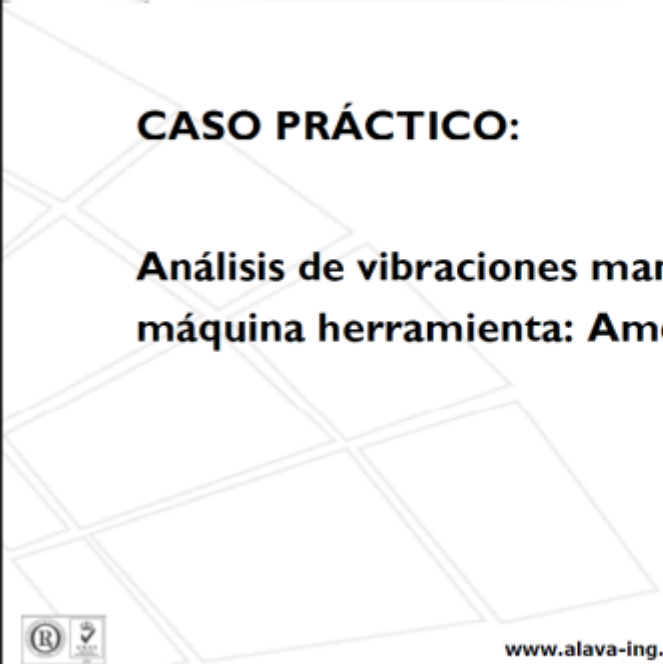




ALAVA INGENIEROS




CASO PRÁCTICO:

**Análisis de vibraciones mano-brazo en
máquina herramienta: Amoladora angular**

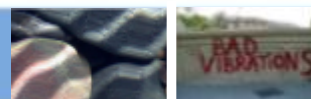


www.alava-ing.es

 **ALAVA
INGENIEROS**

Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



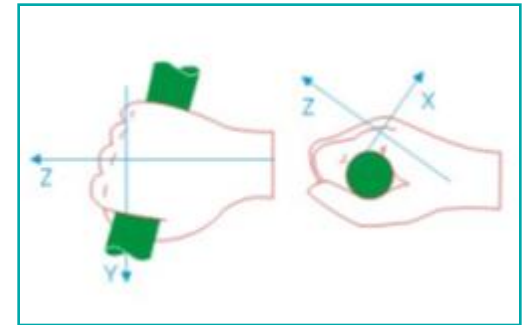
RD1311/2005:Vibración mano brazo (VMN)

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN: exposición a las vibraciones transmitidas por la mano, en tres ejes ortogonales.

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

UNE-EN ISO 5349-1

Rango frecuencial considerado
8 Hz – 1k Hz



Valor límite de exposición respecto a un período de referencia 8 horas

8Hz a 1KHz

5 m/s²

Valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia 8 horas que da lugar a una acción

2,5 m/s²

Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

RD1311/2005: Vibración cuerpo completo (VCC)

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN: vibraciones transmitidas al conjunto del cuerpo humano, bien sean **vibraciones periódicas, aleatorias o transitorias**

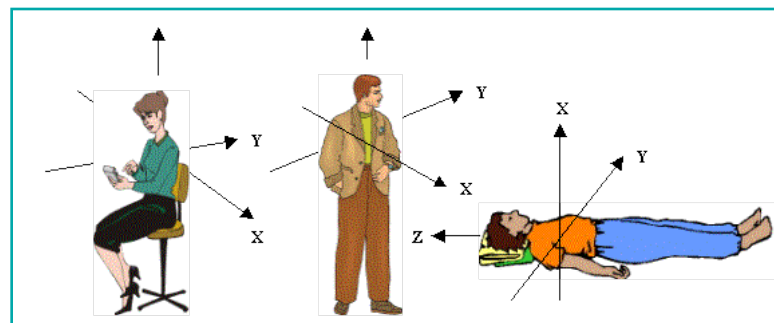
Aplicable a las transmisiones a través de las superficies soportantes: por el pie para persona erguida, nalgas, espalda y pie para persona sentada o área soportante para persona acostada. Tal tipo de vibración se encuentra en **vehículos, maquinaria y edificios**.

ISO 2631-1 y 2

Rango frecuencial considerado

0,5 Hz – 80 Hz para seguridad, confort y percepción

0,1 Hz – 0,5 Hz para mareos



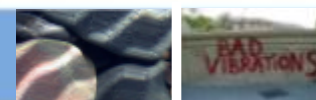
Valor límite de exposición respecto a un período de referencia 8 horas

1,15 m/s²

Valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia 8 horas que da lugar a una acción

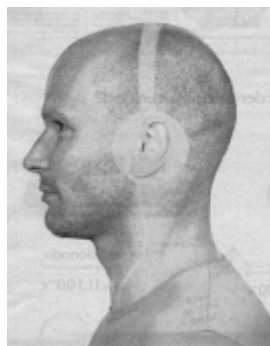
0,5 m/s²

Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.





Trastornos
psicológicos



Trastornos vasculares

.-“Síndrome del dedo blanco” (25 a 250 hz.)

Trastornos neurológicos

.-Empeoramiento destreza manual

Trastornos musculares

.-Debilidad muscular y dolores en brazos
y manos

Trastornos esqueléticos

.-Transtornos en las lumbares

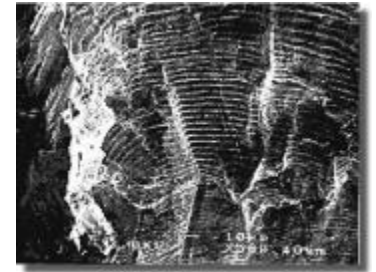
.-Hernia discal, etc.



Trastornos de la exposición a vibraciones

En la maquinaria, las vibraciones producen:

- Desgaste
- y suelen provocar roturas por fatiga.
- Las vibraciones pueden tener efectos nocivos para los seres humanos:
 - Reducción del rendimiento en el desarrollo de Tareas
 - Mareo por movimiento (Motion Sickness)
 - Alteraciones de la respiración y del habla
 - Síndrome del “Dedo Blanco”, pérdida de sensibilidad por atrofia de los nervios.



Comfort Assessments of Vibration Environments

Vibration Level - Acceleration (m/s^2)	Human Perception
< 0.315	Not uncomfortable
0.315 - 0.63	A little uncomfortable
0.5 - 1	Fairly uncomfortable
0.8 - 1.6	Uncomfortable
1.25 - 2.5	Very uncomfortable
> 2	Extremely uncomfortable

Sin referencia encontrada por tanto sirven como orientación.

http://www.engineeringtoolbox.com/people-vibration-d_1292.html



Seguridad laboral: Ámbito normativo

Orden competencial

1. Directiva 89/391/CE del Consejo, de 12 de junio de 1989: relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores
 11. **Directiva 2002/44/CE**. del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio. Sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) (art16 apartado 1 de 89/391CE)
 12. **Ley 31/1995** de Prevención de Riesgos Laborales.(ART.16)
 13. RD 39/1997 del 17 de enero: Reglamento de los servicios de prevención de riesgos laborales (sección 1ª del Capítulo II)
 - 131.**RD 1311/2005**: Vibraciones mecánicas en puestos de trabajo.



Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.



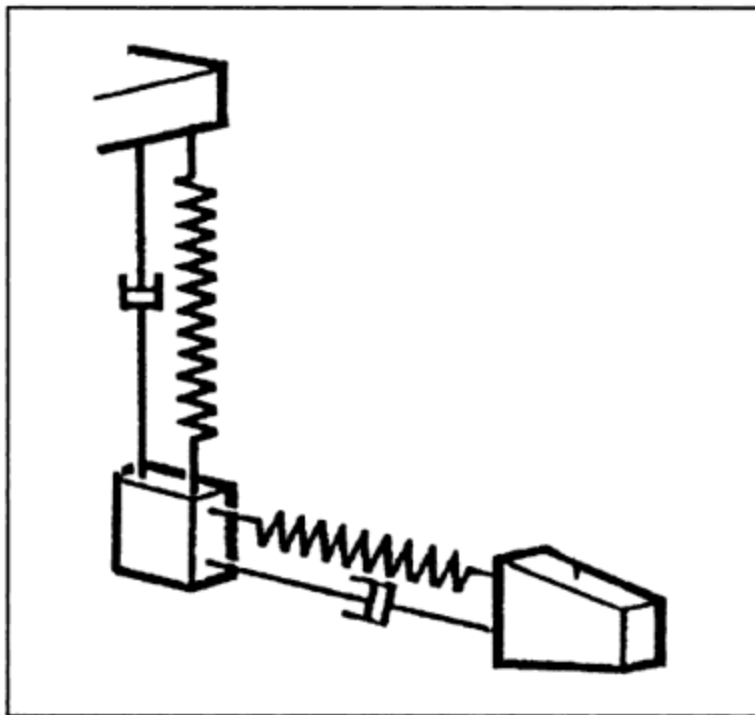


Figura 2. Modelo mecánico para un brazo.



Rafael Torres del Castillo (9ª Ed:6/2016) Profesor externo de la Salle URL. Codirector del MAAM.

