



DOCUMENTOS DIVULGATIVOS DOCUMENTOS DIVULGATIVOS DOCUMENTOS DIVULGATIVOS

VIBRACIONES EN EL LUGAR DE TRABAJO

Publicado por la
Sección Internacional de "Investigación"
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (I.N.R.S.)
30. rue Olivier-Noyer. 75680 Paris Cedex 14
FRANCIA

Edición e impresión para España
INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

La AISS y la Prevención de Riesgos Profesionales

El Comité Permanente de Prevención de Riesgos Profesionales de la AISS reúne a especialistas en seguridad en el trabajo de todas las partes del mundo. Estimula acciones internacionales en este campo y emprende estudios especiales sobre estas materias, así como la del papel de la prensa, radio y televisión en el campo de la prevención, equipos de protección personal en el puesto del trabajo y el entrenamiento de expertos y trabajadores en técnicas de seguridad. También coordina las actividades de siete Secciones Internacionales en prevención de accidentes con especialidades en varios sectores de la industria y agricultura y cuyas secretarías están localizadas en diferentes países. Otras dos secciones están relacionadas con las técnicas de información en el campo de la seguridad e Higiene en el trabajo y con la investigación en este área.

Las actividades de la Sección Internacional de la AISS consisten en:

- intercambio de información entre organismos interesados en la prevención de riesgos profesionales.
- organización a nivel internacional de reuniones de comités técnicos y grupos de trabajo, mesas redondas y simposiums
- aplicación de mediciones y estudios.
- promoción de actividades de investigación.
- publicación de información relevante.

MIEMBROS DE LAS SECCIONES INTERNACIONALES

Cada Sección Internacional de la AISS tiene tres categorías de miembros:

- **Miembros plenos:** organizaciones miembros afiliados y asociados de la AISS y otras organizaciones sin ánimo de lucro pueden aplicarse para miembros de pleno derecho.
- **Miembros asociados:** otras organizaciones y empresas comerciales pueden llegar a ser miembros asociados de la Sección si ellos tienen competencia en las materias de la Sección concerniente.
- **Corresponsales:** expertos individuales pueden llegar a ser miembros corresponsales de la Sección.

Mayor información y formas de aplicación de los miembros pueden ser obtenida a través de la secretaría de la Sección correspondiente.

VIBRACIONES EN EL LUGAR DE TRABAJO

Publicado por la
Sección Internacional de "Investigación"
INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SECURITE (I.N.R.S.)
30. rue Oliver-Noyer. 75680 Paris Cedex 14
FRANCIA

Edición e impresión para España
INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad
e Higiene en el Trabajo

Imprime:

Servicio de Ediciones
y Publicaciones I.N.S.H.T.

I.S.B.N.: 84-7425-394-2
Dep. Legal: M-3381-1994
N.I.P.O.: 211-94-004-X

Siguiendo el ejemplo de otros Comités Internacionales de la AISS, el Comité para la investigación de riesgos profesionales ha decidido crear un cierto número de grupos de trabajo.

La finalidad de estos grupos es indagar sobre problemas específicos, dirigir investigaciones y proporcionar información para debates futuros del Consejo de Orientación y del Comité de Directores. Su campo de investigación está limitado a temas de interés general o metodológicos que caen dentro del alcance del Comité.

El primer grupo de trabajo formado, ha recibido la tarea de reunir información actualizada sobre vibraciones en el lugar de trabajo: la medida de las vibraciones, el estudio de sus efectos, y la investigación para la prevención técnica y médica. El esfuerzo por parte de la comunidad científica internacional para tratar con eficacia este malestar sobre el cual los Directores de Empresas responsables de higiene y seguridad, directivos de empresas y organizaciones del trabajo no están suficientemente informados, estaba garantizado.

Este folleto es el fruto de dos años de recopilación e investigación. Consideramos que mereció la pena hacer oficiales los resultados obtenidos por el grupo y ponerlos a disposición de los corresponsales del Comité para investigación, en un tiempo en el que se están manteniendo coloquios sobre el tema en numerosos lugares diferentes.

Espero que esta iniciativa sea bien recibida y resulte una aportación útil en nuestra contribución al crecimiento de la cooperación internacional.

B. MONCELON

Secretario General del Comité.

Comité de Dirección

Presidente: J. DUMAINE

Vicepresidente: A. SCHÜTZ; W. THIEL

Representante de la Secretaría General de la AISS:
D. MEERTENS.

Secretario General: B. MONCELON, asistido por C. SKORNIK

Miembros del grupo de trabajo, autores de la publicación

Presidente:

E. CHRIST	BIA - Sankt Augustin - D.
H. BRUSL	AUVA - Vienne - A.
P. DONATI	INRS - Vandoeuvre - F.
M. GRIFFIN	ISVR - Southampton - GB.
B. HOHMANN	SUVA - Lucerne - CH.
R. LUNDSTRÖM	NIOH - Umea - S.
J. MEYER	SUVA - Lucerne - CH.
H. STRAATSMA	Social Affairs Ministry, Voorschoten - NL.

Edición e impresión para España

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
(I.N.S.H.T.)

TRADUCCION:

Manuel GOMEZ-CANO HERNANDEZ	C.N.N.T. - I.N.S.H.T.
Gerardo LOPEZ MUÑOZ	C.N.N.T. - I.N.S.H.T.
Esther MARTIN DE DIOS	C.N.N.T. - I.N.S.H.T.
M ^a José RUPEREZ CALVO	C.N.N.T. - I.N.S.H.T.

PROCESADOR DE TEXTOS:

Manuela ANGULO VALDEZATE	C.N.N.T. - I.N.S.H.T.
--------------------------	-----------------------

Traducción autorizada por el "Comité international pour la recherche dans le domaine de la prévention des risques professionnels".

INTRODUCCION

Este libro proporciona una visión de conjunto de los problemas causados por las vibraciones en el trabajo y contribuye a una mejor comprensión de estos y de sus posibles soluciones.

Los efectos de las vibraciones y choques sobre los seres humanos se conocen desde hace mucho tiempo. Al principio del siglo XVIII, B. Ramazzini" en su libro "Exámen de las enfermedades de los artistas y artesanos" observó las cargas y tensiones en domadores de caballos producidas por vibraciones mecánicas y describe los efectos de la siguiente manera:

"..... la fuerza de la vibración sacude las entrañas y prácticamente las desplaza de su posición normal.....".

La tecnología moderna y las estructuras por ella creadas tienen un fuerte impacto sobre los seres humanos. El ruido y las vibraciones mecánicas se encuentran entre esos nuevos factores ambientales que influyen en nuestra vida profesional y en nuestro tiempo de ocio. Las vibraciones mecánicas de todo tipo, originadas en los medios de transporte, máquinas y herramientas vibrátiles e incluso en los edificios, pueden influir en los seres humanos. Las vibraciones intensas pueden producir perturbaciones de la salud, p.e. trastornos vasculares, neurológicos y de los huesos y articulaciones de los miembros superiores, y molestias en la región lumbar. En algunos países, se compensa a los trabajadores por tales afecciones.

Investigadores de todo el mundo están intentando encontrar respuestas a las amplias y múltiples cuestiones relacionadas con los efectos de la vibraciones mecánicas sobre el organismo humano y los límites a los cuales estos efectos pueden ser peligrosos para la salud. Las investigaciones científicas y prácticas sobre los efectos de las vibraciones sobre los seres humanos

deben aspirar a descubrir cuales son las reacciones físicas, fisiológicas y tal vez incluso psíquicas de los seres humanos ante las vibraciones. Lo que dijo Paracelso concerniente a la relación dosis/efecto de un veneno, es válido también para la relación salud/efectos perjudiciales de las vibraciones. Solamente la severidad de la vibración, que está determinada por su frecuencia, intensidad y duración, decide si es perjudicial o no para la salud.

Las relaciones dosis/efecto muestran el camino que han de seguir las personas cuya tarea u objetivo es la protección de la salud, se debe evitar el deterioro del bienestar, del confort y de las capacidades de los seres humanos; sin embargo, al mismo tiempo debe tenerse en cuenta que la limitación de las vibraciones mecánicas puede llevar a restricciones en el funcionamiento y en la duración de la vida útil de los sistemas y sus componentes.

Para conseguir una completa prevención, es esencial cubrir las lagunas existentes en nuestras conclusiones, ya que las medidas de prevención técnicas y médicas sólo pueden ser eficaces si están basadas en conocimientos sólidos. Dado que diferentes investigadores han trabajado durante mucho tiempo en el mismo tema de forma independiente, se hace necesaria una coordinación de sus resultados para poder evaluar los conocimientos alcanzados y, basándose en ello determinar el camino a tomar en el futuro.

Esta tarea puede lograrse sólo mediante una intensa cooperación de todas las Instituciones, Organismos, expertos y personas interesadas en los problemas de las vibraciones.

1

¿QUE ES UNA VIBRACION?

1.1. VIBRACIONES Y SUS CARACTERISTICAS

Una vibración se define por su amplitud y frecuencia. Esto se puede explicar mediante la figura 1.1 en la que un niño está balanceándose en un columpio. Este movimiento de oscilación puede ser asimilado a una vibración. Consideremos que el movimiento del niño empieza en el punto "A", oscila hasta el punto "B", vuelve a través de "A" hasta el punto "C" y regresa otra vez a "A". Esto recibe el nombre de un ciclo completo de vibración. Este modelo puede repetirse continuamente.

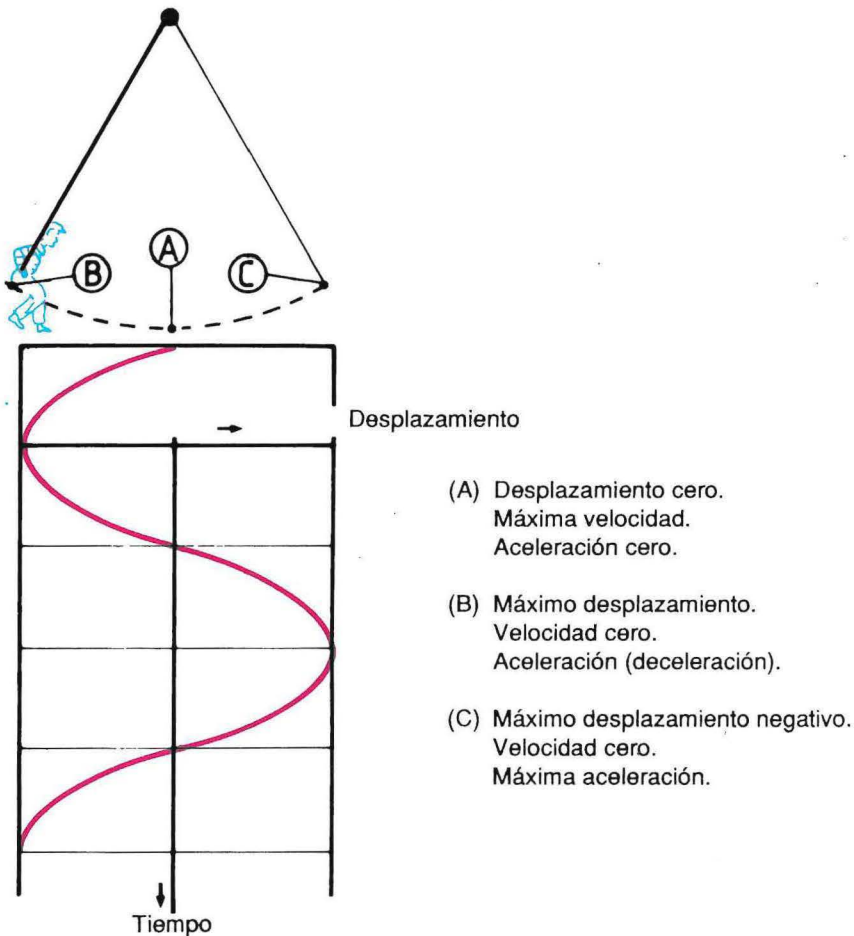


Figura 1.1: Oscilación de un niño en un columpio.

El número de ciclos completos por segundo se llama frecuencia de la vibración y se mide en Hertz(Hz). Además de la frecuencia es preciso definir la amplitud de la vibración que nos dice como es de "potente" la vibración. Hay tres maneras de medir la amplitud de la vibración - midiendo el desplazamiento, la velocidad o la aceleración. En la mayoría de los casos se usa la aceleración para caracterizarla.

La amplitud de la vibración puede describirse por la altura de pico (valor pico), o por la distancia entre un máximo y un mínimo (valor pico-pico) de la señal pero estas descripciones no son suficientes (figura 1.2). El parámetro más útil para describir la amplitud de la vibración es la aceleración eficaz o r.m.s (root mean square=raíz cuadrática media). El valor eficaz está relacionado con la energía de la vibración y por lo tanto con su capacidad de producir daño. La unidad de aceleración es el metro por segundo al cuadrado ($m.s^{-2}$).

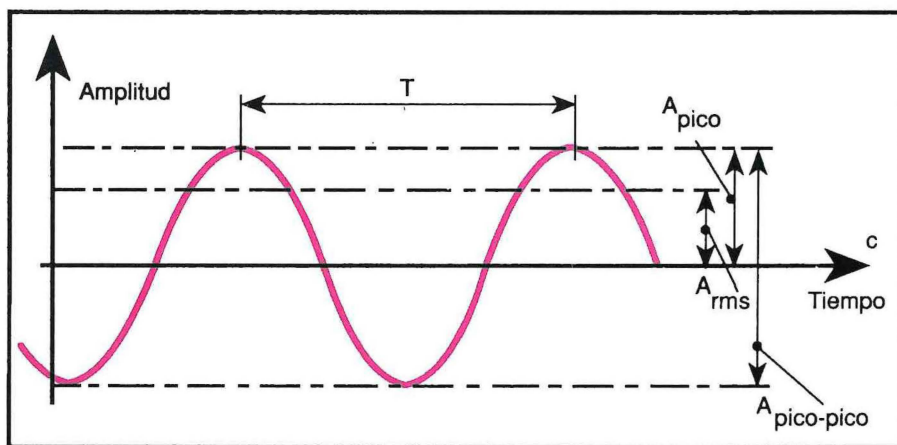


Figura 1.2: Valores picos, pico-pico y eficaz (r.m.s.) de un movimiento sinusoidal.

La vibración a la que este sometida una persona puede tener lugar a lo largo de una dirección y a una sola frecuencia, sin embargo en la mayoría de los casos las personas están expuestas simultáneamente a vibraciones en varias direcciones y con diferentes frecuencias. Cuando se observa el diagrama magnitud-tiempo, no es posible distinguir las componentes en frecuencia presentes en la señal. Utilizando técnicas de análisis frecuencial, es posible obtener un gráfico de la vibración en función de la frecuencia, llamado espectro de vibración (figura 1.3)

Para muchos fines, no es necesario conocer un espectro detallado de la vibración. Para la evaluación de las vibraciones globales (cuerpo completo) o mano-brazo, es suficiente conocer el valor eficaz (r.m.s.) de la aceleración de la vibración dentro de un cierto intervalo de frecuencias. Dado que las personas no son igual de sensibles a las diferentes frecuencias, se usa la ponderación frecuencial. En los equipos modernos de medida de vibraciones esta ponderación se realiza mediante filtros electrónicos. Las direcciones de los ejes de medida tanto para vibraciones mano-brazo como para cuerpo completo están establecidas en normas.

Las vibraciones pueden dividirse en las categorías siguientes:

- *Vibración periódica*, que puede considerarse como un movimiento que se repite después de un cierto periodo de tiempo. En la vida diaria se puede observar a menudo una vibración periódica, en la vibración producida por la falta de equilibrio de un equipo rotatorio (por ejemplo los neumáticos mal equilibrados de un vehículo desplazándose por una carretera).

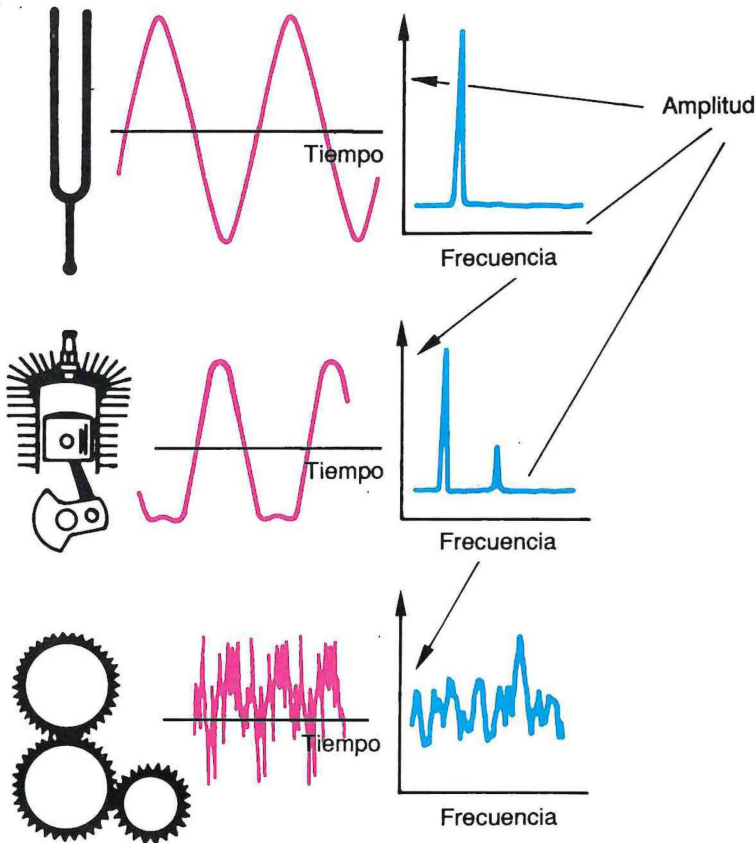


Figura 1.3: Gráficos amplitud-tiempo y espectros de vibración para un diapasón, un motor alternativo y un tren de engranajes.

- *Vibración aleatoria*, es la que tiene lugar con más frecuencia en la naturaleza y consta de muchas frecuencias comprendidas en un amplio intervalo. Un ejemplo de esta vibración es la que se produce en un vehículo que viaja por una carretera cuya superficie es irregular.
- *Vibración transitoria y choques*, son generalmente de corta duración y ocurren de forma repentina. Un ejemplo de este tipo de movimiento es el que se origina cuando un vehículo pasa por un bache.

1.2 INCIDENCIA DE LAS VIBRACIONES Y NUMERO DE PERSONAS EXPUESTAS.

Vibraciones mano-brazo

Una gran variedad de herramientas mecánicas manuales, rotativas o percutoras exponen las manos del operador a amplitudes de vibración (figura 1.4). Tales herramientas son muy utilizadas en muchos sectores de la industria, como puede verse en los siguientes ejemplos:

En agricultura, trabajos forestales y de la madera: segadoras manuales, sierras de cadena, cortasetos, descortezadoras, clavadoras, amoladoras.

En minería y construcción: martillos rompedores, compactadores, taladros percutores buriladores, compactadores vibratorios.

En fundiciones e industria del metal: buriladores, amoladoras de todo tipo, pulidoras, remachadoras, llaves de impacto, martillos de aguja.

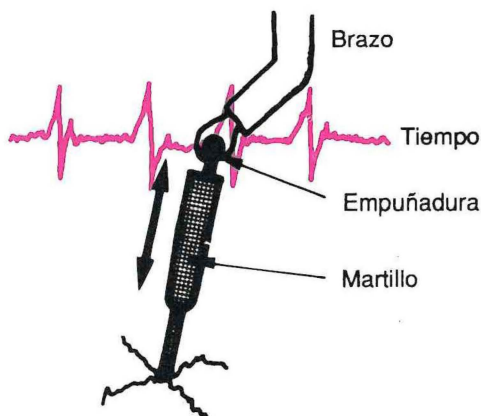


Figura 1.4:

El fundamento de trabajo de un martillo rompedor, produce pequeñas pero rápidas sacudidas de la empuñadura: VIBRACION.

Esta vibración se transmite a las manos y brazos del operador, que está por tanto expuesto a una VIBRACION MANO-BRAZO.

Las autoridades de diferentes países han intentado calcular aproximadamente cuantas personas están expuestas a vibraciones mano-brazo en su trabajo. Mientras que una estimación hecha en Canada concluía que alrededor del 5,8% de los trabajadores estaban afectados, los cálculos para Austria, Francia, Gran Bretaña, Holanda, Suecia, Suiza y Estados Unidos indican que entre el 1,7% y 3,6% de los trabajadores en estos países están expuestos a vibraciones mano-brazo potencialmente peligrosas.

Vibraciones globales.

Las vibraciones globales se producen principalmente en el transporte de personas, mercancías o materiales. La vibración de los vehículos es transmitida al cuerpo de los conductores a través del asiento. (fig. 1.5)

De esta manera, los conductores de máquinas de movimiento de tierras, tractores forestales y agrícolas están expuestos a vibraciones globales, así como también los conductores de camiones, furgonetas o carretillas elevadoras. Los conductores de grúas pueden también estar expuestos a vibraciones.

Algunas veces, las máquinas pesadas muy potentes como prensas punzonadoras, transmiten vibraciones al suelo sobre el que están los operadores.

De acuerdo con estimaciones realizadas en los Estados Unidos, Canadá y Holanda, alrededor del 4% al 7% de todos los trabajadores están expuestos a vibraciones globales.

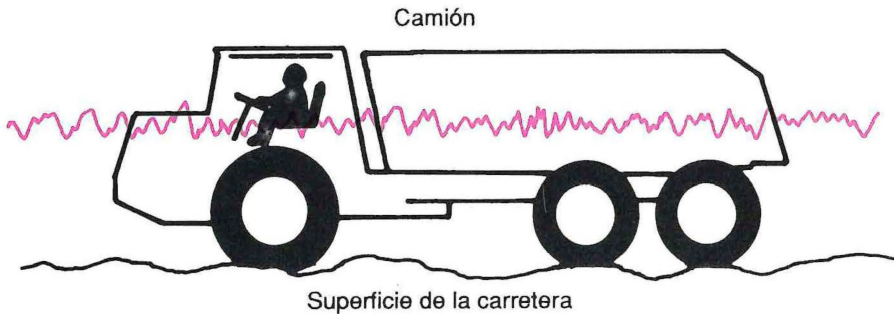


Figura 1.5:

Una mala superficie de la carretera produce movimientos hacia arriba y abajo del camión y también del asiento del conductor.

Esta vibración es transmitida a todo el cuerpo del conductor, que está por tanto expuesto a una VIBRACION DE CUERPO COMPLETO O GLOBAL.



2

COMO MEDIR Y EVALUAR LAS VIBRACIONES

La medida de las vibraciones puede necesitarse para obtener la dosis de vibración recibida por el cuerpo en su conjunto o por el sistema mano-brazo, en condiciones normales de trabajo durante el período operativo. Otra razón por la que es necesario hacer mediciones puede ser las inspecciones periódicas encaminadas a comprobar si el equipo cumple las especificaciones dadas por el suministrador o requeridas por el comprador.

Hay varios factores que tienen una gran influencia en los resultados de las mediciones: la localización del punto de medida, las propiedades de las estructuras de apoyo, el grado de mantenimiento de la herramienta o de la máquina, la técnica de trabajo, etc... Para obtener datos fiables sobre las vibraciones producidas por una herramienta, máquina o situaciones de trabajo, las mediciones tienen que realizarse varias veces.

Es importante determinar donde se produce la amplitud más alta de vibración. El procedimiento más normal es medirla en el punto de entrada de la vibración en el cuerpo humano, donde alcanza el valor máximo. Se puede obtener información más detallada en las normas nacionales e internacionales.

Instrumentación

El equipo diseñado para medir y evaluar la exposición a las vibraciones consiste en: un transductor de vibraciones, un amplificador, redes de ponderación de frecuencia y de tiempo, y alguna clase de indicador o registrador (figura 2.1). A esta clase de equipos de medida se les llama normalmente medidores de vibración o de dosis de vibración.

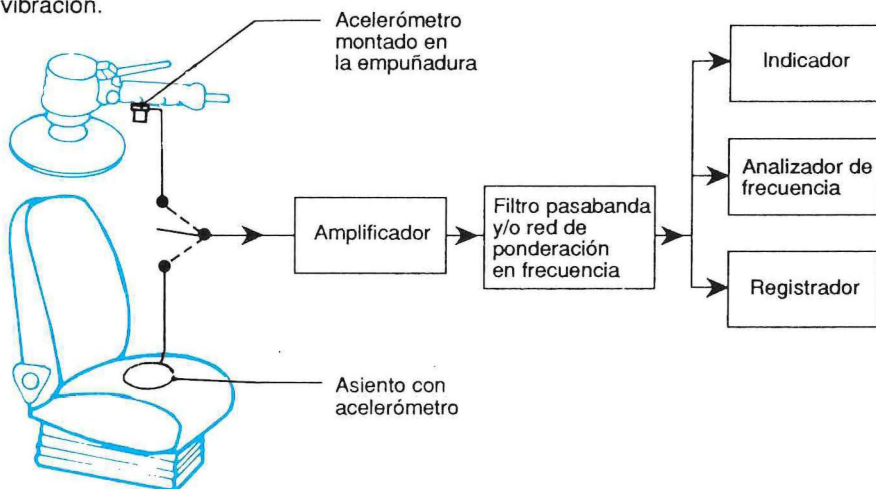


Figura 2.1: Ejemplo de la instrumentación para la medida de vibraciones.

El transductor más adecuado para la medida de vibraciones es el acelerómetro (fig. 2.2). Este produce en sus terminales de salida un voltaje (o carga) que es proporcional a la aceleración a la cual está sometido. Los tipos más comunes de acelerómetros son piezoeléctricos y los piezorresistivos. El método de unión del acelerómetro a la superficie vibrante es uno de los factores más críticos a la hora de obtener resultados precisos. Todos los amplificadores usados en el sistema de medida debe ser de bajo ruido. También deben estar equipados con indicadores de sobrecarga.

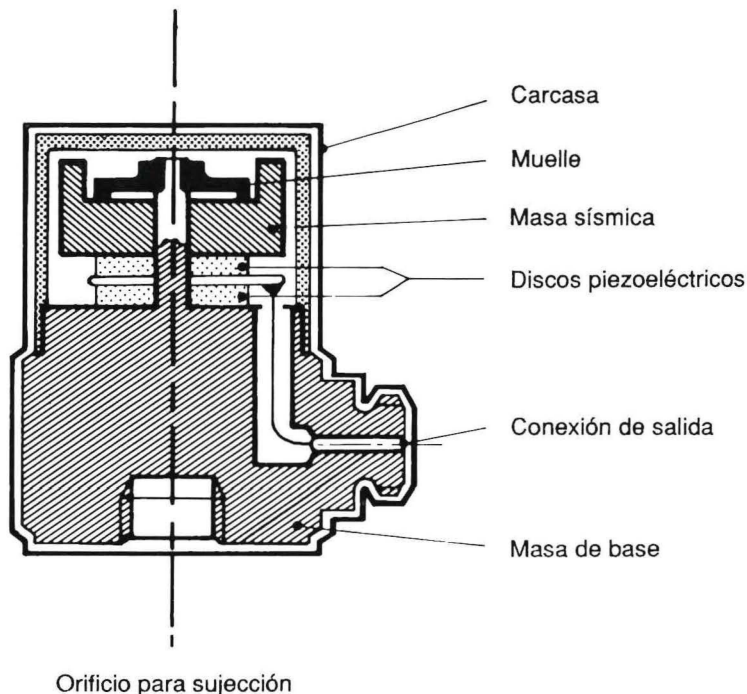


Figura 2.2: Esquema general de un acelerómetro.

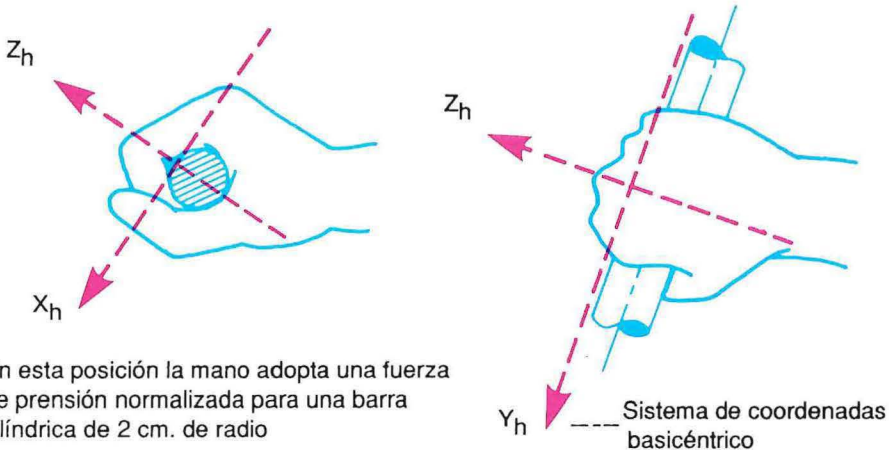
Vibración mano-brazo.

Las mediciones deben hacerse en la superficie de la herramienta cerca del punto por donde las vibraciones entran en la mano.

Si la amplitud de la vibración varía significativamente en las distintas partes de la empuñadura, debe medirse el valor máximo en cualquier punto que esté en contacto con la mano. Si se está usando un material elástico entre la mano y la estructura vibrante (por ejemplo, una empuñadura amortiguadora), se puede utilizar un soporte para el transductor que se coloca entre la mano y la superficie del material elástico (por ejemplo, una lámina de metal con forma adecuada). En cualquier caso, se deberá tener cuidado que la masa, tamaño, forma y montaje del transductor no influya significativamente en la transferencia de la vibración a la mano dentro del intervalo relevante de frecuencias.

Las mediciones deben realizarse en un intervalo de frecuencias de al menos 5,6 a 1.400 Hz, suficiente para cubrir las bandas de octava y 1/3 de octava con frecuencias centrales de 8 a 1.000 Hz y 6,3 a 1.250 Hz, respectivamente. Las aceleraciones medidas en uno o varios ejes pueden expresarse tanto en aceleraciones ponderadas en frecuencia como en términos de banda de octava o tercio de octava. La red de ponderación en frecuencia debe cumplir con las características que se muestran en la figura 2.3.

Las vibraciones transmitidas a la mano deben medirse y presentarse en el informe, en las direcciones adecuadas (X_h, Y_h, Z_h) de un sistema de coordenadas ortogonales tal y como se muestra en la figura 2.4.



En esta posición la mano adopta una fuerza de prensión normalizada para una barra cilíndrica de 2 cm. de radio

----- Sistema de coordenadas basicéntrico

Figura 2.4: Sistema de coordenadas para la medida de vibraciones mano-brazo.

En la Norma Internacional ISO 5349 se presenta una relación dosis-efecto basada en la aceleración de energía equivalente ponderada en frecuencia para una exposición diaria de cuatro horas. Si la exposición diaria total a las vibraciones es diferente a cuatro horas entonces la aceleración de energía equivalente para cuatro horas puede ser determinada mediante la siguiente ecuación:

$$a_{h,w(4)} = (T/4)^{1/2} \cdot a_{h,w(T)}$$

$a_{h,w(4)}$ = aceleración de energía equivalente ponderada en frecuencia para 4 h en ms^{-2} (r.m.s.)

T = Tiempo diario de exposición expresado en horas.

$a_{h,w(T)}$ = Aceleración de energía equivalente ponderada en frecuencia para un tiempo de exposición diario, T.

Dicha Norma también proporciona una guía para el cálculo de la aceleración de energía equivalente para cuatro horas si el trabajo es tal que la exposición diaria total comprende varias exposiciones de diferentes amplitudes y duraciones. Además, los resultados del análisis en bandas y tercios de bandas de octava pueden ser usados también para estimar la correspondiente aceleración ponderada en frecuencia.

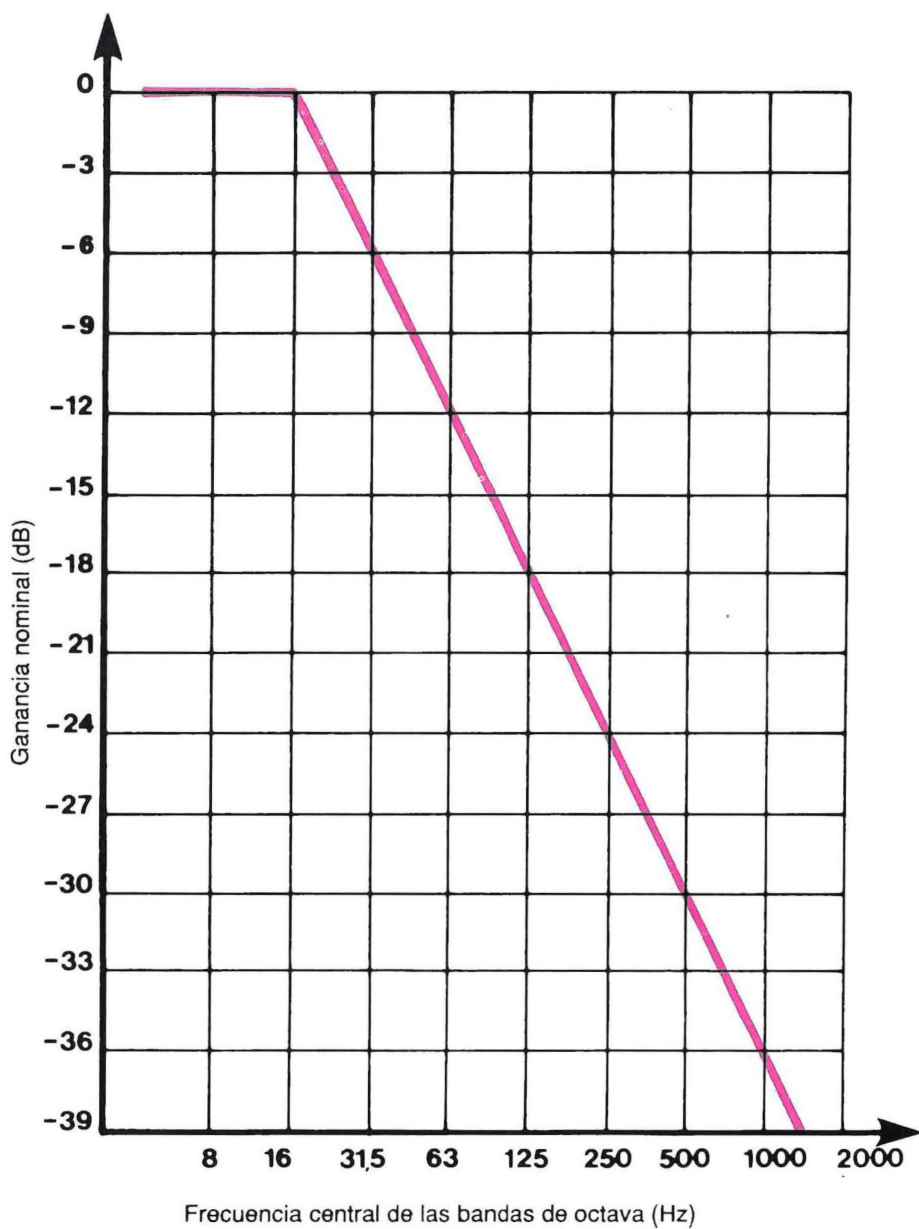


Figura 2.3: Características del filtro de ponderación para la medida de vibraciones mano-brazo.

Vibraciones globales.

La medida de las vibraciones debe realizarse tan cerca como sea posible del punto a través del cual se transmite la vibración de una estructura al cuerpo. Si una persona está de pie en el suelo o sentada en un asiento rígido, el transductor de medida debe sujetarse a la estructura. En el caso de que entre el cuerpo y la estructura de apoyo exista algún material elástico, tal como un asiento amortiguador, se permite interponer alguna forma de soporte del transductor, por ejemplo, una lámina delgada de metal.

Las vibraciones deben medirse de acuerdo con un sistema de coordenadas tal y como se muestra en la figura 2.5 pero con el origen del sistema situado en la superficie de contacto entre el cuerpo y la estructura.

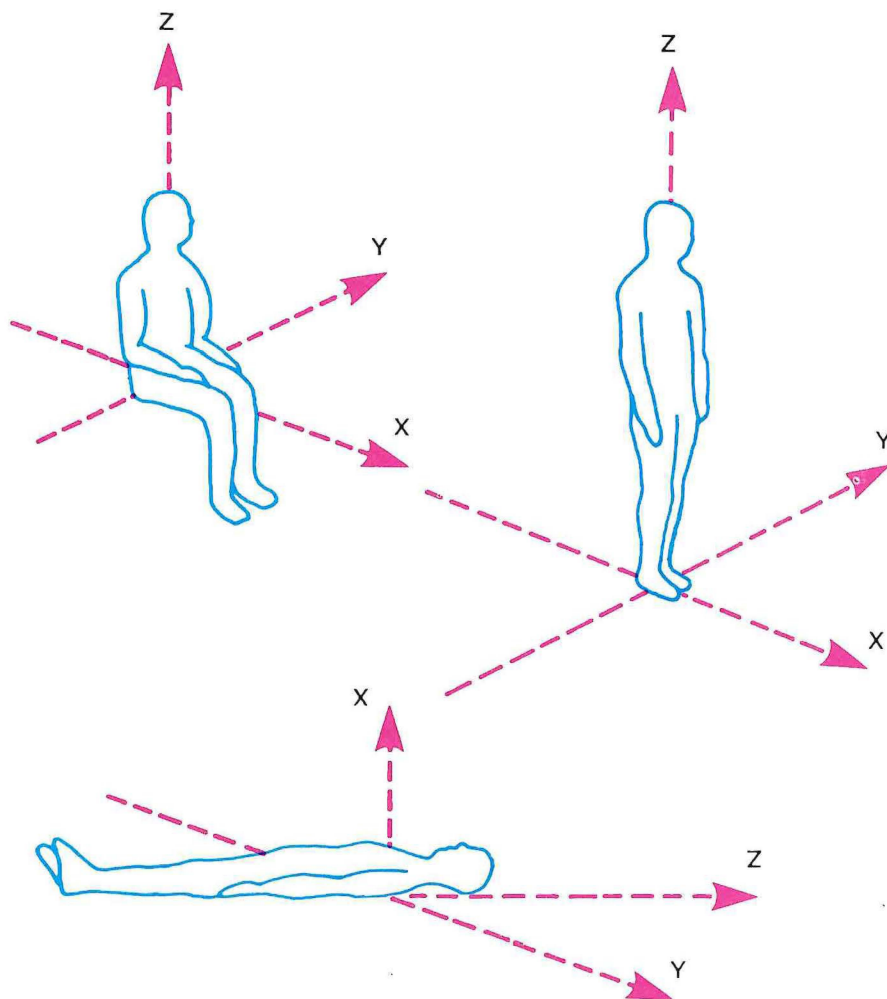


Figura 2.5: Sistema de coordenadas para la medida de vibraciones globales.

Para vibraciones en la dirección vertical, la norma ISO 2631 sugiere que el cuerpo humano es más sensible a aceleraciones comprendidas dentro de un rango de frecuencias de 4 a 8 Hz. Para las direcciones horizontales la mayor sensibilidad a las vibraciones se da entre 1 y 2 Hz. La figura 2.6 muestra las ponderaciones en frecuencia para la aceleración tal y como viene definida en la Norma ISO 2631 y que se usan para obtener la aceleración eficaz (r.m.s.) ponderada en frecuencia.

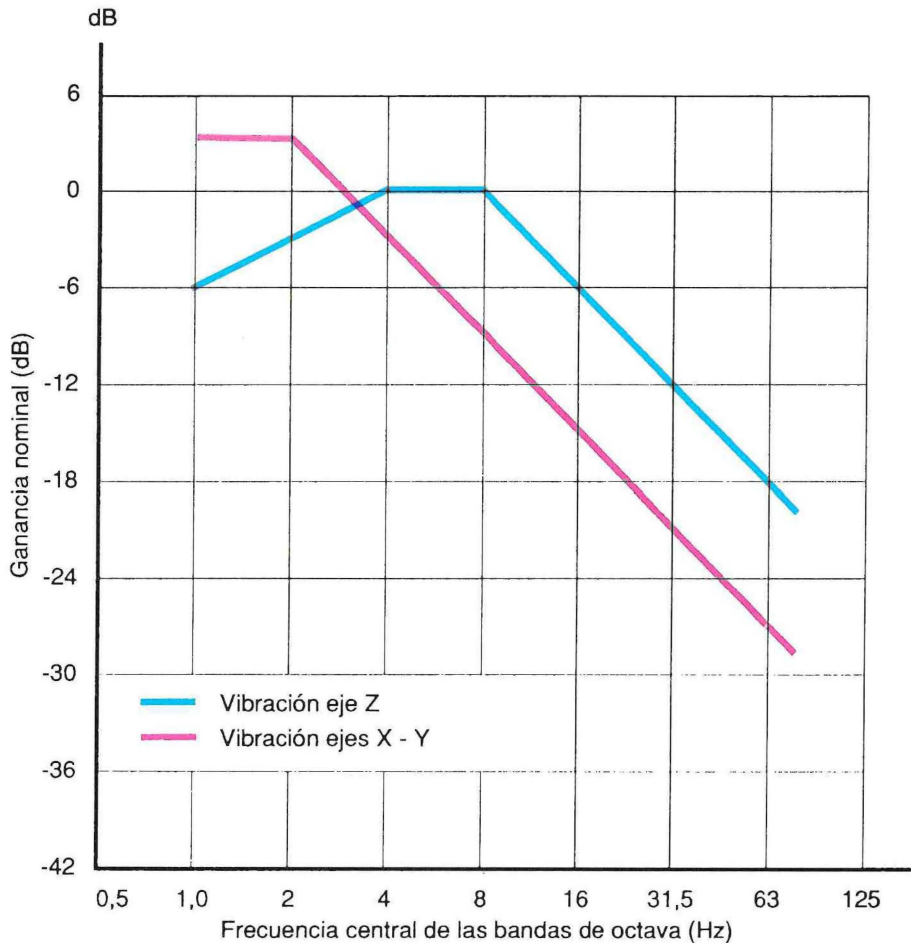


Figura 2.6: Características de los filtros de ponderación para la medida de vibraciones globales.

En el capítulo 3 se describe el procedimiento para calcular el límite de exposición (Efectos de la exposición a vibraciones-Vibraciones globales: información dosis-efecto).

3

EFFECTOS DE LA EXPOSICION A VIBRACIONES

Introducción

La exposición humana a las vibraciones puede producir varias sensaciones (incluyendo placer, discomfort y dolor) e interferir en un amplio rango de actividades (tales como la lectura y los movimientos de control de la mano). La vibración del cuerpo puede producir también efectos fisiológicos y patológicos. Las oscilaciones a bajas frecuencias del cuerpo (con una frecuencia por debajo de 0.5 Hz) pueden causar mareos.

3.1. VIBRACIONES MANO-BRAZO

Las vibraciones mano-brazo generalmente resultan del contacto de los dedos o la mano con alguna herramienta vibrátil o algún objeto que se sostenga contra una superficie móvil. Puede haber una importante transmisión de la vibración a otras partes del cuerpo y por tanto los efectos adversos motivados por las vibraciones, no se restringen sólo a la pequeña área en contacto con la fuente de vibración.

La exposición de los dedos, manos y brazos a las vibraciones se asocia con un grupo de trastornos. El término "Síndrome de vibración", se refiere a un grupo de signos y síntomas que, pueden ser catalogados en cinco tipos :

- Trastornos vasculares.
- Trastornos del hueso y de las articulaciones.
- Trastornos neurológicos.
- Trastornos musculares.
- Otros trastornos generales.

Los trastornos vasculares incluyen cualquier alteración circulatoria que a menudo se identifica por palidez intermitente de los dedos, al cual se le ha llamado de diversas formas, como *fenómeno de Raynaud de origen profesional*, *enfermedad vasospástica traumática* (EVT), *dedo blanco* (DB), y más comúnmente *dedo blanco inducido por vibraciones* (DBV).

También se puede presentar trastornos del hueso y de las articulaciones, efectos neurológicos y hay alguna evidencia de trastornos musculares. Algunos investigadores han descrito un amplio espectro de diferentes síntomas referidos al cuerpo en su conjunto.

En algunos países, el dedo blanco inducido por vibraciones y los trastornos del hueso y de las articulaciones están considerados como enfermedades profesionales.

Trastornos vasculares.

Descripción de los síntomas: Un caso simple de dedo blanco inducido por vibraciones (DBV) podría ser la palidez intermitente de distintas partes de los dedos. Inicialmente sólo la punta de un dedo podría estar afectada pero con la exposición

continuada a vibraciones, los síntomas pueden aparecer en otros dedos y posteriormente puede extenderse a la totalidad del área de los dedos en contacto con las vibraciones. En algunas personas el dedo puede desarrollar una cianosis permanente. En casos extremos, puede haber necrosis de la piel y muy excepcionalmente gangrena.

Los ataques de palidez son provocados por el frío (y por lo tanto a menudo suceden en las mañanas de invierno) y duran hasta que los dedos se recalientan, normalmente de 15 a 60 minutos. La sensibilidad en los dedos disminuye durante el ataque de manera que pueden no ser detectados los estímulos que normalmente producen dolor (temperaturas extremas y traumatismos). El sentido del tacto y la destreza de los dedos también pueden verse afectados de manera que el trabajo no se puede reanudar hasta que el ataque no haya finalizado. Al final de un ataque la circulación retorna produciendo un enrojecimiento que a veces se acompaña de dolor.

Diagnóstico: Los síntomas del DBV, son similares a los de la enfermedad primaria de Raynaud y a otros casos secundarios de circulación periférica reducida. El diagnóstico del DBV se basa en la fecha de inicio de los síntomas, su limitación a aquellas áreas expuestas a vibraciones y la ausencia de signos propios de otras enfermedades.

Sistemas de estadiaje: Estos sistemas han sido utilizados por algunos médicos para resumir en una conclusión global todas las quejas referidas por el paciente (entumecimiento, hormigueo ó palidez) a lo largo del año y de que modo interfieren con el trabajo y las actividades de ocio (ver tabla 3.1). La evaluación de la severidad de los episodios de palidez y su grado de interferencia con el trabajo requiere la pericia de un especialista y aún así es siempre subjetiva: es la opinión de un médico sobre el relato por un individuo de sus propios síntomas. Los síntomas de estadiaje se refieren únicamente a la mano más afectada.

ESTUDIO	CONDICIONES DE LOS DEDOS	INTERFERENCIAS EN EL TRABAJO Y VIDA SOCIAL
O	No hay palidez del dedo.	No hay quejas.
OT	Hormigueo intermitente.	No hay interferencias con la actividad.
ON	Entumecimiento	No hay interferencias con la actividad.
1	Palidez de una o más yemas de los dedos con o sin hormigueo o entumecimiento.	No hay interferencias con la actividad.
2	Palidez completa de uno o más dedos con entumecimiento normalmente limitado en invierno.	Ligera interferencia con actividades sociales y domesticas. No hay interferencia con el trabajo
3	Palidez extensa generalmente de todos los dedos, frecuentes episodios en verano y en invierno.	Interferencia clara en el trabajo, hogar y actividades sociales. Restricción de hobbies.
4	Palidez extensa. Todos los dedos, frecuentes episodios en verano y en invierno.	Cambiar de ocupación para evitar futura exposición a vibraciones debido a la severidad de los signos y síntomas.

Tabla 3.1: Estadios de los síntomas del fenómeno de Raynaud.

Se ha desarrollado un método para puntuar las áreas de los dedos más afectadas por DBV a fin de superar algunos de los problemas del estadiaje de los síntomas de este síndrome (Figura 3.1). Este sistema de puntuación puede ser utilizado para recoger datos acerca de los episodios de palidez relatados por el propio individuo afectado u observadas por el médico. Se tomarán diferentes medidas (advertencias, chequeos médicos, apartar al individuo del puesto de trabajo, compensaciones económicas) dependiendo de la puntuación alcanzada.

Se han propuesto varias pruebas diagnósticas de DBV. Los dos tipos de pruebas que reciben mayor atención son : un indicador de flujo sanguíneo (p.e. recalentamiento del dedo después de una provocación por frío) y una prueba de función neurológica (umbrales vibrotáctiles).

Ni las pruebas vasculares ni las neurológicas tienen una correlación perfecta con el diagnóstico médico de DBV, basado en el examen físico y en el relato de los pacientes : algunas personas que se suponen sin síntomas responden de manera indistinguible de las personas no afectadas. Sin embargo, ambos tipos de test pueden ser útiles como ayuda al diagnóstico.

Causas de trastornos vasculares: Las causas más frecuentes son la utilización de herramientas vibrátiles durante períodos prolongados.

El dedo blanco inducido por vibraciones aparece más frecuentemente entre usuarios de herramientas percutoras para el trabajo con metales, amoladoras y otras herramientas rotativas, martillos percutores y taladros usados en minería, sierras de cadena, etc. Existen pruebas de que el uso de herramientas que tienen una vibración dominante en el rango de frecuencias de 25 a 250 Hz aproximadamente producen con más frecuencia DBV que las que la tienen fuera de este rango.

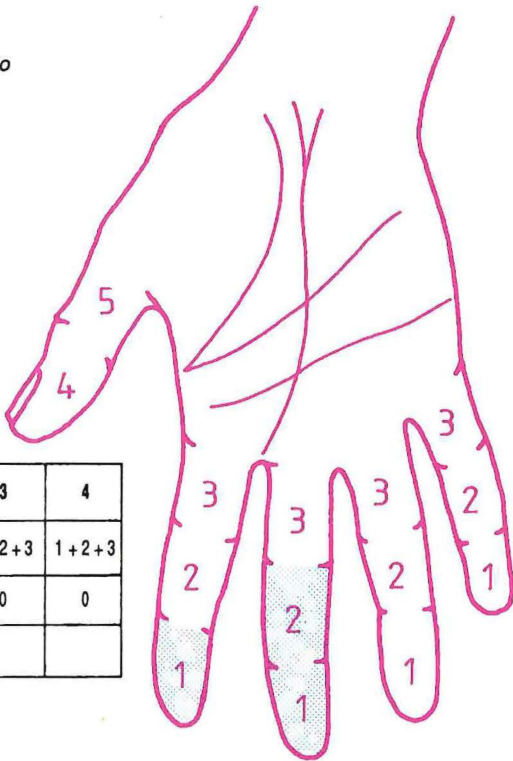
Información dosis-efecto: Los efectos de una vibración dependen tanto de su frecuencia, dirección, duración como de su amplitud - estos factores se combinan para formar la dosis efectiva. También varían de acuerdo a como se transmiten las vibraciones al cuerpo e influye normalmente la fuerza de prensión, fuerza de empuje y posición del brazo. La influencia de otras variables también puede ser de gran importancia. Se han desarrollado varias normas para ayudar al informe y comparación de diferentes condiciones de vibración, aunque no se debe esperar que proporcionen indicaciones precisas de la severidad de las vibraciones en ninguna herramienta en particular.

El efecto producido por las vibraciones más comúnmente utilizado en las relaciones dosis-efecto es la primera aparición de DBV. La relación actualmente propuesta implica cuatro factores principales:

- i La dosis diaria (expresada como una exposición diaria equivalente para ocho horas (o cuatro horas) y por lo tanto teniendo en cuenta la frecuencia, ejes, amplitud y duración de la exposición).
- ii Exposición a lo largo de la vida (expresada en años).
- iii La prevalencia de los síntomas (el porcentaje de personas expuestas a la dosis a la cual puede esperarse que aparezcan síntomas).
- iv La severidad de los síntomas.

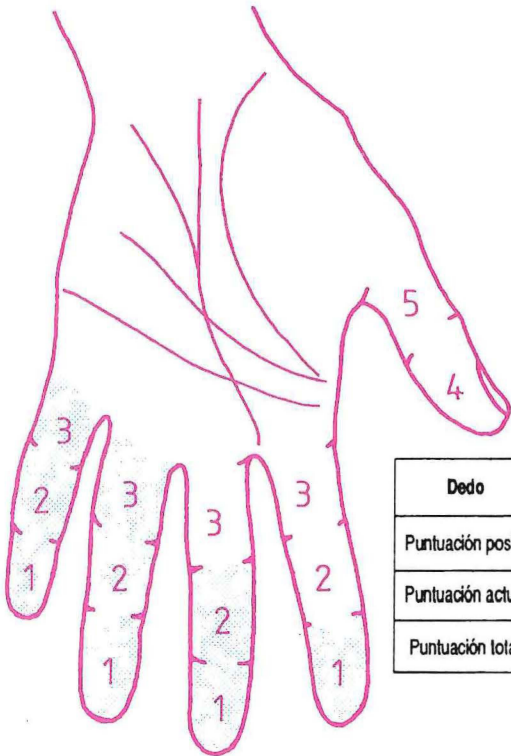
Otros factores (ej. susceptibilidad individual, método de uso de la herramienta, prensión) tienen claramente un gran efecto y puede utilizarse para minimizar los efectos adversos.

Figura 3.1: Un método para puntuar la extensión de los síntomas del dedo blanco inducido por vibraciones.



Mano derecha

Dedo	Pulgar	1	2	3	4
Puntuación posible	4 + 5	1 + 2 + 3	1 + 2 + 3	1 + 2 + 3	1 + 2 + 3
Puntuación actual	0	1	3	0	0
Puntuación total			4 / 33		



Mano izquierda

Dedo	Pulgar	1	2	3	4
Puntuación posible	4 + 5	1 + 2 + 3	1 + 2 + 3	1 + 2 + 3	1 + 2 + 3
Puntuación actual	0	1	3	6	6
Puntuación total			16 / 33		

Se llama latencia al tiempo entre la primera exposición y la aparición de signos adversos o síntomas. Hay algunos datos que prueban que el período de exposición antes de la aparición de los primeros síntomas de DBV es inversamente proporcional a la magnitud de la exposición a las vibraciones.

La incidencia de DBV en una población expuesta (ej. el número de personas que desarrollan palidez) depende de la exposición a vibraciones mientras que la prevalencia de DBV también depende de la tasa de incorporación o retirada de los individuos al grupo de expuestos. Una alta prevalencia puede surgir de una alta exposición a vibraciones en un corto período ó de una baja exposición a vibraciones entre un grupo inalterado de personas sobre un largo período. Si los cambios en el trabajo implican reclutar hombres jóvenes y la retirada de aquellos que han sufrido largas exposiciones, la prevalencia se reducirá. En estos casos, el cálculo de la prevalencia de DBV no será preciso.

Varias normas actuales (ej. ISO 5349) sugieren que de los valores de aceleración ponderada en frecuencia equivalente a 2.8 ms^{-2} en un período de 8 horas (ej: 4.0 ms^{-2} r.m.s. en un período de cuatro horas) puede esperarse que produzcan aproximadamente una prevalencia de DBV del 10 % después del uso diario durante más o menos 8 años. En la tabla 3.2 se dan períodos aproximados de tiempo de los que puede esperarse que se produzca un 10% de prevalencia de los síntomas, para varias magnitudes y exposiciones diarias a las vibraciones.

EXPOSICION DIARIA	EXPOSICION A LO LARGO DE LA VIDA (EN AÑOS)					
	1/2	1	2	4	8	16
15 min.	256.0	128.0	64.0	32.0	16.0	8.0
30 min.	179.2	89.6	44.8	22.4	11.2	5.6
1 h.	128.0	64.0	32.0	16.0	8.0	4.0
2 h.	89.6	44.8	22.4	11.2	5.6	2.8
4 h.	64.0	32.0	16.0	8.0	4.0	2.0
8 h.	44.8	22.4	11.2	5.6	2.8	1.4

Tabla 3.2 : Magnitudes de aceleración ponderada en frecuencia (ms^{-2} r.m.s.) de los que pueden esperarse que produzcan síntomas vasculares en el 10% de personas expuestas

Trastornos del hueso y de las articulaciones.

En algunos países la deformación de huesos y articulaciones inducidas por vibraciones se ha reconocido como enfermedad profesional durante años. Los signos y síntomas incluyen: rigidez y dolor en varias zonas de los miembros superiores, quistes en el hueso, trastornos en la mano y muñeca, anormalidades del codo y problemas en el hombro.

Muchos de los síntomas anteriores son comunes también entre personas con trabajos manuales no expuestos a vibraciones, de esta forma en ciertos casos individuales puede haber alguna dificultad en determinar la parte de responsabilidad de la vibraciones en causar o agravar el problema.

Los trastornos del hueso y de las articulaciones parecen provenir predominantemente del uso de herramientas percutoras. Martillos para el trabajo con metales, herramientas remachadoras y otras como las utilizadas en minas y canteras son probablemente causa de tales trastornos.

Trastornos neurológicos y musculares.

Durante los ataques de DBV, la sensibilidad en el dedo decrece de manera que pueden ser toleradas temperaturas extremas y otros estímulos totalmente dolorosos. Algunos de estos cambios pueden ser debidos a una isquemia temporal aunque una sensibilidad táctil anormalmente baja (al dolor, presión, vibraciones, temperatura) es común también entre ataques de palidez del dedo. En estos casos han sido también registradas velocidades de conducción nerviosa anormales y su curso puede ser independiente de los síntomas de DBV.

Los efectos neurológicos pueden presentarse con un amplio rango de frecuencias de vibración. Una disminución de la sensibilidad táctil ha sido descrita incluso en relación con los taladros usados por los dentistas.

Ocasionalmente, se ha detectado atrofia muscular en asociación con herramientas vibrátiles y se ha encontrado entre los usuarios de sierras de cadena una disminución de la fuerza de prensión.

Otros trastornos.

Las vibraciones pueden ser transmitidas desde las manos a brazos, hombros, cabeza y otras partes del cuerpo. La extensión de la transmisión dependerá del tipo de vibración (frecuencia y dirección) y de la postura del brazo. Algunos exámenes de personas expuestas a vibraciones en la mano han revelado una alta incidencia de quejas no localizadas en la mano y brazo. Sería imprudente asumir que todos los efectos de las vibraciones mano-brazo se limitan a los miembros superiores.

3.2. VIBRACIONES GLOBALES

La transmisión de las vibraciones al cuerpo y sus efectos sobre el mismo, son muy dependientes de su postura. Los efectos de las vibraciones globales varían por lo tanto enormemente entre individuos y entre ambientes. Las exposiciones a vibraciones globales pueden no tener las mismas consecuencias en todas las situaciones.

Descripción de los síntomas: Algunos de los efectos descritos como producidos por vibraciones globales son difíciles de distinguir, por ejemplo, los efectos de posturas de asiento inadecuadas, elevación de pesos y la edad. Entre los grupos de trastornos más frecuentemente descritos están aquellos que pueden ser atribuidos a traumatismos espinales, especialmente cambios degenerativos. Las vibraciones no son, por supuesto, la única causa de morbilidad de la columna lumbar. La valoración del efectos de un agente estresante medioambiental puede verse dificultada por: variaciones de la susceptibilidad individual a cambios degenerativos, la alta incidencia de procesos degenerativos en la población general y los procedimientos de selección de personal.

El dolor lumbar aparece frecuentemente mucho antes de que sean detectables radiológicamente cambios degenerativos - aunque cuando tal síntoma se prolonga en el tiempo, generalmente conduce al diagnóstico de degeneración del disco. Se han descrito desplazamientos de discos intervertebrales asociados a exposición a vibraciones, por ejemplo en vehículos industriales todo-terreno (máquinas agrícolas y forestales, excavadoras), camiones y coches.

Otros trastornos atribuidos a la exposición a vibraciones son: dolores abdominales, problemas digestivos, dificultades urinarias, prostatitis, incremento de problemas del equilibrio, trastornos visuales, dolores de cabeza, falta de sueño y síntomas similares. Sin embargo, no ha sido posible realizar estudios controlados para todas las posibles causas de tales signos y síntomas, así muchos estudios se han basado únicamente en el relato de casos individuales de los efectos adversos. Por tanto, es necesario ser prudentes antes de atribuir en un caso individual tales síntomas a la exposición profesional a vibraciones.

Causas de trastornos: Los ambientes de los que se pueden esperar lesiones asociadas a vibraciones globales son aquellos en los cuales éstas son reconocidas como fuente de disconfort: vehículos todo-terreno, vehículos que circulan por carretera, helicópteros, embarcaciones de alta velocidad, maquinaria industrial y ambientes similares.

Información de dosis efecto: Las normas para la valoración de vibraciones definen procedimientos para su medición y evaluación de su trascendencia sin un completo conocimiento de los mecanismos de acción de las vibraciones o la relativa importancia de las diferentes amplitudes, frecuencias y duraciones. Tales normas se basan en el conocimiento de respuestas subjetivas a vibraciones (p.e. disconfort), medidas de respuestas biomecánicas del cuerpo (transmisibilidad e impedancia) y alguna experiencia proveniente de las condiciones de exposición profesional a vibraciones, incluyendo estudios epidemiológicos.

La norma internacional ISO 2631 se basó en unos límites complejos dependientes del tiempo que aconsejan sobre la manera en que deberían disminuir las magnitudes r.m.s. de las vibraciones cuando se incrementa la duración de la exposición de 1 minuto a 24 horas. Un método reciente de valorar la duración de la exposición

emplea una dependencia del tiempo más simple que puede ser utilizada para cuantificar la dosis de vibración. Este método también se puede aplicar a la valoración de movimientos transitorios así como a vibraciones constantes y aleatorias.

En la figura 3.2 se muestran los límites de exposición de la norma ISO 2631 para períodos seleccionados desde 1 minuto a 24 horas. Estos límites no están definidos para frecuencias no comprendidas en el intervalo de 1 a 80 Hz ó para duraciones inferiores a 1 minuto. Sólo son aplicables a vibraciones continuas que no contienen impulsos. El significado del límite de exposición no se define en relación a algún efecto específico, pero está establecido que es aproximadamente la mitad del umbral de dolor. Los límites se correlacionan mejor con las situaciones prácticas en las que el período de exposición está entre 1 y 4 horas.

Un método alternativo propuesto en un borrador de una revisión de la ISO 2631, incorpora una dependencia del tiempo más simple que es aplicable a todas las exposiciones desde fracciones de 1 segundo a 24 horas, y se da por un procedimiento "a la cuarta potencia" en el cual la magnitud de la vibración se reduce a la mitad si la duración de la exposición se incrementa por un factor de 16. Esta dependencia del tiempo está comprendida en la medida de la dosis.

La valoración de la severidad de las vibraciones precisa de una definición de la dosis de vibración. Esta puede ser medida directamente (usando el valor de dosis de vibración) o como ocurre a menudo puede estimarse a partir de la magnitud del valor r.m.s. y de la duración de la exposición a vibraciones (usando el valor de dosis de vibración estimado)

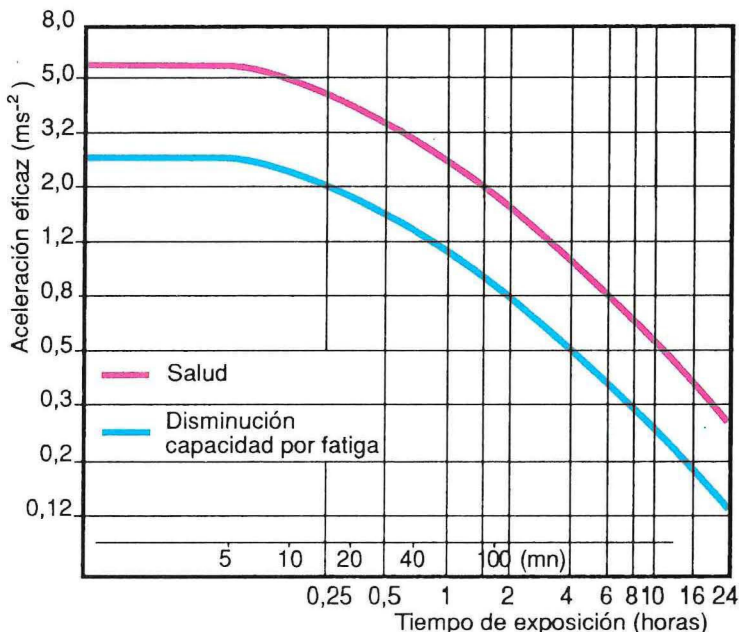


Figura 3.2: Límites de exposición según ISO 2631

Si la vibración es continua y no contiene impulsos, el valor de la dosis de vibración estimado puede ser calculado a partir del valor r.m.s., a_w , de la aceleración ponderada en frecuencia y de la duración de la exposición, t .

$$\text{valor de la dosis de vibración estimada} = 1.4 a_w t^{1/4} (\text{ms}^{-1.75})$$

Valores altos de dosis de vibración causarán disconfort, dolor y lesión. Los valores de dosis de vibración mayores de aproximadamente $15 \text{ ms}^{-1.75}$ causarán normalmente severo disconfort.

Es razonable asumir que incrementos en la exposición a vibraciones se acompañarán de un mayor riesgo de sufrir lesiones.

La figura 3.3 muestra las magnitudes r.m.s. de vibración de 0.5 a 80 Hz que son equivalentes a este nivel de severo disconfort para períodos de exposición de 1 sg a 24 h. La ponderación en frecuencia mostrada en esta figura, es la que se da en el actual borrador de la revisión de la ISO 2631 y difiere ligeramente de la dada en la ISO 2631 original.

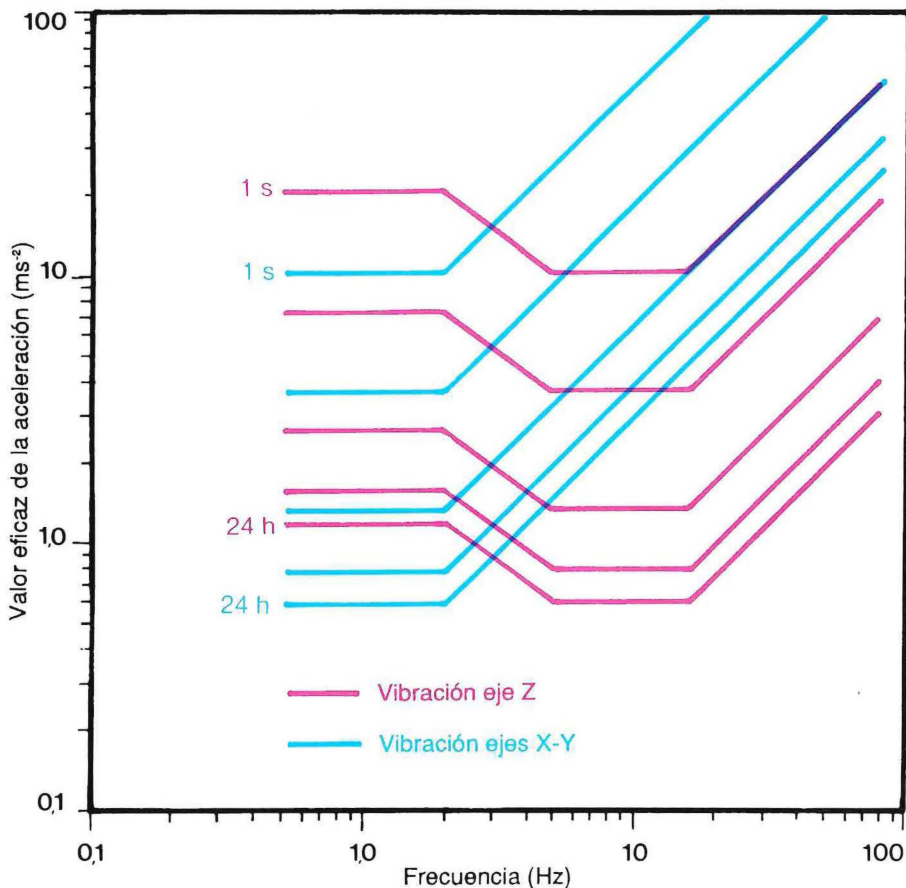


Figura 3.3: Amplitudes de vibración correspondientes a un nivel de severo disconfort dado por un valor de dosis de vibración estimada de $15 \text{ ms}^{-1.75}$

4

EJEMPLOS DE EXPOSICION A VIBRACIONES

Las tablas 4.1, 4.2 y 4.3 presentan un conjunto de medidas de vibración mano-brazo y globales, seleccionadas a partir de bases de datos de distintos Institutos Europeos de Salud y Seguridad Ocupacional u Organizaciones equivalentes. Solo se han incluido datos medidos en puestos de trabajo, excluyendo aquellos que corresponden a situaciones límite, tales como los realizados en ensayos.

En el caso de herramientas manuales, las tablas 4.1 y 4.2 indican la media y la distribución de la aceleración r.m.s. ponderada $a_{h,w}$ en el eje predominante, medida en la interfase entre la mano del operador y la empuñadura de la herramienta, en el punto con mayores valores de vibración.

En el caso de vehículos y máquinas industriales, las tablas 4.3 y 4.4 indican la media y la distribución de la aceleración vertical r.m.s. ponderada a_w , medida en la interfase entre la persona y el asiento o entre la del pie y el suelo. Para algunos vehículos (pilas cargadoras, bulldozers, etc.) se incluye, a causa de su importancia, la aceleración longitudinal.

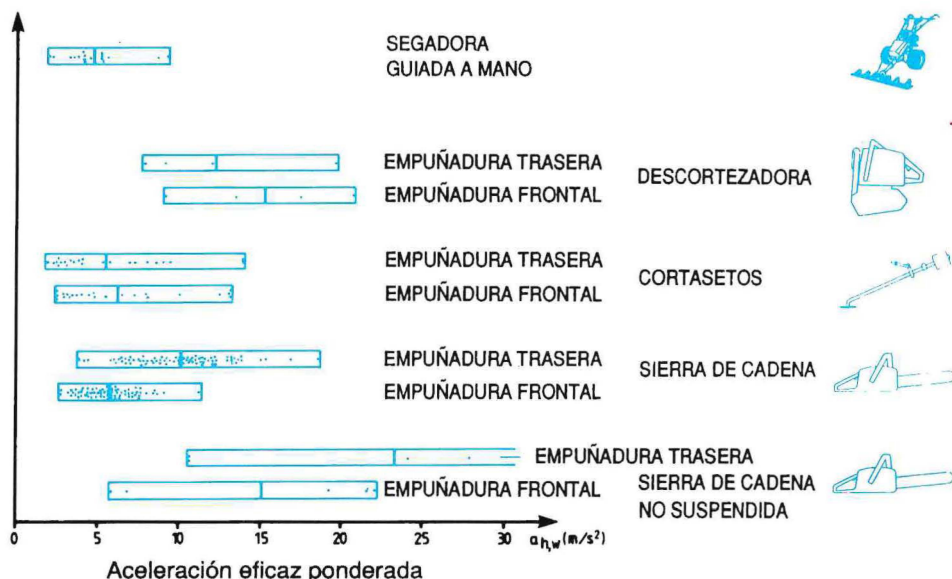


Tabla 4.1: Herramientas utilizadas en trabajos forestales y agrícolas.

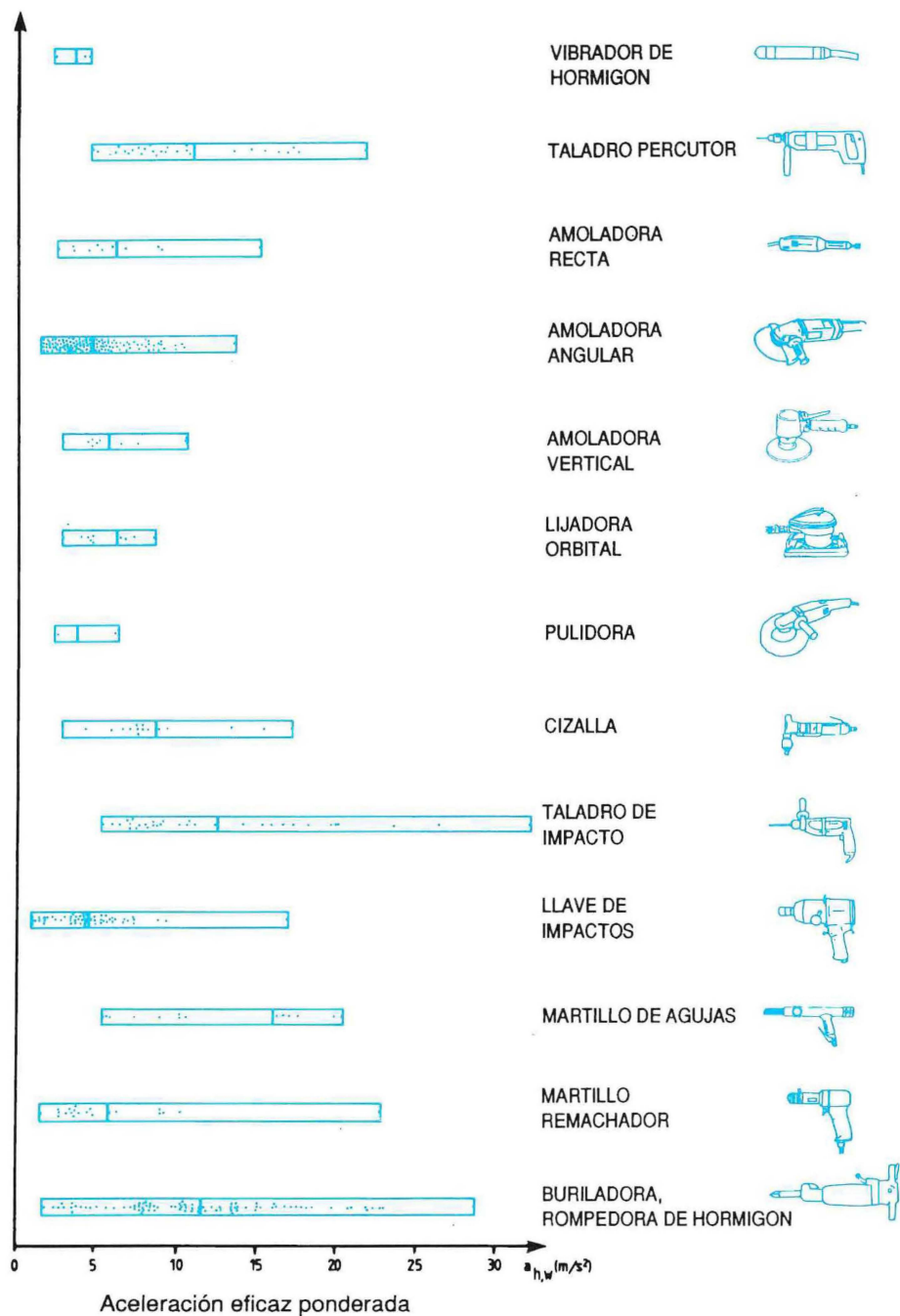


Tabla 4.2: Herramientas manuales con vibración.

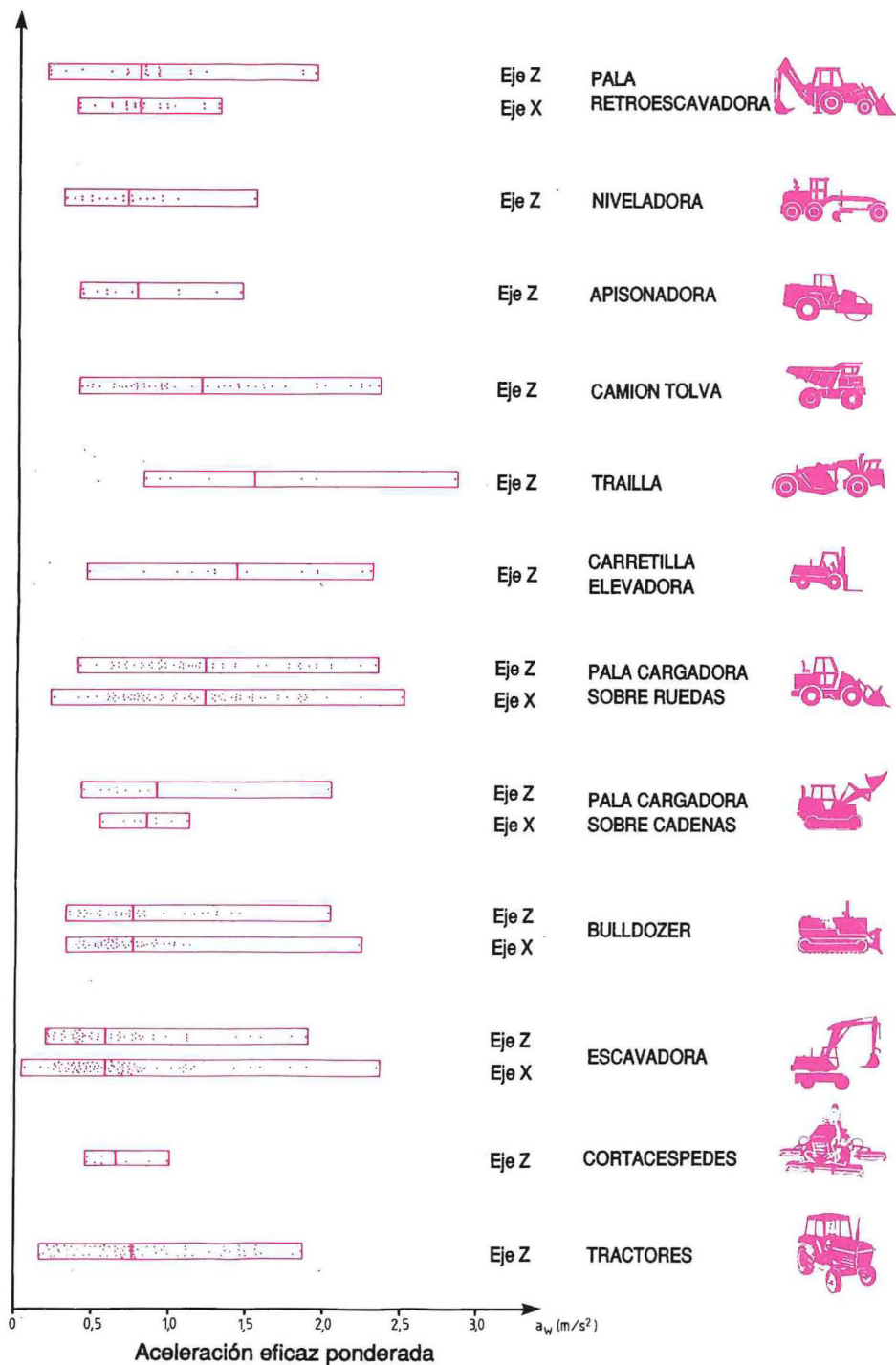


Tabla 4.3: Vehículos para obras públicas.

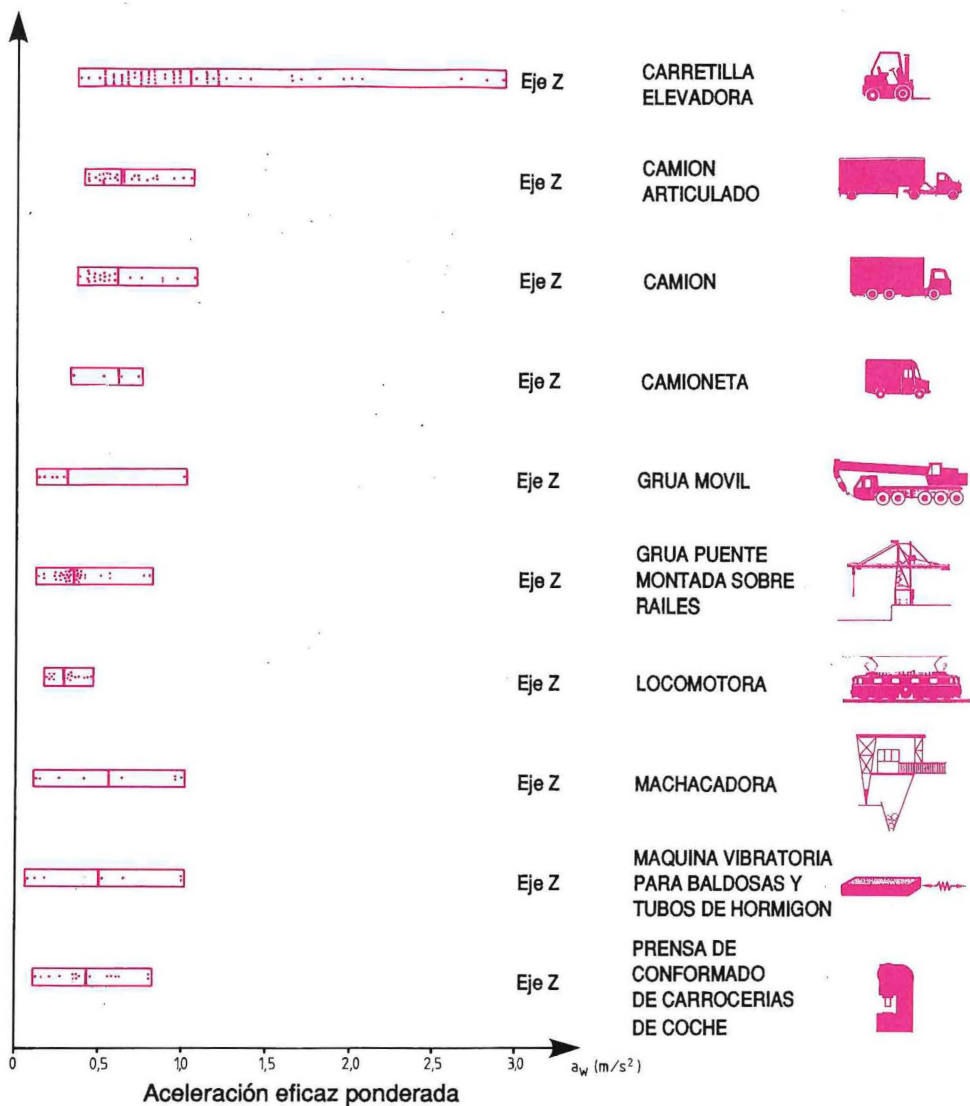


Tabla 4.4: Máquinas y vehículos industriales.

5

PROTECCION CONTRA LAS VIBRACIONES

5.1.- MEDIDAS TÉCNICAS CONTRA LA EXPOSICION A VIBRACIONES

Las soluciones técnicas para mejorar las condiciones de trabajo de los trabajadores expuestos a vibraciones, pueden agruparse en dos tipos:

- *Reducción de la vibración en la fuente* (a pesar que la vibración es un fenómeno asociado al trabajo desarrollado por algunos tipos de máquinas).
- *Reducción de la transmisión de la vibración al trabajador*

Vibración mano-brazo.

- *Reducción de la vibración en la fuente.*

En éste grupo estan incluidas todas las medidas de reducción de vibraciones que sustituyen las herramientas manuales con altos niveles de vibración por herramientas manuales con vibración reducida o exentas de vibraciones.

Frecuentemente se sustituye la técnica de percusión por métodos de trabajo rotativos. Esta sustitución está frecuentemente asociada a una reducción de la emisión de ruido de la máquina.

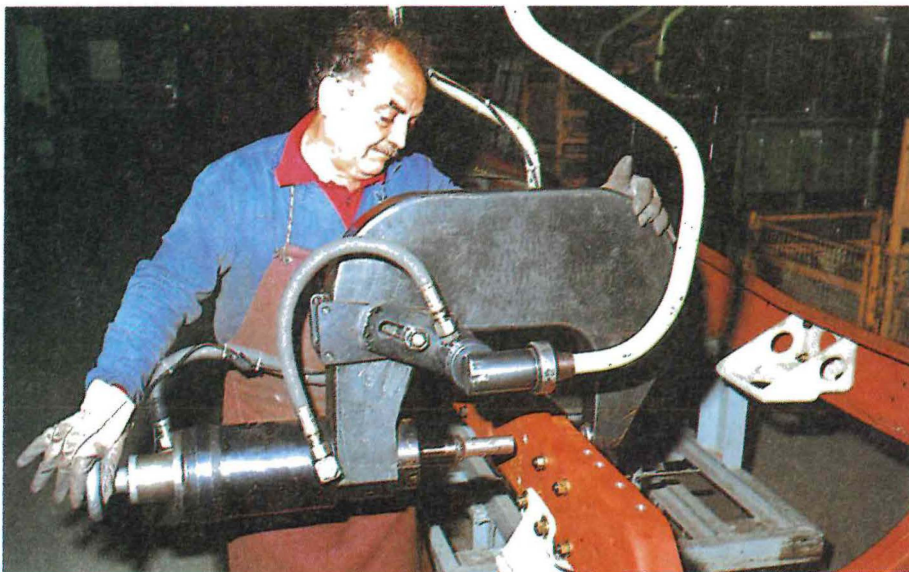


Figura 5.1: Remachadora neumática de bastidor para unión por remachado de un chasis de un vehículo.

Martillos remachadores

Aunque las técnicas de soldadura han sustituido al remachado en la construcción metálica, hay muchos martillos remachadores en la industria que originan elevadas exposiciones a las vibraciones mano-brazo. Estas herramientas pueden ser frecuentemente sustituidas por remachadoras neumáticas de bastidor (Fig. 5.1), que pueden realizar idéntico trabajo que los martillos remachadores neumáticos, pero sin originar exposición a vibraciones ni a ruido.

Hace algunos años que se dispone de martillos remachadores neumáticos con bajo nivel de vibración para aquellas uniones remachadas en las que no pueden aplicarse remachadoras neumáticas de bastidor (Fig.5.2). Por ejemplo, en lugares de trabajo destinados a la construcción de vehículos comerciales con superestructuras de aluminio, un martillo remachador con bajo nivel de vibración, disminuye la exposición a vibraciones $a_{h,w}$ desde un nivel comprendido entre 8 y 13 ms^{-2} para un martillo convencional a valores de $a_{h,w}$ en el intervalo de 2 a 5 ms^{-2} .



Figura 5.2: Martillo remachador neumático con bajo nivel de vibración.

Llaves de impactos

La exposición a vibraciones causada por llaves de impactos, medidas en el apretado de uniones roscadas medias y pesadas, alcanzan valores de $a_{h,w}$ en el rango de 7 a 16 ms^{-2} y pueden ser totalmente eliminadas mediante el uso de llaves de rotación continua (Fig. 5.3). A la vez, se eliminan totalmente las altas emisiones de ruido.

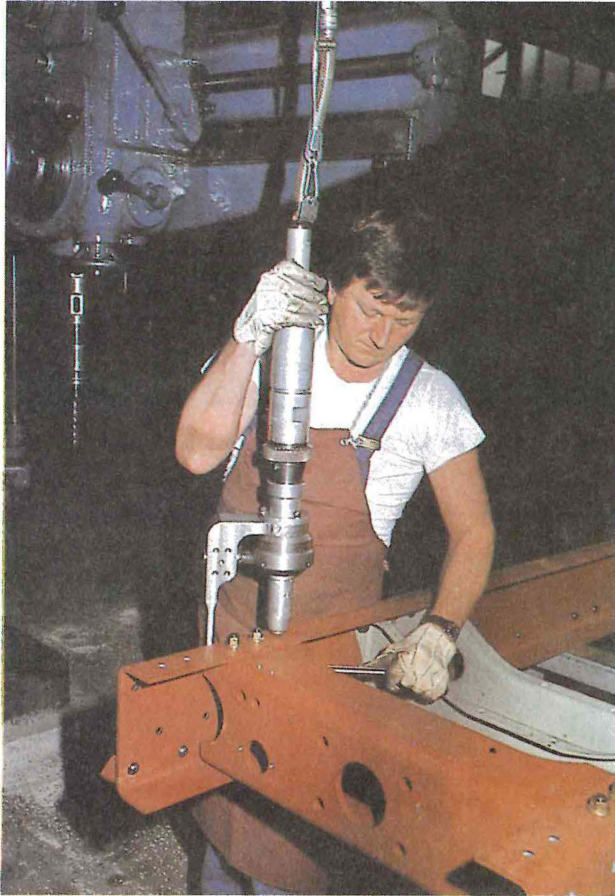


Figura 5.3: Apretado de uniones roscadas realizadas con gran precisión mediante el uso de llaves de rotación continua.

Martillos buriladores

La limpieza de piezas fundidas, la preparación y mecanizado de juntas para ser soldadas, así como los trabajos en piedra, causan elevadas exposiciones a vibración del sistema mano-brazo, con valores de $a_{h,w}$ en el rango de 8 a 15 ms^{-2} . En un martillo burilador con vibración reducida para preparación de juntas de soldadura (Fig. 5.4) se ha disminuido la magnitud de la vibración a un valor de $a_{h,w}$ igual a 3 ms^{-2} .



Figura 5.4: Martillo burilador con vibración reducida para preparación de juntas para soldadura.



Figura 5.5: La utilización de taladros de martillo como alternativa a los taladros de pistón, disminuye la exposición a vibraciones y la emisión de ruido.

Taladros

Los taladros de martillo comparados con los taladros convencionales de pistón, producen, como resultado de cambios constructivos en el método de trabajo, una disminución en la exposición a vibraciones. La fuerza de empuje que se precisa cuando se utilizan taladros de pistón, no es necesaria en los taladros de martillo. Comparando con el taladro de pistón, en el taladro de martillo se reduce la aceleración ponderada $a_{h,w}$ de 26 ms^{-2} a 13 ms^{-2} (Fig. 5.5).

Martillos rompedores

Los martillos rompedores neumáticos son bien conocidos como ejemplos típicos de herramientas con alto peligro de exposición a vibraciones e importante emisión de ruido. Se utilizan ampliamente en minería y construcción. Las exposiciones a vibraciones $a_{h,w}$, medidas en los lugares de trabajo, están en el rango de 12 a 22 ms^{-2} . Actualmente algunos fabricantes están ofreciendo martillos rompedores de tipo pesado con vibración reducida que producen, en condiciones de ensayo en laboratorio (Fig.5.6), aceleraciones ponderadas $a_{h,w}$ entre 5 y 7 ms^{-2} .

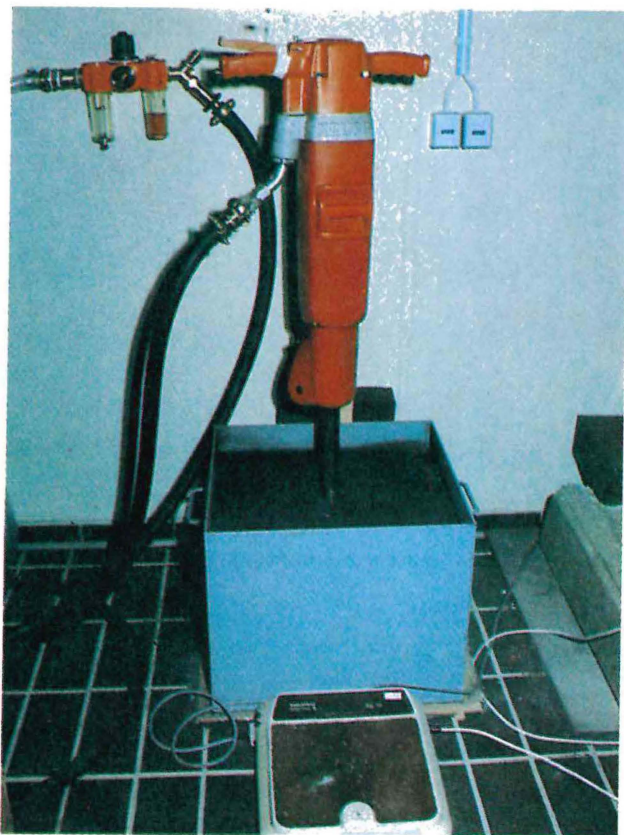


Figura 5.6: Ensayo normalizado de laboratorio para medida de vibración en martillos rompedores pesados con vibración reducida.

Estos satisfactorios ejemplos de herramientas manuales con vibración reducida, muestran las posibilidades actuales de reducir la exposición a vibraciones en los lugares de trabajo. Por lo tanto, se puede solicitar a los distribuidores versiones de herramientas manuales con vibración reducida.

- *Reducción de la transmisión de las vibraciones*

En éste grupo estan incluidas todas las medidas que disminuyen la transmisión de la vibración a las manos, mediante métodos de aislamiento en los cuales no existe reducción de la vibración generada por las herramientas.



Figura 5.7: Pisón neumático convencional utilizado en una fundición.

Pisones neumáticos

Los pisones neumáticos utilizados en fundiciones y plantas metalúrgicas (Fig. 5.7.), generan altos valores de exposición a vibraciones en ambas manos, con valores de $a_{h,w}$ en el rango de 15 a 50 ms^{-2} .

Dado que éstas herramientas no precisan un esfuerzo de empuje, pero requieren ser guiadas con ambas manos, es posible suministrar pisones con empuñaduras suspendidas (Fig. 5.8). La exposición a vibraciones, cuando se utiliza un pisón con empuñaduras suspendidas, decrece a valores de $a_{h,w}$ entre 1 y 10 ms^{-2} .

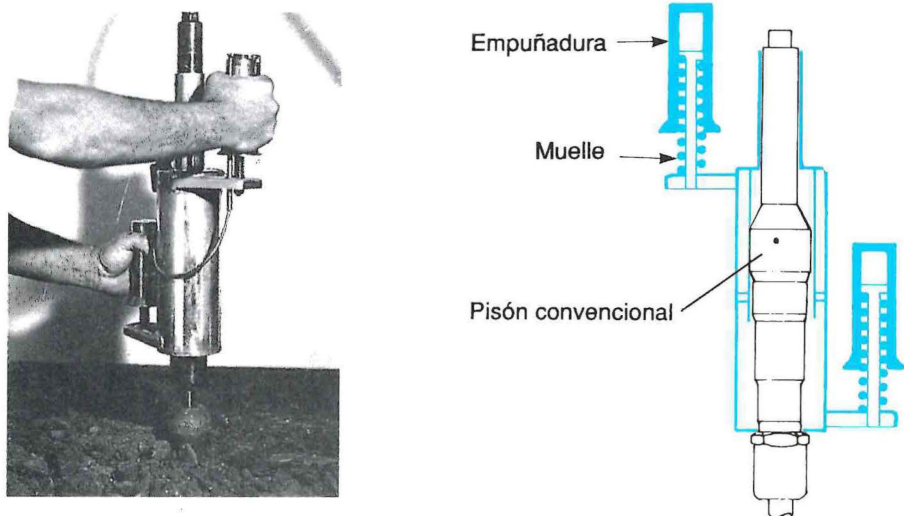


Figura 5.8: Pisón neumático equipado con empuñaduras suspendidas.

Sierras de cadena

Las sierras de cadena con empuñaduras rígidas, son origen de severas exposiciones a vibraciones producidas por el motor y la cadena. En estudios comparativos en trabajos realizados en trabajos forestales con varias sierras de cadena con empuñaduras rígidas, se alcanzaron valores de la aceleración ponderada $a_{h,w}$ iguales a 20 ms^{-2} . La adopción de empuñaduras elásticas (empuñaduras antivibratorias) (Fig. 5.9), hace posible reducir la exposición a vibraciones a valores de $a_{h,w}$ en el rango de 5 a 15 ms^{-2} .

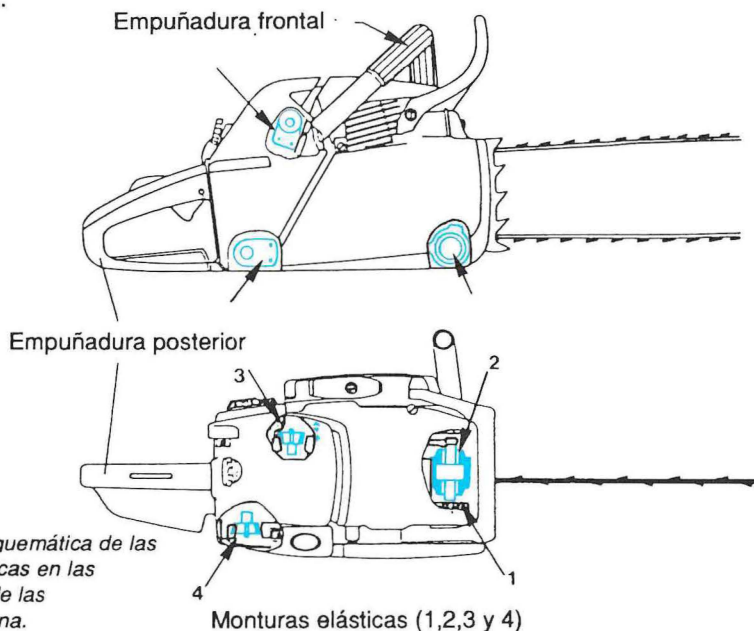


Figura 5.9: Descripción esquemática de las monturas elásticas en las empuñaduras de las sierras de cadena.

Martillos rompedores

Además de la posibilidad, citada anteriormente, de reducir la exposición a vibraciones originada por los martillos mediante una técnica de trabajo con amortiguación de la vibración, también se han desarrollado empuñaduras suspendidas (Fig. 5.10). Los martillos con empuñaduras suspendidas han dado, en pruebas comparativas, una reducción de la exposición a vibraciones desde $a_{h,w}$ igual a 22 a 6 ms^{-2} .

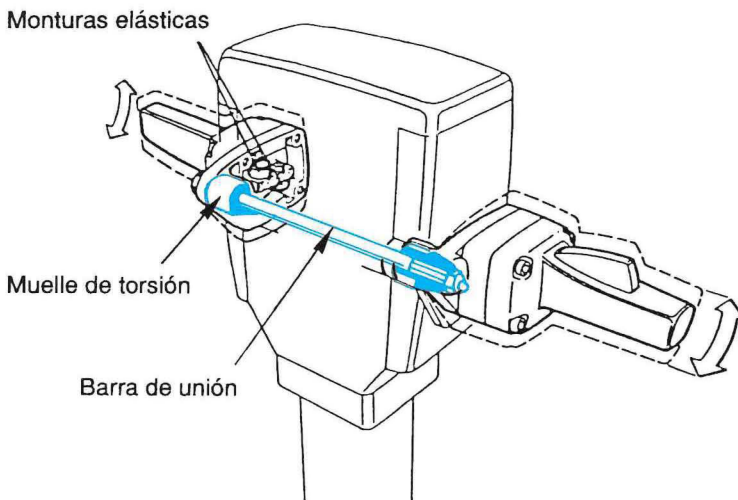


Figura 5.10: Descripción esquemática de empuñaduras suspendidas antivibratorias en un martillo rompedor de tipo pesado.

Martillos para trabajos de la piedra

Para los martillos cinceladores de talla de piedra, se han desarrollado nuevos tipos de tubos protectores para guiar el cincel con la otra mano (figura 5.11). Con estos equipamientos especiales, que se pueden añadir a los martillos existentes, hay seguridad en la guía del cincel y control sensitivo del manejo de la herramienta. La exposición a la vibración cuando se tallaban letras en las piedras decrecía desde $a_{h,w} = 18 \text{ ms}^{-2}$ a $a_{h,w} = 4 \text{ ms}^{-2}$.

Esta lista incompleta de aplicaciones prácticas de empuñaduras antivibratorias o equipos de manipulación muestran las posibilidades para la reducción de elevadas exposiciones a las vibraciones del sistema mano-brazo. Por lo tanto, se puede solicitar a los suministradores herramientas con vibraciones reducidas y promover el uso de estas herramientas en los puestos de trabajo.

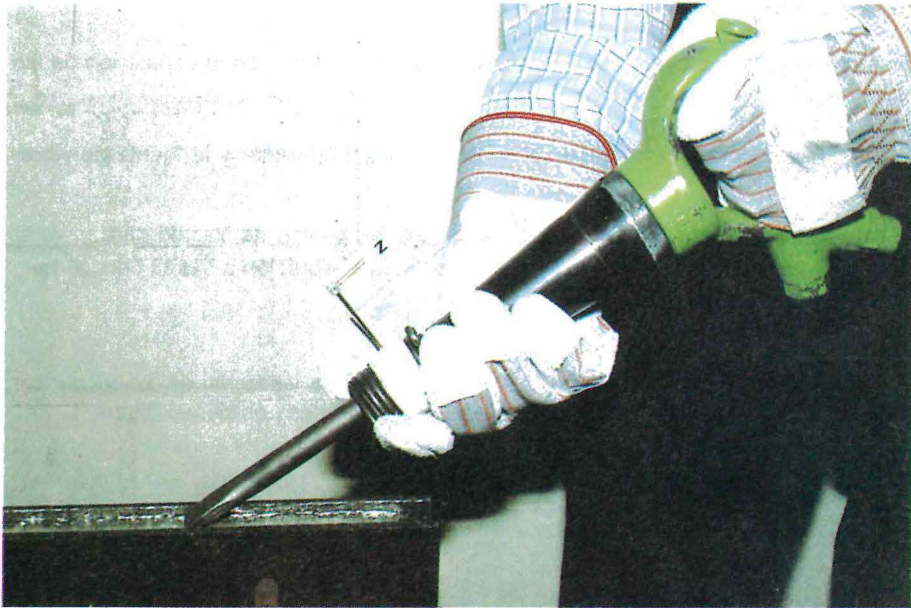


Figura 5.11: Martillo cincelador usado para la preparación de juntas de soldadura o para talla de piedra, equipado con un tubo especial de protección contra las vibraciones para ayudar la guía del cincel.

Vibraciones globales

- Reducción de la vibración en la fuente

Lo más importante es la selección apropiada del vehículo o máquina para el terreno y la tarea, el mantenimiento y entretenimiento del equipo y una buena información al operador sobre los mejores métodos de trabajo. A veces es apropiado realizar un cambio en los principios de trabajo. Por ejemplo partes rotativas en vez de de partes oscilantes de la máquina, correas en lugar de cadenas, etc...

Las medidas a tomar podrían ser la eliminación de masas rotatorias desequilibradas con la subsiguiente compensación de masas, el acoplamiento de masas adicionales para cambiar la frecuencia natural de la máquina. La velocidad de rotación y la frecuencia de oscilación de las partes de la máquina en movimiento se deben elegir de tal forma que la frecuencia de la vibración resultante no esté en el rango al cual el cuerpo humano es particularmente sensible (caso de las vibraciones de las apisonadoras). También podrían reducirse las ondulaciones del terreno sobre el que un vehículo se mueve (nivelando por medio de motoniveladoras el terreno usado por los equipos de movimiento de tierras; raíles soldados para puentes gruas; suelos de fábricas sin baches para las carretillas).

- *Reducción de la transmisión de las vibraciones.*

Hay dos formas complementarias para minimizar los efectos de la exposición de las personas a las vibraciones.

- Introduciendo mecanismos de suspensión entre el operador y la fuente de vibración.
- Adoptando perfiles del asiento y dimensiones del puesto de trabajo para mejorar la postura del operador y reducir la transmisión de la vibración a través del cuerpo.

Mecanismos de suspensión

En un vehículo, se puede reducir la transmisión de la vibración al conductor por medio de elementos aislantes de la vibración en diferentes posiciones (figura 5.12)

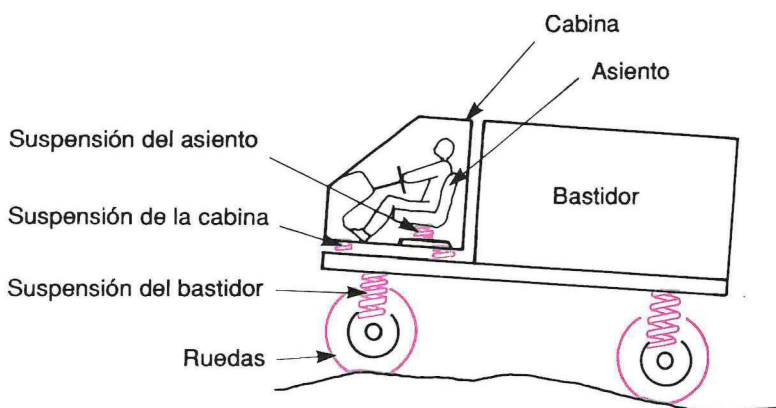


Figura 5.12: Posibles situaciones de los sistemas de suspensión en un vehículo.

Ruedas

La mayoría de los vehículos están equipados con ruedas neumáticas, con la excepción de algunas carretillas elevadoras que tienen ruedas macizas y máquinas de movimiento de tierras con tracción por cadenas. Las ruedas neumáticas filtran las pequeñas irregularidades del terreno. Por otra parte pueden inducir movimientos de baja frecuencia, incluyendo cabeceos en algunas máquinas todo terreno. En algunos casos puede ser adecuado seleccionar ruedas macizas.

Suspensión del vehículo

La mayoría de las máquinas todo-terrenos (con la excepción de los modernos volquetes) tractores agrícolas y carretillas elevadoras no tienen suspensión entre las ruedas y el chasis, a diferencia de los coches y camiones. En los camiones los sistemas semielípticos están siendo reemplazados progresivamente por sistemas parabólicos o neumáticos que permiten un mayor control de la fricción. Cuando el vehí-

culo es articulado, como las niveladoras, un sistema de suspensión puede ser introducido en el punto de la articulación para minimizar el movimiento lateral.

Cabina suspendida

Podemos distinguir entre cabinas aisladas del vehículo mediante sistemas de goma y cabinas de baja frecuencia mecánicamente suspendidas en dos o cuatro puntos. Solo las segundas están diseñadas para reducir la transmisión de las vibraciones a los conductores. En los últimos años, los fabricantes de la mayoría de los camiones articulados y algunos tractores agrícolas han propuesto sistemas de suspensión de esta clase.

Asiento suspendido

La suspensión del asiento constituye la última etapa de la reducción de la vibración ante el conductor. También, es a veces el único sistema de suspensión (ejem: carretillas elevadoras con ruedas macizas). La mayoría de los tipos de asiento están diseñados para aislar solo en el eje vertical, aunque algunos tienen aislamiento tanto en el eje vertical como horizontal y transversal (para camiones articulados y tractores agrícolas). En la práctica, las mediciones realizadas sobre los asientos de algunos vehículos muestran que los asientos amplifican la vibración en vez de reducirla. Es necesario seleccionar un asiento de acuerdo a las características dinámicas del vehículo.

La tabla 5.1 resume los parámetros que se deben tener en cuenta a la hora de elegir un asiento. De esta tabla se deduce que se debe montar un asiento solo sobre vehículos cuyas frecuencias de movimiento dominantes sean superiores a la frecuencia de "atenuación" del asiento (ver figura 5.13). En general los asientos de suspensión mecánica solo aislarán de las vibraciones con frecuencias superiores a unos 3 Hz. Los asientos con suspensión mecánica pueden ser beneficiosos para la reducción de vibraciones de frecuencias inferiores a 3 Hz, aunque son más caros de adquirir instalar y mantener.

Se ha definido una aproximación a las especificaciones que deben cumplir los asientos de tractores agrícolas (ISO 5007 y Directivas de la CEE 78-764, 83-190 y 88-465) y para máquinas todo terreno (ISO 7096)

- Frecuencia de "atenuación" de la suspensión (f_a):

Sólo por encima de esta frecuencia el asiento atenúa la vibración. A frecuencias menores se presenta amplificación, particularmente a la frecuencia de resonancia (f_r). f_a puede ser obtenida mediante la fórmula:

$$f_a \simeq f_r \sqrt{2}$$

- El amortiguamiento debe ser suficiente para:
 - Evitar una excesiva amplificación cuando la frecuencia del movimiento está próxima a la frecuencia de resonancia del asiento.
 - Minimizar la suspensión superior y trasera debido al movimiento transitorio.

- Desplazamiento del asiento.

Cuanto más baja sea la frecuencia mayor debe ser el desplazamiento de la suspensión del asiento (6 a 10 cm a 3 Hz; alrededor de 15 cm a 2 Hz). Cuando se necesite un gran desplazamiento, se usan mecanismos complejos para permitir al conductor mantener el control de los pedales y reducir la fricción interna del asiento.

- Ajuste del asiento

Un ajuste del asiento al peso del conductor es esencial para el correcto funcionamiento de la suspensión. A menudo este ajuste no es realizado por los conductores.

Una de las ventajas de los asientos de suspensión neumática es que el ajuste en peso es automático.

- Lugar ocupado por el asiento.

La mínima distancia entre el hueco y la base del asiento debe ser de alrededor de 20 cm. En algunos casos (por ejemplo carretillas elevadoras con un techo bajo) puede ser difícil montar un asiento suspendido.

Tabla 5.1: *Parámetros de interés para la selección de un asiento suspendido.*

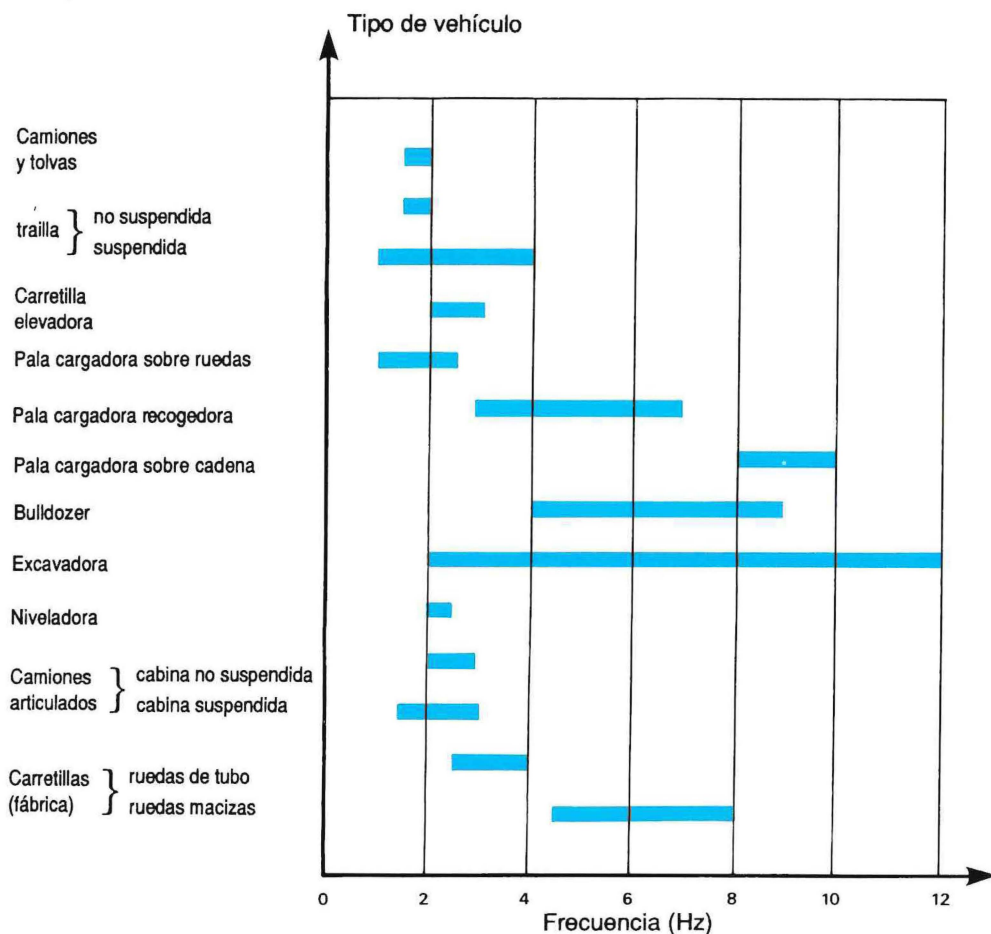


Figura 5.13: Frecuencia de movimiento dominante en el eje vertical para diferentes vehículos industriales.

Edificios

En una nave, se puede reducir la transmisión de la vibración debido a las máquinas industriales (forjas, máquinas para triturar rocas en canteras, etc...) aislando la base de la máquina de otras partes del edificio. Para proteger a los trabajadores de la máquina, puede también diseñarse un suelo suspendido. Para que un suelo suspendido sea óptimo debe presentar las siguientes características:

- frecuencia de resonancia baja (en el caso de las forjas, menos de 3 Hz.)
- altura limitada
- ser tan ligero como sea posible
- ser estable bajo los pies del operador

Estas cuatro características están a menudo en contraposición y es necesario llegar a un compromiso.

Mejoras ergonómicas de las condiciones en la que los trabajadores están expuestos a las vibraciones.

Una mala postura del cuerpo es a menudo considerada al menos parcialmente responsable de la mayoría de los trastornos descritos en los conductores de tractores, pilotos de helicópteros, etc.... Lo que es considerado como confortable en condiciones estáticas puede ser considerado como pobre en condiciones dinámicas. Por ejemplo, el hueco del asiento de un tractor no debe ser tan alto que impida a los conductores hacer frente al movimiento afirmando sus piernas al suelo de la cabina.

Para reducir el giro del tronco del conductor del tractor que necesita mirar a la parte trasera para controlar las operaciones de la herramienta, es recomendable usar un asiento giratorio con un respaldo que no sea demasiado alto y que tenga una curvatura lateral bien marcada.

Control remoto

Otra solución que es óptima, es alejar a los trabajadores del ambiente de vibración. Uno de los más conocidos ejemplos es el de excavadoras que pueden ser conducidas por control remoto.

5.2 PROTECCION PERSONAL CONTRA LA EXPOSICION A LAS VIBRACIONES.

Los equipos de protección personal ofrecen la última posibilidad para proteger la salud y seguridad, si las medidas técnicas u organizativas no pueden eliminar los riesgos de exposición a las vibraciones. Se puede reducir la transmisión de la vibración al cuerpo completo o al sistema mano-brazo y puede ser adaptada al confort de los trabajadores y permitir el manejo de las herramientas libre de problemas.

En el caso de vibraciones mano-brazo, las manos son el punto de contacto del cuerpo con la herramienta vibratoria. Por tanto sería deseable utilizar guantes antivibratorios adecuados. El calzado de seguridad reductor de vibraciones debe ser capaz de proteger contra las vibraciones de la máquina a las personas que permanezcan de pie. Los asientos suspendidos utilizados para la protección de los conductores de vehículos de máquinas de movimientos de tierras no son equipos de protección personal de acuerdo a la definición de la C.E.E.

vibraciones mano-brazo

Durante algunos años se ha propuesto el uso de guantes antivibratorios con canales de aire comprimido absorbentes de choques en la superficie interior, pero en la práctica industrial suelen ser rechazados debido a la dificultad de realizar un trabajo preciso con herramientas guiadas o sostenidas con la mano. Se ha demostrado mediante ensayos de laboratorio que este tipo de guantes no proporcionan una atenuación suficiente de las vibraciones. Se han propuesto algunos guantes con material de espuma absorbente de las vibraciones en la superficie interior que causan solo una pequeña dificultad manual. En el momento actual no existen métodos adecuados para medir la atenuación de las vibraciones de los guantes aunque algunos fabricantes pretenden conseguir reducciones adecuadas.

vibraciones globales

Para reducir las vibraciones transmitidas a los pies se puede diseñar calzado con suelas absorbentes. Se han hecho mediciones sobre el calzado existente actualmente, pero tienen pequeñas atenuaciones.

Los conductores de vehículos todo terreno y ciclomotores a veces utilizan un cinturón protector para mantener su postura mediante rigidez de su abdomen. La eficacia de estos cinturones en la reducción de la vibración no ha sido demostrada. Los médicos son generalmente contrarios a su uso sistemático debido a las consecuencias musculares.

5.3 PRECAUCIONES MEDICAS.

Introducción

Las precauciones médicas no pueden reemplazar a las medidas técnicas. Cuando las medidas preventivas técnicas no son capaces de eliminar los riesgos para la salud, se debe vigilar el estado de salud del operador por medio de exámenes médicos y medidas higiénicas preventivas. El texto que sigue describe el contenido y criterios de éstos, tal y como se han desarrollado actualmente en diferentes proyectos.

Examen preventivo para exposición a vibraciones del sistema mano-brazo.

Tipo de exámenes

Exámenes iniciales: Se deben realizar antes de comenzar un trabajo en un puesto de trabajo con riesgos para la salud asociados con herramientas vibrátiles manuales.

Exámenes posteriores: Durante el trabajo en puestos con riesgos para la salud asociados con herramientas vibrátiles manuales.

Contenido del examen

Anamnesis:

- Historia médica general con especial consideración del sistema cardiovascular y dolencias en la parte superior del cuerpo.
- Dolencias actuales.
- Historial de trabajo.

Exámenes médicos apropiados al trabajo considerado:

- Examen clínico incluyendo una evaluación del sistema cardiovascular y un pequeño estudio neurológico sin instrumentación especial.
- Ensayo de provocación del frío. Medida de los umbrales de percepción vibrotáctiles en las extremidades de los dedos.
- Radiografías de muñecas, codos u hombros según se considere necesario después del examen médico.

Contraindicaciones médicas

Enfermedades del esqueleto en las extremidades superiores. Tendencia a espasmos vasculares, enfermedad de Raynaud primaria, fenómeno de Raynaud secundario (DBV u otros casos), lesiones o enfermedades preexistentes a la exposición a la vibración.

Exámen preventivo para vibraciones globales.

Tipo de exámen

Exámenes iniciales: Se deben realizar antes de comenzar una actividad en un puesto de trabajo con riesgos para la salud con vibraciones globales.

Exámenes posteriores: Durante el empleo en un puesto de trabajo con riesgos para la salud asociado a vibraciones globales.

Contenido del examen

Anamnesis:

- Historia médica general con especial consideración del sistema musculoesquelético.
- Historial del trabajo.

Exámenes médicos apropiados al trabajo considerado en el que existe exposición a vibraciones.

- Exámen de cada segmento de la columna vertebral (inspección, palpación, percusión, movimiento).
- Movilidad de las extremidades superiores e inferiores, ensayos de reflejos, ensayos de sensibilidad.
- Radiografía de los segmentos de la columna vertebral, si se considerase necesario después del examen médico.

Contraindicaciones médicas:

Distintos trastornos degenerativos de la columna

Restricción de la función de la columna de forma dolorosa y recidivante, síndromes del disco espinal (por ejemplo hernia de disco) que han recibido tratamiento quirúrgico.

Enfermedades crónicas del tracto gastrointestinal eje. gastritis crónicas, diferentes desajustes autónomos.

GENERAL

1. DUPUIS H., ZERLETT G. **The effects of whole-body vibration**. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 1986.
2. GRIFFIN M.J. **The effects of vibration on health**. Memorandum 632. Southampton, University of Southampton, 1982.
3. HARRIS C.M. CREDE C.E. **Shock and vibration handbook**. 2nd edition. New York, Mc Graw-Hill Book Co., 1976.
4. International Labour Office (ILO). **Noise and vibration in the working environment**. Occupational Safety and Health Series No. 33. Geneva, International Labour Office, 1976.
5. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS). **Effets des vibrations sur l'homme**. No Spécial de Travail et Sécurité. Paris, Institut National de Recherche et de Sécurité, 1983.
6. SCHÄFER N., DUPUIS H., HARTUNG E. **Schwingungsminderung am Arbeitsplatz**. Forschungsbericht Nr 305. Dortmund, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, 1982.
7. WASSERMANN D.E. **Human aspects of occupational vibration**. Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., 1987.

VIBRACIONES GLOBALES

8. British Standards Institution. **Guide to the evaluation of human exposure to whole-body mechanical**

vibration and repeated shock. BS 6841 : 1987, London, British Standards Institution, 1987.

9. BRAND H., SCHNAUBER H. **Abbau von Schwingungsbelastungen in der Eisen- und Stahlindustrie**. Schriftenreihe "Humanisierung des Arbeitslebens", Nr. 6 (Bundesminister für Forschung und Technologie). Frankfurt-New York, Campus Verlag, 1980, 248 p.
10. CHRIST E. **Beanspruchung und Leistungsfähigkeit des Menschen bei unterbrochener und Langzeit-Exposition mit stochastischen Schwingungen**. Dissertation, T.H. Darmstadt. Fortschritt-Berichte VDI-Z, Reihe 11, Nr 17, 1973,85 p.
11. DUPUIS H. **Einwirkung berufsbedingter Vibrationen auf die Wirbelsäule**. Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd 92, 1980, 45-50.
12. DUPUIS H., ZERLETT G. **Beanspruchung des Menschen durch mechanische Schwingungen**. Forschungsbericht Ganz-Körper-Schwingungen. Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Bonn, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, 1984.
13. International Organization for Standardization. **Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration**, ISO 2631 : 1978. Geneva, International Organization for Standardization, 1978.
14. KJELLBERG A., WIKSTROM B.O. **Whole-body vibration exposure time and acute effects. A review**. Ergonomics vol.28, no.3, March 1985, 535-544.

15. MIWA T. Evaluation methods for vibration effect. Part 1: Measurements of threshold and equal sensation contours of whole-body for vertical and horizontal vibrations. *Ind. Health*, vol. 5, 1967, 183-205.
16. YONEKAWA Y. An exploratory study of the evaluation of repeated shocks. In: *Human response to vibration*. Proceedings inst. Sound and Vibr., 65, 1975.

VIBRACIONES MANO-BRAZO

17. BOVENZI M., PETRONIO L., DI MARINO F. Epidemiological survey of shipyard workers exposed to hand-arm vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 46, no. 3, 1980, 251-266.
18. BRAMMER A.J. Exposure of the hand to vibration in industry. NRCC Publication no. 22844. Ottawa, National Research Council of Canada, 1984, 63p.
19. DUPUIS H. (Ed.). Wirkung mechanischer Schwingungen auf das Hand-Arm-System. Expertenkolloquium. Forschungsbericht Nr. 348. Dortmund, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, 1983, 94 p.
20. DUPUIS H. Untersuchung zu vibrationsbedingten Durchblutungsstörungen der Hände. Forschungsbericht Hand-Arm-Schwingungen. Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften. Sankt Augustin, Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, 1986.
21. FUTATSUKA M., SAKUNAI T., ARIIZUMI M. Preliminary evaluation of dose-effect relationships for vibration induced white finger in Japan. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, vol. 54, no. 3, 1984, 201-221.
22. GRIFFIN M.J. Vibration injuries of the hand and arm: their occurrence and the evolution of standards and limits. Health and Safety Executive, Research Paper 9. London, HMSO, 1980.
23. International Organization for Standardization. Guide for the measurement and the assessment of human exposure to vibration transmitted to the hand. ISO 5349. Geneva, International Organization for Standardization, 1986.
24. LUNDSTRÖM R. Effects of local vibration on tactile perception in the hands of dentists. *Journ. of Low Frequency Noise and Vibration*, vol. 1, no. 1, 1982.
25. PYYKKÖI., KORHONEN I., STARK J., FÄRKILÄ M. and FUTATSUKA M. Vibration syndrome, a review. Paper on Int. Course on Vibration. Helsinki, 1981.
26. TAYLOR W. (Ed.). The vibration syndrome. London. Academic Press, 1974.
27. TAYLOR W., PELMEAR P.L. (Eds.). Vibration white finger in industry. London, Academic Press, 1975.

CONTENIDO

Introducción	3
1. ¿Qué es una vibración?.....	5
1.1. Vibraciones y sus características	5
1.2. Incidencia de las vibraciones número de personas expuestas	8
2. Como medir y evaluar las vibraciones	11
3. Efectos de la exposición a vibraciones.....	17
3.1. Vibraciones mano-brazo.....	17
3.2. Vibraciones globales	23
4. Ejemplos de exposición a vibraciones.....	27
5. Protección contra las vibraciones	31
5.1. Medidas Técnicas contra la exposición a las vibraciones	31
5.2. Protección personal contra la exposición a las vibraciones	44
5.3. Precauciones Médicas	45
6 Bibliografía.....	47

Sección Internacional para la investigación de la prevención de riesgos profesionales

Fundada en 1980 en el marco de trabajo del Comité Permanente para la Prevención de Riesgos Profesionales de la Asociación Internacional de la Seguridad Social (AISS), la Sección de Investigación tiene los siguientes objetivos:

- Recopilar información sobre los conocimientos actuales y proyectos de investigación en el campo de la prevención de riesgos profesionales y de la mejora de las Condiciones de Trabajo.
- Divulgar esta información a todas las partes interesadas.
- Y promover cooperaciones e intercambios internacionales.

ACTIVIDADES Y SERVICIOS.

Banco de Datos.

La Sección realiza un estudio internacional permanente de los conocimientos actuales y proyectos de investigación sobre seguridad y salud laboral y la mejora de las Condiciones de Trabajo.

La información recogida alimenta a un banco de datos bilingüe (Francés e Inglés) al que se puede acceder a través de un terminal, o que se puede consultar a través del servicio de preguntas -y- respuestas que realiza el INRS.

Los temas registrados en el banco de datos proporcionan una completa descripción de las organizaciones de investigación y sus actividades (dirección, número de teléfono, estado legal, nombre de los administradores, número de empleados, objetivos, equipos dignos de mencionarse, publicaciones, etc.). Los usuarios también pueden conocer que investigaciones se están realizando sobre una materia en particular (título del proyecto, así como si el sumario del proyecto cumple los objetivos del estudio y los métodos utilizados).

Informe de la Investigación

El informe se realiza para promover el diálogo entre los investigadores en diferentes organizaciones y países.

Este contiene informaciones suministradas por los miembros relativos a las Organizaciones, trabajos y sus publicaciones y actividades. También informa sobre las actividades de la Sección y guarda estos libros y mantiene una línea de información sobre las publicaciones y eventos internacionales relacionados con la investigación en el campo de la seguridad y salud en el trabajo.

Conferencias y seminarios

Con vistas a promover los intercambios internacionales, la Sección organiza Conferencias y Seminarios sobre metodologías o temas generales realizados por especialistas en un campo particular y que proporciona una oportunidad para reunir y comparar conocimientos.

Los trabajos presentados en estas conferencias y seminarios son regularmente publicados después de cada reunión.

Grupos de Trabajo

En orden a realizar los estudios sobre temas que no pueden ser tratados durante las conferencias y seminarios, la Sección ha decidido crear y potenciar un cierto número de grupos de trabajo.

Estos grupos se formarán de entre los expertos designados por la oficina después de consultar en las organizaciones, miembros y secciones internacionales de la AISS y estudiará y redactará informes sobre materias relacionadas con las actividades de la Sección.

**At least one of the ISSA'S International Sections
on the Prevention of Occupational Risks corresponds
to your field of interest : Do not hesitate to contact
their Secretariats**



ISSA INTERNATIONAL SECTION for AGRICULTURE
Bundesverband der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaften
Weissensteinstrasse 72
D - 3500 KASSEL-WILHELMSHÖHE Federal Republic of Germany



ISSA INTERNATIONAL SECTION for the CHEMICAL INDUSTRY
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
Gaisbergstrasse 11
D - 6900 HEIDELBERG Federal Republic of Germany



ISSA INTERNATIONAL SECTION for the CONSTRUCTION INDUSTRY
Organisme professionnel de prévention du bâtiment et des travaux publics (OPPBTP)
Tour Amboise
204, Rond-Point du Pont-de-Sèvres
F - 92516 BOULOGNE-BILLANCOURT France



ISSA INTERNATIONAL SECTION for ELECTRICITY
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik
Gustav Heinemann Ufer 130
D - 5000 KÖLN 51 Federal Republic of Germany



ISSA INTERNATIONAL SECTION for INFORMATION
Arbetsarkyddsaemnden
Sveavagen 21
Box 3208
103 64 STOCKHOLM Sweden



ISSA INTERNATIONAL SECTION for the IRON and STEEL INDUSTRY
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
Unfallverhütungsdienst
Adalbert-Stifter-Strasse 65-67
A - 1200 WIEN XX Austria



ISSA INTERNATIONAL SECTION for MACHINE SAFETY
Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten
Dynamostrasse 7-9
D - 6800 MANNHEIM 1 Federal Republic of Germany

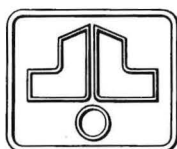


ISSA INTERNATIONAL SECTION for the MINING INDUSTRY
Ostrava-Karvina coal field development and projecting
Havlíčkovo Nábř. 38
CS - 73016 OSTRAVA 1 Czechoslovakia



ISSA INTERNATIONAL SECTION for RESEARCH
Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS)
30, rue Olivier-Noyer
F - 75680 PARIS CEDEX 14 France

ISSA WORKING GROUP on PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
Torrelaguna 73
E - MADRID 27 Spain



MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL
INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO