



---

### ENFERMEDADES PROFESIONALES POR VIBRACIONES:

#### Enfermedad profesional:

La inclusión de una patología determinada en la lista de enfermedades profesionales exige la concurrencia en el tiempo de los factores mencionados en el preámbulo, el agente, la exposición y la enfermedad, que permiten establecer la relación de causalidad. Por lo tanto es condición necesaria, para dar plena validez a la lista, que se haga una relación sistemática de los agentes que serán considerados potencialmente patógenos, las condiciones de la exposición y las enfermedades que se producen con el tipo de exposición incluido en la lista.

Para atribuir el carácter de profesional a una enfermedad es necesario tomar en cuenta algunos elementos básicos que permiten diferenciarlas de las enfermedades comunes:

- AGENTE: debe existir un agente en el ambiente de trabajo que por sus propiedades puede producir un daño a la salud; la noción del agente se extiende a la existencia de condiciones de trabajo que implican una sobrecarga al organismo en su conjunto o a parte del mismo.
- EXPOSICION: debe existir la demostración que el contacto entre el trabajador afectado y el agente o condiciones de trabajo nocivas sea capaz provocar un daño a la salud.
- ENFERMEDAD: debe haber una enfermedad claramente definida en todos sus elementos clínicos, anátomo-patológicos y terapéuticos, o un daño al organismo de los trabajadores expuestos a los agentes o condiciones señalados antes.
- RELACION DE CAUSALIDAD deben existir pruebas de orden clínico, patológico, experimental o epidemiológico, consideradas aislada o concurrentemente, que permitan establecer una asociación de causa efecto, entre la patología definida y la presencia en el trabajo, de los agentes o condiciones señaladas más arriba.

La conjunción de estos cuatro elementos permite distinguir cuando una enfermedad es o no profesional y establecer las listas de las que serán reconocidas como tales y las condiciones de su reconocimiento. Al considerar estos elementos se puede poner en claro cuales son las condiciones de generación de las enfermedades profesionales y en consecuencia cómo se pueden evitar.

#### Vibración:

Una **vibración** consiste en el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio sin que exista desplazamiento neto del objeto que vibra. Las vibraciones se transmiten por el interior de un objeto y también a través de los puntos de contacto, entre diferentes objetos.



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

---

La vibración como fenómeno físico puede afectar el cuerpo humano y tener un efecto perjudicial sobre la salud del trabajador y un efecto negativo en seguridad laboral.

Para los fines del estudio, el término "vibración" implica cualquier vibración que se transmite al cuerpo humano a través de estructuras sólidas y es perjudicial para la salud o peligros. (Protection of workers against noise and vibration, 1984)

En este trabajo se resume las respuestas humanas a las vibraciones de cuerpo completo y las transmitidas a las manos.

### **Magnitud:**

Los desplazamientos oscilatorios de un objeto implican, alternativamente, una velocidad en una dirección y después una velocidad en dirección opuesta. Este cambio de velocidad significa que el objeto experimenta una aceleración constante, primero en una dirección y después en dirección opuesta. La magnitud de una vibración puede cuantificarse en función de su desplazamiento, su velocidad o su aceleración. A efectos prácticos, la aceleración suele medirse con acelerómetros. La unidad de aceleración es el metro por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ). La aceleración debida a la gravedad terrestre es, aproximadamente, de  $9,81 m/s^2$ . La magnitud de una oscilación puede expresarse como la distancia entre los extremos alcanzados por el movimiento (valor pico-pico) o como la distancia desde algún punto central hasta la desviación máxima (valor pico). Con frecuencia, la magnitud de la vibración se expresa como el valor promedio de la aceleración del movimiento oscilatorio, normalmente el valor cuadrático medio o valor eficaz ( $m/s^2$  r.m.s.). Para un movimiento de una sola frecuencia (senoidal), el valor eficaz es el valor pico dividido por  $\sqrt{2}$ . Para un movimiento senoidal, la aceleración,  $a$  (en  $m/s^2$ ), puede calcularse a partir de la frecuencia,  $f$  (en ciclos por segundo), y el desplazamiento,  $d$  (en metros):  $a = (2\pi f)^2 d$ . Puede usarse esta expresión para convertir medidas de aceleración en desplazamientos, pero solo tiene precisión cuando el movimiento se produce a una sola frecuencia. A veces se utilizan escalas logarítmicas para cuantificar magnitudes de vibración en decibelios. Cuando se utiliza el nivel de referencia de la Norma Internacional 1683, el nivel de aceleración,  $L_a$ , viene dado por la expresión  $L_a = 20 \log_{10}(a/a_0)$ , en donde  $a$  es la aceleración medida (en  $m/s^2$  r.m.s.) y  $a_0$  el nivel de referencia de  $10^{-6} m/s^2$ . En algunos países se utilizan otros niveles de referencia.

### **Frecuencia:**

La frecuencia de vibración, que se expresa en ciclos por segundo (hertzios, Hz), afecta a la extensión con que se transmiten las vibraciones al cuerpo (p. ej., a la superficie de un asiento o a la empuñadura de una herramienta vibrante), a la extensión con que se transmiten a través del cuerpo (p. ej., desde el asiento a la cabeza) y al efecto de las vibraciones en el cuerpo. La relación entre el desplazamiento y la aceleración de un movimiento depende también de la frecuencia de oscilación: un desplazamiento de un milímetro corresponde a una aceleración muy pequeña a bajas frecuencias, pero a una aceleración muy grande a frecuencias altas; el desplazamiento de la vibración visible al ojo humano no proporciona una buena indicación de la aceleración de las vibraciones. Los efectos de las vibraciones de cuerpo completo suelen ser



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

---

máximos en el límite inferior del intervalo de frecuencias, de 0,5 a 100 Hz. En el caso de las vibraciones transmitidas a las manos, las frecuencias del orden de 1.000 Hz o superiores pueden tener efectos perjudiciales. Las frecuencias inferiores a unos 0,5 Hz pueden causar mareo inducido por el movimiento. El contenido de frecuencia de la vibración puede verse en los espectros. En muchos tipos de vibraciones de cuerpo completo y de vibraciones transmitidas a las manos, los espectros son complejos, produciéndose algo de movimiento a todas las frecuencias. Sin embargo, suele haber picos a las frecuencias que se presentan en la mayor parte de las vibraciones. Dado que la respuesta humana a las vibraciones varía según la frecuencia de vibración, es necesario ponderar la vibración medida en función de cuánta vibración se produce a cada una de las frecuencias. Las ponderaciones en frecuencia reflejan la medida en que las vibraciones causan el efecto indeseado a cada frecuencia. Es necesario realizar ponderaciones para cada eje de vibración. Se requieren ponderaciones en frecuencia diferentes para las vibraciones de cuerpo completo, las vibraciones transmitidas a las manos y el mareo inducido por el movimiento.

### **Dirección:**

Las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. En el caso de personas sentadas, los ejes lineales se designan como eje x (longitudinal), eje y (lateral) y eje z (vertical). Las rotaciones alrededor de los ejes x, y y z se designan como rx (balanceo), ry (cabeceo) y rz (deriva), respectivamente. Las vibraciones suelen medirse en la interfase entre el cuerpo y las vibraciones

### **Duración:**

La respuesta humanas a las vibraciones depende de la duración total de la exposición a las vibraciones. Si las características de la vibración no varían en el tiempo, el valor eficaz de la vibración proporciona una medida adecuada de su magnitud promedio. En tal caso un cronómetro puede ser suficiente para evaluar la duración de la exposición. La intensidad de la magnitud promedio y la duración total pueden evaluarse según las normas expuestas en los siguientes artículos. Si varían las características de la vibración, la vibración promedio medida dependerá del período durante el que se mida. Además, se cree que la aceleración eficaz infravalora la intensidad de los movimientos que contienen choques o son marcadamente intermitentes. Muchas exposiciones profesionales son intermitentes, tienen una magnitud variable en cada momento o contienen choques esporádicos. La intensidad de tales movimientos complejos pueden acumularse de manera que dé un peso apropiado a, por ejemplo, períodos cortos de vibración de alta magnitud y períodos largos de vibración de baja magnitud. Para el cálculo de las dosis se utilizan diferentes métodos. (vibraciones,Michel)

### **Clasificación de las vibraciones:**

- **Vibraciones de cuerpo completo**



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

---

Las vibraciones del cuerpo completo ocurren cuando el cuerpo está apoyado en una superficie vibrante (por ejemplo, cuando se está sentado en un asiento que vibra, de pie sobre un suelo vibrante o recostado sobre una superficie vibrante). Este tipo de vibraciones se presentan en todas las formas de transporte y cuando se trabaja cerca de maquinaria industrial.

La transmisión de vibraciones al cuerpo y los efectos sobre el mismo dependen mucho de la postura y no todos los individuos presentan la misma sensibilidad, es decir, la exposición a vibraciones puede no tener las mismas consecuencias en todas las situaciones.

Por debajo de los 2 Hz, las vibraciones sobre el cuerpo entero desencadenan alteraciones del tipo vestibular, el mareo. Fenómeno típico en el transporte acuático. A este mareo se lo denomina comúnmente cinetosis. Entre las frecuencias de 2 a 30 Hz los efectos guardan relación con la resonancia de distintos órganos.

Las exposiciones profesionales a las vibraciones de cuerpo completo se dan, principalmente, en el transporte, pero también en algunos procesos industriales. El transporte terrestre, marítimo y aéreo puede producir vibraciones que pueden causar malestar, interferir con las actividades u ocasionar lesiones. En la Tabla X se ofrece una relación de algunos ambientes que pueden entrañar gran probabilidad de riesgo para la salud. La exposición más común a vibraciones y choques fuertes suele darse en vehículos todo terreno, incluyendo maquinaria de movimiento de tierras, camiones industriales y tractores agrícolas.

Actividades para las que puede ser conveniente alertar sobre los efectos desfavorables de la vibración de cuerpo completo:

- Conducción de tractores
- Vehículos de combate blindados (p. ej., tanques) y otros similares

Otros vehículos todoterreno:

- Maquinaria de movimiento de tierras: cargadoras, excavadoras, bulldozers, motoniveladoras, cucharas de arrastre, volquetes, rodillos compactadores.
- Máquinas forestales
- Maquinaria de minas y canteras
- Carretillas elevadoras
- Conducción de algunos camiones (articulados y no articulados)
- Conducción de algunos autobuses y tranvías
- Vuelo en algunos helicópteros y aeronaves de alas rígidas
- Algunos trabajadores que utilizan maquinaria de fabricación de hormigón
- Algunos conductores ferroviarios
- Uso de algunas embarcaciones de alta velocidad
- Conducción de algunos ciclomotores
- Conducción de algunos turismos y furgonetas
- Algunas actividades deportivas
- Algunos otros tipos de maquinaria industrial

Fuente: Adaptado de Griffin 1990.



## Biodinámica

Como todas las estructuras mecánicas, el cuerpo humano tiene frecuencias de resonancia a las que presenta una respuesta mecánica máxima. La explicación de las respuestas humanas a las vibraciones no puede basarse exclusivamente en una sola frecuencia de resonancia. Hay muchas resonancias en el cuerpo, y las frecuencias de resonancia varían de unas personas a otras y en función de la postura. Para describir el modo en que la vibración produce movimiento en el cuerpo suelen utilizarse dos respuestas mecánicas: transmisibilidad e impedancia. La transmisibilidad indica qué fracción de la vibración se transmite, por ejemplo, desde el asiento a la cabeza. La transmisibilidad del cuerpo depende en gran medida de la frecuencia de vibración, el eje de vibración y la postura del cuerpo. La vibración vertical de un asiento causa vibraciones en varios ejes en la cabeza; en el caso del movimiento vertical de la cabeza, la transmisibilidad suele alcanzar su máximo valor en el intervalo de 3 a 10 Hz. La impedancia mecánica del cuerpo indica la fuerza que se requiere para que el cuerpo se mueva a cada frecuencia. Aunque la impedancia depende de la masa corporal, la impedancia vertical del cuerpo humano suele presentar resonancia en torno a los 5 Hz. La impedancia mecánica del cuerpo, incluyendo esta resonancia, incide considerablemente en la forma en que se transmite la vibración a través de los asientos

## Enfermedades Profesionales producidas por vibraciones de cuerpo entero (Decreto 658)

### AGENTE: VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO

ENFERMEDADES	ACTIVIDADES LABORALES QUE PUEDEN GENERAR EXPOSICION
<ul style="list-style-type: none"><li>- Espóniloartrosis de la columna lumbar.</li><li>- Calcificación de los discos intervertebrales.</li></ul>	Actividades que expongan a las vibraciones de cuerpo entero, principalmente: <ul style="list-style-type: none"><li>- Conductores de vehículos pesados</li><li>- Operadores de grúas y equipos pesados</li></ul>

Tabla I

### Riesgo para la salud de la columna vertebral:

Los estudios epidemiológicos indican con frecuencia que existe un riesgo elevado para la salud en la columna vertebral de los trabajadores expuestos durante muchos años a intensas vibraciones de cuerpo completo (p. ej., trabajo en tractores o máquinas de movimiento de tierras). Intensas vibraciones de cuerpo completo de larga duración puede afectar negativamente a la columna e incrementar el riesgo de molestias lumbares. Tales molestias pueden ser consecuencia secundaria de una alteración degenerativa primaria de las vértebras y discos



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

---

intervertebrales. Se descubrió que la parte afectada con más frecuencia es la región lumbar de la columna vertebral, seguida de la región torácica. Algunos informes señalan un riesgo sensiblemente mayor de dislocación de los discos lumbares. La conducción profesional de vehículos y el pilotaje de helicópteros son factores de riesgo importantes para las molestias lumbares y los trastornos de la espalda. Se observó un aumento del número de pensiones por discapacidad y de las bajas laborales de larga duración debido a trastornos relacionados con los discos intervertebrales entre los operadores de grúas y conductores de tractores. Los datos existentes no permiten establecer un nivel de exposición sin efectos adversos (es decir, un límite de seguridad) que posibilite prevenir de modo fiable las enfermedades de la columna. Muchos años de exposición por debajo o cerca del límite de exposición contemplado en la versión actual de la Norma Internacional 2631 (ISO 1985) no excluyen el riesgo. Consideraciones teóricas sugieren efectos marcadamente perjudiciales de las cargas pico elevadas que actúan sobre la columna durante las exposiciones con altos valores transitorios. Por lo tanto, el uso de un método de “energía equivalente” para calcular la dosis de vibración (como el de la Norma Internacional 2631 (ISO 1985)) es cuestionable para exposiciones a vibraciones de cuerpo completo que contienen altas aceleraciones pico. Los efectos a largo plazo por las vibraciones de cuerpo completo dependiendo de la frecuencia de vibración no se han deducido de los estudios epidemiológicos. Las vibraciones de cuerpo completo a frecuencias de 40 a 50 Hz aplicada a través de los pies a operarios en posición de pie, fue seguida de cambios degenerativos de los huesos de los pies. Por lo general, las diferencias entre sujetos se han pasado por alto en gran medida, aunque los fenómenos de la selección sugieren que pueden tener gran importancia. La aceptación general de los trastornos degenerativos de la columna como enfermedad de origen profesional es objeto de debate. No se conocen elementos de diagnóstico específicos que permitan una diagnosis fiable del trastorno como consecuencia de la exposición a las vibraciones de cuerpo completo. Una elevada prevalencia de trastornos de columna degenerativos en poblaciones no expuestas impide confirmar la suposición de una etiología predominantemente profesional en individuos expuestos a vibraciones de cuerpo completo. No se conocen factores de riesgo individuales de tipo constitucional que pudieran modificar la tensión inducida por la vibración. La referencia a una intensidad mínima y/o una duración mínima de las vibraciones de cuerpo completo como requisito previo para el reconocimiento del origen profesional de una enfermedad no tendría en cuenta la considerable variabilidad que cabe esperar en cuanto a susceptibilidad individual.

### Medida y valoración de la exposición

Las vibraciones de cuerpo completo deben medirse en las interfases entre el cuerpo y la fuente de vibración. En el caso de personas sentadas esto implica la colocación de acelerómetros en la superficie del asiento, debajo de las tuberosidades isquiáticas de los sujetos. A veces las vibraciones se miden también en el respaldo del asiento (entre el respaldo y la espalda) así como en los pies y las manos (véase la Figura). Los datos epidemiológicos por sí solos no son suficientes para definir cómo valorar las vibraciones de cuerpo completo de un modo que permita predecir los riesgos para la salud derivados de los diferentes tipos de exposición a las vibraciones. En estos momentos, la comprensión de las respuestas biodinámicas y de las respuestas subjetivas tomando en consideración los datos epidemiológicos, proporciona orientación al respecto. Actualmente, se supone que la forma en que los efectos para la salud derivados de los movimientos dependen de la frecuencia, dirección y duración del movimiento es



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

igual o parecida a la del malestar por vibración. Ahora bien, se considera que lo importante es la exposición total, no la exposición promedio, y que por lo tanto es adecuado medir la dosis. Además de valorar las vibraciones medidas de acuerdo con las normas actuales, es aconsejable informar de los espectros de frecuencia, las magnitudes de los diferentes ejes y otras características de la exposición, incluyendo las duraciones de la exposición diaria y la de toda la vida. También debería tenerse en cuenta la presencia de otros factores ambientales adversos, en especial la postura sentada.

Figura • Ejes para medir exposiciones a la vibración en personas sentadas.

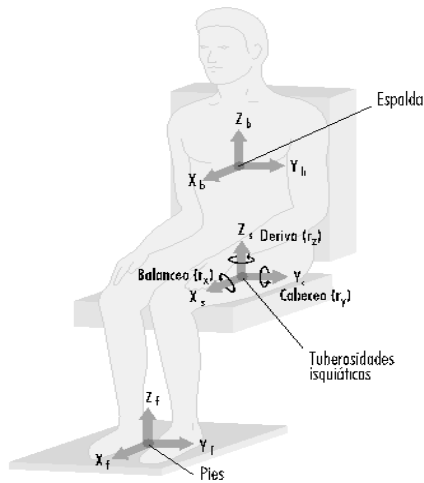


Figura 1: Ejes para medir exposiciones a la vibración en personas sentadas.

## Prevención

Cuando sea posible se dará preferencia a la reducción de las vibraciones en la fuente. Para ello puede ser necesario reducir las ondulaciones del terreno o la velocidad de desplazamiento de los vehículos. Otros métodos para reducir la transmisión de vibraciones a los operarios exigen comprender las características del entorno de las vibraciones y la ruta de transmisión de las vibraciones al cuerpo. Por ejemplo, a menudo la magnitud de la vibración depende de la ubicación: en algunas zonas se experimentan magnitudes menores. En la Tabla II se ofrece una lista de algunas medidas preventivas que pueden tenerse en cuenta.

Resumen de medidas preventivas que han de considerarse cuando las personas están expuestas a vibración global de todo el cuerpo:

Grupo	Acción
Dirección	Obtener asesoramiento técnico Obtener asesoramiento médico





## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

	<p>Prevenir a las personas expuestas</p> <p>Formar a las personas expuestas</p> <p>Analizar los tiempos de exposición</p> <p>Adoptar medidas para retirar a los afectados de la exposición</p>
Fabricantes de máquinas	<p>Medir la vibración</p> <p>Diseño que minimice las vibraciones de cuerpo completo</p> <p>Optimizar el diseño de la suspensión Optimizar la dinámica de los asientos Utilizar un diseño ergonómico para permitir una postura correcta, etc.</p> <p>Asesorar en el mantenimiento de la máquina</p> <p>Asesorar en el mantenimiento de los asientos</p> <p>Alertar sobre las vibraciones peligrosas</p>
Técnicos	<p>en el lugar de trabajo Medir la exposición a las vibraciones Proveer máquinas adecuadas</p> <p>Seleccionar asientos con buena atenuación</p> <p>Mantener las máquinas Informar a la dirección</p>
Médicos	<p>Reconocimiento selectivo antes de la contratación Revisiones médicas periódicas</p> <p>Anotar todos los síntomas comunicados</p> <p>Advertir a los trabajadores con predisposición evidente Asesorar sobre las consecuencias de la exposición Informar a la dirección</p>
Personas expuestas	<p>Utilizar la máquina correctamente</p> <p>Evitar la exposición innecesaria a las vibraciones</p> <p>Comprobar que el asiento está bien ajustado</p> <p>Adoptar una postura sentada correcta Comprobar el estado de la máquina Informar al supervisor de los problemas de vibraciones</p> <p>Obtener asesoramiento médico si aparecen síntomas</p> <p>Informar a la empresa de los trastornos correspondientes</p>

**Tabla II**





## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

---

Se pueden diseñar los asientos de manera que atenúen las vibraciones. La mayoría de los asientos presentan resonancia a bajas frecuencias, lo que hace que se produzcan mayores magnitudes de vibración vertical en el asiento que en el piso. A altas frecuencias suele producirse una atenuación de las vibraciones. En la práctica, las frecuencias de resonancia de los asientos habituales están en la región de los 4 Hz. La amplificación en resonancia viene determinada en parte por la amortiguación del asiento. Un aumento de la capacidad de amortiguación del relleno del asiento tiende a reducir la amplificación en resonancia pero aumenta la transmisibilidad a altas frecuencias. Hay grandes variaciones de transmisibilidad entre asientos, las cuales se traducen en considerables diferencias en cuanto a la vibración que experimentan las personas. Una indicación numérica simple de la eficacia de aislamiento de un asiento para una aplicación específica, es la que proporciona la transmisibilidad de la amplitud eficaz del asiento (SEAT) (véase Griffin 1990). Un valor de SEAT superior al 100 % indica que, globalmente, las vibraciones en el asiento son peores que las vibraciones en el piso. Valores inferiores al 100 % indican que el asiento ha proporcionado algo de atenuación útil. Los asientos deberían diseñarse de manera que tuviesen el valor SEAT más bajo que sea compatible con otras limitaciones. Los asientos con suspensión llevan un mecanismo de suspensión separado debajo del panel del asiento. Se utilizan en algunos vehículos todo terreno, así como en camiones y autocares, y sus frecuencias de resonancia son bajas (en torno a 2 Hz) y por lo tanto pueden atenuar las vibraciones a frecuencias superiores a unos 3 Hz. Los valores de transmisibilidad de estos asientos los determina normalmente el fabricante del asiento, pero sus eficacias de aislamiento varían según las condiciones de trabajo.

### **Vibraciones mano-brazo:**

#### **Exposición de origen profesional:**

Las vibraciones mecánicas producida por procesos o herramientas a motor y que penetran en el cuerpo por los dedos o la palma de las manos se denominan *vibraciones transmitidas a las manos*. Como sinónimos de vibraciones transmitidas a las manos se utilizan con frecuencia las expresiones vibraciones mano-brazo y vibraciones locales o segmentarias. En varias actividades industriales se encuentran muy extendidos los procesos y herramientas a motor que exponen las manos del operario a vibraciones. La exposición de origen profesional a las vibraciones transmitidas a las manos proviene de las herramientas a motor que se utilizan en fabricación (p. ej., herramientas de percusión para trabajo de metales, amoladoras y otras herramientas rotativas, llaves de impacto), explotación de canteras, minería y construcción (p. ej., martillos perforadores de roca, martillos rompedores de piedra, martillos picadores, compactadores vibrantes), agricultura y trabajos forestales (p. ej., sierras de cadena, sierras de recortar, descortezadoras) y servicios públicos (p. ej., martillos rompedores de asfalto y hormigón, martillos perforadores, amoladoras de mano). También puede producirse exposición a vibraciones transmitidas a las manos por piezas vibrantes sostenidas con las manos del operario, como en el amolado de columna, y por controles manuales vibrantes, como al utilizar cortacéspedes o controlar rodillos vibrantes para compactación de carreteras. La exposición excesiva a las vibraciones transmitidas a las manos puede causar trastornos en los vasos sanguíneos, nervios, músculos, huesos y articulaciones de las extremidades superiores.



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

---

La expresión síndrome de vibraciones mano-brazo (HAV) se utiliza comúnmente en referencia a los síntomas asociados con exposición a vibraciones transmitidas a las manos, a saber:

- trastornos vasculares
- trastornos neurológicos periféricos
- trastornos de los huesos y articulaciones
- trastornos musculares
- otros trastornos (todo el cuerpo, sistema nervioso central)

### **Biodinámica:**

Cabe suponer que los factores que influyen en la transmisión de vibraciones al sistema de los dedos, la mano y el brazo desempeñan un papel importante en la génesis de lesiones por vibraciones.

La transmisión de vibraciones depende de las características físicas de la vibración (magnitud, frecuencia, dirección) y de la respuesta dinámica de la mano (Griffin 1990).

### **Transmisibilidad e impedancia:**

Los resultados experimentales indican que el comportamiento mecánico de la extremidad superior humana es complejo, dado que la impedancia del sistema de la mano y el brazo—es decir, la resistencia a vibrar—presenta marcadas variaciones en función de los cambios de amplitud de vibración, frecuencia y dirección, fuerzas aplicadas y orientación de la mano y el brazo con respecto al eje del estímulo. En general, a mayores niveles de vibración y a mayores presiones de agarre de la mano, mayor impedancia.

Medidas de la transmisión de vibraciones a través del brazo humano han mostrado que las vibraciones de baja frecuencia (<50 Hz) se transmiten con poca atenuación a lo largo de la mano y el antebrazo. La atenuación en el codo depende de la postura del brazo, dado que la transmisión de vibraciones tiende a disminuir a medida que aumenta el ángulo de flexión en la articulación del codo. A frecuencias altas (>50 Hz), la transmisión de vibraciones disminuye progresivamente a medida que aumenta la frecuencia, y por encima de 150 a 200 Hz la mayor parte de la energía de vibración se disipa en los tejidos de la mano y los dedos. De las medidas de transmisibilidad se infiere que en la región de alta frecuencia, las vibraciones pueden ser responsable de daños a las estructuras blandas de los dedos y manos, mientras que las vibraciones de baja frecuencia y gran amplitud (p. ej., producida por herramientas de percusión) podría estar relacionada con lesiones de muñeca, codo y hombro.

### **Efectos agudos:**

#### **Neurológicos:**

Los trabajadores que manejan herramientas vibrantes pueden sufrir hormigueo y adormecimiento de dedos y manos. Si la exposición a las vibraciones continúa, estos síntomas tienden a empeorar y pueden interferir con la capacidad de trabajo y las actividades de su vida diaria. Los trabajadores expuestos a vibraciones pueden presentar umbrales vibratorios, térmicos y táctiles más elevados en los reconocimientos clínicos. Se ha sugerido que la



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

---

exposición continua a las vibraciones no solo puede deprimir la excitabilidad de los receptores de la piel sino también inducir alteraciones patológicas en los nervios de los dedos, tales como edema perineural, seguido de fibrosis y pérdida de fibra nerviosa.

### **Perturbación de la actividad:**

Se ha comunicado una prevalencia elevada de osteoartrosis de muñeca y artrosis y osteofitosis de codo en mineros del carbón, trabajadores de la construcción de carreteras y trabajadores del metal expuestos a choques y a vibración de baja frecuencia y gran amplitud producida por herramientas neumáticas de percusión. Por el contrario, hay poca evidencia de aumento de la prevalencia de trastornos óseos y articulares degenerativos en las extremidades superiores de los trabajadores expuestos a vibraciones de mediana o alta frecuencia procedentes de sierras de cadena o amoladoras. El esfuerzo físico intenso, un agarre con fuerza y otros factores biomecánicos pueden ser la causa de la mayor aparición de lesiones esqueléticas encontrada en trabajadores que utilizan herramientas de percusión.

### **Musculares**

Los trabajadores expuestos a vibraciones pueden quejarse de debilidad muscular y dolor en las manos y brazos. En algunos individuos la fatiga muscular puede causar discapacidad. En algunos estudios de seguimiento de leñadores se ha comunicado una disminución de la fuerza de agarre de la mano. También existen trastornos relacionados con trabajadores expuestos a vibraciones, como tendinitis y tenosinovitis en las extremidades superiores, y contractura de Dupuytren, una enfermedad del tejido fascial de la palma de la mano.

### **La reacción vasomotora tricolor**

- **Palidez:** está relacionada con una vasoconstricción arterial
- **Cianosis:** es ocasionada por una congestión venosa
- **Rubor:** genera una hiperemia reactiva

### **Trastornos vasculares (Fenómeno de Raynaud):**

Se han utilizado diversos sinónimos para describir trastornos vasculares inducidos por vibraciones: dedo muerto o blanco, fenómeno de Raynaud de origen profesional, enfermedad vasospástica traumática y, más recientemente, dedo blanco inducido por vibración (VWF). Clínicamente, el VWF se caracteriza por episodios de dedos blancos o pálidos causados por oclusión espástica de las arterias digitales. Los ataques suelen desencadenarse por el frío y duran de 5 a 30 o 40 minutos.

Durante un ataque puede experimentarse pérdida completa de sensibilidad táctil. En la fase de recuperación, normalmente acelerada por calor o masaje local, puede aparecer enrojecimiento de los dedos afectados a causa de un aumento reactivo del flujo sanguíneo en los vasos cutáneos.



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

Para explicar el fenómeno de Raynaud inducido por el frío en trabajadores expuestos a vibraciones, algunos investigadores invocan un reflejo vasoconstrictor simpático central exagerado causado por exposición prolongada a vibraciones perjudiciales, mientras que otros tienden a enfatizar el papel de las alteraciones locales inducidas por las vibraciones en los vasos digitales (p. ej., engrosamiento de la pared muscular, daño endotelial, alteraciones del receptor funcional).

### Clasificación de Estocolmo (1987) Componentes neurosensoriales

ESTADIO	DESCRIPCIÓN
0 SN	Exposición a vibraciones pero asintomática
1 SN	Entumecimiento intermitente con o sin hormigueo
2 SN	Entumecimiento intermitente o permanente con disminución de la percepción táctil
3 SN	Entumecimiento intermitente o permanente, disminución de la percepción táctil y/o de la destreza manipulativa

Tabla III

El siguiente cuadro muestra la escala del Taller de Estocolmo para las fases del fenómeno de Raynaud inducido por el frío en el síndrome de vibraciones mano-brazo:

FASE	GRADO	SINTOMAS
0	-----	Ningún ataque
1	Leve	Ataques esporádicos que solo afectan a las puntas de uno o más dedos
2	Moderado	Ataques esporádicos que afectan a las falanges distal y media (rara vez también a la proximal) de uno o más dedos
3	Grave	Ataques frecuentes que afectan a todas las falanges de la mayoría de los dedos
4	Muy grave	Como en la fase 3, con alteraciones tróficas de la piel en la punta de los dedos

Tabla IV

### Formas de afectar los distintos dedos

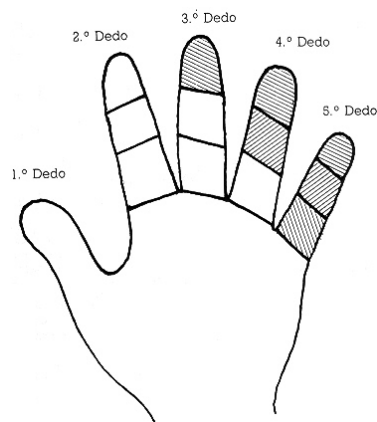


Figura 2



### Dirección de las vibraciones:

Sistema de coordenadas basicéntrico para la medición de las vibraciones transmitidas a las manos.

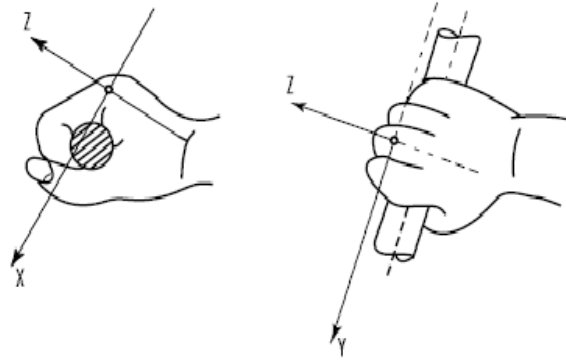


Figura 3

Las vibraciones transmitidas a las manos deben ser medidas e informadas según un sistema de coordenadas ortogonales. Con direcciones  $X_h$ ,  $Y_h$  y  $Z_h$ . Se adopta el subíndice "h" para indicar que se trata de vibraciones de la mano.

### Diagnóstico del síndrome de mano-brazo:

1. Antecedentes de exposición laboral
2. Examen clínico
3. Exámenes complementarios

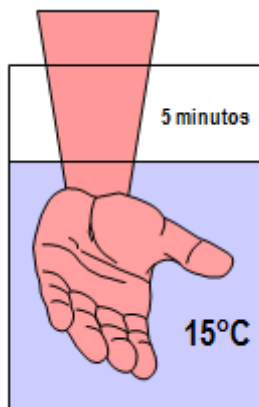
Alteraciones neurosensoriales {  
Estesiometría  
Umbral percepción vibraciones  
EMG con veloc. conducción

Alteraciones vasculares {  
Prueba del agua fría  
Termometría superficial  
Pletismografía  
Capiloscopía  
Reografía digital  
Oscilografía

Alteraciones osteomusculares { Radiología local

### Prueba de provocación con agua fría:

El objetivo de la prueba es la observación de las siguientes respuestas:



1. Crisis de Raynaud
2. Disminución de la presión sistólica al 40% de su Valor original (pletismografía)
3. Aumenta el tiempo de recuperación de la Temperatura de la piel (cronotermografía)

Figura 4

**Enfermedades Profesionales producidas por vibraciones de cuerpo entero (Decreto 658)**

**AGENTE: VIBRACIONES TRANSMITIDAS A LA EXTREMIDAD SUPERIOR POR MAQUINARIAS Y HERRAMIENTAS**

ENFERMEDADES	ACTIVIDADES LABORALES QUE PUEDEN GENERAR EXPOSICION
--------------	---



## Posgrado de Higiene y Seguridad en el Trabajo

<p>Afecciones osteoarticulares confirmadas por exámenes radiológicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Artrosis del codo con signos radiológicos de osteofitosis.</li> <li>-Osteonecrosis del semilunar (enfermedad de Kienböck).</li> <li>-Osteonecrosis del escafoides carpiano (enfermedad de Köhler).</li> <li>-Síndrome angioneurótico de la mano predominantes en los dedos índice y medio acompañados de calambres de la mano y disminución de la sensibilidad.</li> <li>-Compromiso vascular unilateral con fenómeno de Raynaud o manifestaciones isquémicas de los dedos</li> </ul>	<p>Lista de actividades donde se puede producir la exposición:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Trabajos que comportan el manejo de maquinarias que transmiten vibraciones como: martillo neumático, punzones, taladros, taladros a percusión, perforadoras, pulidoras, esmeriles, sierras mecánicas, desbrosadoras.</li> <li>-Utilización de remachadoras y de pistolas de sellado.</li> <li>-Trabajos que exponen al apoyo del talón de la mano en forma reiterativa percutiendo sobre un plano fijo y rígido así como los choques transmitidos a la eminencia hipotenar por una herramienta percutante.</li> </ul>
---	--

**Tabla V**

### Prevención:

- Cuidadoso examen médico preocupacional
- Entrenamiento sobre el uso correcto de la herramienta de trabajo
- Períodos de descanso
- Vestimenta y guantes secos, para evitar enfriamientos
- Combatir el hábito de fumar
- Consulta precoz al Seervicio Médico
- Cuidar que las herramientas no despidan gases o fluidos
- Uso de guantes amortiguantes

### Normas sobre exposición a vibraciones

	<b>Internacionales</b>	<b>Nacionales</b>
Vibraciones de cuerpo entero	ISO 2631/78	IRAM 4078/89
Vibraciones sind. Mano-brazo	ISO 5349/86	IRAM 4097/89

**Tabla VI**



