

LAS VIBRACIONES Y NUESTRA SALUD



CUADERNOS
DE DIVULGACION

10.89

CUADERNOS DE DIVULGACION

- 03.87.– El plomo y nuestra salud
- 04.87.– La sílice y nuestra salud
- 05.87.– Los disolventes y nuestra salud
- 06.87.– Los plaguicidas y nuestra salud
- 07.87.– El amianto y nuestra salud
- 08.88.– Esfuerzos físicos y posturas de trabajo
- 09.89.– El ruido y nuestra salud
- 10.89.– Vibraciones

EN PREPARACION

- Industrias de la madera
- Cancerígenos
- Señalización de Seguridad
- Radiaciones ionizantes
- Riesgos eléctricos

LAS VIBRACIONES Y NUESTRA SALUD



**Instituto Nacional de Seguridad
e Higiene en el Trabajo.**

Edita e Imprime:
EDICIONES Y PUBLICACIONES
I.N.S.H.T. Madrid.

Depósito Legal M-25761-1989
I.S.B.N. 84-7425-305-5
N.I.P.O. 211-89-019-0

LAS VIBRACIONES Y NUESTRA SALUD

AUTORES

Texto: Manuel Bernaola Alonso
Dr. en Ciencias Químicas,
Centro Nacional de Nuevas
Tecnologías. Instituto Na-
cional de Seguridad e Hi-
giene en el Trabajo. Ma-
drid.

Ilustraciones:

Fernando García-Asenjo
Subdirección Técnica. Ins-
tituto Nacional de Seguri-
dad e Higiene en el Traba-
jo. Madrid.



Presentación

Con los Cuadernos de Divulgación el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo quiere transmitir unos conocimientos básicos sobre un determinado agente físico o químico para que sirva de aporte a la formación e información de los trabajadores. Ellos tienen que ser protagonistas del cuidado de su propia salud y, el conocimiento de los riesgos de su trabajo y las medidas de prevención les hará posible realizar este objetivo.

Las Vibraciones y nuestra Salud, pretenden introducir en los principios físicos de las vi-

braciones industriales, sus orígenes, y el mecanismo de acción en el cuerpo humano. También se citan los equipos de medida y los métodos de evaluación así como las medidas de control para reducir o evitar las vibraciones

Se apoya en conceptos y nomenclaturas idénticas o similares a las del Ruido y tan sólo en condiciones muy específicas se presenta aisladamente, originándose como consecuencia o de forma simultánea con él. Hoy en día, se estima que unos 100.000 trabajadores en nuestro país están expuestos a este agente físico, con riesgo potencial para su

salud o bienestar y aunque siempre se dispone de todos los medios técnicos y humanos para optimar el acoplamiento hombre-máquina, basándonos en mayores conocimientos se podrán minimizar los riesgos.

Introducción

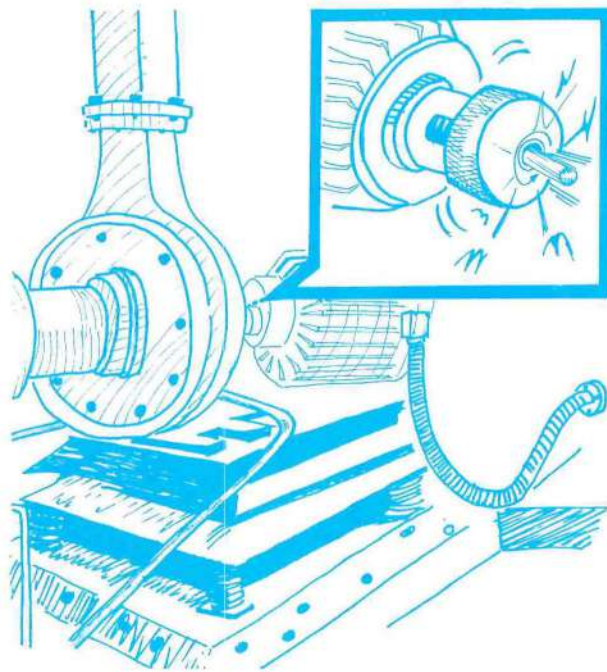


El avance tecnológico exige cada vez maquinaria más potente y revolucionada, lo que lleva a originar vibraciones que al poder afectar nocivamente al trabajador necesitan de un especial análisis.

Un mayor conocimiento de la resistencia de ciertos materiales y de sus posibles aplicaciones han permitido diseñar: soportes, carcasas y otros componentes de un sistema, más ligeros, si bien al debilitarse suelen ser causa frecuente de aparición de problemas de ruido y vibraciones.

Las vibraciones se originan por los efectos dinámicos de las tolerancias de fabricación, holguras, criterios de rodadura y de fricción entre piezas de la maquinaria, y desequilibrado de ciertos elementos giratorios y alternativos. A veces fuerzas pequeñas pueden excitar las resonancias de elementos estructurales.

Hay otra clase de vibraciones que vienen a alterar el bienestar del ciudadano, y que no tienen que ver con el medio laboral. Estas son las originadas por las manifestaciones mul-



titudinarias, tráfico rodado, etc. y que pueden percibirse en edificios o viviendas durante los intervalos de descanso.



Las Vibraciones

Las vibraciones como fenómeno físico

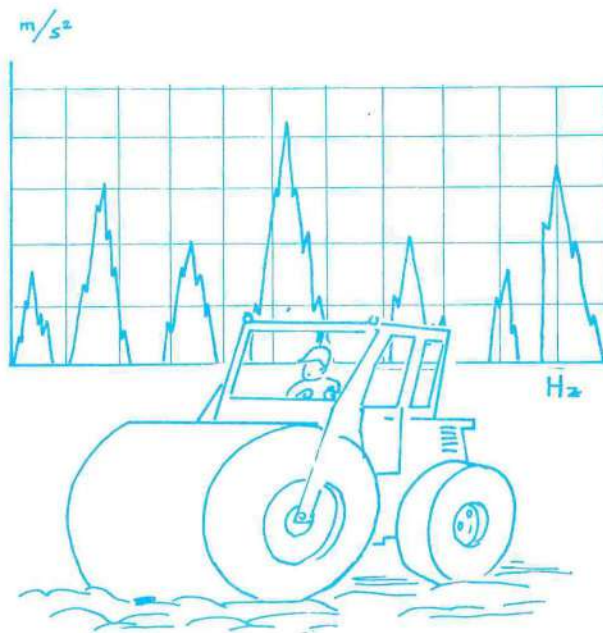
Una vibración se puede definir como la oscilación de partículas alrededor de un punto de equilibrio, en un medio físico cualquiera. El número de oscilaciones que realiza por segundo se denomina frecuencia y se expresa en herzs (Hz).

El movimiento rara vez es de una sola componente de frecuencia, y suele presentar varias como en el movimiento del pistón de un motor. Una forma



sencilla de describir la vibración es expresar el valor instantáneo de desplazamiento de la partícula, de la velocidad o de su aceleración, con relación a un punto medio y como función del tiempo.

Los componentes de una vibración compleja se reflejan representando las amplitudes función de frecuencias, y que se denomina "espectro de frecuencias"; de esta manera, analizando las frecuencias de las vibraciones originadas por una máquina podrán identificarse los componentes predominantes, y los posibles armónicos referidos a



Magnitud de las Vibraciones

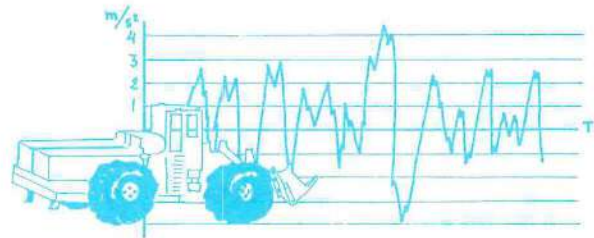
uno denominado fundamental, que son indeseables y que necesitarán de corrección.

Magnitud de la vibración

En la actualidad al establecer las escalas de niveles de vibración se imponen los decibelios sobre las magnitudes de aceleración, velocidad o desplazamiento, aunque existan funciones sencillas que permiten las transformaciones de unas a otras

La escala, en dB, se establece en relación a un valor de referencia de la aceleración,

normalmente 10^{-6} m/s^2 ., y al igual que ocurre en el caso del ruido, no se pueden adicionar aritméticamente dB correspondientes a dos vibraciones simultáneas, aunque accionen en una misma dirección y sentido, en la obtención del nivel de vibración resultante.

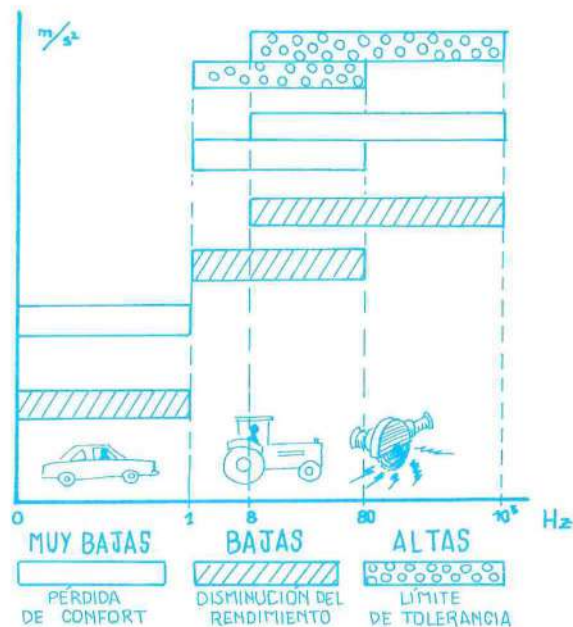


Frecuencia de las Vibraciones

La frecuencia

El rango de frecuencias de interés a efectos de su repercusión en el individuo es mucho menor que el correspondiente al ruido, y está comprendido entre 0,1 Hz hasta varios centenares de Hzs.

Por otro lado los aparatos empleados para la evaluación de las vibraciones, se diferencian de los empleados en la valoración del ruido no sólo por la magnitud diferente a estimar sino por una sensibilidad que se pretende estudiar.



Dentro del rango de frecuencias caben destacar los intervalos siguientes:

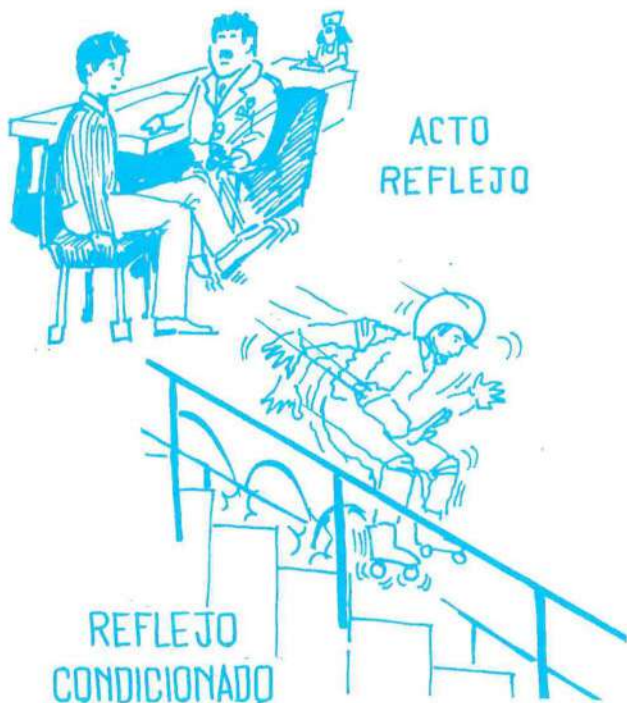
- Muy baja frecuencia (< 1 Hz), que se corresponde con el producido en el transporte por carretera, viario y marítimo.
- Baja frecuencia (> 1 Hz y < 80 Hz), que suelen ser los ocasionados por carretillas elevadoras empleadas en el interior de fábrica, vehículos de maquinaria agrícola (tractores motocultores, remolques, cosechadoras, atomizadoras de espalda, ...), así como vehículos y maquinaria de obras públicas (buldozers, mototraíllas, motoniveladoras, maquinaria de compactación, retroexcavadoras perforadoras, asfaltadoras).
- Altas frecuencias (hasta 1000 Hz) como ocurre en el empleo de máquinas rotativas (tronzadoras, moledoras, pulidoras), máquinas alternativas (lijadoras, motosierras), máquinas percusoras (recalcadoras, rompehormigones, martillos-perforadores, martillos-picadores, etc.).



Biodinámica de vibraciones

En la medida en que la superficie de un cuerpo es capaz de transmitir una cierta cantidad de la energía mecánica que llega del exterior, se dice que ésta presenta una alta o baja impedancia, según sea de baja o elevada proporción.

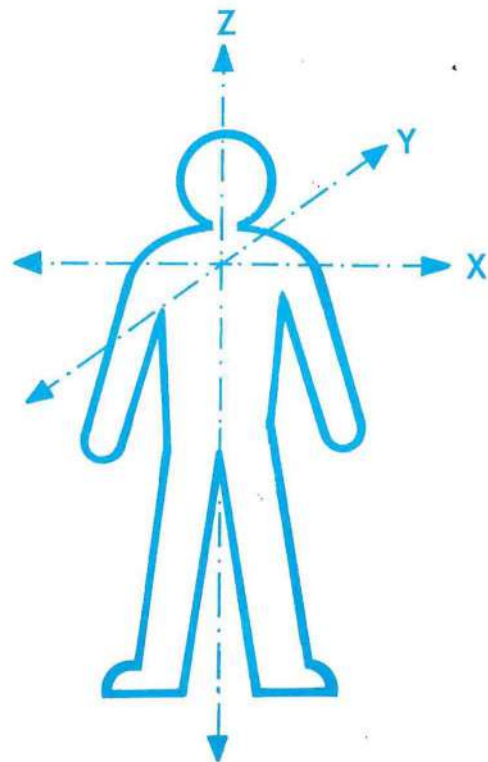
A determinadas frecuencias en las que las impedancias se igualan, provocan una amplitud en el movimiento vibratorio del cuerpo mucho mayor que a otras, y se dice que está en resonancia

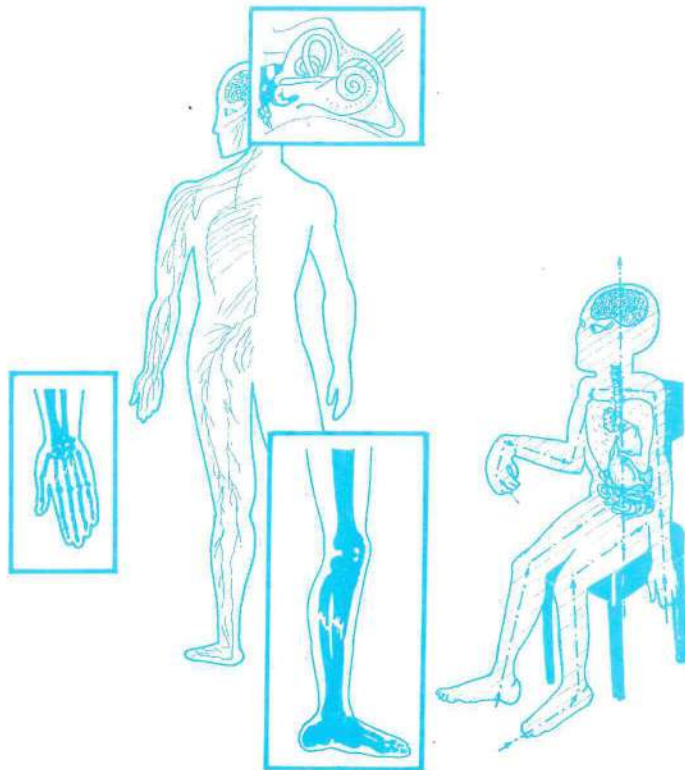


Las que inciden en el cuerpo según la posición que ocupe éste y según la dirección, presentan frecuencias resonantes de los tipos siguientes:

- Caderas, hombros y cabeza, entre 3 y 6 Hz.
- Cabeza-hombros, cabeza y nuca, entre 20 y 40 Hz.
- Ojos, entre 60 y 90 Hz.
- Mandíbula, entre los 100 y 200 Hz.

Es importante distinguir, dado su diferente grado de acción, la orientación de entrada de la vibración en el cuerpo humano, referenciándose según tres ejes lineales, denominados X, Y, Z, que representan respectivamente los ejes transversales (espalda-pecho, derecha-izquierda) y longitudinales (pies-cabeza).

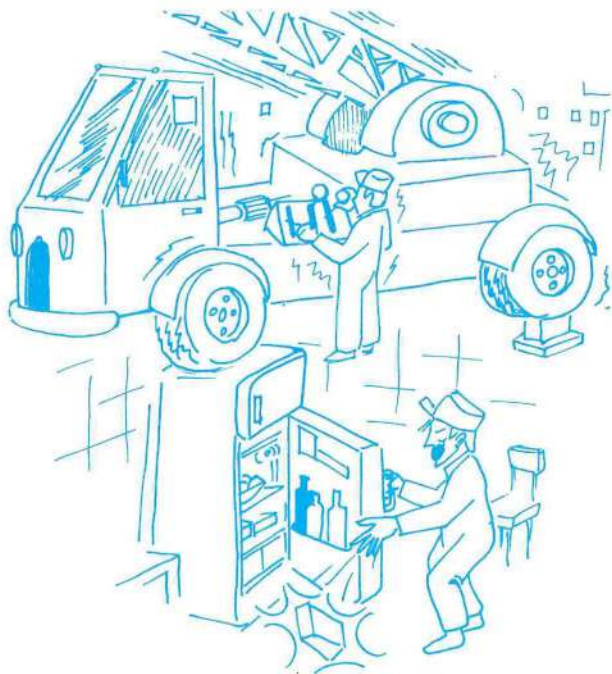




EXPOSICION A LAS VIBRACIONES

Una vibración puede afectar al cuerpo humano de forma local, al actuar en una zona del mismo por contacto y a partir de ahí al resto, o bien de forma generalizada cuando todo el cuerpo en cada una de sus partes, responde al movimiento vibratorio que le llega.

Existen varias causas que pueden hacer variar las respuestas del cuerpo a una vibración: unas de carácter intrínseco a éste y por tanto dependientes de sus características y no de la vi-



bración en sí, y otras extrínsecas que dependen del movimiento vibratorio propiamente dicho.

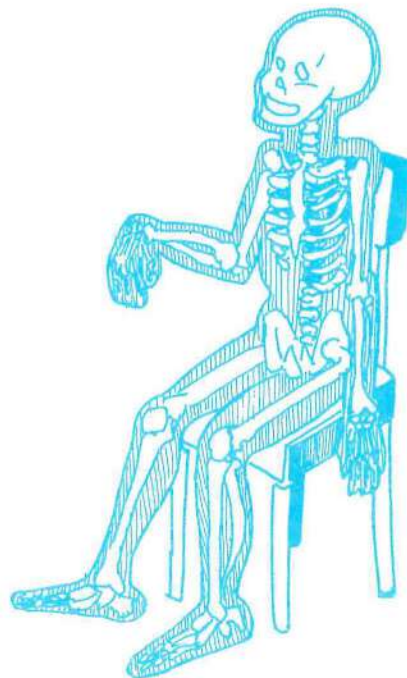
Causas EXTRINSECAS pueden ser: frecuencia, variación de la vibración con el tiempo, amplitud de ésta y dirección, punto de aplicación, interacción entre la energía absorbida y el cuerpo, efecto de las prendas de vestir...

Causas INTRINSECAS, son entre otras: tamaño del cuerpo, postura corporal, tensiones en el cuerpo, etc.

La percepción de vibracio-

nes, ligada con la de aceleraciones, se efectúa a través de laberinto del oído, además existen - en el cuerpo una serie de terminaciones nerviosas, más o menos - especializadas en percepciones - de presión y vibraciones, que informan al sujeto y se encuentran situados en pié, músculos, tendones y articulaciones.

Así las vibraciones de muy baja frecuencia hacen sentir su efecto en el aparato vestibular, las de baja frecuencia al sistema nervioso fundamentalmente y las de alta frecuencia son las que pueden provocar lesiones duraderas.



Fisiológicamente se aceptan tres niveles subjetivos de sensación: vibración perceptible, molesta e intolerable, fijándose los niveles de aceleración para las distintas frecuencias.

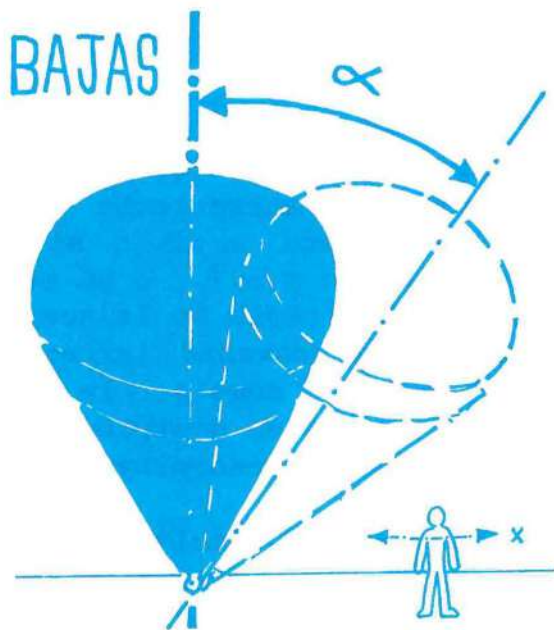
El Real Decreto 1995/1978 de 12 de Mayo, aprueba el cuadro de enfermedades profesionales de la Seguridad Social, y reconoce las enfermedades osteo-articulares o angioneuróticos, provocadas por las vibraciones mecánicas. Entre las alteraciones susceptibles de diagnóstico profesional se incluyen: esclerodermia sistémica, síndrome del canal carpiano y arteropatía traumática.

MEDIDA DE LAS VIBRACIONES

Medida y evaluación de las vibraciones

Para evaluar la posible peligrosidad de la vibración es necesario informarse tanto de su nivel, expresado en dB o si es aceleración en m/s^2 , o un múltiplo o submúltiplo de la aceleración de la gravedad terrestre g ($9,8 m/s^2$), como por la frecuencias en que se distribuyen o sus frecuencias predominantes.

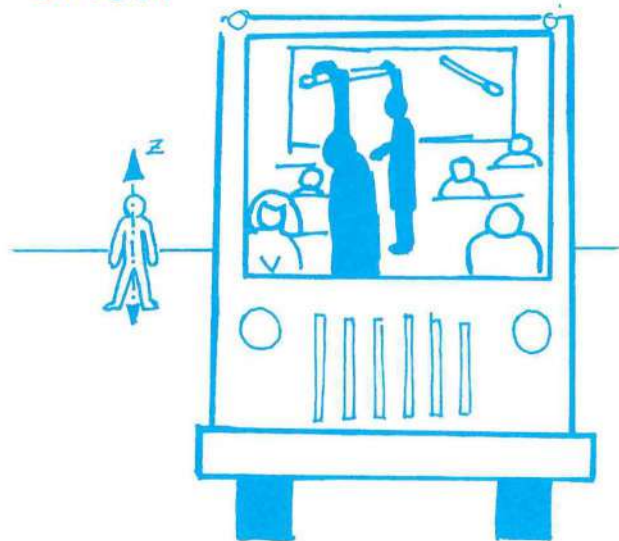
La medida simultánea del nivel y de la distribución frecuencial, requiere de una instrumentación muy costosa y de



personal especializado en su manejo. Los equipos de medida mas usuales, denominados vibrómetros emplean una serie de filtros.

Se denominan vibraciones globales las que tienen lugar en el cuerpo completo, caso típico de conductores de vehículos y tractores agrícolas, y que según la orientación con la que éstas entran en contacto con el organismo pueden sobrevalorar la componente global de la aceleración, si corresponde a los ejes X e Y, ya mencionados, con respecto a la del eje Z. Algo similar ocurre en las denominadas mano-brazo.

BAJA



También influye en la estimación del efecto la posición que ocupa el cuerpo ya sea de pié, sentado o tumbado.

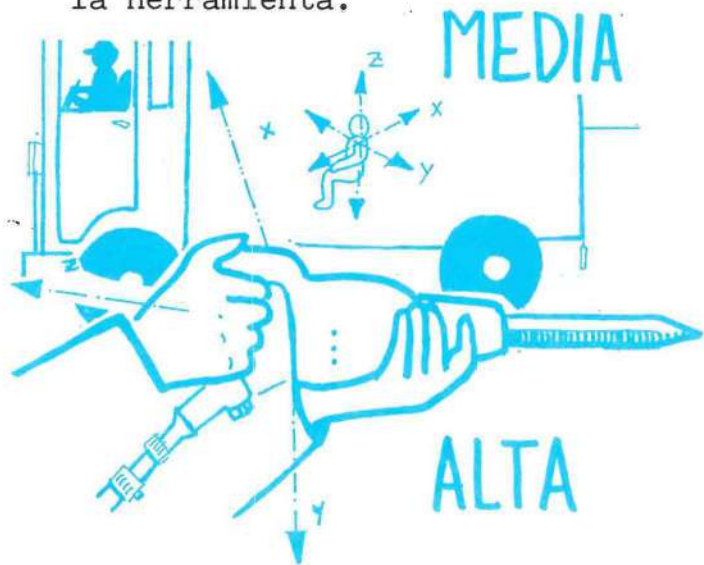
Se definen tres tipos diferentes de vibración con distintas zonas de frecuencias a considerar:

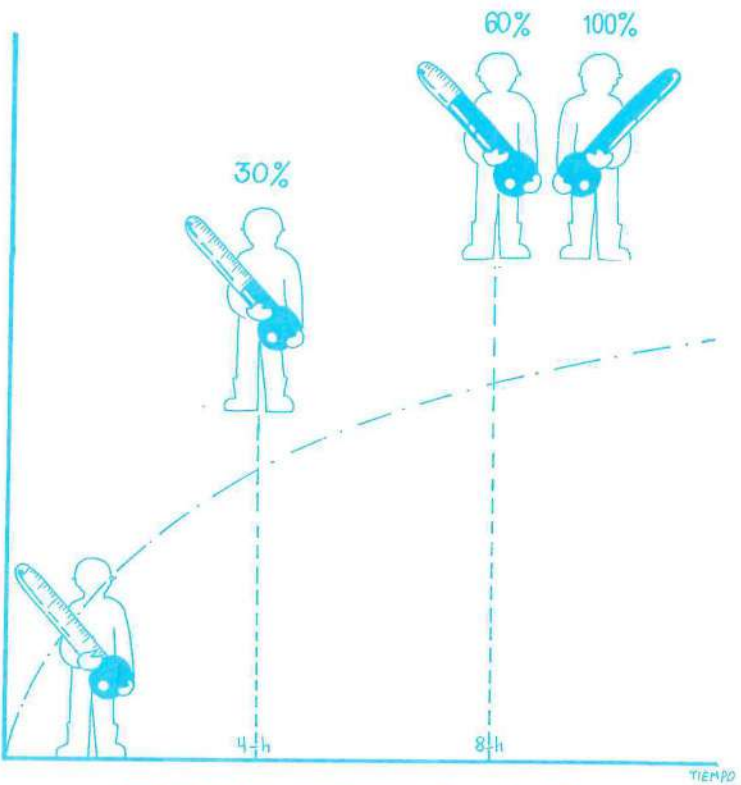
- Vibraciones de muy bajas frecuencias, comprendidas entre 0,1 y 0,63 Hz y que pueden ocasionar el conocido síndrome o mal de movimiento.
- Vibraciones de medias frecuencias, comprendidas entre 1 y

80 Hz , aunque pueden extrapolarse hasta 0,63 Hz., denominadas globales y que se extienden a todo el cuerpo. A su vez se diferencian distintas componentes según la dirección de entrada.

- Vibraciones de frecuencias altas, comprendidas entre 8 y 1000 Hz. llamadas mano-brazo, y que tienen lugar en la sujeción, accionamiento y dirección de las máquinas, herramientas portátiles manuales y que están referidas a los tres ejes ortogonales X, Y, Z, especificadas para la mano iz-

quierda en el caso de personas diestras, que es la que dirige la herramienta.





-Dosis absorbida para una aceleración continua equivalente.

La obtención del espectro de frecuencias significa registrar los distintos niveles de aceleración según una distribución de frecuencias prefijadas y en su caso, el cálculo de una aceleración ponderada media. En ésta se tiene presente, que el efecto que un determinado nivel de vibración causa, es diferente según sea su distribución frecuencial, para una misma posición y orientación de entrada, y por tanto serán distintos los límites de exposición recomendados.

La evaluación de un nivel de aceleración, teniendo en

cuenta el tiempo de exposición, o en el caso de vibraciones intermitentes, los distintos niveles y tiempos de exposición correspondientes, se efectúa integrando los datos en un único nivel de aceleración continua equivalente que, habiendo tomado como valor de referencia un valor arbitrario de aceleración, se establece para una duración de jornada diaria (normalmente 8 h/día).

Finalmente se efectúa una comparación del nivel de aceleración continuo equivalente obtenido con el máximo valor admi-

sible, calculándose así la dosis de exposición personal, según el tiempo de exposición.

En los criterios recogidos en las normas internacionales, se reflejan tres tipos de vibración o límites: reducción del confort, reducción de la capacidad de trabajo por fatiga y límite de exposición profesional. Como hasta el momento no se ha llegado a establecer un nivel máximo de exposición diaria para una jornada de 8 horas, al igual que existe en el caso del ruido, corresponde en un futuro a las autoridades legislativas fijar

éstos, teniendo en cuenta los estudios epidemiológicos y las experiencias de profesionales al respecto.

El vibrómetro

Ya se ha dicho que el aparato que mide vibraciones, se denomina vibrómetro simplemente, o bien analizador de vibraciones si es capaz de proporcionar la descomposición de los distintos niveles de vibración por frecuencias. Estos aparatos constan principalmente de un captador, diferentes en sensibilidad y diseño según la zona de frecuen-

cias a estudiar y los niveles de vibración, un integrador de señal, un amplificador, filtros eléctricos, según criterios de medición y evaluación, y un indicador de aguja o digital, que indica el nivel de vibración en dB y que puede convertirse mediante cálculo sencillo en aceleración en m/s^2 .

Los equipos empleados son aún de elevado coste por lo que no están siempre al alcance o presupuesto de cualquier empresa.



PREVENCION

El único medio de evitar efectos de las vibraciones en el organismo, en cualquier de los tres rangos de frecuencia ya mencionados, es disminuir los niveles de vibración que alcanza el cuerpo aunque cabe el recurso de la protección personal, a la que debe recurrirse como última solución.

Un principio que se ha tenido en cuenta con el control de vibraciones es que su reducción suele ser más cara si se aplican las correcciones en una planta

en funcionamiento que en una fase previa de proyecto y de construcción.

Prevención médica

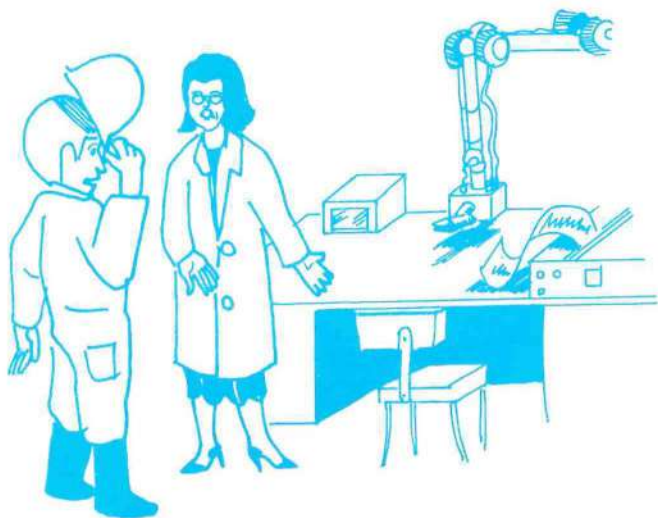
- Evitar que el personal que presente con anterioridad lesiones osteo-musculares, molestias vasculares, neurológicas u otras, puedan verse afectados en puestos de trabajo con exposición a vibraciones, ya que éstas puedan agravarse como consecuencia del trabajo.

- Detección precoz de primeras alteraciones que aparezcan en el personal, a través de reconocimientos periódicos de vigilancia.
- Evitar en lo posible largos periodos de exposición a vibraciones, y establecer tanto periodos de descanso como la rotación de puestos durante el trabajo diario.
- Procurar la información y formación del obrero.

Las pruebas médicas habituales, según los diferentes rangos de frecuencia son:



RECONOCIMIENTOS

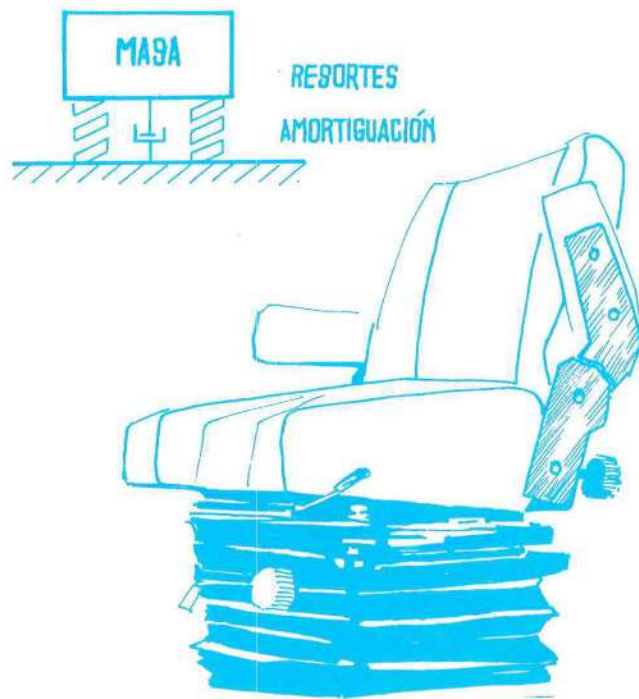


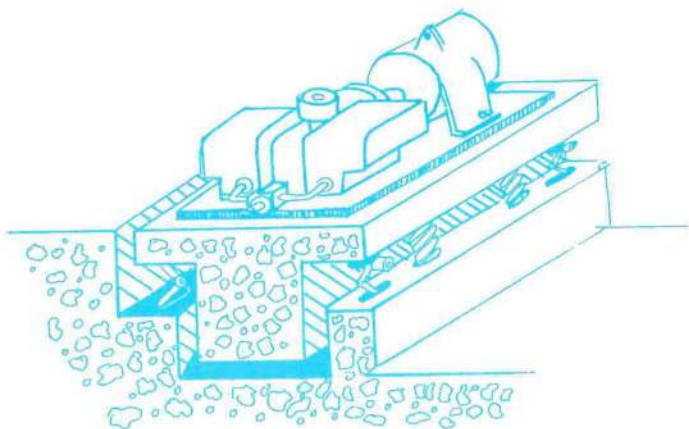
- Bajas frecuencias: tratamientos medicamentosos y adiestramiento.
- Medias frecuencias: selección de personal (exámen radiológico completo de columna a menores de 18 años).
- Altas frecuencias: orientación profesional, teniendo en cuenta antecedentes de cuadro angioneurótico, síndromes artrósicos y de canal carpiano, con exámen clínico dirigido en especial a la mano y otras exploraciones radiológicas complementarias.

Prevención técnica

Al referirse al riesgo vibratorio inherente a las empuñaduras de máquinas vibrantes portátiles, hay que considerarlo a dos niveles: la puesta en práctica de dispositivos técnicos que limiten la intensidad de vibraciones creadas y/o transmitidas al hombre, y el diseño que por su forma, peso y dimensiones se adapten mejor al trabajo.

Con respecto a las frecuencias medias, la medida primordial de prevención sería el óptimo diseño ergonómico del puesto de trabajo. En cualquier ca-





so, la reducción del movimiento vibratorio se efectúa de forma simultánea, modificando la fuerza excitatriz o su respuesta.

Los métodos de modificación de la fuente incluyen:

- Sustitución o aislamiento de la maquinaria.
- Cambio de la frecuencia característica.

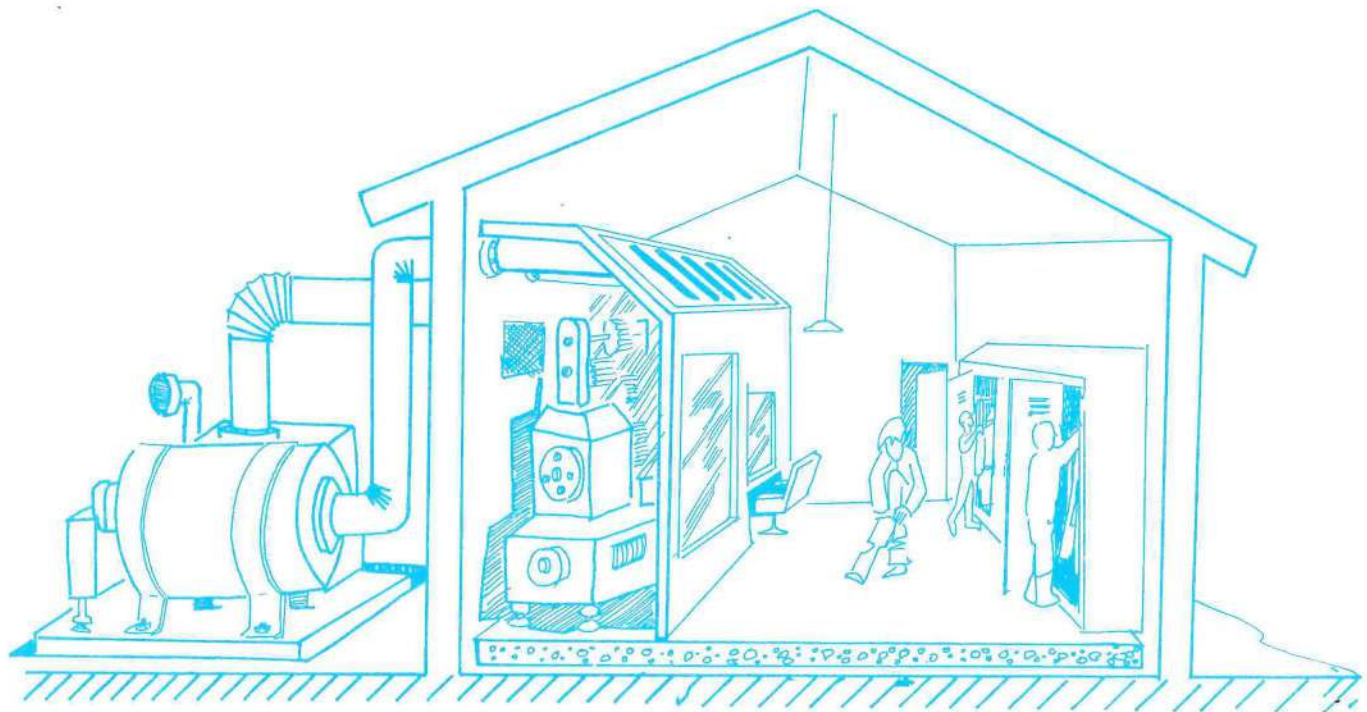
Los medios para la reducción de la respuesta serían:

- Colocación de elementos aislantes entre la fuente y otras partes de la estructura.

- Amortiguación de elementos vibrantes.
- Cambio de la masa, aumentando la de elementos estacionarios o reduciendo la de los elementos en movimiento.
- Cambio de elasticidad o de rigidez en la carcasa de las máquinas.
- Aumento de la masa auxiliar de amortiguación o mediante absorbentes resonantes.

emplean en ruido o complementarias. Conviene recordar que casi siempre se dan ambos fenómenos simultáneamente, con la salvedad de que mientras la energía sonora se transmite a través del aire, la de vibración mecánica se verifica a través de sólidos.

La mayoría de las soluciones son análogas a las que se



Protección Personal

Medidas administrativas

- Disminución de la jornada.
- Reglamentación de pausas de trabajo.
- Limitación de períodos de exposición no superiores a los cinco años.
- Descartar personas con patología profesional asociada a vibraciones (sordera permanente-ruido), (neumoconiosis-polvo), etc.

PROTECCION PERSONAL

La protección personal contra las vibraciones resulta incómoda y en ciertos casos, como en el empleo de guantes antivibratorios, el trabajador no está debidamente protegido, e incluso en ciertas ocasiones, deben de satisfacer otras prestaciones como son la protección contra el frío y humedad en trabajos a la intemperie.

Si se trata de vibraciones de frecuencias medias y a ciertos niveles pueden emplearse corsets abdominales que si bien tienden a disminuir la tonalidad

muscular, son eficaces en su finalidad de proteger y prevenir posibles efectos adversos.

Se recomienda que en el empleo como en la conservación de la ropa se lleve a cabo un mantenimiento riguroso, ya que deficiencias en el aislamiento de éstas como su deterioro progresivo pueden aumentar rápidamente la intensidad de la vibración, facilitando su transmisión.

ACTUACION PARA CONTROL DE VIBRACIONES

Foco emisor

- Mantenimiento. Reducción fuerzas de conducción.
 - * Baja frecuencia (técnicas equilibrado, modificación estructuras metálicas).
 - * Alta frecuencia (cambio engranajes, regulación velocidad de fluidos).

- Modificación de la fuente
 - * Sustitución o aislamiento.
 - * Desintonización frecuencia característica.

* Telemando

- Diseño herramientas portátiles (forma, peso, dimensiones, adaptación a la tarea).
- Diseño maquinaria obras públicas, agrícolas (cabina, asiento, mandos, suspensión, neumáticos según trazado).

Medio de propagación

- Mantenimiento. Reducción de fuerza excitatriz.

* Localizar y eliminar resonancias.

- . Amortiguación: materiales plásticos, metales disipativos, caucho contra fricción, masilla amortiguación, disipativos "sandwich", amortiguación electromagnética, absorbedores dinámicos, viscoelásticos.
- . Desintonización: cambio de masa del elemento resonante o de la rigidez.



MEDIDAS GENERALES PARA EL RECEPTOR

- Medidas administrativas

- * Disminución jornada
- * Pausas de trabajo
- * Períodos exposición no superiores a cinco años.
- * Descartar personal con patología laboral asociada, menores de edad.

- Control médico

- * Pruebas habituales, medicamentos, selección de personal, adiestramiento.

* Reconocimientos periódicos.

* Formación e información

- Ergonomía del puesto de trabajo.
- Protección personal (guantes, corsets abdominales).



ACTUACION PARA EL CONTROL DE VIBRACIONES

FUENTE EMISOR	MEDIO PROPAGACION	RECEPTOR
<ul style="list-style-type: none"> - MANTENIMIENTO. REDUCCION FUERZAS DE CONDUCCION * BAJA FRECUENCIA (TECNICAS EQUIBRADO, MODIFICACION ESTRUCTURAS METALICAS). * ALTA FRECUENCIA (CAMBIO ENGRANAJES, REGULACION VELOCIDAD DE FLUIDOS). - MODIFICACION DE LA FUENTE * SUSTITUCION O AISLAMIENTO * DESINTONIZACION FRECUENCIA CARACTERISTICA. * TELEMANDO - DISEÑO HERRAMIENTAS PORTATILES (FORMA, PESO, DIMENSIONES, ADAPTACION A LA TAREA). - DISEÑO MAQUINARIA O.P., AGRICOLAS (CABINA, ASIENTO, MANDOS, SUSPENSION, NEUMATICOS SEGUN TRAZADO) 	<ul style="list-style-type: none"> - MANTENIMIENTO. REDUCCION DE FUERZA EXCITATRIZ. * LOCALIZAR Y ELIMINAR RESONANCIAS . AMORTIGUACION: MATERIALES PLASTICOS, METALES DISIPATIVOS, CAUCHO CONTRA FRICCION, MASI--LLA AMORTIGUACION, DISIPATIVOS "SANDWICH", AMORTIGUACION ELECTROMAGNETICA, ABSORBEDORES DINAMICOS, VISCOELASTICOS. . DESINTONIZACION: CAMBIO DE MASA DEL ELEMENTO RESONANTE O DE LA RIGIDEZ 	<ul style="list-style-type: none"> - MEDIDAS ADMINISTRATIVAS * DISMINUCION JORNADA * PAUSAS DE TRABAJO * PERIODOS EXPOSICIÓN NO SUPERIORES A CINCO AÑOS * DESCARTAR PERSONAL CON PATOLOGIA LABORAL ASOCIADA, MENORES DE EDAD - CONTROL MEDICO * PRUEBAS HABITUALES, MEDICAMENTOS, SELECCION DE PERSONAL, ADIESTRAMIENTO. * RECONOCIMIENTOS PERIODICOS * FORMACION E INFORMACION - ERGONOMIA DEL PUESTO DE TRABAJO - PROTECCION PERSONAL (GUANTES, CORSETS ABDOMINALES)





MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD
E HIGIENE EN EL TRABAJO