

VIBRACIONES

GENERALIDADES

Ya se ha dicho que todo sonido tiene su origen en una vibración mecánica y por consiguiente éstas deben ser consideradas como las productoras del ruido y de sus efectos nocivos sobre el sistema auditivo del hombre.

Sin embargo, es necesario también considerar a las vibraciones en sí mismas como responsables de una serie de molestias para el sujeto sometido a las mismas.

Se dan a continuación algunas definiciones sobre las vibraciones, como así también una evaluación de sus efectos sobre el trabajador.

DEFINICIONES Y UNIDADES

Vibración: Una partícula experimenta una vibración mecánica cuando a intervalos iguales, pasa por las mismas posiciones animada por la misma velocidad. Se define por su desplazamiento, velocidad, aceleración y frecuencia.

Desplazamiento (amplitud): Es la distancia entre la posición de la partícula que vibra y su posición de reposo. Generalmente nos referimos a la amplitud máxima.

Unidad: m

Velocidad: Es la velocidad que anima a la partícula. Equivale a la derivada del desplazamiento con respecto al tiempo.

Unidad: m/seg.

Aceleración: Es la variación de la velocidad por unidad de tiempo y equivale a la segunda derivada del desplazamiento con respecto al tiempo.

Unidad: m/seg²

Frecuencia propia del sistema: Es la frecuencia en la cual oscilaría el sistema si se lo sacara de su estado de equilibrio. Es función de la masa y de la elasticidad de todos los sistemas que lo componen.

Unidad: Hz.

Resonancia: Cuando un sistema es excitado por una fuerza armónica externa, cuya frecuencia es igual a la frecuencia natural del sistema, la amplitud de la vibración crece y se dice que el sistema está en la resonancia.

Amortiguamiento: Cualquier influencia que extrae energía a un sistema en vibración se conoce como amortiguamiento.

Las definiciones dadas tienen sólo valor informativo y aclaratorio en tanto no están fijadas por la norma IRAM CEAF 4036.

Sus efectos sobre el hombre

Las vibraciones producen en el hombre efectos perjudiciales muy variados. Por ejemplo, las oscilaciones lentas de los barcos ocasionan descomposturas. Las vibraciones de los vehículos fatigan y causan estados enfermizos. En los edificios destinados a habitación u oficinas, las vibraciones son molestas, sobre todo por sus efectos sobre el sistema nervioso.

Para el obrero que trabaja en permanencia en un ambiente sujeto a vibraciones los efectos nocivos se presentan bajo la forma de fatiga, disminución de la productividad y a la larga una enfermedad profesional.

El rango vibratorio de especial interés para el hombre es de 1 a 400 Hz. aunque debe mencionarse que la piel puede percibir vibraciones por arriba de 1500 Hz.

La vibración produce movimientos y desplazamientos relativos en el organismo. Si la frecuencia de vibración está por debajo de 3 Hz, el cuerpo se mueve como una unidad y los efectos adversos experimentados son del tipo asociado con enfermedades de movimiento. A medida que aumenta la frecuencia de la vibración, varias partes del cuerpo tienden a responder en forma diferencial a las fuerzas fluctuantes. Frecuencias específicas dentro del rango de 4 a 12 Hz, por ejemplo, harán que las caderas, hombros y partes abdominales comiencen a resonar produciendo una amplificación de la respuesta a la vibración. La dirección de la vibración y la posición de la persona (sentada o parada), tendrán alguna influencia sobre la cantidad lo mismo que sobre las frecuencias específicas de la resonancia de estas partes del organismo. Entre 20 y 30 Hz el cráneo comenzará a resonar, lo que produce deterioro de la agudeza visual. Una perturbación similar ocurrirá entre los 60 y 90 Hz, cuando los globos oculares muestran una tendencia a resonar con las fuerzas vibratorias.

Estudios en animales han demostrado que amplitudes altas de vibración de todo el cuerpo (aceleraciones de 10 a 12 g (g es igual a $9,8 \text{ m/seg}^2$) por corto tiempo, pueden producir daños mecánicos al corazón, pulmones, cerebro, intestinos y otras partes de la región abdominal. Estos tipos de lesiones inducidas por vibración parecen ser posibles en el hombre. Es demasiado temprano, sin embargo, para estimar, a partir de los datos en animales, las condiciones de frecuencia, amplitud y tiempo de exposición que producirá estos efectos en seres humanos.

Es también de importancia notar que una persona puede sufrir daños crónicos por exposición a vibraciones de larga duración, que no producirán efectos agudos aparentes. Estos últimos se encuentran después de la exposición a golpes repetidos o sacudones al azar, como los que se experimentan en los vehículos en movimiento. Las sacudidas en aviones o en pequeños botes de alta velocidad, o el movimiento de los tractores o de otros vehículos pesados sobre superficies ásperas, producen estos movimientos bamboleantes. Son raras las lesiones agudas ocasionadas por estas condiciones, pero son comunes las quejas por malestares. Los operadores de camiones o tractores, por ejemplo, sufren a menudo de lesiones al sacroilíaco. A veces se sospecha de lesiones menores a los riñones y, raramente, pueden aparecer trazas de sangre en la orina.

Las respuestas subjetivas a la vibración total del organismo incluyen la percepción del movimiento, sensación del malestar, aprensión y dolores. Estas respuestas dependen de numerosos factores, que incluyen la frecuencia y aceleración de la vibración y la duración de la exposición. (Ver Tabla n 6).

Las reacciones fisiológicas a la vibración no han sido estudiadas todavía exactamente. Se han encontrado cambios en la respiración, actividad del corazón y circulación periférica como respuesta a la vibración, pero parecen ser de naturaleza pasajera. Ciertos reflejos de postura, como la sacudida de la rodilla parecen ser inhibidos por el movimiento vibratorio.

EVALUACION DE LOS EFECTOS

Un gran número de hombres de ciencia, entre los cuales podemos nombrar a: D. Dieckmann, J. C. Guignard, W. M. Jacklin, F. J. Meister, H. Reither, y W. Zeller han estudiado los efectos de las vibraciones sobre el hombre, para establecer las condiciones y escalas de percepción, como así también los límites admisibles.

Estudios recientes demostraron que para apreciar el efecto de las vibraciones sobre el hombre, es necesario considerar, en orden sucesivo y en función de la frecuencia, el desplazamiento, la velocidad o la aceleración de la vibración.

La tabla n 5 indica el modo en que se percibe la vibración y el efecto sobre el trabajo del hombre, en función de un coeficiente K de la fatiga, debido a las vibraciones.

Los valores de K están representados en las figuras 94 y 95 en función de la amplitud del desplazamiento, de la velocidad y de la aceleración así como de la frecuencia.

Los diagramas de la figura 94, corresponden a vibraciones verticales, mientras que los de la figura 95, corresponden a vibraciones horizontales. Observando la figura 94 se ve que para frecuencias de hasta 5 Hz. los coeficientes K son proporcionales a las aceleraciones. Luego, para frecuencias por debajo de 5 Hz, son las aceleraciones las que proporcionan una indicación del efecto de las vibraciones. Para frecuencias entre 5 y 40 Hz. se debe hacer empleo del diagrama correspondiente a las velocidades, mientras que, para frecuencias arriba de 40 Hz. el efecto de las vibraciones está determinado por la amplitud de los desplazamientos.

Para las vibraciones horizontales, figura 95, los correspondientes límites de frecuencias son: 2 y 25 Hz.

TABLA N° 5: Grado de fatiga debido a la vibraciones

K	Modo de percibir las vibraciones	Efectos de las vibraciones sobre el trabajo
0,1	Ondas suaves, apenas perceptibles.	No impiden el trabajo.
0,1-0,3	Perceptibles, no molestas, soportables gran tiempo.	No impiden el trabajo.
0,3-1	Fácilmente perceptibles, desagradables a largo tiempo, soportables.	No impiden el trabajo.
1-3	Fuertes, desagradables a largo tiempo, pero aún soportables.	Dificultan el trabajo en cierta medida.
3-10	Desagradables, insoportables a largo tiempo, tolerables 1 hora a lo máximo.	Dificultan el trabajo pue den aún ser toleradas
10-30	Muy desagradables, soportables durante 10 minutos a lo máximo.	Permiten apenas trabajar
30-100	Extremadamente desagradables, soportables durante 1 minuto a lo máximo.	No permiten más trabajar
arriba de 100	Insoportables.	Impiden trabajar.

TABLA nº 6: Efectos de la vibración localizados en las manos

Naturaleza del daño en la mano	Herramientas pesadas de baja velocidad	Herramientas livianas de alta velocidad
Blanqueo de los dedos	Característica	Ausente
Dolores	Generalmente no es una queja de importancia	Es la queja principal
Cambio en el tono vascular	No infonnado	Tono aumentado
Hinchazón	Ocasional	Frecuente
Cambios degenerativos en el hueso	Frecuente	Ausente
Distribución de los síntomas	Generalmente en la misma	Generalmente en
de perturbación neurovascular	mano de los síntomas	ambas.

NOTA: La duración del trabajo, antes del comienzo del daño fue de varios meses en el caso de las herramientas pesadas de baja velocidad, y de días y hasta meses en el caso de las herramientas livianas de alta velocidad.

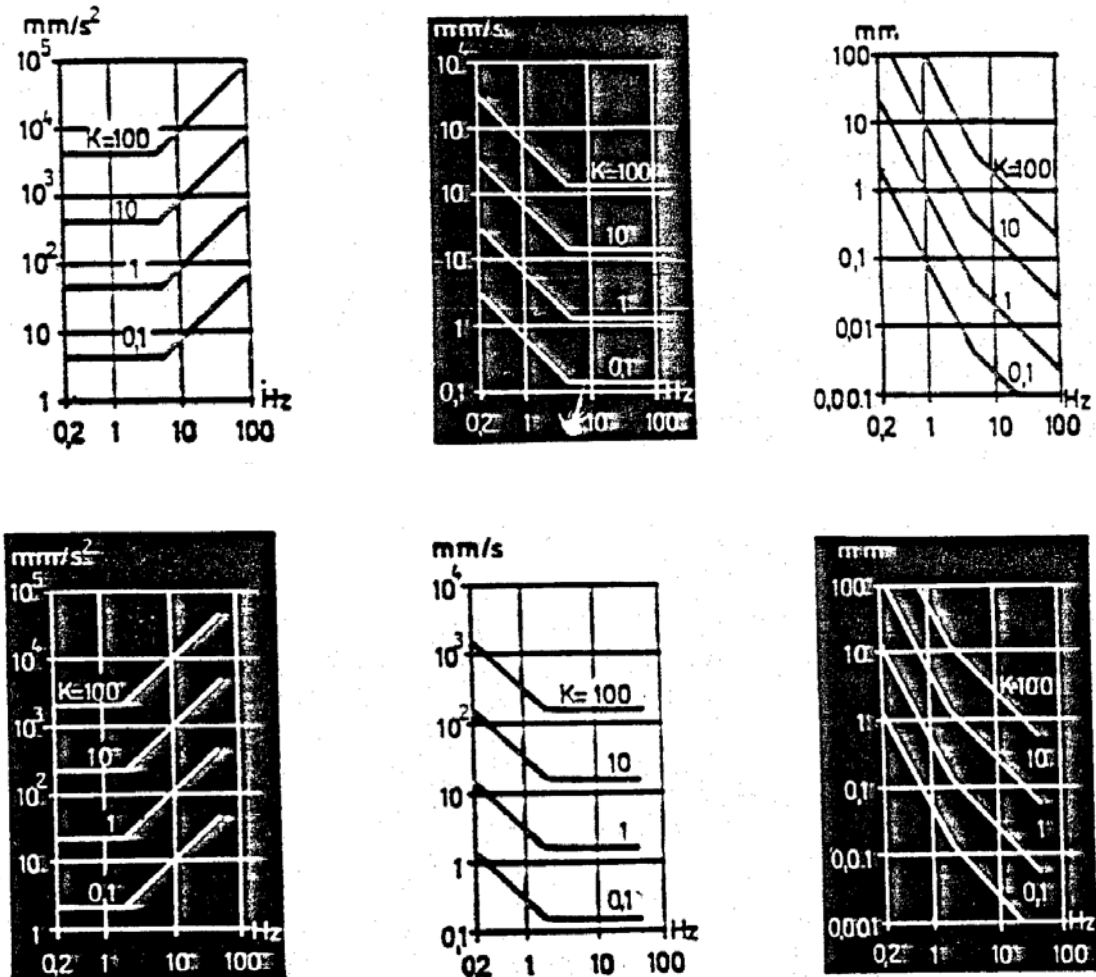


Fig. 95: Valor del coeficiente K. (Vibraciones horizontales).

Medidas de control

Una vez medidas las vibraciones y comprobado que éstas tienen una intensidad que dificultan al trabajo y provocan en el hombre diversos grados de fatiga, será necesario buscar los medios para disminuir su amplitud. Estas medidas de control pueden dividirse en los siguientes tipos de soluciones:

a) Solución en la fuente:

- Sustitución de la máquina o de parte de ella por otra que produzca menos vibración.
- Modificación del proceso de trabajo.
- Reducción de la energía vibratoria de los elementos que vibran mejorando el balance dinámico, disminuyendo las velocidades de rotación o aumentando la duración del ciclo de trabajo.
- Reducción de la respuesta de los elementos que vibran aumentando las masas en juego, modificando los anclajes o las uniones y, sobre todo, variando las frecuencias de resonancia.

b) Soluciones en las vías de propagación:

- Mediante la correcta aislación de la máquina con respecto a las estructuras vecinas (piso, paredes, columnas, etc.). Esto se logra interponiendo elementos elásticos tales como resortes, soportes de goma, planchas de fibras vegetales o minerales, etc.

Estos montajes elásticos impiden la propagación de las vibraciones pero pueden resultar inadmisibles para el correcto funcionamiento de la máquina. Habrá que apelar entonces, a fundaciones masivas, sobre las cuales se fijarán los elementos vibrantes. Estas fundaciones deberán construirse adoptando las precauciones necesarias para que se hallen totalmente desvinculados de las estructuras vecinas. Si la forma y la masa de la fundación están bien diseñadas, se logrará una correcta absorción de las vibraciones, como así también un cambio en la frecuencia de resonancia del conjunto, que puede ser muy beneficioso.

Cuando la vibración producida por la máquina o conjunto de máquinas se ha introducido en la estructura del edificio (columnas, vigas, losas, etc.) resulta muy difícil de eliminarlas. Pueden obtenerse mejoras introduciendo interrupciones en las estructuras, tales como el empleo de losas flotantes, columnas seccionadas, vigas apoyadas elásticamente, conexiones de tuberías mediante cuplas elásticas, etcétera.

c) Soluciones en los puestos de trabajo:

Consiste en crear zonas o ubicaciones libres de vibraciones, para que el operario pueda, desde allí, realizar la tarea. Como orientación daremos algunos ejemplos: construir casillas o sitios libres de vibraciones mediante la utilización de suspensiones elásticas como resortes, losas flotantes, etc. Instalación de asientos o tarimas suspendidas elásticamente, etc.

Todos estos elementos deberán ser diseñados cuidadosamente para que sus frecuencias propias estén alejadas y por debajo de las frecuencias de las vibraciones que se desean aislar, ya que en caso contrario, los resultados serían desastrosos.

Antecedentes locales

Se puede afirmar, sin temor a equivocarse, que el problema del ruido en relación con la higiene industrial ha comenzado a ser tratado con seriedad en nuestros países

recién en los últimos años. En la Argentina, luego del Congreso de Medicina del Trabajo (Córdoba, 1963), el Instituto Argentino de Seguridad incorporó en 1965 este tema en las programaciones de todos sus cursos y en 1969, incluyó, en sus Cuartas Jornadas de Seguridad e Higiene, por primera vez una Comisión que trató el "Ruido". En 1970, con motivo de las Quintas Jornadas, se volvió sobre el mismo, agregando además estudios sobre vibraciones y ruidos impulsivos.

De igual manera, la Asociación Uruguaya de Seguridad ha comprendido la importancia del ruido en el ámbito industrial, dedicando preferente atención a este factor.

Numerosas instituciones y laboratorios están trabajando en los problemas de medición y control del ruido. Entre otros, podemos mencionar en Córdoba al Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas que desde hace años desarrolla en la Argentina un fecundo trabajo. Paralelamente, las Facultades de Ingeniería y Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, han creado grupos de trabajo en acústica y cuentan con laboratorios e investigadores.

Dos laboratorios oficiales, el INTI, en Miguelete (Prov. de Buenos Aires), y el LEMIT, en La Plata, poseen laboratorios de acústica que cuentan también con el instrumental necesario para realizar mediciones de ruido y vibraciones.

Es interesante destacar que el Instituto IRAM, encargado de la normalización en la Argentina, se ha abocado al estudio de normas técnicas destinadas a la acústica en general y al ruido en Particular.

Es importante remitirse a la ley nacional 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo, y su reglamentación aprobada por decreto n 4160, referida al problema de Ruidos y Vibraciones. Dicho cuerpo legal contiene, entre otras, las recomendaciones que sobre Ruido Industrial se aprobaron, durante las Cuartas y Quintas Jornadas de Seguridad e Higiene Industrial y que constituyen, sin duda, un primer paso hacia la protección integral del hombre que trabaja.

Si bien hemos mencionado a instituciones racionadas con los problemas de ruido que nos hemos impuesto en esta obra, conviene recordar que otras instituciones como la Comisión de Trabajos Insalubres y el Departamento de Higiene ambiental del Ministerio de Salud Pública del Uruguay, el Ministerio de Salud Pública de la Provincia de Buenos Aires, y otras que sería mucho enumerar, están trabajando eficazmente en el tema.

Cuanto más se multiplique, se conozca e intercambie información, más y mejores resultados obtendremos para el beneficio de todos.

Las tres variables se relacionan entre sí, por medio de la frecuencia, de modo que no se puede hablar de variables independientes. En la práctica, las vibraciones mecánicas, al igual que los ruidos, se caracterizan por ser de amplio espectro, y contener, por lo tanto, varias frecuencias. Es por ello, que el cálculo de alguna de estas características a partir de una de ellas, utilizando la frecuencia, no es siempre posible.

Existen tres tipos básicos de transductores, o sea de elementos capaces de transformar vibraciones en señales eléctricas. Son:

- a) Los sismógrafos cuya salida es proporcional a la amplitud de las vibraciones;
- b) Los vibrómetros, que obedecen a la velocidad de las mismas;
- e) Los acelerómetros.

Estos últimos, como su nombre lo indica, responden a la aceleración de las vibraciones.

De los tres, los más populares, son los acelerómetros por su robusta construcción, mínimo tamaño y gran sensibilidad, características todas que los convierten en elementos ideales para trabajos que no requieren especiales precauciones.

La señal captada por el transductor, se amplifica y pasa por un control, que por medios electrónicos, permite efectuar el pasaje aceleración-vibración-desplazamiento.

Un instrumento, permite finalmente efectuar la lectura de la magnitud del fenómeno.

La circunstancia, de que además del captor, o transductor, y del integrador (el dispositivo electrónico al que acabamos de referirnos), el resto del equipo es muy similar al medidor de nivel sonora, ha hecho que muchos fabricantes de medidores de nivel sonoro, incorporen como unidades adicionales, los acelerómetros y los integradores. De modo que con simple acoplamiento, dichos instrumentos permite la medición total de ruidos y de vibraciones. Además, mediante la incorporación de los filtros a los que nos referimos antes, podemos realizar también el análisis en bandas de octavas de la vibración en cuestión. De este modo podemos contar, con un equipo completo para la medición de ruidos y vibraciones.