



## Seminarios web

Seminario sobre prevención de riesgos laborales en la actividad agropecuaria.

**Vibraciones: evaluación de la exposición en la agroindustria.**

22 de Agosto 2024

# VIBRACIONES

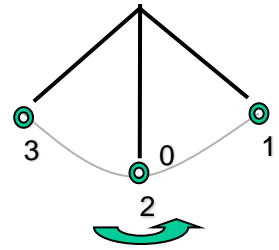
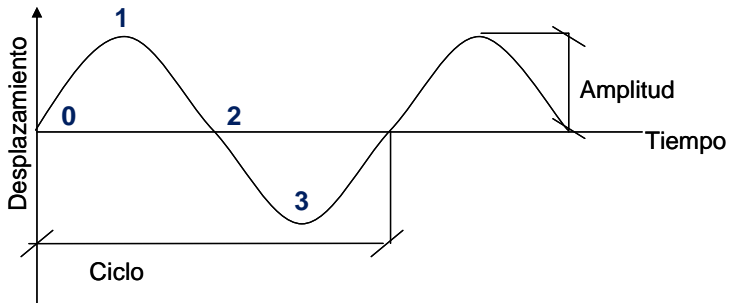
## DEFINICIONES

## DEFINICIONES

**Frecuencia:** Es el movimiento que realizan los objetos desde su punto de equilibrio llegando al punto más alejado superior, luego inferior y finalmente llega al punto de equilibrio denominado ciclo.

La cantidad de ciclos por segundo es definido como la frecuencia de vibración.

**Amplitud:** Esta representada por la distancia entre el punto de equilibrio y la máxima distancia de alejamiento (+ o -), también definido como la intensidad de la vibración.



## DEFINICIONES

**Aceleración:** La velocidad del objeto en movimiento pasa de un valor cero en los puntos extremos (cambio de sentido del movimiento) a un valor máximo cuando pasa por el punto de equilibrio. La velocidad normalmente se expresa en **m/s** y la aceleración es una medida de cuan rápido varia la velocidad el cuerpo en movimiento y se mide en **m/s<sup>2</sup>**.

**Vibraciones libres y Forzadas:** Para que el fenómeno de vibración ocurra debe existir en cada instante que el conjunto de fuerzas que actúan se encuentren en permanente equilibrio (fuerzas elásticas, fuerzas de amortiguamiento, inerciales, fuerzas externas). Todas estas fuerzas varían a cada instante, pero su suma es cero.

## DEFINICIONES

Si nos encontramos frente al caso de un cuerpo que vibra libremente, es decir que no existe una fuerza externa aplicada, como ser una cuerda de guitarra, veremos que al aplicarle una fuerza para separarla del punto de equilibrio al soltarla quedará vibrando con una frecuencia característica del sistema (que dependerá del largo, grosor, material, tensión, etc.)

A esa frecuencia se la llama **frecuencia natural del sistema**.

Distintas son las vibraciones forzadas, por ejemplo, una maquina rotativa desbalanceada, en este caso es una fuerza externa la que provoca la vibración y estas vibraciones son habitualmente las que aparecen en la industria.

# VIBRACIONES

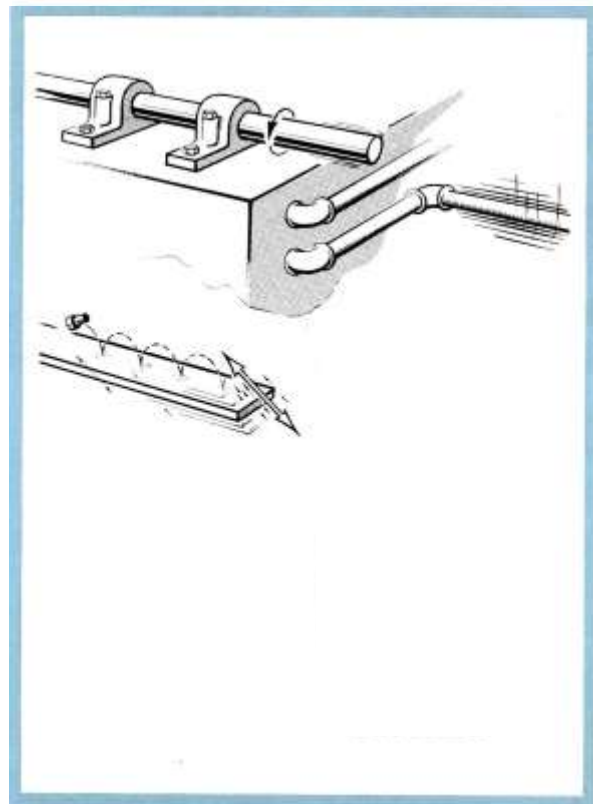
## GENERALIDADES

## ORIGEN DE LAS VIBRACIONES?

En la práctica es muy difícil evitar las vibraciones.

Se producen por los efectos dinámicos de las tolerancias de fabricación, las holguras, los contactos de rodadura y fricción entre las piezas de las máquinas y los desbalances de los elementos giratorios y alternativos.

En ocasiones, pequeñas fuerzas insignificantes pueden excitar las resonancias de elementos estructurales y convertirse en fuente de considerables vibraciones y ruidos.



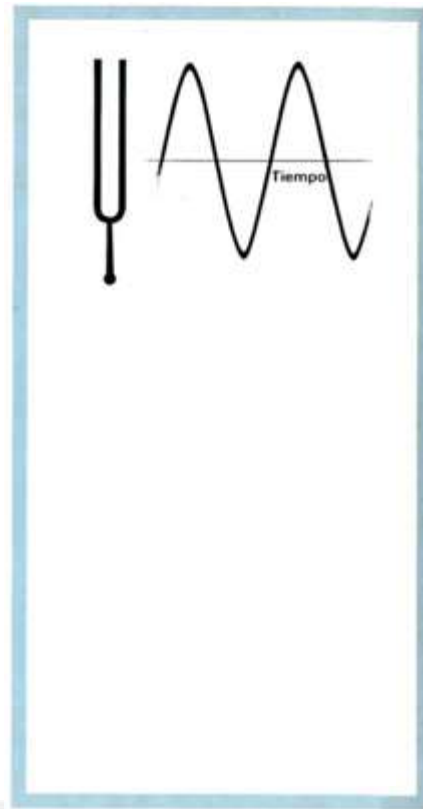
\*Fuente: B&K

## ¿QUÉ SON LAS VIBRACIONES?

Cuando un cuerpo vibra realiza un movimiento oscilante respecto a una posición de referencia, el número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo se llama “Frecuencia” y se mide en “Hertz” (Hz)

El movimiento se puede componer de un solo componente a una determinada frecuencia, como en un diapasón, o varios simultáneos con distintas frecuencias, como el movimiento de un motor de combustión interna.

En la práctica constan de muchas frecuencias simultáneas.



\*Fuente: B&K



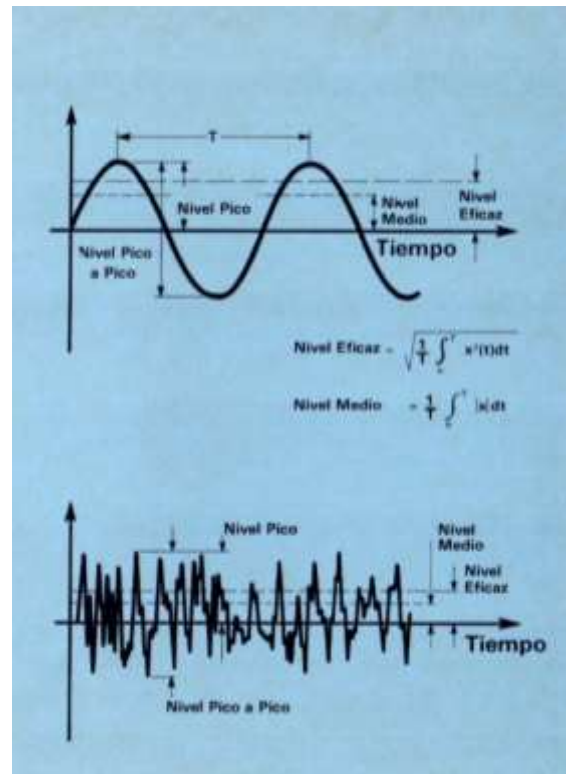
## EL NIVEL DE LAS VIBRACIONES

La amplitud de las vibraciones, que es la característica que define su importancia, se puede valorar de varias formas.

En la fig. se indica los niveles:

- **Pico-a-Pico**
- **Pico**
- **Medio** y
- **Eficaz** de una onda sinusoidal.

El valor **Pico-a-Pico** indica el recorrido máximo de la pieza, lo cual es muy útil cuando, por ejemplo, su desplazamiento es crítico por las tensiones que genere o los espacios de que se disponga.



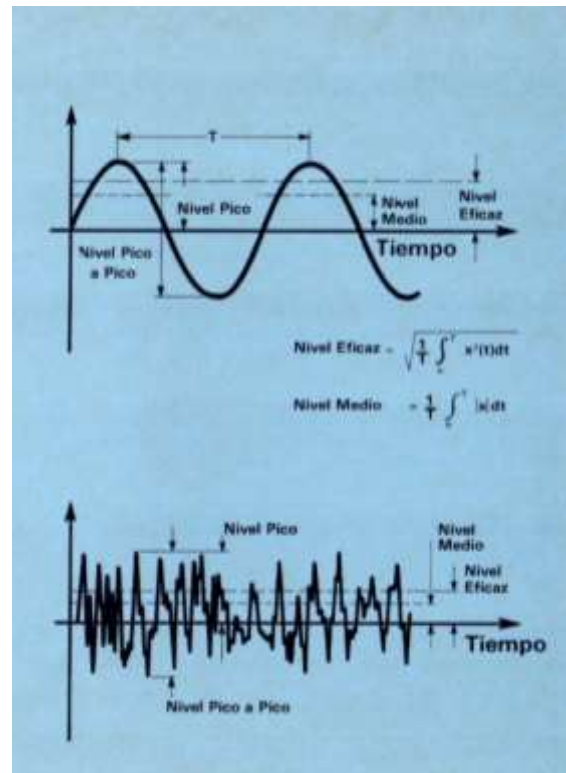
\*Fuente: B&K

## EL NIVEL DE LAS VIBRACIONES

El valor **Pico** indica los niveles de choques de corta duración. Como se aprecia en la figura, sólo indica el valor máximo alcanzado.

El valor **Medio**, carece de interés práctico dado su escasa relación con magnitudes física útiles.

El valor **Eficaz** (r.m.s) es el más significativo de la amplitud al tener en cuenta la historia de la onda y al representar un valor de la amplitud relacionado directamente con la energía y, por ende, con la capacidad de daño de la vibración.



\*Fuente: B&K

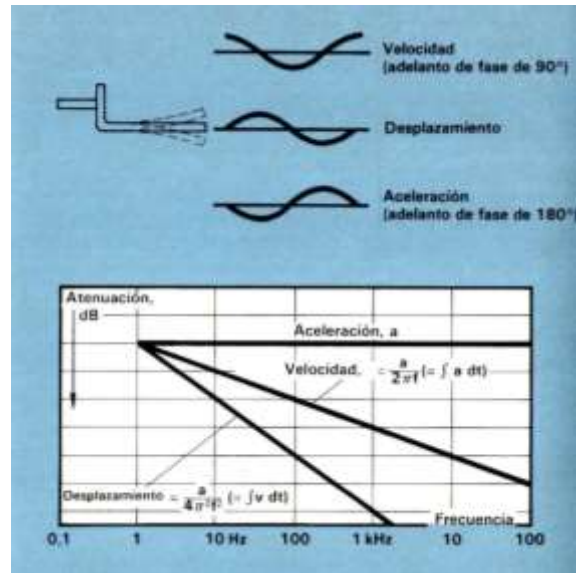
## LAS FUNCIONES DE LAS VIBRACIONES: Aceleración, Velocidad y Desplazamiento

En el diapasón consideramos la amplitud de la onda como representativa del desplazamiento de los extremos de sus brazos a uno y otro lado del equilibrio.

También se puede describir por su velocidad o su aceleración.

La forma y periodo de la función son las mismas, ya se tomen el desplazamiento, la velocidad o aceleración.

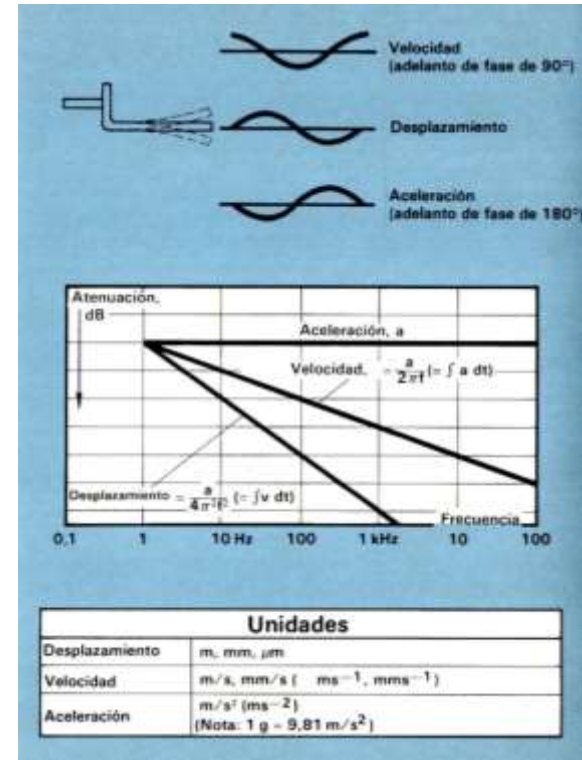
La principal diferencia es la variación de fase de 90° o 180° entre las tres figuras, como se observa.



\*Fuente: B&K

## LAS UNIDADES DE LAS VIBRACIONES: Aceleración, Velocidad y Desplazamiento

Las funciones se miden universalmente en las unidades métricas de la tabla, según la ISO.



\*Fuente: B&K



# ACELERÓMETROS



## EL ACELERÓMETRO PIEZOELÉCTRICO

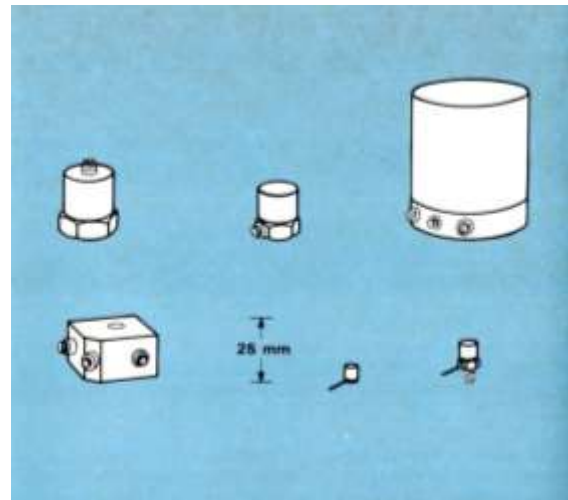
El transductor que hoy se usa para la medida de las vibraciones es el acelerómetro piezoeléctrico.

Existen acelerómetros específicos, de 0,4 a 2 gr, diseñados medición de altas amplitudes y frecuencias.

La masa del acelerómetro tiene importancia en elementos livianos dado que puede alterar los niveles y las frecuencias en el punto de medición.

Tiene una buena gama de frecuencia, rango dinámico y linealidad.

Son robustos, fiables y sus características permanecen estables durante largos períodos de tiempo.

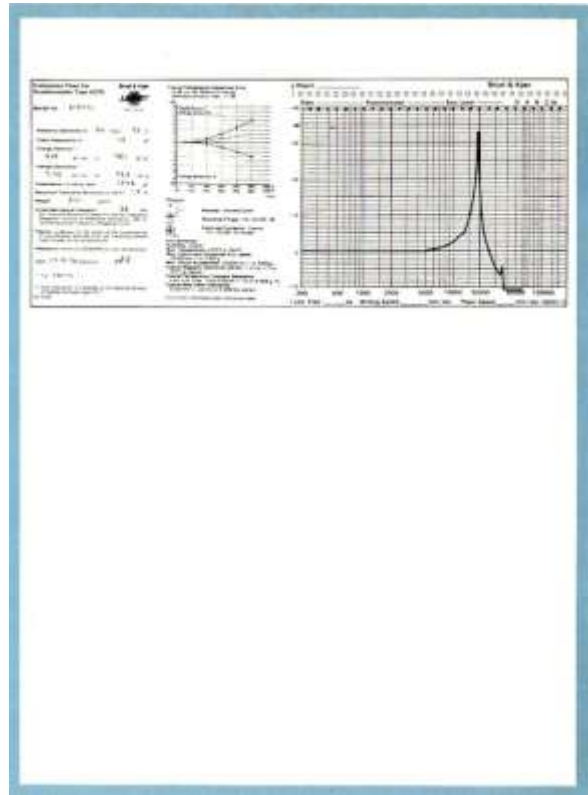


## CALIBRACIÓN DE LOS ACELERÓMETROS

Cada acelerómetro informa su sensibilidad y su calibración.

Siempre que se los conserven y empleen dentro de sus límites ambientales, (sin golpes, altas temperaturas, radiación, etc.), pueden sufrir mínimos cambios en largos períodos de tiempo.

Sin embargo, en empleo normal, los acelerómetros están sometidos a veces a trato muy violento, que puede afectar a sus características y crear daños permanentes.

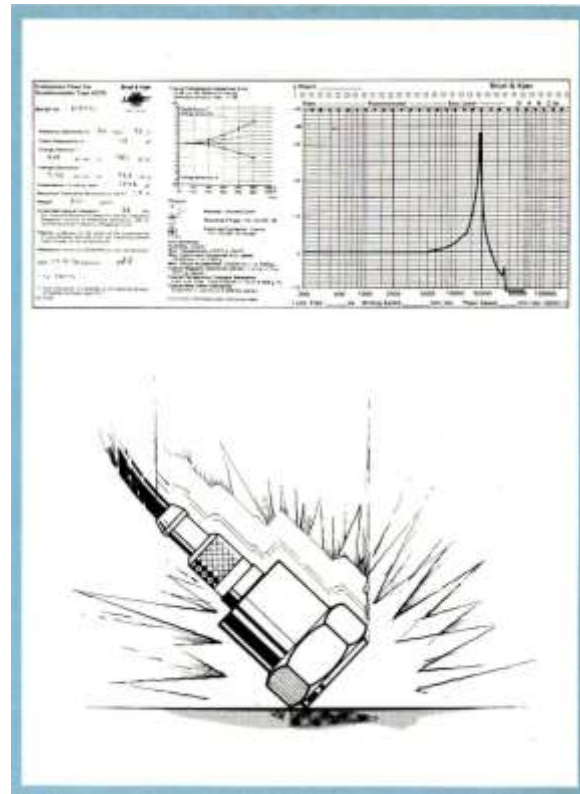


\*Fuente: B&K

## CALIBRACIÓN DE LOS ACELERÓMETROS

Si un acelerómetro cae a un suelo duro desde la altura de la mano puede sufrir un choque de muchos miles de “g”.

Es conveniente verificar periódicamente su sensibilidad garantizando su estado de funcionamiento.



\*Fuente: B&K



## CALIBRADOR

Se debe verificar periódicamente la sensibilidad es con calibrador (shaker), de vibraciones.

El aparato entrega una aceleración de vibración de  $10 \text{ m/s}^2$  a  $159,2 \text{ Hz}$ .

Otra aplicación igualmente útil del calibrador es la verificación de sistemas completos de medida o análisis antes de su empleo.



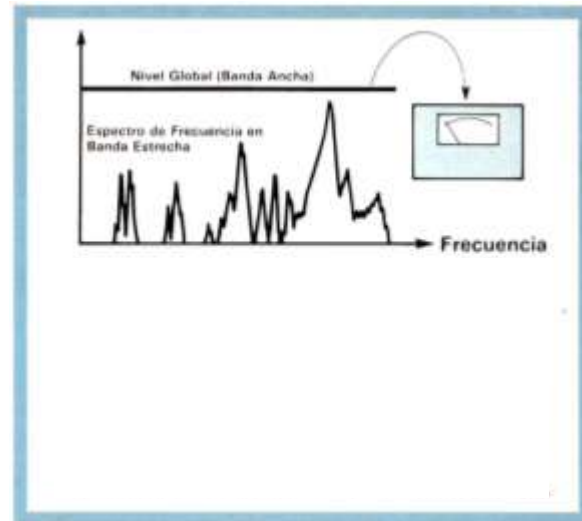
\*Fuente: B&K

## QUÉ ES EL ANÁLISIS EN FRECUENCIA?

El instrumental da un único nivel de vibración medido en una extensa gama de frecuencias.

Para conocer los componentes de frecuencia que integran la señal de banda ancha hay que realizar un análisis en frecuencia.

Para ello se utiliza los filtros en banda de frecuencia.



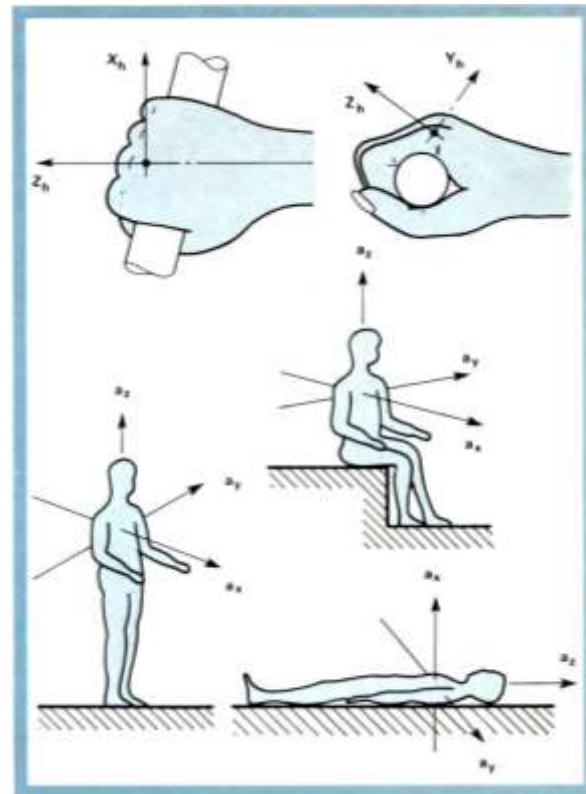
# VIBRACIONES APLICADAS AL SER HUMANO

## VIBRACIONES EN EL CUERPO HUMANO

Sabemos que las vibraciones en el cuerpo humano pueden ser graves. Los trabajadores pueden sufrir pérdidas de equilibrio, pérdidas de concentración y daños físicos.

## VIBRACIONES MANO BRAZO

El efecto fisiológico más común en mano-brazo en los trabajadores que manejan motosierras conocidos como el síndrome del “dedo blanco”. Se produce una degeneración gradual de los tejidos vasculares y nerviosos, perdiendo el trabajador la sensibilidad.



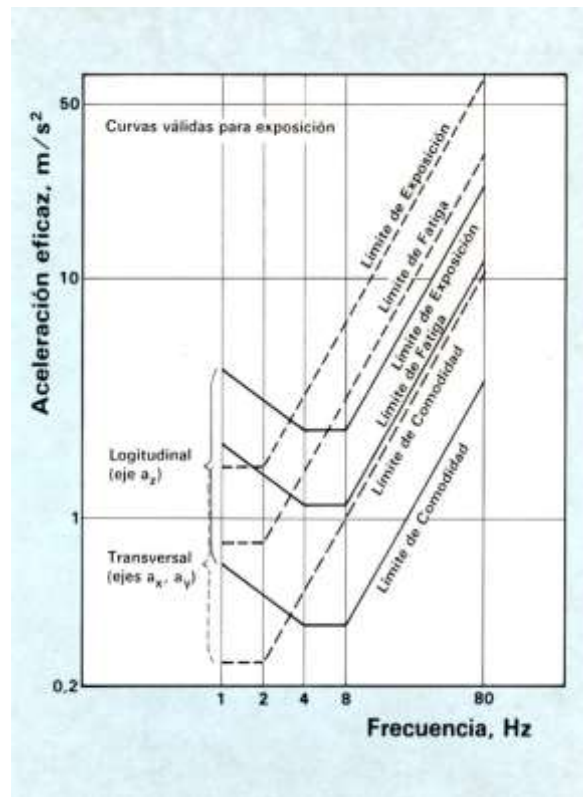
\*Fuente: B&K

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO

Se consideran tres superficies de apoyo en cual el cuerpo humano en conjunto está sometido a vibraciones considerando una persona erguida; para una persona sentada y una persona acostada.

- 1) Comodidad reducida aplicable al transporte de pasajeros, etc.
- 2) Fatiga para conductores de vehículos y operadores de máquinas.
- 3) Exposición límite que señala peligro para la salud.

Es interesante observar que en la dirección pies a cabeza, la máxima sensibilidad del cuerpo entero se encuentra de 4 a 8 Hz, mientras en la transversal lo es de 1 a 2 Hz.



\*Fuente: B&K

# EFFECTOS DE LAS VIBRACIONES SOBRE LOS SERES HUMANOS

Medición y límites de exposición

Límite de confort reducido

Límite de capacidad reducida por fatiga

Límite de exposición



**Cuerpo entero**  
Lesiones de columna

**Mano, brazo**  
Síndrome de dedo blanco

# EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES EN AMBIENTE LABORAL

Ley 19587/79

Resolución 295/2003

# DEFINICIONES



## DEFINE

**Acelerómetro:** Elemento transductor que se sujeta a la superficie que vibra y convierte el movimiento mecánico en una señal eléctrica equivalente.

**Calibrador de acelerómetros o actuador:** Instrumento que genera una vibración y de amplitud y frecuencia conocidas. Se emplea para la verificación en campo de sistemas de medición de vibraciones.

**CRF:** (Factor de Cresta): se define como la relación entre el pico de la vibración y el valor eficaz (r.m.s.)

**Frecuencia ( $f$ ):** Es la inversa del período de una señal y se mide en Hertz (Hz).

**v.c.m.** Valor cuadrático medio o también denominado **r.m.s.** (root mean square) - Valor eficaz de una señal.

## DEFINE

**Vector:** Cantidad que es determinada por su magnitud y dirección

**Vibración:** Variación, con respecto al tiempo, de la amplitud de una onda (desplazamiento, velocidad y/o aceleración) que describe el movimiento o posición de un sistema mecánico.

**Valor de la dosis de vibración a la cuarta potencia (VDV)** - parámetro empleado para cuantificar un tipo de exposición humana a la emisión de vibraciones mecánicas en función del tiempo.

## EQUIPOS DE MEDICIÓN

El instrumental de medición debe cumplir con los requisitos de la última versión de la Norma ISO 8041. El equipo debe comprobarse su funcionamiento antes de su empleo y contar con la calibración realizada en laboratorio acreditado que debe renovarse cada 2 años.

# VIBRACIONES EN MANO-BRAZO (SVMB - HAV)

## CONCEPTOS

## VIBRACIONES EN MANO-BRAZO (HAV) EFECTOS

Son la causante de muchas enfermedades profesionales. Las exposiciones periódicas afectan a los dedos que se acentúan con el frío, causando el conocido síndrome de los dedos blancos o fenómeno de Raynaud. Estas vibraciones afectan también al sistema nervioso, lo que provoca que, después de una exposición, se duerman las manos o se produzcan sensaciones de pinchazos y cosquilleos en las mismas.

# VIBRACIONES EN MANO-BRAZO

## MEDICIÓN

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

Las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo debe ser medida simultáneamente en las tres direcciones de un sistema de coordenadas ortogonal como el siguiente.

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)



### Posición de “agarre”

(en esta posición, la mano adopta un agarre normalizado de una barra cilíndrica)



## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

**NOTA 1:** La mayoría de los trabajadores sanos por debajo de estos valores, pueden estar expuestos repetidamente con un riesgo mínimo de efectos adversos.

**NOTA 2:** Si se superase el Valor Límite de Exposición, una persona no protegida está expuesta a riesgos inaceptables.

## VIBRACIONES APLICADAS EN MANO-BRAZO (HAV) RECOMENDACIONES

A los trabajadores se les debe aconsejar que eviten exposiciones prolongadas a la vibración, interrumpiendo el trabajo unos 10 minutos (aproximadamente), por cada hora de vibración continúa.

Se deben emplear prácticas adecuadas de trabajo, que incluyan enseñar a los trabajadores a emplear una fuerza mínima prensil de la mano, que sea compatible con el accionamiento seguro de una herramienta mecánica o la relación de un proceso.

Asimismo, se deben mantener secos y calientes el cuerpo y las manos, evitar fumar.

Usar elementos antivibratorios y/o guantes, siempre que sea posible.



# VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO (VCE - WBV)



## VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO (VCE) EFECTOS

Son las vibraciones que se transmiten al cuerpo del operario, principalmente a través del asiento del conductor que maneja el vehículo o máquina generadora de vibración. Se producen principalmente en aquellos trabajos consistentes en el uso de maquinaria móvil (por ejemplo, en la utilizada para el transporte de personas o mercaderías)

La exposición a vibraciones de cuerpo entero de las personas expuestas, producen efectos en la espalda y la zona del estómago.

## VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO (VCE) - EFECTOS

En general, los efectos en las personas expuestas a las vibraciones pueden ser:

- Sistema músculo-esquelético con trastornos a nivel de la columna vertebral
- Alteraciones de las funciones fisiológicas
- Alteraciones neuromusculares
- Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endócrinas y metabólicas
- Alteraciones ginecológicas y riesgo de aborto
- Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central

## VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO (VCE) - EFECTOS

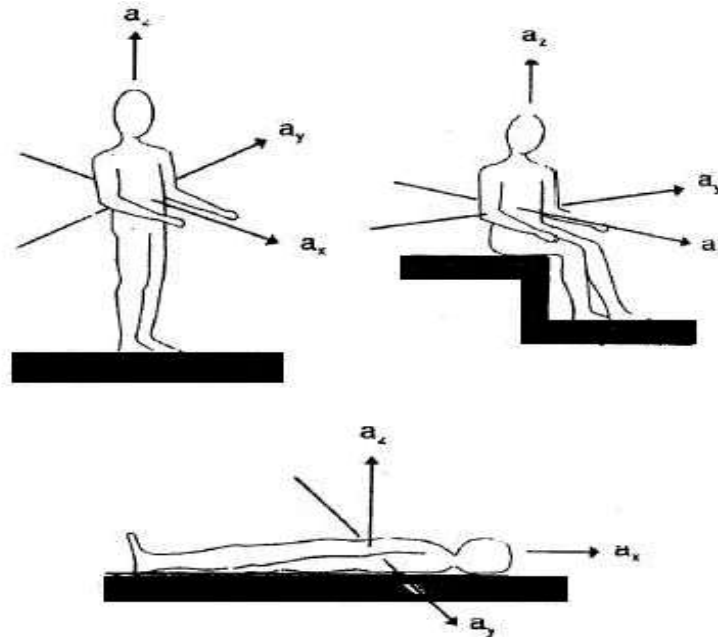
Por debajo de los 2 Hz, las vibraciones sobre el cuerpo entero desencadenan alteraciones del tipo vestibular, el mareo. Fenómeno típico en las embarcaciones. A este mareo se lo denomina comúnmente cinetosis.

Entre las frecuencias de 2 a 30 Hz los efectos guardan relación con la resonancia de distintos órganos.

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

Cuando queremos evaluar la exposición a vibraciones de cuerpo entero, debemos medir la vibración producida en cada uno de los tres ejes, de acuerdo con un sistema de referencia en el que el origen esté situado en el punto desde el que la vibración ingresa en el cuerpo humano, y que depende de la posición en la que se realice el trabajo.

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)



sistema de coordenadas biodinámicas para medir aceleraciones

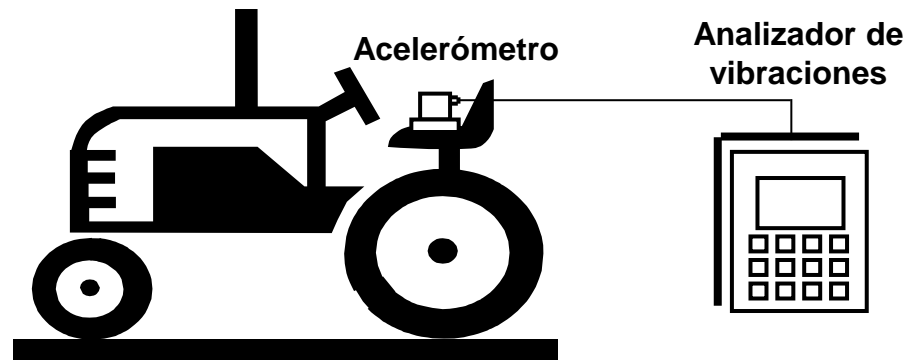


## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

Se debe medir la vibración en los tres ejes de forma simultánea, motivo por el cual la instrumentación a utilizar debe contar con un acelerómetro triaxial.

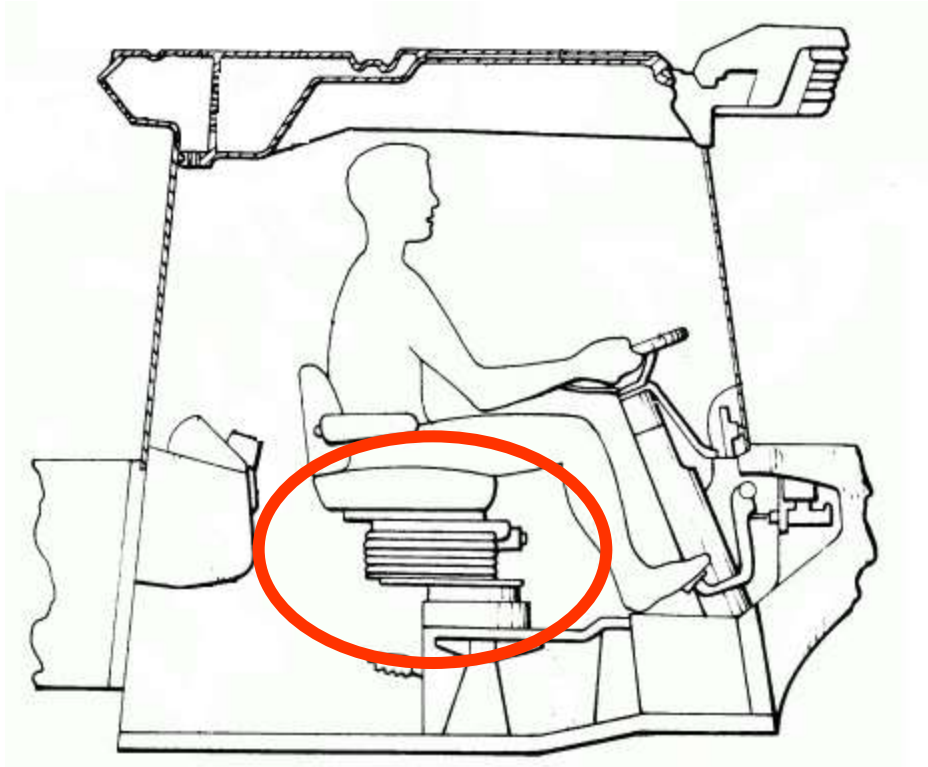
El transductor se debe localizar entre el cuerpo humano y la fuente de vibración, como por ejemplo arriba del asiento.

## MEDICIÓN DE VIBRACIONES SEGÚN RES 295/03



- Mediciones en el asiento del vehículo
- Dirección vertical y horizontal
- Aceleración y frecuencia de cada componente
- Descomposición del ciclo de trabajo en intervalos

Fuente: JCG



# Mediciones e Instrumental



# VIBRACIONES EN MANO-BRAZO

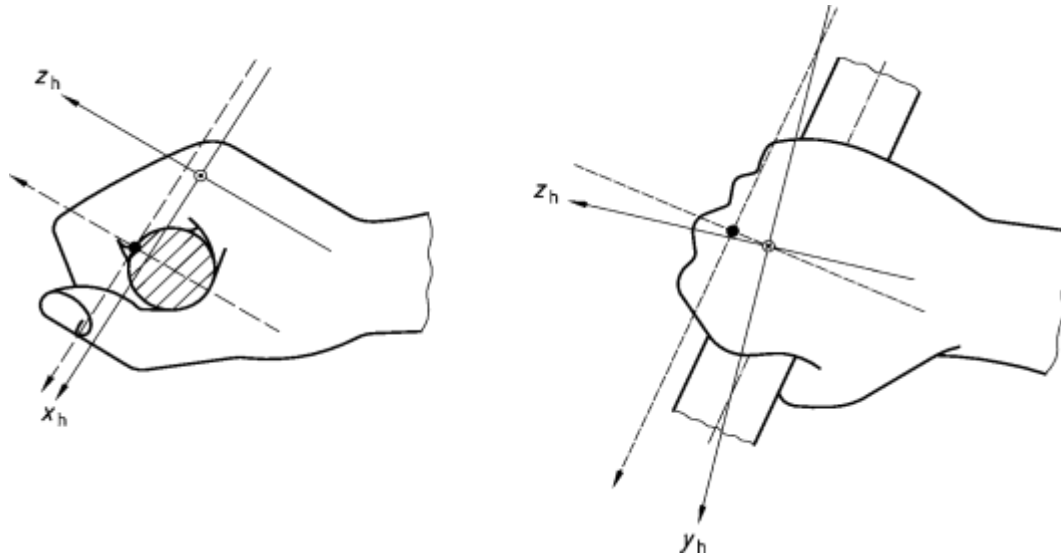
## MEDICIÓN



## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

Las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo debe ser medida simultáneamente en las tres direcciones de un sistema de coordenadas ortogonal como el siguiente.

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)



**Línea llena**  
Sistema biodinámico de coordenadas

**Línea punteada:**  
Sistema basicéntrico de coordenadas

### Posición de “agarre”

(en esta posición, la mano adopta un agarre normalizado de una barra cilíndrica)



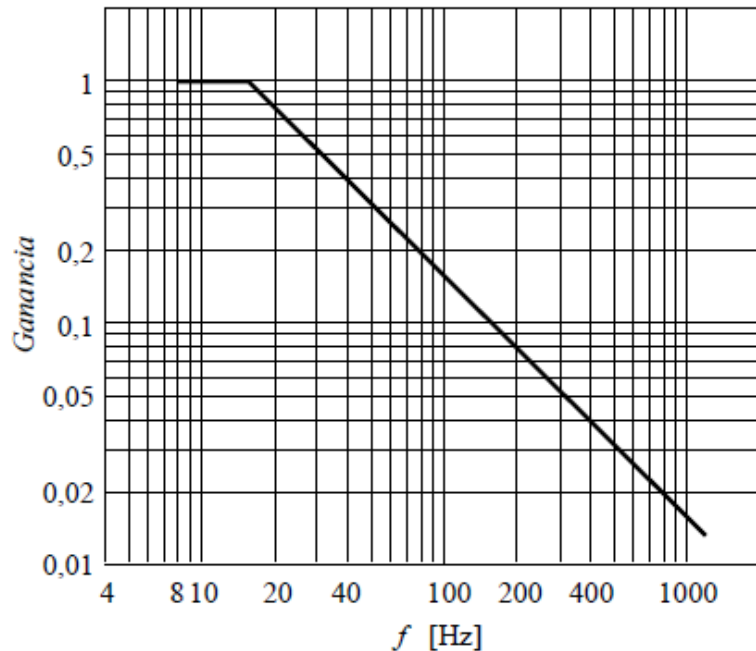


## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

Motivo por el cual el instrumental a utilizar debe contar con un acelerómetro triaxial con un rango de frecuencia de 5 a 1.500 Hz.

Cada componente deberá ser ponderada en frecuencias por medio de una red de filtros que reúna las características de ganancia especificadas para instrumentos de medida de respuesta humana a la vibración, a fin de compensar el riesgo de la vibración con las frecuencias.

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)



Centros de frecuencia nominales Hz	Factor de ponderación $K_{Hz}$
6,3	1,00
8	1,00
10	1,00
12,5	1,00
16	1,00
20	0,80
25	0,63
31,5	0,50
40	0,40
50	0,30
63	0,250
80	0,200
100	0,160
125	0,125
160	0,100
200	0,080
250	0,063
315	0,050
400	0,040
500	0,030
630	0,025
800	0,020
1000	0,016
1250	0,0125

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

El acelerómetro debe ser montado en forma rígida y debidamente acoplado entre la mano y la fuente de vibración, utilizándose para ello una serie de adaptadores, de forma que al posicionar el acelerómetro no interfiera en el acoplamiento entre la mano y la herramienta que se esté utilizando.

La magnitud de la vibración es el valor r.m.s. de la aceleración ponderada en frecuencia en m/s<sup>2</sup>.

La aceleración eficaz ponderada en frecuencia  $a_{hw}$  se calcula de la siguiente forma:

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_j (K_{h,j} \cdot a_{h,j})^2}$$

Donde

$K_{h,j}$  es el factor de ponderación para el tercio de octava  $j$  indicado en la tabla

$a_{h,j}$  es la aceleración eficaz medida en el tercio de octava  $j$ , en m/s<sup>2</sup>.

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

Si la exposición total diaria a la vibración en una dirección determinada se compone de varias exposiciones a diferentes valores cuadráticos medios (v.c.m.) de las aceleraciones, entonces la componente de la aceleración de frecuencia ponderada en esa dirección se determinará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$a_{h,w,eq} = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (a_{h,w,i})^2 T_i}$$

Donde

T = duración de la exposición total diaria >>>  $T = \sum_{i=1}^n T_i$

$T_i$  = es la duración de la operación i.

$a_{h,wi}$  = valor cuadrático medio (v.c.m) de la componente de la aceleración con duración T

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

El tiempo de medición para la evaluación de la vibración debe ser elegido de forma que la medición sea representativa de la vibración de la máquina.

Así, si la vibración es constante se podrá establecer un tiempo de medición menor, y si se trata de una vibración cíclica, el tiempo de medición debe ser tal que garantice la evaluación de al menos un ciclo de trabajo de la máquina.

Siempre se debe medir los tres ejes en simultáneo, y se tendrá en cuenta que todas son igualmente perjudiciales.

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

Valores límite de exposición y Valores de exposición que dan lugar a una acción

<b>Vibración Mano-Brazo - Valores Límites</b> No exceder los valores límite de aceleración eficaz compensada en cualquiera de las direcciones $X_h, Y_h, Z_h$	
Duración de la exposición total diaria compensada	$a_{h,w,eq}$ $m/s^2$
4 horas y menos de 8	4
2 horas y menos de 4	6
1 hora y menos de 2	8
Menos de 1 hora	12

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

Tabla con recomendación de tiempos mínimos de medición en función de los tipos de exposición y tipos de vibraciones:

Tipo de exposición	Vibración	Tiempo Mínimo de Medición
Mano brazo	Cíclica, mayor a 5 minutos	Al menos 1 ciclo
	Cíclica, menor a 5 minutos	Medir varios ciclos completos en al menos 5 minutos

## VIBRACIONES MANO-BRAZO (HAV)

**NOTA 1:** La mayoría de los trabajadores sanos por debajo de estos valores, se cree que pueden estar expuestos repetidamente con un riesgo mínimo de efectos adversos.

**NOTA 2:** Si se superase el Valor Límite de Exposición, una persona no protegida está expuesta a riesgos inaceptables.

**NOTA 3:** La exposición diaria a vibraciones de muy corta duración y grandes aceleraciones no deben extrapolarse.



## VIBRACIONES APLICADAS EN MANO-BRAZO (HA) RECOMENDACIONES

A los trabajadores se les debe aconsejar que evite a la vibración, interrumpiendo el trabajo unos 10 por cada hora de vibración continúa.

Se deben emplear prácticas adecuadas de trabajo  
trabajadores a emplear una fuerza mínima pre  
compatible con el accionamiento seguro de una  
relación de un proceso.

Asimismo, se deben mantener secos y calientes e  
fumar.

Usar elementos antivibratorios y/o guantes, siempre



fuente: JCG

# VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO (VCE - WBV)

## VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO (VCE) EFECTOS

Son las vibraciones que se transmiten al cuerpo del operario, principalmente a través del asiento del conductor que maneja el vehículo o máquina generadora de vibración. Se producen principalmente en aquellos trabajos consistentes en el uso de maquinaria móvil (por ejemplo, en la utilizada para el transporte de personas o mercaderías)

La exposición a vibraciones de cuerpo entero de las personas expuestas, producen efectos en la espalda y la zona del estómago.

Las vibraciones son analizadas con respecto a su amplitud, frecuencia, dirección y exposición. La amplitud se expresa mediante valores de aceleración ( $m/s^2$ ). Las frecuencias a evaluar se corresponden con el rango de 1 a 80 Hz.

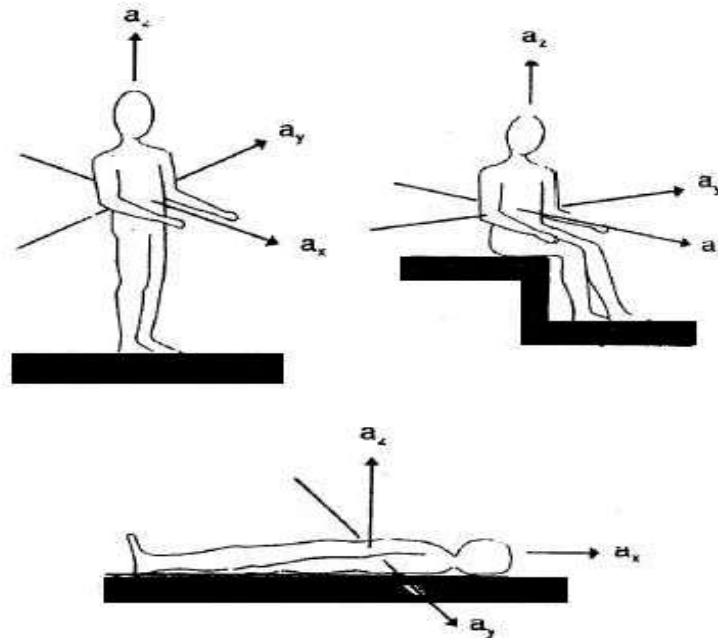
## VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO (VCE) - EFECTOS

Ciertas frecuencias son consideradas más nocivas que otras, es por ello que es necesario ponderar las mediciones en función de la vibración que se produce a cada una de las frecuencias. De esta forma, la ponderación por frecuencias refleja la medida en que las vibraciones causan el efecto indeseado, siendo necesario realizar la ponderación para cada uno de los ejes de referencia.

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

Cuando queremos evaluar la exposición a vibraciones de cuerpo entero, debemos medir la vibración producida en cada uno de los tres ejes, de acuerdo con un sistema de referencia en el que el origen esté situado en el punto desde el que la vibración ingresa en el cuerpo humano, y que depende de la posición en la que se realice el trabajo.

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)



sistema de coordenadas biodinámicas para medir aceleraciones

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

Se debe medir la vibración en los tres ejes de forma simultánea, motivo por el cual la instrumentación a utilizar debe contar con un acelerómetro triaxial y un intervalo de frecuencia desde 1 Hz a 80 Hz.

El transductor se debe localizar entre el cuerpo humano y la fuente de vibración, como por ejemplo arriba del asiento.

La duración de las medidas debe ser suficiente para tener una precisión estadística que garantice la evaluación de una exposición típica, debiéndose indicar el tiempo de medida que se ha utilizado.

La evaluación de las vibraciones de cuerpo entero debe incluir el valor r.m.s. de la aceleración ponderada en  $m/s^2$  .

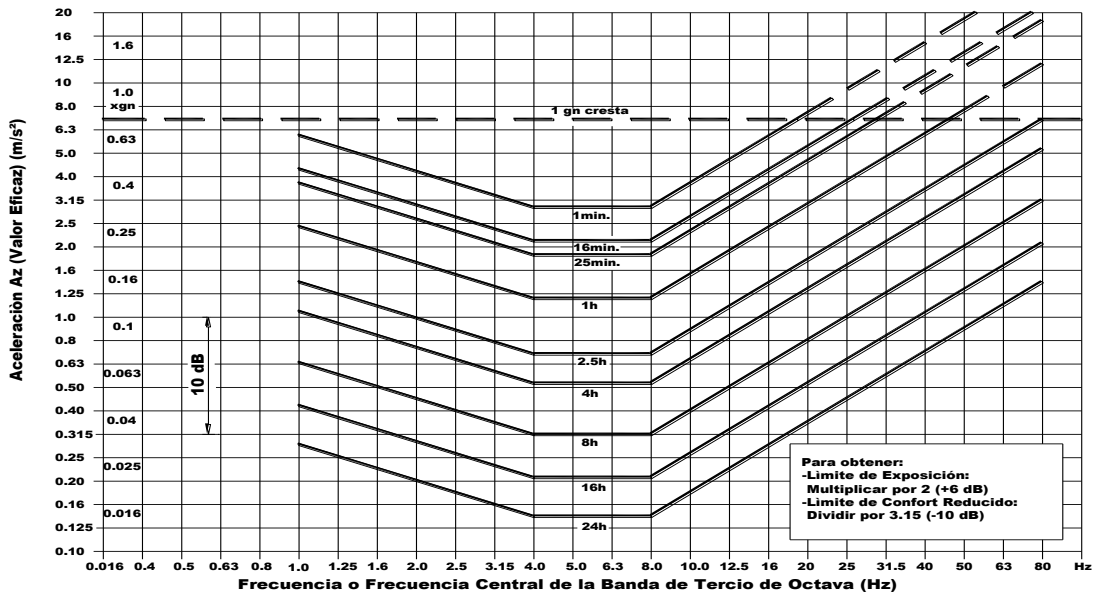
## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

### *Método de Básico*

Cuando se conoce la frecuencia de un mecanismo que genera vibración y se relaciona con la aceleración en  $m/s^2$  ya sea en el eje de **aceleración longitudinal  $a_z$** , o en los ejes de **aceleración transversal  $a_x$  y  $a_y$** , se obtiene el tiempo de exposición que puede variar de un minuto a veinticuatro horas. Los límites de exposición a vibraciones en el eje longitudinal  $a_z$  y en los ejes transversales  $a_x$  y  $a_y$ , se establecen en las Gráficos y Tablas 1 y 2, respectivamente.



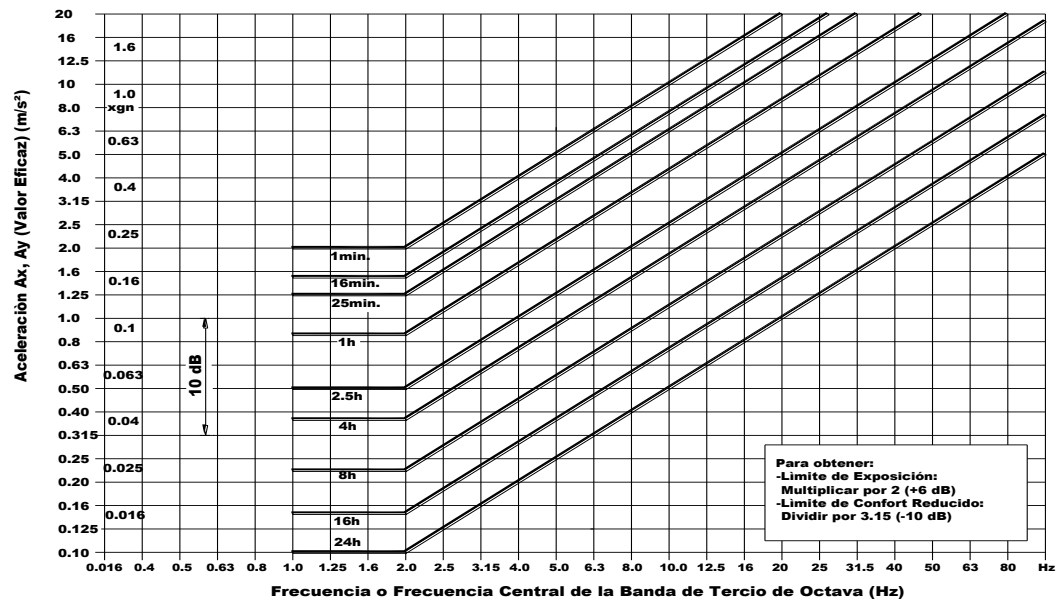
## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE) – Método Básico



GRAFICA 1

LIMITES DE ACELERACIÓN LONGITUDINAL ( $a_z$ ) COMO FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE) – Método frecuencias



GRAFICA 2

LIMITES DE ACELERACIÓN TRANSVERSAL ( $a_x, a_y$ ) COMO FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE) – Método frecuencias

FRECUENCIA CENTRAL DE TERCIO DE OCTAVA (Hz)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
	LIMITE DE ACELERACIÓN LONGITUDINAL EN (a <sub>z</sub> ), m/s <sup>2</sup>								
1.00	0.280	0.383	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
1.25	0.250	0.338	0.56	0.95	1.25	2.12	3.15	3.75	5.00
1.60	0.224	0.302	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
2.00	0.200	0.270	0.45	0.75	1.00	1.70	2.50	3.00	4.00
2.50	0.180	0.239	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
3.15	0.160	0.212	0.355	0.60	0.80	1.32	2.00	2.35	3.15
4.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
5.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
6.30	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
8.00	0.140	0.192	0.315	0.53	0.71	1.18	1.80	2.12	2.80
10.00	0.180	0.239	0.40	0.67	0.90	1.50	2.24	2.65	3.55
12.50	0.224	0.302	0.50	0.85	1.12	1.90	2.80	3.35	4.50
16.00	0.280	0.383	0.63	1.06	1.40	2.36	3.55	4.25	5.60
20.00	0.355	0.477	0.80	1.32	1.80	3.00	4.50	5.30	7.10
25.00	0.450	0.605	1.00	1.70	2.24	3.75	5.60	6.70	9.00
31.50	0.560	0.765	1.25	2.12	2.80	4.75	7.10	8.50	11.2
40.00	0.710	0.955	1.60	2.65	3.55	6.00	9.00	10.6	14.00
50.00	0.900	1.19	2.0	3.35	4.50	7.50	11.2	13.2	18.0
63.00	1.120	1.53	2.5	4.25	5.60	9.50	14.0	17.0	22.4
80.00	1.400	1.91	3.15	5.30	7.10	11.8	18.0	21.2	28.0

TABLA 1

LIMITES DE ACELERACIÓN LONGITUDINAL (a<sub>z</sub>) COMO FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE) – Método frecuencias

FRECUENCIA CENTRAL DE BANDA DE TERCIO DE OCTAVA (Hz)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN								
	24 h	16 h	8 h	4 h	2.5 h	1 h	25 min	16 min	1 min
	LÍMITE DE ACCELERACIÓN TRANSVERSAL EN ( $a_x, a_y$ ), (m/s <sup>2</sup> )								
1.00	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
1.25	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
1.60	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
2.00	0.100	0.135	0.224	0.355	0.50	0.85	1.25	1.50	2.0
2.50	0.125	0.171	0.280	0.450	0.63	1.06	1.6	1.9	2.5
3.15	0.160	0.212	0.355	0.560	0.8	1.32	2.0	2.36	3.15
4.00	0.20	0.270	0.450	0.710	1.0	1.70	2.5	3.0	4.0
5.00	0.250	0.338	0.560	0.900	1.25	2.12	3.15	3.75	5.0
6.30	0.315	0.428	0.710	1.12	1.6	2.65	4.0	4.75	6.3
8.00	0.40	0.54	0.900	1.40	2.0	3.35	5.0	6.0	8.0
10.00	0.50	0.675	1.12	1.80	2.5	4.25	6.3	7.5	10.0
12.50	0.63	0.855	1.40	2.24	3.15	5.30	8.0	9.5	12.5
16.00	0.80	1.06	1.80	2.80	4.0	6.70	10.0	11.8	16.0
20.00	1.00	1.35	2.24	3.55	5.0	8.5	12.5	15.0	20.0
25.00	1.25	1.71	2.80	4.50	6.3	10.6	15.0	19.0	25.0
31.50	1.60	2.12	3.55	5.60	8.0	13.2	20.0	23.6	31.5
40.00	2.00	2.70	4.50	7.10	10.0	17.0	25.0	30.0	40.0
50.00	2.50	3.38	5.60	9.00	12.5	21.2	3.5	37.5	50.0
63.00	3.15	4.28	7.10	11.2	16.0	26.5	40.0	45.7	63.0
80.00	4.00	5.4	9.00	14.0	20.0	33.5	50.0	60.0	80.0

TABLA 2

LIMITES DE ACCELERACIÓN TRANSVERSAL ( $a_x, a_y$ ) COMO FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA Y DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

### ***Factor cresta***

Sabemos que el **factor cresta** (CRF) es el módulo de la relación entre el pico de la vibración y su valor r.m.s.

El factor cresta se usa para determinar si el **método de las frecuencias** es adecuado para describir la severidad de la vibración en relación con sus efectos sobre los seres humanos.

Para vibraciones con factores de cresta inferior o igual a 6, el método de las frecuencias es normalmente suficiente.

Por el contrario, si el valor supera a 6 el método de evaluación de las frecuencias pueda subestimar los efectos de las vibraciones, por lo tanto, se deberán aplicar otro método de evaluación adicional.

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

### *Método complementario*

### RECORDATORIO

Ciertas frecuencias son consideradas más nocivas que otras, es por ello que es necesario ponderar las mediciones en función de la vibración que se produce a cada una de las frecuencias. De esta forma, la ponderación por frecuencias refleja la medida en que las vibraciones causan el efecto indeseado, siendo necesario realizar la ponderación para cada uno de los ejes de referencia.

Es requerido realizar la ponderación para cada uno de los ejes de referencia.

**Tabla 3 - Factores de Ponderación**  
para las curvas de respuesta de las Figuras 1 y 2

Frecuencia Hz	Vibraciones longitudinales Z (Figura 1)	Vibraciones transversales X, Y (Figura 2)
1,0	0,50	1,00
1,25	0,56	1,00
1,6	0,63	1,00
2,0	0,71	1,00
2,5	0,80	0,80
3,15	0,90	0,63
4,0	1,00	0,50
5,0	1,00	0,40
6,3	1,00	0,315
8,0	1,00	0,25
10,0	0,80	0,20
12,5	0,63	0,16
16,0	0,50	0,125
20,0	0,40	0,10
25,0	0,315	0,08
31,5	0,25	0,063
40,0	0,20	0,05
50,0	0,16	0,04
63,0	0,125	0,0315
80,0	0,10	0,025

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

### ***Método complementario***

El valor cuadrático medio total ponderado de la aceleración para cada eje puede calcularse mediante la ecuación 1, tomando de la Tabla 3 los factores de ponderación adecuados para cada eje. Para el eje X la ecuación es:

$$A_{wx} = \sqrt{\sum (W_{fx} \cdot A_{fx})^2} \quad (1)$$

donde

$A_{wx}$  es el v.c.m. (valor cuadrático medio) total ponderado de la aceleración en el eje X

$W_{fx}$  es el factor de ponderación para el eje X a cada frecuencia de la banda 1/3 de octava de 1 a 80 Hz (Tabla 3)

$A_{fx}$  es el v.c.m. de la aceleración para el eje X a cada frecuencia de la banda de 1/3 de octava de 1 a 80 Hz

Para los ejes Y y Z se aplican ecuaciones y definiciones análogas.



## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE) ) – *Método del vector*

Si los ejes de vibración tienen magnitudes similares de la aceleración determinadas con la ecuación 1, el movimiento combinado de los tres ejes podría ser mayor que en cualquiera de los componentes.

Los resultados de cada uno de los componentes determinados por la ecuación 1, pueden utilizarse en la ecuación 2, para calcular la resultante, que es la ponderación global de todos los v.c.m. de la aceleración  $A_{wt.v}$

$$A_{wt} = \sqrt{\sum (1,4A_{wX})^2 + (1,4A_{wY})^2 + (A_{wZ})^2} \quad (2)$$

El factor 1,4 que multiplica a los v.c.m. totales ponderados de la aceleración en los ejes X e Y, es la relación de los valores de las curvas longitudinales y transversales de igual respuesta en los rangos de mayor sensibilidad de respuesta humana.

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

La Res 295/03 menciona que la Unión Europea (UE) recomienda 0,5 m/s<sup>2</sup> para la ponderación global de todos los v.c.m. de la aceleración como nivel de acción para las 8 horas/día.

Vibración Cuerpo Entero	Awt m/s <sup>2</sup>
NIVEL DE ACCIÓN*	≥ 0,5 m/s <sup>2</sup>

(\*)NIVEL DE ACCIÓN: Se cree que la casi totalidad de trabajadores sanos por debajo de estos valores, pueden estar expuestos repetidamente con un riesgo mínimo de dolor de espalda, efectos adversos, o la inhabilidad para conducir adecuadamente vehículos,

Igualado o superado este valor deben adoptarse una o más de las medidas correctoras.

## VIBRACIONES CUERPO ENTERO (VCE)

### ***Método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia (VDV)***

En aquellos casos que se presenten vibraciones múltiples de corta duración y valores de Factor de Cresta superiores a 6 se sugiere otros métodos como el de la 4ª potencia. Este método es más sensible a los picos que los métodos anteriores.



¡Muchas gracias!

Ing. Rodolfo Gareis  
[gareis@dakar-acustica.com.ar](mailto:gareis@dakar-acustica.com.ar)