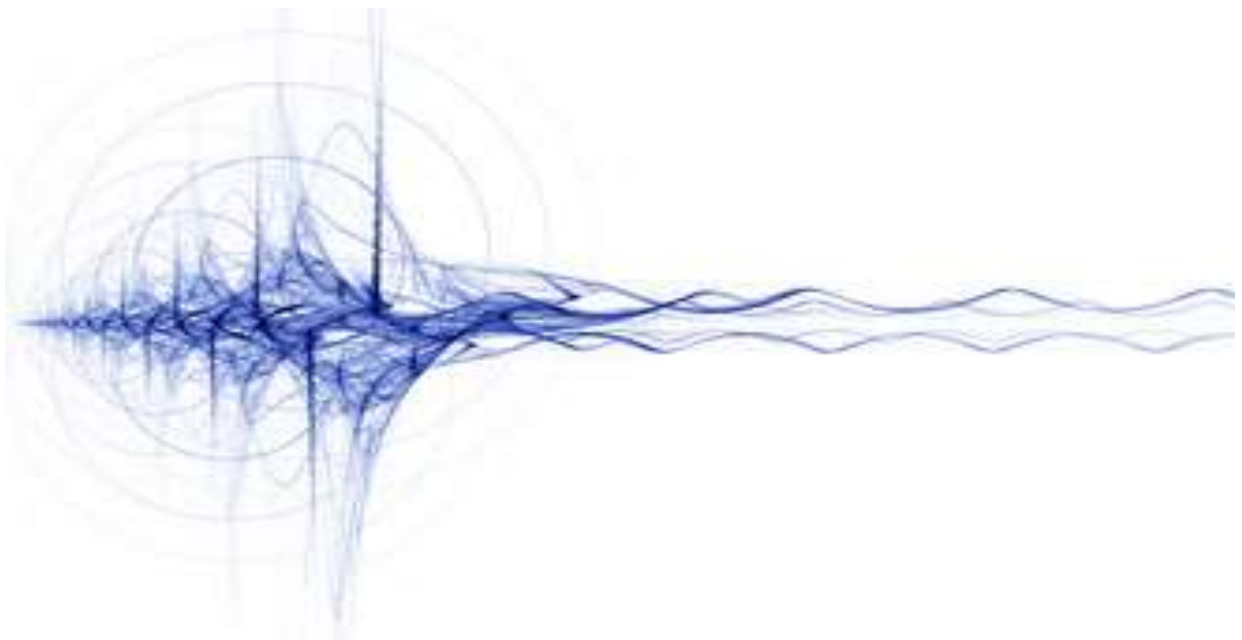


GUIA METODOLOGICA
MEDICION DE VIBRACIONES MECANICAS
TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO USANDO
EL BANCO DE PRUEBAS VIBRATORIO



<http://www.fenixnews.com/>

FACULTAD DE INGENIERIA
MAESTRIA EN HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL
2017

CONTENIDO

	Pág.
ASPECTOR IMPORTANTES ANTES DE INICIAR LA PRACTICA DE LABORATORIO	6
1. INTRODUCCION	7
2. OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GENERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. MARCO TEORICO	9
3.1 DEFINICIÓN	9
3.1.1 Vibraciones cuerpo entero	9
3.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA VIBRACIÓN	9
3.2.1 Magnitud de la vibración	10
3.2.2 Frecuencia	10
3.2.3 Tiempo de exposición	10
3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD	11
3.4 CÁLCULO DE LA EXPOCISIÓN A VIBRACIÓN	11
3.5 LIMITES DE EXPOSICIÓN PERMISIBLE	14
3.6 CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL CONFORT	14
4. MATERIALES Y METODOLOGIA	16

4.1	EQUIPOS Y MATERIALES PARA MEDICION CUERPO ENTERO	16
4.1.1	Equipo de monitoreo y analizador de vibraciones	16
4.1.2	Sensor de cuerpo entero	16
4.1.3	Banco de pruebas vibratorio	17
4.1.4	Computador con software de análisis de comportamiento de vibraciones	18
4.2	METODOLOGIA PARA LA MEDICION	18
4.2.1	Preparación de la fuente generadora de vibraciones	18
4.2.2	Preparación e instalación de los equipos para medir vibraciones en cuerpo entero	19
4.2.3	Disposición de las condiciones	20
4.2.4	Realización de mediciones	21
5.	REGISTRO DE RESULTADOS Y ANALISIS	22
5.1	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS VIBRACIONES PARA CUERPO ENTERO	22
5.1.1	Método básico	22
5.1.2	Método valores dosis de vibraciones vdv	22
5.2	EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL CONFORT PARA EL CUERPO ENTERO	22
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
	BIBLIOGRAFÍA	24

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factor multiplicativo según eje y locación	13
Tabla 2. Límite de exposición permisible cuerpo entero	14
Tabla 3. Criterios para la evaluación de confort	15
Tabla 4. Magnitudes de vibración generados por el banco de pruebas vibratorio.	20

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Monitor y Analizador de Vibraciones en Tiempo Real VI-410.	16
Figura 2. Acelerómetro triaxial WBV con almohadilla	17
Figura 3. Banco de pruebas vibratorio	17
Figura 4. Pasos para la preparación de la fuente generadora de vibraciones	18
Figura 5. Sistema de coordenadas para cuerpo completo ISO 2631	19

ASPECTOS IMPORTANTES ANTES DE INICIAR LA PRACTICA DE LABORATORIO

- Seguir las instrucciones del tutor en todo momento.
- Leer detenidamente la guía metodológica y solicitar respuesta a sus inquietudes.
- Conocer el funcionamiento de cada uno de los equipos antes de interactuar con los mismos.
- Reportar inmediatamente al tutor o personal de laboratorio cualquier situación anormal que se presente en la práctica.

1. INTRODUCCION

Las vibraciones pueden causar efectos muy diversos que van desde la simple molestia hasta alteraciones graves de la salud, pasando por la interferencia en la actividad humana (en la ejecución de ciertas tareas como la lectura, en la pérdida de precisión al ejecutar movimientos, pérdida de rendimiento debido a la fatiga entre otras. La respuesta del ser humano a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero son muy variables, y ello depende de las características físicas de la vibración (frecuencia, dirección, intensidad, duración), de la parte de cuerpo en contacto con la superficie vibrante, también de las características del individuo (edad, sexo, historia clínica, costumbres) Son tantos los factores implicados que es necesario establecer la relación causa-efecto, posibles consecuencias y riesgos a las que el ser humano puede tener al exponerse a movimientos oscilantes. A continuación, se presenta una guía metodológica para la medición de las vibraciones mecánicas transmitidas al cuerpo entero usando como fuente generadora de vibraciones el banco de pruebas vibratorio.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el riesgo de exposición a vibraciones mecánicas de cuerpo entero usando como dispositivo generador de vibraciones el banco de pruebas vibratorio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender el funcionamiento del banco de pruebas vibratorio para la práctica académica.
- Conocer el uso de los equipos para medir vibraciones en cuerpo entero.
- Establecer el nivel de vibraciones en cuerpo entero a diferentes frecuencias con el banco de pruebas vibratorio.
- Evaluar el riesgo de exposición en cada una de las frecuencias de operación de acuerdo a los TLV's y definir las medidas de control.

3. MARCO TEORICO

3.1 DEFINICIÓN

De manera general una vibración puede describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio sin que se produzca desplazamiento “neto” del objeto que vibra. Es decir, al final de la vibración el objeto queda en la misma posición que estaba en cuanto empezó a vibrar. Dicho de otra manera: no se produce transporte de materia. El movimiento que se produce al pulsar la cuerda de una guitarra podía ser un buen ejemplo.

En caso de que el objeto que vibra entre en contacto con alguna parte del cuerpo humano, le transmite la energía generada por la vibración. Esta energía es absorbida por el cuerpo y puede producir en él diversos efectos (no necesariamente perjudiciales) que dependen de las características de la vibración. En prevención de riesgos laborales se toman en consideración las vibraciones mano – Brazo y Vibraciones cuerpo entero¹.

3.1.1 Vibraciones cuerpo entero. Las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, es decir, aquellas que el cuerpo recibe cuando gran parte de su peso descansa sobre una superficie vibrante (asiento o respaldo del puesto de conducción de una máquina móvil, plataformas vibrantes, etc.) que el mismo real decreto define como “la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

Las vibraciones del cuerpo entero se evalúan mediante la aceleración medida según tres ejes de referencia: póstero-anterior (eje X), derecha-izquierda (eje Y) y pies cabeza (eje Z). Los ejes X e Y son los ejes transversales, y el Z, el eje longitudinal.

El origen de este sistema de referencia, denominado biodinámico, se ubica en el corazón. También es posible un sistema basicéntrico, con el origen ubicado en la superficie de apoyo, pero al ser los ejes de ambos sistemas paralelos su uso no afecta a las componentes de la aceleración².

3.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA VIBRACIÓN

Los efectos que producen las vibraciones en el cuerpo humano dependen, fundamentalmente, de las siguientes características:

¹ MIYARA, Federico. Criterios sobre vibraciones - Contaminantes físicos -Vibraciones. 2005. Argentina: Universidad del Rosario, 2005 (consultado el 20 de noviembre de 2016). Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/vibraciones.pdf>

² Ibid., p. 9.

3.2.1 Magnitud de la vibración. La magnitud y la frecuencia de la vibración conjuntamente dan idea de la cantidad de energía que se transmite por la vibración. La magnitud puede medirse en función del desplazamiento producido por la vibración. Por tratarse de un movimiento también puede medirse en términos de la velocidad o la aceleración producidas. De estas tres posibilidades se ha convenido en utilizar la aceleración ya que, entre otras razones, los acelerómetros piezoeléctricos presentan importantes ventajas (fiabilidad, tamaño, etc.) frente a otros tipos de transductores³.

3.2.2 Frecuencia. La frecuencia indica el número de veces que vibra por segundo y se mide en hercios (Hz). Las vibraciones producidas por las máquinas, prácticamente nunca van a ser vibraciones de una frecuencia determinada sino una mezcla de vibraciones de diversas frecuencias. De hecho, no se consideran las frecuencias individualmente sino agrupándolas en bandas de tercio de octava.

Las octavas que se utilizan en acústica son grupos de frecuencias tales que el límite superior del grupo es el doble que el inferior. Por ejemplo, hay una octava en la que se incluyen las frecuencias comprendidas entre 44 y 88 Hz que se caracteriza por su frecuencia central que por convenio se ha establecido en 63 Hz. En el análisis de vibraciones cada una de aquellas bandas se divide en tres, resultando las bandas de tercio de octava de 44 a 56 Hz, de 56 a 71 Hz y de 71 a 88 Hz caracterizadas por las frecuencias centrales de 50, 63 y 80 Hz respectivamente.

Con el fin de armonizar las mediciones, se ha convenido que para evaluar la exposición solo se tienen en cuenta las de frecuencias centrales comprendidas entre 6,3 y 1.250 Hz en el caso de las vibraciones mano-brazo y entre 0,5 y 80 Hz en el caso de las vibraciones de cuerpo completo. Los instrumentos de medida que son conformes a la normativa actual están dotados de filtros que cumplen con esta condición. Por otra parte, debido a que hay frecuencias más perjudiciales que otras los valores de la aceleración medidos en cada una de las bandas de tercio de octava se ponderan de acuerdo con unos factores que, por regla general, también incorporan dichos instrumentos⁴.

3.2.3 Tiempo de exposición. Finalmente, el tiempo de exposición es el tiempo que se está sometido a la vibración durante la jornada laboral. Es un parámetro en cuya determinación hay que ser muy cuidadoso ya que no necesariamente coincide con el tiempo durante el cual se utiliza una máquina, pues con esta misma máquina pueden realizarse diferentes operaciones que representen un nivel de vibraciones también diferente. Para su determinación es fundamental observar el proceso de

³ GRIFFIN, Michael. Vibraciones. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. 2010 (consultado el 20 de noviembre de 2016). Disponible en:

www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf

⁴ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO - PUJOL, Luis. Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo. NTP-839. España: El Instituto, 2009. p.2.

trabajo y utilizar un cronómetro o, en algunos casos registrar las operaciones realizadas, por ejemplo, en video, para poder determinar dicho tiempo con mayor fiabilidad⁵.

3.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

Las vibraciones pueden causar efectos muy diversos que van desde la simple molestia hasta alteraciones graves de la salud, pasando por la interferencia en la actividad humana (en la ejecución de ciertas tareas como la lectura, en la pérdida de precisión al ejecutar movimientos, pérdida de rendimiento debido a la fatiga, etc.⁶

Sistema músculo-esquelético:

- Particularmente trastornos a nivel de la columna vertebral
- Alteraciones de las funciones

Fisiológicas:

- Alteraciones neuromusculares
- Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas
- Alteraciones ginecológicas y riesgo de aborto
- Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso centra

Otros efectos:

- Malestar (discomfort)
- Interferencia con la actividad
- Percepción - Mareo inducido por el movimiento.⁷

3.4 CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIÓN

Para obtener el nivel de exposición a vibraciones, se debe realizar el cálculo de *exposición diaria A (8)* la cual se refiere a la aceleración continua en una jornada de trabajo normal de 8 (ocho) horas. Para realizar el cálculo basta con tomar mediciones en momentos representativos sobre las actividades durante la jornada normal de trabajo⁸.

⁵ Ibid. p.2.

⁶ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO – GÓMEZ, María. Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento. NTP-784. España: El Instituto, 2007. p.1.

⁷ Ibid., p.1

⁸ ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO. Curso de condiciones de trabajo, Vibración – Protocolo. 2008. p.5 (consultado el 20 de noviembre de 2016). Disponible en: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7574_vibracion.pdf

Cálculo de la exposición:

$$A(8) = a_{we} \sqrt{\frac{T_e}{T_0}}$$

Donde:

a_{we} : Es la energía equivalente del valor medio de la aceleración de frecuencia ponderada durante la exposición.

T_e : Duración total de la exposición en un día de trabajo.

T_0 : Es la duración de referencia para 8 horas.

La exposición diaria puede consistir de varias actividades con diferentes magnitudes de vibración, en este caso se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{wi}^2 T_i}$$

Donde:

a_{wi} : Es la energía equivalente del valor medio de la aceleración de frecuencia ponderada durante la exposición para la actividad i.

n: Número de actividades

T_e : Duración total de la exposición de la actividad i.

T_0 : Es la duración de referencia para 8 horas

Para el caso de **vibraciones brazo-mano** la energía equivalente a_{we} es calculada según la ISO 5349. Resulta de la raíz de la suma de cuadrados de los valores a_{wx} , a_{wy} y a_{wz} . Donde los valores "a" son las componentes ortogonales en cada una de las direcciones, cada uno con un factor de filtro W_h . Esta suma es llamada generalmente **Valor Total de Vibración** a_{hv} :⁹

⁹ Ibid., p.6.

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Nota: para máquinas que requieren ambas manos se debe medir la exposición en cada mano y tomar el mayor dato

Para la medición de **vibraciones de cuerpo completo** se realiza un proceso paralelo al anterior teniendo en cuenta los filtros para cada eje.

En la tabla 1 se puede observar el factor multiplicativo según eje y locación.

Tabla 1. Factor multiplicativo según eje y locación

EVALUACION DE RIESGOS PARA LA SALUD				
Postura	Locación	Dirección	Frecuencia de Ponderación	Factor K
Sentado	Superficie de asiento	X/Y	Wd	1,4
		Z	Wk	1
EVALUACION DE CONFORT				
Sentado	Superficie de asiento	X/Y	Wd	1
		Z	Wd	1
	Apoyapié	X/Y/Z	Wk	1
		X*	Wc	0,8
	Respaldo	Y	Wd	0,5
		Z*	Wd	0,4
Parado	Apoyapié	X/Y	Wd	0,25
		Z	Wk	0,4
Yacente	Pelvis	X (Vertical)	Wk	1
		Y/Z (Horizontal)	Wd	1
	Cabeza	X (Vertical)	Wj	1
Indefinido	"In buildings"	X/Y/Z	Wm	1

Fuente: ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO. Curso de condiciones de trabajo, Vibración – Protocolo [en línea]. 2008. p.7. Disponible en: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7574_vibracion.pdf

El mayor valor entre las tres mediciones es usado para el cálculo del A (8). Si no existe un valor predominante, la energía equivalente a_{we} puede ser calculada usando los filtros de la siguiente forma¹⁰:

¹⁰ Ibid., p.8

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

3.5 LIMITES DE EXPOSICIÓN PERMISIBLE

Para Colombia, por no haberse dictado normas sobre valores permisibles para vibraciones por parte del Ministerio de Salud, se toman los valores establecidos por la "ACGIH" Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales de los Estados Unidos, institución cuyos valores son adoptados de acuerdo con la Resolución 2400 de 1.979, cuando en el país no exista norma específica sobre el particular. En este caso se da aplicabilidad a las tablas (Adaptadas según la norma ISO 2631 para cuerpo entero y 5349 para mano-brazo) de acuerdo al eje X, Y o Z¹¹.

En la tabla 2 se presenta los valores.

Tabla 2. Límite de exposición permisible cuerpo entero

LIMITES PERMISIBLES DE EXPOSICION - NORMA EUROPEA		
Límite de Exposición 8-horas diarias	Nivel de Acción	Valores Limites
Extremidades Superiores	2,5 m/seg ²	5 m/seg ²
Cuerpo Entero	0,5 m/seg ²	1,15 m/seg ²
Cuerpo Entero (VDV)	9,1 m/seg ²	21 m/seg ²

Fuente: ARIAS, Giovani. Guía de laboratorio, Vibraciones mecánicas transmitidas al humano. Universidad Autónoma de Occidente, 2012.

3.6 CRITERIO DE EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL CONFORT

ISO 2631:1-1997 estudia el efecto de las vibraciones sobre el confort y la percepción de las personas sanas que están expuestas a vibraciones periódicas, aleatorias o pasajeras viajando, en el trabajo o realizando actividades de ocio. El rango de frecuencias analizado es de 0,5 Hz a 80 Hz (tabla 3).

La definición de confort es compleja puesto que contiene variables físicas, psicológicas y fisiológicas. El problema surge a la hora de elaborar un modelo predictivo de la respuesta subjetiva del individuo a las vibraciones que tenga en consideración todos estos factores.

¹¹ MANCERA, Juan Ricardo. Vibraciones. 2010 (consultado el 25 de noviembre de 2016). Disponible en: <http://manceras.com.co/artvibraciones.pdf>

Se conoce que el grado de malestar está relacionado con la frecuencia de la vibración y que es proporcional a la intensidad de la misma. A bajas frecuencias 1-2 Hz el mismo movimiento se transmite a lo largo del cuerpo, a frecuencias un poco más altas aparecen resonancias en varias partes de cuerpo y aumenta el malestar y si las frecuencias son mayores, el cuerpo atenúa las vibraciones y disminuye el malestar. Por ejemplo, las vibraciones monótonas de bajas frecuencias parecen producir cansancio mientras que las vibraciones transitorias activan al individuo y pueden producir estrés, etc.¹²

Tabla 3. Criterios para la evaluación de confort

Evaluación de los efectos debidos a la exposición a vibraciones	Valores de a_w (según ISO 2631-1:1997)
<p style="text-align: center;">Confort (0,5 a 80 Hz)</p>	<p style="text-align: center;">$a_w < 0,315 \text{ m/s}^2$ no molesto $0,315 < a_w < 0,63 \text{ m/s}^2$ ligeramente molesto $0,5 < a_w < 1 \text{ m/s}^2$ bastante molesto $0,8 < a_w < 1,6 \text{ m/s}^2$ molesto $1,25 < a_w < 2,5 \text{ m/s}^2$ muy molesto $a_w > 2,5 \text{ m/s}^2$ extremadamente molesto</p>
<p style="text-align: center;">Percepción (0,5 a 80 Hz)</p>	<p style="text-align: center;">$0,015 \text{ m/s}^2$ (0,01 – 0,02) m/s^2</p>
<p style="text-align: center;">Mareo producido por el movimiento (0,1 a 0,5 Hz)</p>	<p style="text-align: center;">0,5 m/s</p>

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO – GÓMEZ, María. Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento. NTP-784. España: El Instituto, 2007. p.5.

¹² INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO – GÓMEZ. Op. cit., p.3.

4. MATERIALES Y METODOLOGIA

4.1 EQUIPOS Y MATERIALES PARA MEDICION CUERPO ENTERO

4.1.1 Equipo de monitoreo y analizador de vibraciones. El laboratorio de la UAO cuenta con el VI-410 de la marca QUEST TECHNOLOGIES (figura 1), analiza, hasta en 4 canales de entrada simultáneamente, bandas de 1/1 o 1/3 de octava en tiempo real. Dispone de tres canales para medición con acelerómetros ICP (ejes 'x', 'y' e 'z' simultáneamente). El cuarto canal puede utilizarse para analizar ruido, o, como un cuarto canal de vibración, utilizando transductores opcionales. El VI-410 cumple con todos los requisitos para instrumentos Tipo 1/Clase 1 de ISO 8041, IEC 60651, IEC 60804 y requisitos Clase 1 de IEC 61672-1. Cumple con los estándares para medir exposición de vibración humana, incluyendo las Directivas de Vibraciones EU 2002/44/EC, de junio 2002, ISO 5349-2001, ISO 2631, ANSI S3.18, ANSI S3.34 y Valores Límite de Umbral ACGIH 2005 para cuerpo entero y mano-brazo¹³.

Figura 1. Monitor y Analizador de Vibraciones en Tiempo Real VI-410.



Fuente: GRUPO MEYER S.A. Monitor y Analizador de Vibraciones en Tiempo Real VI-410. Disponible en: http://www.grupomeyer.com/quest_410.php

4.1.2 Sensor de cuerpo entero. Acelerómetro triaxial WBV con almohadilla (figura 2), el cual tiene una sensibilidad de 100mV/g, con este se registran las vibraciones transmitidas por el asiento y espalda, en cada eje ortogonales¹⁴.

¹³ GRUPO MEYER S.A. Monitor y Analizador de Vibraciones en Tiempo Real VI-410. (consulta 2 de diciembre de 2016). Disponible en: http://www.grupomeyer.com/quest_410.php

¹⁴ NORSONIC. Acelerómetro triaxial vibratorio de asiento Nor1286. (consulta 2 de diciembre de 2016). Disponible en: http://www.directindustry.es/prod/norsonic-as/product-69176-570614.html#product-item_570742

Figura 2. Acelerómetro triaxial WBV con almohadilla



Fuente: NORSONIC. Acelerómetro triaxial vibratorio de asiento Nor1286.
Disponible en: http://www.directindustry.es/prod/norsonic-as/product-69176-570614.html#product-item_570742

Se debe contar con los documentos de calibración de toda la instrumentación expedidos por un laboratorio acreditado, y verificar periódicamente que dicha calibración se realice conforme con todos los procedimientos establecidos sobre metrología.

4.1.3 Banco de pruebas vibratorio. El equipo encargado de generar las vibraciones es un banco de pruebas vibratorio impulsado con un moto-vibrador de 3600 rpm y una potencia de 0,5 HP, regulado con un sistema de mando compuesto por un variador de frecuencia y un potenciómetro. Cuenta con un botón de parada de emergencia, un botón de arranque, otro de encendido, un cinturón de seguridad y pasamanos recubiertos con material de protección para impactos (figura 3).

Figura 3. Banco de pruebas vibratorio



4.1.4 Computador con software de análisis de comportamiento de vibraciones. Luego, los datos son descargados en un computador, a través del Software de Quest Technologies (QuestSuite TM Professional II)

4.2 METODOLOGIA PARA LA MEDICION

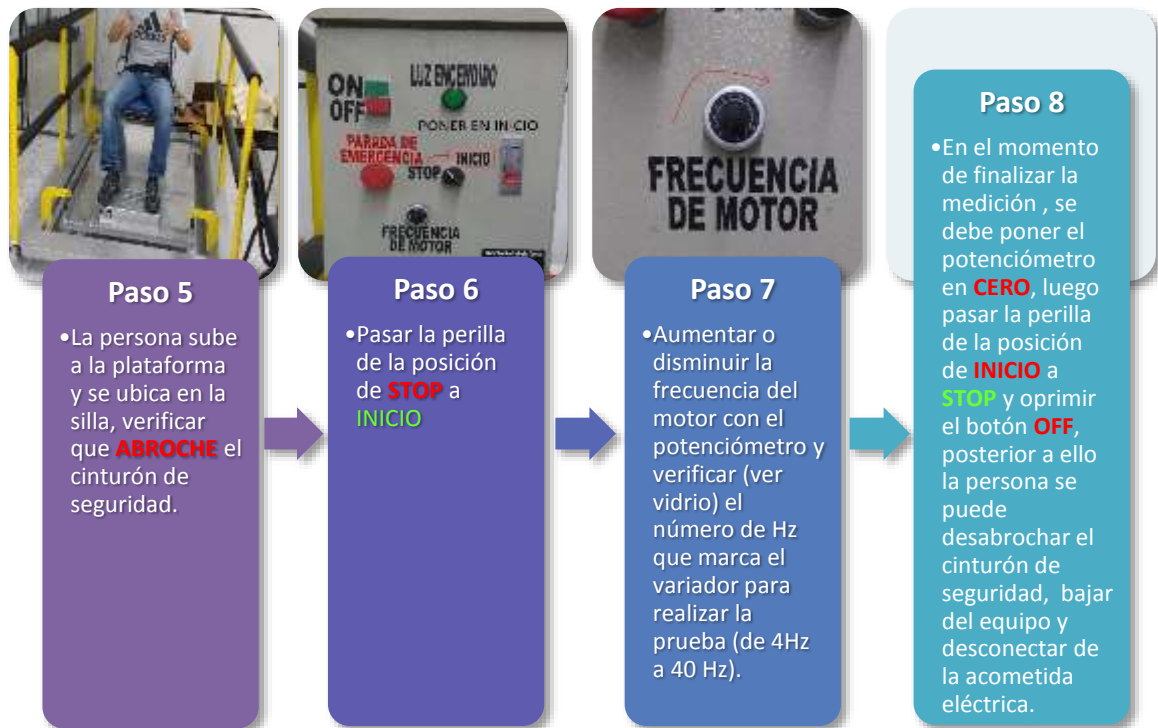
Las vibraciones deben medirse en relación a un sistema de coordenadas que parta desde un punto desde el que se considera que las vibraciones entran en el cuerpo humano. La vibración que se transmite al cuerpo debe medirse sobre la superficie entre el cuerpo y dicha superficie¹⁵. Esta fase inicial tiene como finalidad aplicar la metodología expuesta por la norma ISO 2631 para la evaluación de la exposición humana a las vibraciones en cuerpo entero, de igual forma se enseña al estudiante a hacer uso correcto del banco de pruebas vibratorio para un desarrollo óptimo de la práctica académica.

4.2.1 Preparación de la fuente generadora de vibraciones. Esta preparación se muestra en la siguiente figura:

Figura 4. Pasos para la preparación de la fuente generadora de vibraciones

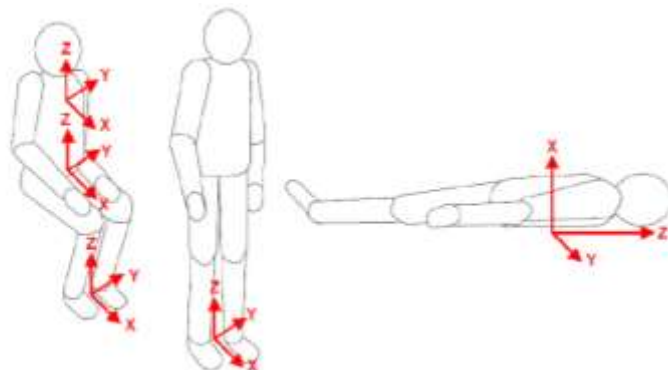


¹⁵ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO – BEGOÑA, Juan. Vibraciones cuerpo entero. 2010 (consulta 12 diciembre de 2016). Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Instituto/Noticias/Noticias_INSHT/2011/ficheros/Ponencia_VIBRACIONESBegoñaJuan.pdf



4.2.2 Preparación e instalación de los equipos para medir vibraciones en cuerpo entero. La configuración del equipo se realiza mediante la Norma ISO 2631, donde establece las ponderaciones de frecuencia para cada eje, W_d para las direcciones y' , y W_k para la dirección z' ; las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinada según los tres ejes ortogonales ($1.4 a_{wx}$, $1.4 a_{wy}$, $1 a_{wz}$, para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5,6 y 7, el anexo A y el B de la norma ISO 2631-1¹⁶. Los ejes ortogonales se deben tomar de la siguiente forma.

Figura 5. Sistema de coordenadas para cuerpo completo ISO 2631



¹⁶ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO – BEGOÑA. Op. cit., p.3

4.2.3 Disposición de las condiciones. Para esta práctica se asumirá que el operario realiza la labor durante 8 horas de jornada de trabajo, la labor se realiza en una plataforma vibratoria eléctrica, con una postura sentada, las rodillas formando Angulo con los pies, pantorrilla vertical, muslo horizontal en ángulo con el tronco y espalda erguida.

La magnitud de las vibraciones generadas por el banco de pruebas vibratorio en función de la velocidad del motor vibratorio, se observan en la tabla 4, el estudiante selecciona la frecuencia del variador y la magnitud de vibración que desea generar para la realización de la práctica.

Tabla 4. Magnitudes de vibración generada por el banco de pruebas vibratoria.

No. Medición	Hz del variador	Valor rpm	Valor eficaz (RMS) de amplitud de vibración en aceleración m/seg ²		
			Eje Z	Eje X	Eje Y
1	4	240	0,47	0,45	0,45
2	6	360	0,39	0,52	0,54
3	8	480	0,38	0,47	0,46
4	10	600	0,37	0,53	0,67
5	12	720	0,74	0,74	0,89
6	14	840	1	0,96	0,76
7	16	960	0,35	0,65	0,64
8	18	1080	0,73	0,55	0,74
9	20	1200	0,54	0,6	0,55
10	22	1320	1,28	0,77	1,42
11	24	1440	0,84	0,9	1,03
12	26	1560	1,18	1,21	1,08
13	28	1680	0,89	0,99	1,08
14	30	1800	1,11	0,93	1,21
15	32	1920	1,29	0,93	1,29
16	34	2040	1,22	1,04	2,31
17	36	2160	1,63	1,05	0,63
18	38	2280	2,75	1,57	1,15
19	40	2400	2,47	1,24	0,88

No. Medicion	Hz del variador	Valor rpm	VALOR AMPLITUD DE VIBRACION - CERO A PICO EN ACELERACION m/Seg 2		
			EJE Z	EJE X	EJE Y
1	4	240	0,656	0,685	0,635
2	6	360	0,560	0,731	0,753
3	8	480	0,541	0,662	0,655
4	10	600	0,529	0,747	0,942
5	12	720	1,050	1,036	1,265
6	14	840	1,428	1,364	1,081
7	16	960	0,495	0,922	0,918
8	18	1080	1,032	0,775	1,051
9	20	1200	0,766	0,850	0,775
10	22	1320	1,810	1,090	2,010
11	24	1440	1,192	1,273	1,459
12	26	1560	1,670	1,715	1,530
13	28	1680	1,255	1,405	1,526
14	30	1800	1,572	1,315	1,710
15	32	1920	1,823	1,319	1,821
16	34	2040	1,720	1,471	3,271
17	36	2160	2,301	1,486	0,895
18	38	2280	3,895	2,224	1,625
19	40	2400	3,488	1,750	1,240

4.2.4 Realización de mediciones. Los tiempos de registro del acelerómetro son de 30 s; para la práctica se establece tiempo de muestreo de 6 minutos por frecuencia, donde 2 min serán para medir en asiento, 2 min en espalda y 2 min para cambiar de frecuencia en el banco de pruebas vibratorio.

5. REGISTRO DE RESULTADOS Y ANALISIS

Obtenidos los resultados, el estudiante puede analizar el comportamiento de las vibraciones con el paso del tiempo, a través del valor ponderado RMS en cada eje para evaluar cómo se encuentra la salud del colaborador y para el confort se analizará el valor ponderado de la aceleración total (a_v); por último, se analizarán los valores máximos permisibles a los que puede estar expuesta el trabajador, permitiendo definir las posibles enfermedades o riesgos en el corto, mediano y largo plazo. Para facilitar el análisis de los resultados, la guía establece unas tablas para el registro presentación de la información.

5.1 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS VIBRACIONES PARA CUERPO ENTERO

5.1.1 Método básico

Operario No.	Frecuencia Hz	$A_{eq}(m/s^2)$	Tiempo exp, (min)	Nivel de Acción	Valor Limite	Valoración

5.1.2 Método valores dosis de vibraciones vdv

Operario No.	Empresa	$A_{eq}(m/s^2)$	Tiempo exp, (min)	Nivel de Acción	Valor Limite	Valoración

5.2 EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LAS VIBRACIONES SOBRE EL CONFORT PARA EL CUERPO ENTERO

Operario No.	$A_{eq}(m/s^2)$	Criterios	Valor de la ISO 2631-1	Valoración

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de desarrollar la guía metodológica para evaluación de vibraciones mecánicas transmitidas al cuerpo entero y obtener los resultados, el estudiante debe realizar unas conclusiones y recomendaciones, basado en la información bibliográfica sobre el efecto de las vibraciones en el cuerpo entero y los métodos de control y mitigación.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, Giovani. Guía de laboratorio, Vibraciones mecánicas transmitidas al humano. Universidad Autónoma de Occidente, 2012.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO. Curso de condiciones de trabajo, Vibración – Protocolo. 2008. p.5 (consultado el 20 de noviembre de 2016). Disponible en: http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/7574_vibracion.pdf

GRIFFIN, Michael. Vibraciones. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. 2010 (consultado el 20 de noviembre de 2016). Disponible en: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf

GRUPO MEYER S.A. Monitor y Analizador de Vibraciones en Tiempo Real VI-410. (consulta 2 de diciembre de 2016). Disponible en: http://www.grupomeyer.com/quest_410.php

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO - PUJOL, Luis. Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo. NTP-839. España: El Instituto, 2009. 6p.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO – GÓMEZ, María. Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento. NTP-784. España: El Instituto, 2007. 6p.

MANCERA, Juan Ricardo. Vibraciones. 2010 (consultado el 25 de noviembre de 2016). Disponible en: <http://manceras.com.co/artvibraciones.pdf>

MIYARA, Federico. Criterios sobre vibraciones - Contaminantes físicos - Vibraciones. 2005. Argentina: Universidad del Rosario, 2005 (consultado el 20 de noviembre de 2016). Disponible en: <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/vibraciones.pdf>

NORSONIC. Acelerómetro triaxial vibratorio de asiento Nor1286. (consulta 2 de diciembre de 2016). Disponible en: http://www.directindustry.es/prod/norsonic-as/product-69176-570614.html#product-item_570742