



BOLETÍN TÉCNICO DE INFORMACIÓN EN **HIGIENE INDUSTRIAL**

Escrito por:

Ing. Marco Antonio Zenteno Vicente

Ing. Marlen Soriano Nolasco

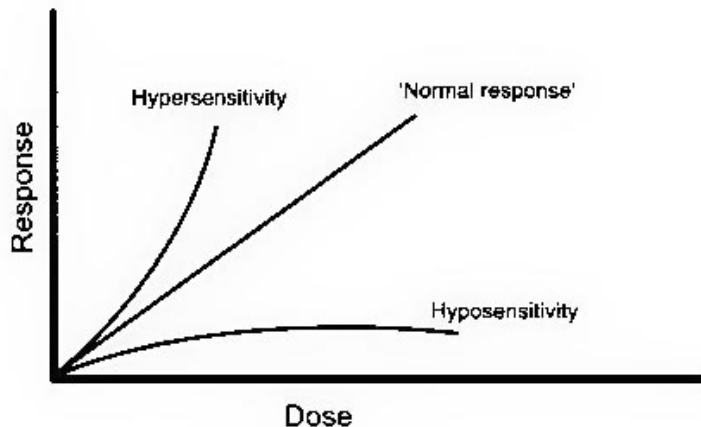
*Director y Subdirectora en **MAZV Consultoría***

Límites de exposición Ocupacional para agentes químicos

Una de las herramientas necesarias para la administración de los riesgos generados por la exposición a agentes químicos son los Límites de Exposición Ocupacional (OEL por sus siglas en inglés). Un OEL es un estándar bajo el cual se cree que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos día tras día de tu vida laboral sin tener un efecto adverso a su salud.

Para entender la definición debemos de tener en cuenta varios aspectos. La palabra cree se deriva del hecho de que cuando se acepta un valor como límite de exposición para un agente (por ejemplo 500 ppm para la acetona) se considera que este valor asegure que protege al promedio de la población de los trabajadores expuestos más una desviación estándar. Estadísticamente esto significa que protege aproximadamente al 70% de la población de trabajadores.

Esto quiere decir que tenemos un escenario donde 70% de la población están protegidos por el OEL, 15 % de la población puede ser hiposensible (Es decir que con exposiciones por arriba de este OEL probablemente no presenten algún efecto en su salud), y 15 % de población hipersensible (trabajadores que incluso por debajo del OEL pueden presentar alteraciones en su salud. La siguiente gráfica



Como para un higienista es muy complicado definir cuales trabajadores de una población son hipersensibles y cuales son hiposensibles entonces se ha creado el concepto de Nivel de acción (Que es el nivel que representa un 50% de exposición). Eso nos ayuda a tomar algunas decisiones para proteger mejor a los trabajadores. En el siguiente gráfico se representa con colores los rangos de niveles de exposición a un agente.



El color verde tenemos un rango que va desde la exposición en un nivel cero hasta una exposición menor a un 50% de OEL (o al nivel de acción). Por ejemplo, para la exposición a n-hexano que tiene un OEL de 50 ppm el rango verde va desde 0 a 25 ppm de exposición. Cuando la exposición de un trabajador se encuentra en este rango se considera que las condiciones de trabajo están en una exposición aceptable según los conocimientos e información que tenemos el día de hoy sobre este agente químico.

El color rojo tenemos un rango donde la exposición es superior al OEL, puede ser muy poco o muy superior, por ejemplo, para el n-hexano puede ser de 50.01 ppm hasta 1000 ppm o más. Cuando como resultado de la evaluación de la exposición se encuentra un resultado que cae en esta zona se deben aplicar los siguiente:

- Aplicar un control de la exposición de tal manera que podemos reducir la exposición a un nivel que quede dentro de la zona verde (debajo del nivel de acción). Para esto se puede utilizar controles técnicos, administrativos, equipo de protección personal o la combinación de estos.
- Realizar una evaluación médica específica, basada en los efectos a la salud conocidos del agente químico para determinar si los trabajadores han comenzado ya con algunos síntomas o parámetros que indiquen afectaciones en su salud.

El color amarillo tenemos un rango que va desde la exposición igual al nivel de acción hasta el OEL. En el caso del n-hexano sería desde 25 ppm a 50 ppm. Cuando la exposición de un trabajador se encuentra en este rango se considera que las condiciones de trabajo están en una exposición aceptable, pero podría ser que, si tenemos trabajadores hipersensibles, ellos tengan una reacción negativa ya en su cuerpo. Luego entonces un higienista debe aplicar vigilancia a la salud a los trabajadores expuestos para ver si, en caso de ser hipersensible, alguno de ellos a comenzado a presentar parámetros no adecuados en su organismo.

En muchas bibliografías ya se recomienda, y en algunos estándares se exige, que para trabajadores expuestos a niveles dentro de la zona amarilla se apliquen controles para llevar la exposición a niveles debajo del nivel de acción. En México la NOM-010-STPS-2014, en la tabla 17 aplica este criterio.

Como se puede ver en la legislación mexicana relacionada con la administración del riesgo de agentes químicos los límites de exposición ocupacional juega un papel muy importante. Incluso la norma indica que si en la tabla I.1 no se tiene un Valor Límite de Exposición (Que es el nombre de los OEL en la legislación mexicana), se debe buscar como referencia límites de exposición ocupacional emitidos por organizaciones internacionales.

La siguiente tabla les muestra algunos OEL, los nombres asignados por las organizaciones que los emiten, los países donde se publican, así como un código QR que los llevara al link donde pueden consultarlos, descargarlos y/o comprarlos.

País	Institución que los emite	Nombre del OEL	QR
México	Secretaría del trabajo y previsión social	Valor Límite de exposición (VLE)	
Estados Unidos de Norteamérica	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)	Threshold Limit Values (TLV´s®)	
Estados Unidos de Norteamérica	Occupational Safety & Health Administration (OSHA)	Permissible Exposure Limits (PELs)	
Estados Unidos de Norteamérica	National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)	Recommended Exposure Limits (REL)	
Estados Unidos de Norteamérica	American Industrial Hygiene Association (AIHA)	Workplace Environment Exposure Limits (WEEL)	
Estados Unidos de Norteamérica	Environmental Protection Agency	New Chemicals Exposure Limits (Community Levels)	
España	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo	Límites de exposición profesional (LEP)	
Alemania	Commission for the investigation of health and hazards of Chemical Compounds in the Work Area	Maximum Concentrations at the Workplace (MAK)	
Inglaterra	Health and Safety Executive (HSE)	Workplace exposure limits	
Australia	Safe Work Australia (SWA)	Workplace exposure standards for airborne contaminants	

Además

existe una lista de la organización internacional del trabajo donde se puede encontrar el nombre de los Límites de exposición ocupacional en varios países. Esta lista les puede servir de referencia para buscar en internet las tablas de límites de algunos agentes. El QR es:



Equipo de protección auditiva

El equipo de protección personal auditiva es una medida de control para reducir la exposición de los trabajadores a ruido. De acuerdo con la legislación mexicana este dispositivo ex parte del Programa de Conservación de la Audición y debe darse a todos los trabajadores que estén expuestos a ruido donde el nivel sonoro sea igual o mayor a 85 dBA. Existen varios tipos de protectores auditivos:

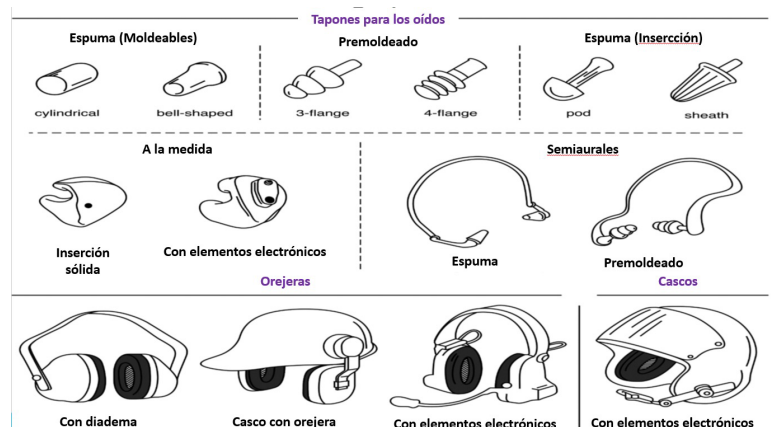
Tapones Auditivos (tapones para los oídos)

- De espuma o moldeables
- Premoldeado
- Espuma de inserción
- Hechos a la medida
- Semiaurales

Orejeras:

- Con diadema
- Casco con orejera
- Con elementos electrónicos

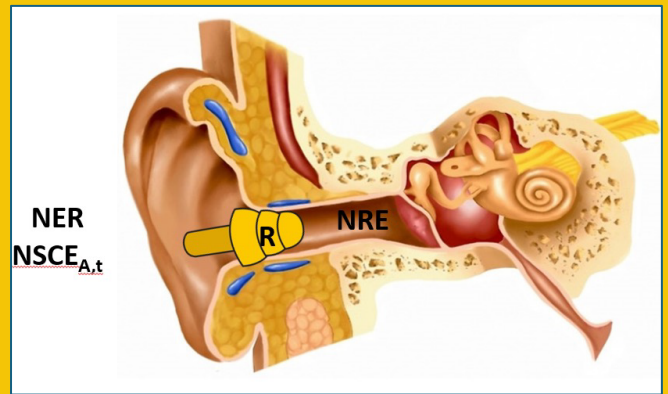
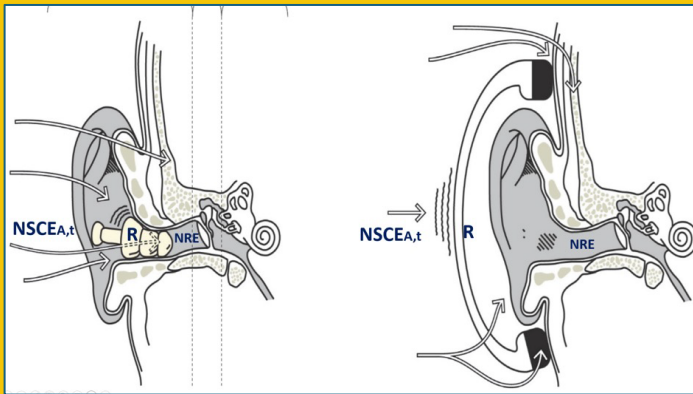
Cascos con elementos electrónicos.



En todos los lugares donde deba ser utilizado un protector auditivo, los centros de trabajo deben colocar una señal como la siguiente o bien la combinación de esta con otros equipos de protección personal..



La función de cualquier protector auditivo es reducir la cantidad de ruido percibido por el trabajador. En la siguiente imagen se representa la función del protector auditivo, en la parte exterior se ve que existe un nivel de sonido (conocido en México como Nivel Sonoro Continuo equivalente NSCEA,t), la atenuación estimada por el protector se llama en nuestra legislación Factor de Reducción R y el nivel de ruido que escucha el trabajador una vez que se coloca el protector auditivo se conoce como Nivel de Ruido Efectivo NRE.



Para la determinación de la atenuación ofrecida por el protector auditivo existen varios métodos en la literatura, pero a nuestro parecer son tres los más utilizados.

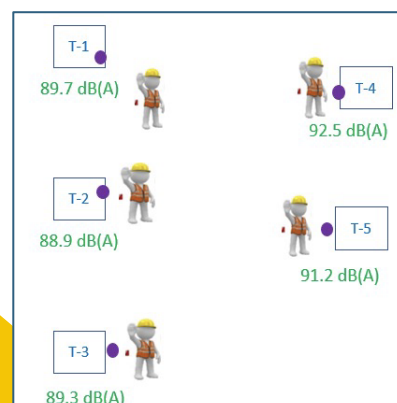
- El método del NRR
- El método de bandas de octava
- El método del SNR

Método del NRR: El Noise Reduction Rating (NRR) es determinado en dBC. Para determinar el factor de reducción R de un protector auditivo mediante este método se debe aplicar la siguiente formula.

$$R = \frac{NRR - 7}{2}$$

El valor -7 es un factor de corrección para pasar de dBC a dBA (Cabe mencionar que en algunas legislaciones la medición puede solicitarse en dBC y en tal caso la resta para sería directa). El dividir entre dos es otro factor de corrección con el cual solo le damos 50% de confianza al valor NRR indicado por el fabricante. Este factor de aplica en la legislación mexicana NOM-011-STPS-2001 y en OSHA por ejemplo. NIOSH recomienda restar el 25% del NRR indicado en orejeras, 50 % en tapones moldeables y 70% del NRR en el resto de los tapones.

Si tuviéramos un protector auditivo que tiene un NRR de 30 dB, entonces el factor de reducción R se estimaría como $R = (30-7)/2 = 11.5$ dBA. Este valor debería restarse al nivel sonoro para obtener el Nivel de ruido efectivo. En la siguiente imagen se tiene un ejemplo de 5 estaciones de trabajo donde se tienen los niveles sonoros indicados en verde. Si el higienista del centro de trabajo quisiera utilizar el protector auditivo que tiene el NRR de 30 dB debería de hacer una resta directa de 11.5 a cada nivel sonoro para determinar el Nivel de ruido efectivo. Por ejemplo para la T-1 el NRE sería $89.7 - 11.5 = 78.2$ dBA.



Método del Bandas de octava: El método de bandas de octava es un método donde lo se utilizan los NPA determinados en la medición de bandas de octava de manera general podemos decir que funciona de la siguiente manera:

- Se hacen mediciones del NPA en ponderación lineal o Z
- Se aplican los factores de ponderación en frecuencia (A) para ajustar estos NPA a los niveles que realmente puede escuchar una persona
- A estos niveles en ponderación A se les resta los valores de protección asumidos en cada banda de octava para obtener los niveles que realmente escucharía una persona en cada banda de octava.
- Al final se suman los valores obtenidos en el paso anterior para determinar el nivel de ruido efectivo.

línea	Frecuencia (Hz):	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Nivel total
1	Nivel de Ruido Lineal dB	103	105	107	102	97	99	92	111
2	Corrección ponderada por A en dB	-16.1	-8.6	-3.2	0	+1.2	+1.0	-1.1	--
3	Nivel de ruido ponderado por A en dBA	86.9	96.4	103.8	102	98.2	100.0	90.9	108
4	Atenuación media del HPD	12.8	19	28.5	36.1	38.1	38.3	26.7	--
5	Desviación Estándar	1.8	2.0	2.5	2.1	3.1	3.3	1.7	--
6	Media-1 SD	11	17	26	34	35	35	25	--
7	Nivel estimado en el oído, dBA	75.9	79	77.8	68	63.2	65	65.9	83

En la bibliografía la ecuación para estimar el Nivel de Ruido efectivo puede encontrarse de la siguiente manera:

$$L'_A = \left(10 \log \sum_{f=63}^{8000} 10^{(L_f + A_f - APV_f) / 10} \right)$$

Dónde:

L'_A es el nivel de sonido ponderado A efectivo en el oído

f es la frecuencia central de la banda de octava en Hz

L_f es el nivel de sonido medido en la banda de octava f

A_f es la ponderación de frecuencia para la banda de octava f

APV_f es el valor de protección asumido del protector auditivo para la banda de octava f

Algunas regulaciones, como las utilizadas en el Reino Unido y Europa, recomiendan añadir 4 dB al resultado final para tener en cuenta factores del mundo real, como el mal ajuste de los protectores. En México se considera aplicar un factor de ajuste de 10.

En la NOM-011-STPS-2001 la ecuación para estimar el factor de Reducción R es la siguiente.

$$R = NER_i - 10 \log \sum_{j=1}^7 10^{\frac{L_j - Q_j}{10}} - 10.0$$

Donde:

R = Factor de reducción R en el punto de medición.

NER_i = Nivel de exposición a ruido en el punto de medición.

L_j = Nivel de presión acústica por bandas de octava.

L₁ = NPA en la banda de 125 Hz.

L₂ = NPA en la banda de 250 Hz.

L₃ = NPA en la banda de 500 Hz.

L₄ = NPA en la banda de 1000 Hz.

L₅ = NPA en la banda de 2000 Hz.

L₆ = NPA en la banda de 4000 Hz.

L₇ = NPA en la banda de 8000 Hz.

Q_j = Atenuación del nivel de presión acústica por bandas de octava proporcionada por el fabricante del equipo de protección personal evaluado.

Q₁ = Atenuación a 125 Hz + 16.2 dB.

Q₂ = Atenuación a 250 Hz + 8.7 dB.

Q₃ = Atenuación a 500 Hz + 3.3 dB.

Q₄ = Atenuación a 1000 Hz.

Q₅ = Atenuación a 2000 Hz - 1.2 dB.

Q₆ = Promedio de las atenuaciones a 3150 y 4000 Hz - 1.0 dB.

Q₇ = Promedio de las atenuaciones a 6300 y 8000 Hz + 1.1 dB.

10 = Término de corrección tomado en cuenta por posibles irregularidades del espectro acústico, así como fugas de ruido, las cuales pueden ser causadas por cabello largo, uso de anteojos de seguridad, movimientos de cabeza u otros factores.

Método SNR: SNR (Single Number Rating) es un valor que indica la capacidad de protección de los protectores auditivos. Se trata de un valor de aislamiento promedio que se calcula a partir de todas las frecuencias relevantes. El método SNR es el más fácil y preciso, a menos que el ruido sea tonal o esté dominado por bajas frecuencias. El método SNR ayuda a predecir el nivel de ruido en el oído de la persona expuesta al ruido, pero para hacerlo, primero debe determinar el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado en "C" del ruido. Luego, los resultados se procesan de la siguiente manera:

$$LC_{eq} - SNR = LA_{eq}$$

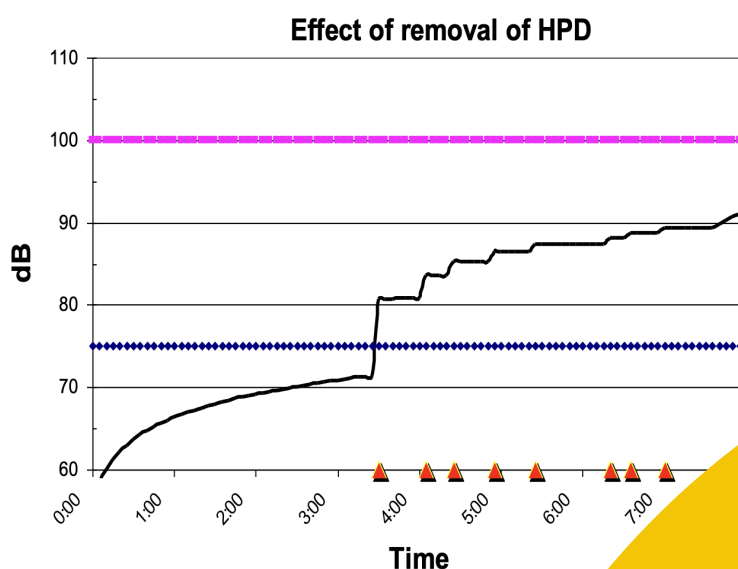
Entonces, por ejemplo, si la SNR es 19 y la LC_{eq} es 90, su suma sería 90 - 19 = 71dBA

Existen otros métodos como el método H, M y L que no mencionamos en este artículo. Al final los protectores auditivos tienen como objetivo que el trabajador reciba un nivel de ruido efectivo adecuado para que no ponga en riesgo su salud. Enseguida mostramos algunos valores que pueden ayudarnos a dar una idea de que tan adecuado es el resultado de Nivel de ruido efectivo que obtuvimos.

Nivel de ruido efectivo una vez colocado el protector auditivo (dBA)	Conclusión sobre la protección
Más de 85	Insuficiente
80 a 85	Aceptable
75 a menos de 80	Optimo o ideal
70 a menos de 75	Aceptable
Menos de 70	Posible sobreprotección

Es muy importante entender el R y el NRE son solo estimaciones que serán realidad ante dos condiciones. La primera que el trabajador utilice el dispositivo correctamente y la segunda que lo utilice todo el tiempo que tenga exposición. La siguiente gráfica muestra el efecto de no utilizar correctamente o de retirarse el dispositivo por periodos largos de tiempo. La línea rosa nos indica que el trabajador se encuentra en un lugar donde el nivel sonoro es de 100 dBA, la línea azul nos indica que si se coloca correctamente el protector auditivo se espera que se tengan niveles de ruido efectivo de 75 dBA.

Cada triangulo rojo representa un periodo de tiempo de 5 minutos donde el trabajador se retiró o colocó de manera inadecuada el protector. La curva negra nos indica la dosis de ruido que deberíamos escuchar a lo largo del día, esta curva debería terminar en 75 dBA. Sin embargo, como podemos ver desde el primer triangulo la dosis se incrementa demasiado ya que la exposición a 100 dBA incrementa el Leq acumulado, entonces en este ejemplo al final de la jornada cuando nosotros pensamos que el trabajador estuvo expuesto a 75 dBA, en realidad por esos periodos de tiempo representados por los triángulos tuvimos un Nivel de exposición a ruido de más de 90 dBA.



En los siguientes códigos QR te compartimos algunos videos de Youtube no realizados por nosotros pero que consideramos de gran ayuda en los entrenamientos de los trabajadores para la colocación de protectores auditivos.



Normas oficiales mexicanas de Higiene industrial

Te compartimos un QR donde podrás encontrar las normas oficiales mexicanas publicadas por las Secretaría del trabajo y previsión social, así como el ASINOM que es una herramienta de la STPS la cual te puede ayudar a definir cuales son las NOM aplicables a tu centro de trabajo.



Esperamos sea de utilidad.

Como trabajar en un mundo Más caliente



El cambio climático tiene gran influencia sobre nuestra forma de vivir y en nuestros ambientes laborales. En la pasada temporada de calor en nuestro país las temperaturas capaces de generar estrés térmico se presentaron incluso en áreas de trabajo que comúnmente no tomábamos en cuenta como oficinas y áreas que no tienen procesos en caliente. Ante esta situación los higienistas debemos contar con conocimiento y tomar medidas para que nuestros trabajadores tengan condiciones que no puedan alterar su salud.



Les comparto el QR para acceder a dos documentos muy interesantes y de gran aportación científica. Uno de OIT y OMS y el otro de NIOSH para los ambientes calurosos.



El primero es muy bueno para ver el panorama de lo que está sucediendo alrededor del mundo y como influyen los incrementos de temperatura en nuestro ambiente de trabajo y el segundo es un documento muy amplio, práctico y con muchas herramientas y conocimientos para administrar este riesgo en nuestro centro de trabajo. Adicional les comparto el QR de un video de NAPO sobre trabajo en calor el cual puede ayudarles con el entrenamiento de sus trabajadores.

Adicional te compartimos los TLV de la ACGIH publicados en la edición 2024. En el eje de las x tenemos el calor metabólico generado por la tarea realizada por el trabajador y en el eje de las y tenemos el índice de TGBH efectivo (WGBT por sus siglas en inglés) que es el Índice de TGBH medido más la contribución de la ropa.

Polvos combustibles

Los polvos combustibles son partículas sólidas que pueden incendiarse o explotar si se encuentran suspendidas en el aire o en un medio oxidante. Son un subproducto de los procesos de fabricación que involucran materias primas combustibles.

Los polvos combustibles pueden ser un riesgo en muchos entornos de trabajo industriales. Para evitar explosiones, se deben adoptar medidas como:

- Identificar ambientes explosivos y seleccionar equipos apropiados
- Realizar rutinas de mantenimiento para evitar la acumulación de polvo combustible
- Limpiar con aspiradoras industriales que tengan filtros especializados

Para que se produzca una explosión de polvo, es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

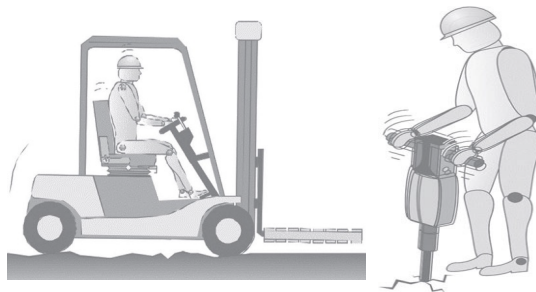
- Que haya una nube de polvo
- Que la concentración de polvo y oxígeno sea mayor a la mínima
- Que las partículas de polvo entren en contacto con una fuente de ignición, como una chispa, brasa metálica o colilla

El proceso de combustión rápida de los polvos combustibles se conoce como deflagración y puede generar una gran onda de presión. Esta onda de presión puede desplazar o agitar el polvo combustible en otras partes de la instalación, lo que puede provocar una segunda explosión.

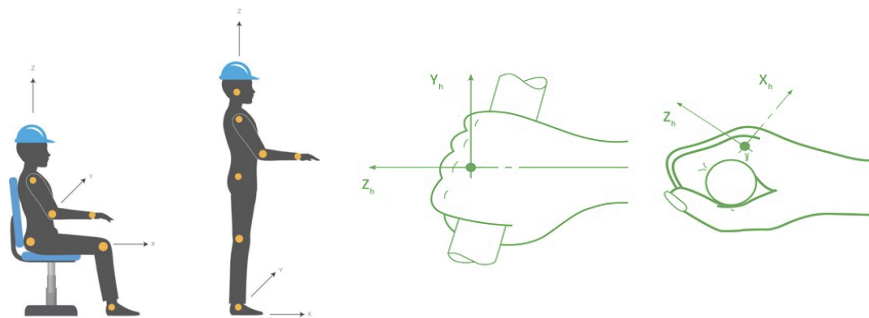
El US Chemical Safety and Hazard Investigation Board es una dependencia que hace investigación de accidentes de grandes escalas y emite videos y documentos para que industrias similares a las afectadas tomen las medidas correspondientes. Les compartimos el link del video y de la investigación de la explosión que sucedió en la compañía IMPERIAL SUGAR.

Límites de exposición a vibraciones En México y en otras legislaciones.

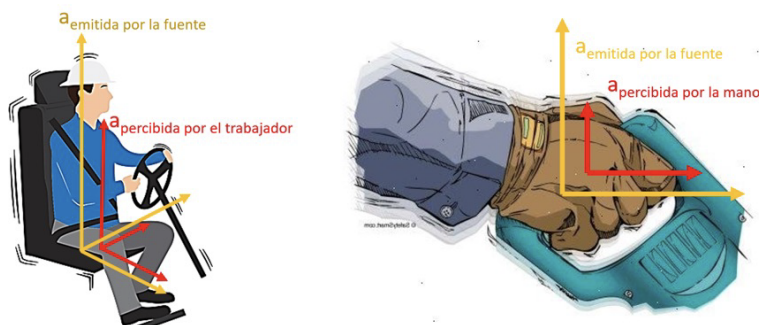
En el ambiente de trabajo existen dos tipos de exposición a vibraciones. La exposición a cuerpo completo y a extremidades superiores. Cuando tenemos exposición a cuerpo completo la vibración puede entrar a nuestro organismo por pies, glúteos, espalda y/o cabeza. La exposición en extremidades superiores se presenta cuando usamos con las manos herramientas que generan vibración (comúnmente eléctricas o con aire a presión).



Para realizar la medición de la exposición a vibraciones tanto la mano como el cuerpo se pueden dividir en tres ejes. En el caso de Cuerpo completo son los ejes de pies-cabeza (Z), hombro-hombro (Y) y espalda-pecho (X). En el caso la mano son igual tres ejes, uno a lo largo de la mano (Z), otro de lado a lado de la mano (Y) y otro que atraviesa desde la palma de la mano a la parte superior de la mano (X).



El cuerpo de los seres humanos es más sensible a vibraciones de ciertas frecuencias que a otras. A esto se le conoce como respuesta biológica a las vibraciones. En cuerpo completo somos más sensibles a vibraciones que tienen frecuencias desde 1 a 80 Hz y en el caso de extremidades superiores en el rango de 8 a 1600 Hz. Esto nos quiere decir que del total de las vibraciones que genera una fuente nuestro cuerpo sólo percibe una parte de ellas.

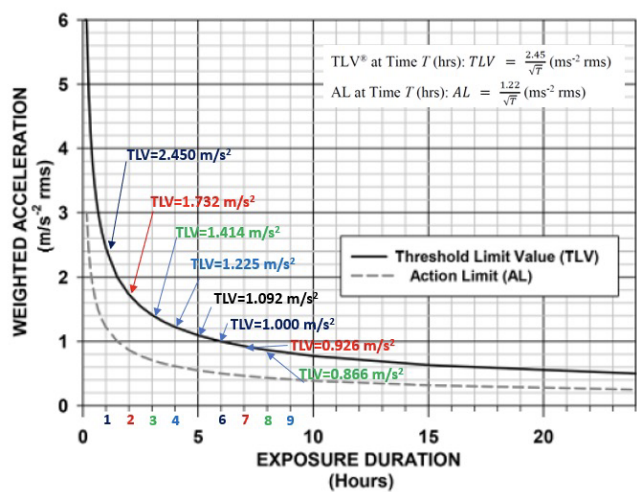


Los equipos de medición que se fabrican hoy día tienen la capacidad de hacer mediciones de las vibraciones generadas por la fuente o bien las recibidas por el trabajador, también puede hacer la medición por cada eje de medición e incluso pueden hacer una medición de la aceleración en cada tercio de octava (frecuencia) en los que somos sensibles.

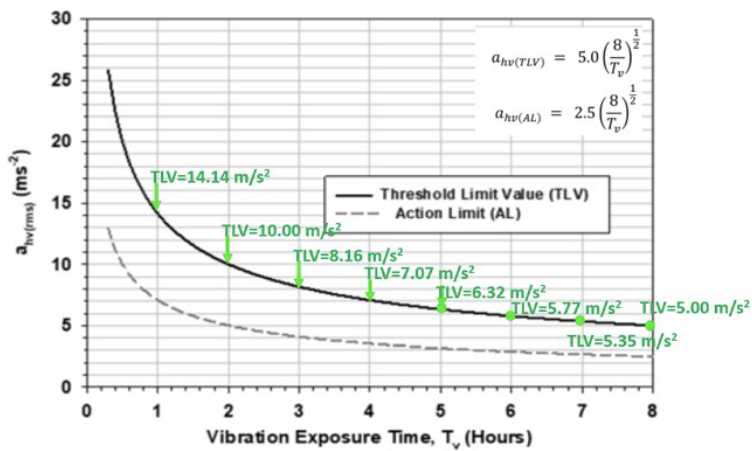
A lo largo del tiempo los límites de exposición ocupacional han pasado por modificaciones. Los Límites máximos permisibles de exposición (LMPE) de la NOM-024-STPS-2001, están basados en el libro de los TLV del mismo año. En este caso para cuerpo completo se establecen LMPE por cada eje y por cada frecuencia y en el caso de extremidades superiores el LMPE es por aceleración total de cada eje. En el caso de los TLV de la ACGIH la edición 2024 los valores umbral están basados en la aceleración total recibida en la mano o en cuerpo completo según la respuesta biológica de las personas.

Tipo de exposición	Medición que puede realizar los instrumentos.		
Cuerpo Completo	Aceleración generada por la fuente	Total	
		Por eje	
		Por eje y por tercio de octava (NOM-024-STPS-2001)	
	Aceleración percibida por el humano (Respuesta biológica)	Total (TLV 2024)	
		Por eje	
		Por eje y por tercio de octava	
Extremidades superiores	Aceleración generada por la fuente	Total	
		Por eje (NOM-024-STPS-2001)	
		Por eje y por tercio de octava	
	Aceleración percibida por el humano (Respuesta biológica)	Total (TLV 2024)	
		Por eje	
		Por eje y por tercio de octava	

TLV 2024 para vibraciones – Cuerpo Completo



TLV 2024 para vibraciones – Extremidades superiores



Enciclopedia de la OIT

El nuevo sitio web de la Enciclopedia es una plataforma global de conocimientos de vanguardia para el intercambio de información y buenas prácticas en materia de seguridad y salud en el trabajo (SST). Esta obra multidisciplinar de información y conocimientos en línea presenta al usuario general una visión panorámica de la materia. Los materiales de la Enciclopedia han sido escritos y recopilados por investigadores y expertos de primera categoría. Es la fuente de referencia más completa sobre el tema y una de las publicaciones más importantes y respetadas de la OIT.



Te compartimos los QR donde podemos encontrar información De valor sobre sustancias químicas peligrosas.



**NIOSH Pocket Guide
To Chemical Hazards**



ECHA



Pubchem



**International Chemical
Safety Cards**



**Workplace Hazardous
Materials Information
System (WHMIS)**

Libros y manuales de higiene industrial

La capacitación y la lectura sobre higiene industrial nos ayuda a mantenernos actualizados y tener conocimientos que nos pueden servir. En las siguientes ligas te compartimos sitios donde puedes descargar libros y manuales de capacitación relacionados con el tema de higiene industrial. Deseamos sea de utilidad.



Libro purpura
Edición 10



Manual de Higiene
Industrial Mapfre



Manual de seguridad
en el trabajo MAPFRE



Libro de Higiene
Industrial INSST



Manual de ventilación
ACGIH en español



Combined exposure to
Noise and Ototoxic Substances



Lighting at work HSE - UK



OH - Learning -
International Occupational Hygienist Association

En este QR obtendrás información importante en temas de seguridad e higiene industrial.

Es un conpendio de páginas on line, bibliografía y videos que pueden ser de utilidad en tu formación profesional en Higiene Industrial





Servicios MAZV Consultoría



Boletín Digital



¡CONTÁCTANOS!

MARLEN SORIANO
55 1922 9985

MARCO ANTONIO ZENTENO VICENTE
55 5404 5762

55 2635 6442

www.mazvconsultoria.com