

GUIA N° 1

MEDICIÓN DE RUIDO

Se ha preparado la siguiente guía para el cumplimiento del artículo 103 del RSSO, a fin de que el titular de la actividad minera establezca un sistema de monitoreo que evalúe la exposición a ruido en cada puesto de trabajo. El propósito del monitoreo es determinar si excede con los límites establecidos por el reglamento. La forma más fácil de determinar si se excede el límite es establecer un programa de monitoreo. Esta guía explica los pasos básicos para tomar una muestra de ruido.

EQUIPOS DE MONITOREO (MEDICIÓN DEL SONIDO)

Existen dos instrumentos básicamente comúnmente usados para tomar una muestra de ruido continuo.

1. El dosímetro de ruido, el cual mide la exposición personal a ruido y es el instrumento que se recomienda para determinar si se excede con el límite. Este equipo consiste de un micrófono (colocado en la zona de audición del trabajador) conectado al aparato microprocesador/controlador. El dosímetro continuamente monitorea, integra y registra la energía sonora a la que un trabajador está expuesto a lo largo de la jornada. El equipo usa esta información para calcular una dosis de ruido en la jornada.

La mayoría de los dosímetros también guardan registro del nivel más alto de ruido sucedido en cualquier momento; de tal manera que se puede verificar que no haya pasado los 115 dBA (el máximo valor permitido de ruido, sin importar el tiempo de exposición). La mayoría de dosímetros también pueden ser usados como sonómetros, registrando y entregando los mismos parámetros.

2. El segundo instrumento, el sonómetro (o Sound Level Meter SLM de sus siglas en inglés), contiene un micrófono, un amplificador, redes de ponderación de frecuencias y algún tipo de indicador de medición. El sonómetro indica el nivel de presión sonora en decibeles (dB).

Las lecturas con el sonómetro pueden ser usadas para identificar las fuentes de exposición a ruido de los trabajadores o para hacer estudios de ruido en el lugar de trabajo.

Evaluar la exposición a ruido requiere integrar todos los niveles de ruido sobre un rango de tiempo apropiado para determinar una dosis de ruido del trabajador. Los dosímetros personales de ruido realizan esta integración de manera automática pero, en muchos casos, un evaluador que use un sonómetro tendrá que hacerlo de manera manual (ver el Paso 6 – Calculando la dosis de ruido del trabajador.) Para poder comparar el resultado de la

integración de valores con el límite permisible se deberá integrar valores, como mínimo, desde 80 hasta 140 dBA.

Paso 1: Establecer un sistema de monitoreo

En vez de muestrear cada trabajador individualmente, se podría tomar muestras de ruido en ciertas áreas de trabajo o muestrear un número suficiente de trabajadores que realizan tareas representativas. Basándose en la información de esas muestras de ruido, el higienista podría determinar si se requiere más muestras de ruido en las áreas o un mayor número de trabajadores muestreados usando las estadísticas. Las estadísticas deben ayudar a determinar con un nivel de confianza si la exposición de los trabajadores supera o no el límite máximo permisible para el tiempo de exposición.

Paso 2: Informar a los Trabajadores

El titular de actividad minera deberá proveer a los trabajadores afectados o a sus representantes la oportunidad de observar el monitoreo de exposición a ruido. Esto incluye dar a conocer a los trabajadores el programa de monitoreo o que se está tomando muestras de ruido, para asegurarle al trabajador que las mediciones se den en condiciones normales de trabajo y que se están haciendo de manera apropiada.

El trabajador deberá participar en el monitoreo de ruido.

El titular de actividad minera deberá también informar a los trabajadores:

- Si la exposición a ruido de su puesto de trabajo supera el límite máximo permisible y cómo usar el equipo de protección auditiva; y
- Acerca de las medidas correctivas que se va a tomar para aquellos casos que superen el límite máximo permisible.

Paso 3: Calibrar el Equipo

Antes y después de cada muestra de ruido, se deberá verificar la calibración del equipo de muestreo con un calibrador acústico. Los calibradores deberán ser adecuados para el diámetro y forma del micrófono.

Verificar la calibración colocando el micrófono en la abertura del calibrador (a veces necesita de un adaptador) el cual produce un tono puro a un nivel de sonido dado (usualmente 114 dBA).

Al usar dosímetro podría ser necesario setearlo con funciones de sonómetro (por ejemplo Nivel Equivalente, Nivel pico, etc.)

Tanto el sonómetro como el dosímetro deberán leer la intensidad de sonido emitida por el calibrador con una variación máxima de ± 1 dB. Si no es así, el instrumento deberá ser recalibrado de acuerdo a las recomendaciones del

fabricante antes de usarlo. No se debe usar el instrumento para hacer evaluaciones de ruido hasta que sea recalibrado.

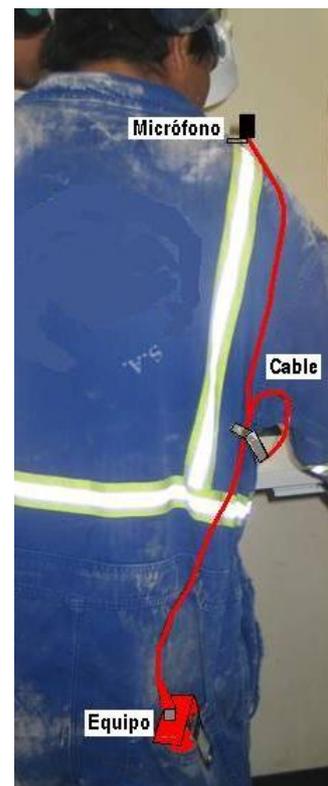
Nota: Adicionalmente a chequear la calibración de los instrumentos antes y después de cada muestreo de ruido, se deberá calibrar los sonómetros, dosímetros y calibradores acústicos por lo menos una vez al año.

Paso 4: Tomar muestras de ruido con un dosímetro (Ver el paso 5 si se está usando un sonómetro)

Para este paso, ya se deberá haber evaluado las áreas de trabajo, se habrá determinado qué grupos de trabajadores necesitan ser muestreados en su exposición a ruido, y determinado cuántas muestras se necesitan.

Se deberá explicar al trabajador que va a usar el dosímetro cuál es el propósito y el procedimiento para el muestreo o monitoreo:

1. Encienda el equipo.
2. Verifique que la batería del equipo tiene suficiente carga.
3. Asegúrese que el equipo está programado con la escala "A", respuesta lenta "slow" y que la tasa de cambio es 3 dB.
4. Verifique la calibración del equipo y resetee el dosímetro de cualquier otra medición anterior antes de tomar una nueva muestra. Registre por escrito el número del dosímetro y los resultados de la calibración.
5. Enfatique al trabajador la importancia de trabajar de manera habitual, haga notar que el dosímetro no debe interferir con las labores normales.
6. Comunique al trabajador que para realizar una toma de muestras de ruido adecuada, no debe tapar el micrófono y evitar silbar o gritar.
7. Instruya al trabajador para que:
 - No se quite el dosímetro a menos que sea absolutamente necesario;
 - No golpee, deje caer, o dañe de alguna otra manera al dosímetro; y
 - Mantenga el micrófono descubierto, pero la pantalla cortavientos sobre el micrófono;
8. Mencione al trabajador que usted regresará periódicamente para tomar valores del equipo y para chequear el micrófono, e infórmelo cuándo y dónde desinstalará el dosímetro.
9. Coloque el micrófono sobre el hombro, a mitad de distancia del cuello y del borde del hombro, apuntando hacia arriba. (Para situaciones donde el trabajador está posicionado de tal manera que toda la exposición provenga primordialmente de una dirección, el micrófono deberá ser colocado en el hombro más cercano a la fuente de ruido.)
10. Encienda el dosímetro y registre la hora de inicio.
11. Verifique la posición del micrófono periódicamente a lo largo de la jornada.



12. Siempre que sea práctico, coloque el aparato y el cable del micrófono por debajo de la ropa externa.

13. Se recomienda las mediciones de jornada completa o, como mínimo, del 70% del tiempo total de la jornada. Sin embargo, para poder dar por válida una medición de entre 70% a menos del 100% de la jornada se deberá garantizar que los valores medidos entre ese periodo son representativos de las actividades realizadas en el total de la jornada y que no se está obviando actividades ruidosas.

Durante el periodo de muestreo, registre por escrito toda la información pertinente.

14. Al final del periodo de muestreo tome y registre los valores finales.

15. Apague el dosímetro, registre la hora, y remueva el equipo del trabajador.

16. De ser posible, explique los resultados al trabajador. Se recomienda entregar cartillas, hojas informativas o folletos acerca de ruido, muestreo de ruido y control de ruido.

17. Re-verifique la calibración del dosímetro. Si el dosímetro no indica el valor del calibrador ± 1 dB, entonces la medición será considerada inválida.

Paso 5: Tomar muestras de ruido con un sonómetro

Como se mencionó al principio, la mayoría de los dosímetros pueden ser adaptados para ser usados como sonómetros. Asimismo, hay muchos equipos que trabajan sólo como sonómetros. Revise el manual de instrucciones del fabricante de su equipo para mayor información. Cuando un dosímetro es usado como sonómetro, seleccione la función de "sonómetro", luego siga las instrucciones generales que se indican más abajo.

1. Programe el sonómetro en la ponderación "A", respuesta lenta "slow" y tasa de cambio de 3 dB para todas las mediciones.

2. Verifique la calibración de acuerdo a las instrucciones del fabricante y registre por escrito los resultados.

3. En general, mantenga el micrófono a un brazo de distancia, manteniendo su cuerpo fuera del paso del ruido. Siempre que sea posible, mantenga el micrófono a una distancia de 30cm del oído más expuesto del trabajador. Según lo especifique el fabricante, mantenga el micrófono ya sea de manera perpendicular a la fuente de ruido o apuntando hacia la fuente.

4. Debido a que las lecturas del sonómetro podrían fluctuar, observe los valores por 30 segundos. Ignore cualquier nivel alto o bajo momentáneo que podría ocurrir.

5. Tome varias muestras para cada actividad que el trabajador realice durante su día de trabajo. Su meta es encontrar los niveles sonoros más altos de cada actividad del trabajo.

6. Registre las lecturas de los niveles sonoros o el rango en el que éstos se encuentran. También registre la hora, lugar, actividad específica del trabajador, equipo que se está usando, si hay ventanas y puertas abiertas (si aplica) y

cualquier otra información pertinente. Deberá registrarse también el tiempo que el trabajador está expuesto a un nivel sonoro determinado. Esta información es necesaria para calcular la dosis.

7. Para una identificación futura podría ser útil hacer un boceto o gráfico que indique dónde fue que se tomó cada lectura.

8. De ser posible, explique los resultados (parciales) al trabajador. Se recomienda entregar cartillas, hojas informativas o folletos acerca de ruido, muestreo de ruido y control de ruido.

9. Re- verifique la calibración. Si el sonómetro no indica el valor del calibrador ± 1 dB, entonces las mediciones serán consideradas inválidas.

Paso 6: Calcular la exposición de los trabajadores

Existen tres formas en que un equipo podría entregar los datos:

1. **Dosis de Ruido:** Se evaluará si para la jornada diaria la dosis supera el 100%. De ser el caso, se dirá que la exposición ha superado el límite permisible. Por ejemplo: dosis de 90%, 87%, 88.5% indican que la exposición no supera el límite máximo permisible; dosis de 105%, 110%, 108,5% indican que sí se ha superado el límite máximo permisible.
2. **Nivel equivalente de Ruido:** Podrá ser comparado directamente con los valores de la TABLA N° 1 de la presente Guía, de acuerdo al tiempo que dura la jornada del trabajador y cumpliendo con los requisitos de la medición.
3. **Niveles Equivalentes por periodos:** Son los obtenidos con las mediciones con sonómetro. Para poder comparar con los límites permisibles se deberá calcular la dosis, según el método descrito a continuación.

Cuando se use un sonómetro, se deberá calcular la dosis usando la siguiente formula:

$$Dosis = 100 \left[\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_N}{T_N} \right]$$

Donde:

C: El tiempo que un trabajador está expuesto a cada nivel sonoro

T: El tiempo de exposición permitido tomado de la TABLA N ° 1

Ejemplo:

Cuando usted calcule la exposición a ruido, no deberá ajustar la dosis si el trabajador estaba usando protección auditiva durante el muestreo de ruido. Esta información no es parte del cálculo de la dosis, aunque podría ser requerida luego.

El higienista mide la exposición de un trabajador como sigue:

88 dBA por 2 horas
(4 horas son permitidas a este nivel)

85 dBA por 4 horas
(8 horas son permitidas a este nivel)

82 dBA por 2 horas
(16 horas son permitidas a este nivel)

Así, los cálculos para determinar la dosis deberán ser:

$$Dosis=100\left[\frac{2}{4}+\frac{4}{8}+\frac{2}{16}\right]=112.5\%$$

Dado que excede el 100% de la dosis diaria, se dirá que la exposición de este trabajador está por encima del límite máximo permisible.

En caso requiera transformar datos de dosis a nivel equivalente de ruido utilice la formula indicada en el TABLA N° 2 de la presente Guía.

Paso 7: Evaluar los resultados

1. Para valores de exposición mayor a 82 dBA en 8 horas (y/o dosis mayores a 50%), se recomienda que el trabajador o puesto de trabajo sean incluidos en las actividades de capacitación para prevención de pérdida auditiva.
2. Para valores de exposición mayores a 85 dBA en 8 horas (y/o de dosis mayores a 100%), es necesario que se empiece a implementar medidas correctivas para disminuir la exposición. Mientras se implementa medidas correctivas más eficaces se deberá usar equipo de protección auditiva como medida de control temporal.
3. Para valores de exposición mayores a 100 dBA y menores a 105 dBA es obligatorio el uso de doble protección auditiva como medida de control temporal mientras se implementa medidas correctivas más eficaces.
4. Ninguna persona deberá exponerse a más de 105 dBA, sin importar el tiempo de exposición.

TABLA Nº 1: Nivel de Ruido

Nivel de ruido en la Escala de ponderación "A"	Tiempo de Exposición Máximo en una jornada laboral
82 decibeles	16 horas/día
83 decibeles	12 horas/día
85 decibeles	8 horas/día
88 decibeles	4 horas/día
91 decibeles	1 1/2 horas/día
94 decibeles	1 hora/día
97 decibeles	1/2 hora/día
100 decibeles	1/4 hora/día

TABLA Nº 2: Cálculos

1. Para calcular valores intermedios de la tabla 1 se puede usar la siguiente fórmula:

$$T = \frac{8}{2^{(L-85)/3}}$$

Donde:

T: Es el tiempo de exposición máximo para el nivel de ruido "L".

L: Es el nivel de ruido en decibeles en la escala de ponderación "A (dBA) para el cual se quiere saber cuál es su tiempo de exposición máximo.

2. Para calcular la dosis de ruido teniendo un nivel equivalente "L" en T horas en dBA:

$$\% Dosis = \left(\frac{T}{8} \right) \cdot 2^{(L-85)/3}$$

Donde:

T: Es el tiempo que el trabajador estuvo expuesto al nivel equivalente L.

L: Es el nivel equivalente de ruido en decibeles en la escala de ponderación "A" (dBA), obtenido luego de medir durante el tiempo "T" en horas. Se desea saber la dosis de ruido durante este tiempo "T".

3. Para hallar el nivel equivalente resultante de varias mediciones de tiempos conocidos se deberá usar la siguiente fórmula:

$$LEQ = 10 \cdot \text{Log}_{10} \left[\frac{t_1 \cdot 10^{L_1/10} + t_2 \cdot 10^{L_2/10} + \dots + t_N \cdot 10^{L_N/10}}{t_1 + t_2 + \dots + t_N} \right]$$

Donde:

t₁: Es el tiempo que duró el evento L₁.

L₁: Nivel de ruido equivalente continuo (dBA) medido para el tiempo t₁.

GUIA N° 2

MEDICIÓN DE ESTRÉS TÉRMICO

DEFINICIONES

TG: Temperatura de Globo, es la temperatura obtenida de un termómetro que está dentro de una esfera pintada de negro en su parte externa. Mide la temperatura por radiación. Las características de la esfera serán las siguientes:

- 150 mm de diámetro.
- Coeficiente de emisión medio: 90 (negro y mate).
- Grosor: tan delgado como sea posible.
- Escala de medición: 20 °C-120 °C.
- Precisión: $\pm 0,5$ °C de 20 °C a 50 °C y ± 1 °C de 50 °C a 120 °C.

TA: Es la temperatura del aire medida, por ejemplo, con un termómetro convencional de mercurio u otro método adecuado y fiable.

- El sensor debe estar protegido de la radiación térmica, sin que esto impida la circulación natural de aire a su alrededor.
- Debe tener una escala de medida entre 20 °C y 60 °C (± 1 °C).

TBH: Es el valor indicado por un sensor de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. Esto último diferencia a esta variable de la **temperatura húmeda psicrométrica**, que requiere una corriente de aire alrededor del sensor y que es la más conocida y utilizada en termodinámica y en las técnicas de climatización. El sensor debe tener las siguientes características:

- Forma cilíndrica
- Diámetro externo de 6mm ± 1 mm
- Longitud 30mm ± 5 mm
- Rango de medida 5 °C 40 °C
- Precisión $\pm 0,5$ °C
- La parte sensible del sensor debe estar recubierta de un tejido (p.e. algodón) de alto poder absorbente de agua
- El soporte del sensor debe tener un diámetro de 6mm, y parte de él (20 mm) debe estar cubierta por el tejido, para reducir el calor transmitido por conducción desde el soporte al sensor
- El tejido debe formar una manga que ajuste sobre el sensor. No debe estar demasiado apretado ni demasiado holgado
- El tejido debe mantenerse limpio
- La parte inferior del tejido debe estar inmersa en agua destilada y la parte no sumergida del tejido tendrá una longitud entre 20 mm y 30 mm
- El recipiente del agua destilada estará protegido de la radiación térmica

TGBH: Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo, valor que integra valores de temperatura del aire, temperatura por radiación y temperatura por humedad.

TGBHi: Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo Interna, TGBH que no considera los valores de temperatura por radiación. Se usa para ambientes cerrados donde el trabajador no tiene exposición a la luz solar.

TGBHe: Temperatura de Globo y de Bulbo Húmedo Externa, TGBH que sí considera los valores de temperatura por radiación. Se usa para ambientes abiertos o donde el trabajador se expone a la luz solar.

Calor Metabólico: Calor generado en el cuerpo debido a la actividad que se está realizando. En la exposición a estrés térmico se deberá determinar si un ambiente permite que el calor metabólico sea eliminado de manera eficiente.

Aclimatización: Es un proceso de adaptación fisiológica que incrementa la tolerancia a ambientes calurosos, fundamentalmente por variación del flujo de sudor y del ritmo cardíaco. La aclimatización es un proceso necesario, que debe realizarse a lo largo de 6 o 7 días de trabajo, incrementando poco a poco la exposición al calor. Se considera que un trabajador está aclimatizado si ha realizado un trabajo con exposición a calor en al menos 5 de los últimos 7 días o 10 de los últimos 14. Sin embargo, los beneficios de la aclimatización se pierden fácilmente si las variaciones en la temperatura son importantes (elevaciones repentinas) o si no ha habido exposición en más de 4 días.

Límite Permissible: Valor máximo que debe alcanzar la temperatura TGBH en un ambiente caluroso. Sin embargo, no es una frontera definida entre condiciones seguras e inseguras, por lo que se recomienda siempre usarlo junto con el Nivel de Acción.

Nivel de Acción: Valor de temperatura TGBH por encima del cual se deberá empezar a tomar medidas correctivas y preventivas para hacer frente a la exposición a calor en el ambiente de trabajo. Además, se deberá adoptar medidas de vigilancia médica que garanticen la no presencia de síntomas y signos del estrés térmico.

MÉTODO DE MEDICIÓN

Mediante las siguientes ecuaciones se obtiene el índice **TGBH**:

$$TGBH_i = 0.7 TBH + 0.3 TG \dots(I)$$

(en el interior de edificaciones o en el exterior, sin radiación solar)

$$TGBH_e = 0.7 TBH + 0.2 TG + 0.1 TA \dots(II)$$

(en exteriores con radiación solar)

Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo, de forma que puede haber diferencias notables entre mediciones efectuadas a diferentes alturas, debe hallarse el índice **TGBH** realizando tres (03) mediciones, a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, utilizando la expresión (III):

$$TGBH = \frac{TGBH(cabeza) + 2 \times TGBH(abdomen) + TGBH(tobillos)}{4} \dots(III)$$

Las mediciones deben realizarse a 0.1 m, 1.1 m, y 1.7 m del suelo si la posición en el puesto de trabajo es de pie, y a 0.1 m, 0.6 m, y 1.1 m, si es sentado.

Si el ambiente es homogéneo, basta con una medición a la altura del abdomen.

Este índice así hallado expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo (**M**).

Mediante lectura de la Tabla 1 de la presente Guía, se determina la temperatura máxima que puede alcanzar el índice TGBH según el valor que adopta el término **M** (Calculado usando las tablas 2 y 3 de la presente Guía).

Tabla 1: Valores límite de referencia para estrés térmico

Ubicación del trabajo dentro de un ciclo de trabajo-descanso	Valor Límite (TGBH en °C)				Nivel de Acción (TGBH en °C)			
	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy Pesado
75% a 100%	31	28	---	---	28	25	---	---
50% a 75%	31	29	27.5	---	28.5	26	24	---
25% a 50%	32	30	29	28	29.5	27	25.5	24.5
0% a 25%	32.5	31.5	30.5	30	30	29	28	27

Mediciones

Las mediciones de las variables que intervienen en este método de valoración deben realizarse, preferentemente, bajo las condiciones más calurosas de la jornada. Los instrumentos de medida deben cumplir con los requisitos indicados en las definiciones. Cualquier otro sistema de medición de estas variables es válido si, después de calibrado, ofrece resultados de similar precisión que el sistema descrito.

Consumo metabólico (**M**)

La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesario conocer para la valoración del estrés térmico. Para estimarla se puede utilizar el dato del consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como consecuencia de la tarea que desarrolla el individuo, despreciando en este caso la potencia útil (puesto que el rendimiento es muy bajo) y considerando que toda la energía consumida se transforma en calorífica.

El término **M** puede medirse a través del consumo de oxígeno del individuo, o estimarlo mediante tablas. Esta última forma es la más utilizada, pese a su imprecisión, por la complejidad instrumental que comporta la medida del oxígeno consumido.

Existen varios tipos de tablas que ofrecen información sobre el consumo de energía durante el trabajo. Unas relacionan, de forma sencilla y directa, el tipo de trabajo con el término **M** estableciendo trabajos concretos (escribir a máquina, descargar camiones etc.) y dando un valor de **M** a cada uno de ellos. Otras, como la que se presenta en la Tabla 2 de la presente Guía, determinan un valor de **M** según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal. Este último se considera de 1 Kcal / min como media para la población laboral, y debe añadirse siempre.

Tabla 2: Estimación del consumo metabólico **M**

A. Posición y Movimiento del Cuerpo	
	KCal/min
Sentado	0.3
De pie	0.6
Andando	2.0 – 3.0
Subida de una pendiente andando	Añadir 0.8 por m de subida

B. Tipo de trabajo			
Parte del Cuerpo	Intensidad	Media KCal/min	Rango KCal/min
Trabajo Manual	Ligero	0.4	0.2 – 1.2
	Pesado	0.9	
Trabajo con un Brazo	Ligero	1.0	0.7 – 2.5
	Pesado	1.8	
Trabajo con dos Brazos	Ligero	1.5	1.0 – 3.5
	Pesado	2.5	
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3.5	2.5 – 15.0
	Moderado	5.0	
	Pesado	7.0	
	Muy Pesado	9.0	
C. Gasto Metabólico Basal			
1 Kcal/min			

*: Datos aplicables a una persona de 70Kg de peso, para corregir ver la ecuación VIII.

El consumo metabólico se expresa en unidades de potencia o potencia por unidad de superficie corporal. La relación entre ellas es la siguiente:
 1 Kcal/hora = 1,16 watios = 0,64 watios/m² (para una superficie corporal media de 1,8 m²).

Para la aplicación del límite máximo permisible habrá que determinar cuál es el gasto metabólico total de la actividad realizada y ubicarlo dentro de una de las siguientes categorías:

Tabla 3: Intensidad del trabajo respecto al Gasto Metabólico en Kcal/hora

Gasto Metabólico (Kcal/hr)	Categoría de Intensidad del Trabajo	Ejemplo de Actividad
<100	Descanso	Sentado
100-200	Ligero	Sentado con trabajo ligero con las manos o con las manos y los brazos, etc
200-300	Moderado	Trabajo constante moderado con las manos y brazos, etc
300-400	Pesado	Trabajo intenso con manos y tronco, excavación manual, caminando rápidamente, etc.
>400	Muy Pesado	Actividad muy intensa

Variación de las condiciones de trabajo con el tiempo

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hallar el índice **TGBH** o **el consumo metabólico**, ponderados en el tiempo, aplicando las expresiones siguientes:

$$TGBH = \frac{\sum_{i=1}^n TGBH_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots (IV)$$

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i} \dots (V)$$

Esta forma de ponderar sólo puede utilizarse bajo la condición de que:

$$\sum_{i=1}^n t_i \leq 60$$

Esto se debe a que las compensaciones de unas situaciones térmicas con otras no ofrecen seguridad en periodos de tiempos largos.

Adecuación de regímenes de trabajo-descanso

Cuando existe riesgo de estrés térmico, luego de la evaluación, se puede establecer un régimen de trabajo-descanso de forma que el organismo pueda restablecer el balance térmico y liberar el calor en exceso. Se puede hallar en este caso la fracción de tiempo necesaria para que, en conjunto, la actividad sea segura. La fórmula para hallar esta fracción es la siguiente:

$$ft = \frac{(A - B)}{(C - D) + (A - B)} \times 60 (\text{minutos / hora}) \dots (VI)$$

Siendo:

- ft= Fracción de tiempo de trabajo respecto al total (indica los minutos a trabajar por cada hora)
- A = TGBH límite en el descanso ($M < 100$ Kcal/h.)
- B = TGBH en la zona de descanso
- C = TGBH en la zona de trabajo
- D = TGBH límite en el trabajo

Si se trata de una persona aclimatada al calor, que permanece en el lugar de trabajo durante la pausa, la expresión (VI) se simplifica:

$$ft = \frac{32.5 - B}{32.5 - D} \times 60 (\text{minutos / hora}) \dots (VII)$$

Cuando $B \geq A$, las ecuaciones VI y VII no son aplicables.

Esta situación corresponde a un índice **TGBH** tan alto, que ni siquiera con un índice de actividad relativo al descanso (< 100 kcal 1 hora) ofrece seguridad. Debe adecuarse un lugar más fresco para el descanso, de forma que se cumpla $B < A$.

Limitaciones a la aplicación del método

La simplicidad del método hace que esté sujeto a ciertas limitaciones, debidas a las obligadas restricciones en algunas variables. Así, por ejemplo, la curva límite sólo es de aplicación a individuos cuya vestimenta ofrezca una resistencia térmica aproximada de 0,6 clo, que corresponde a un atuendo veraniego. En caso contrario, deberá aumentarse el valor TGBH encontrado según lo indicado en la Tabla 4:

Tabla 4: Factores de corrección de acuerdo al tipo de vestimenta

Tipo de Ropa	Sumar al TGBH (°C)
Ropa de trabajo (manga larga en camisa y pantalón)	0
Mamelucos (material tejido)	0
Ropa tejida de doble capa	3

Ropa sintética poco porosa	0.5
Ropa de trabajo de uso limitado que sirve de barrera al paso del vapor	11

Si la ropa usada para el trabajo no permite el paso del aire (no facilita la evaporación) y no se tiene factor de corrección para el TGBH, entonces deberá considerarse un cambio en el material como una medida preventiva.

Cuando la situación de trabajo no se adapte al campo de aplicación del método, es decir, que la velocidad del aire o el vestido sean muy diferentes de lo indicado, debe recurrirse a métodos más precisos de valoración (por ejemplo, el método establecido por la ISO).

Ejemplo de aplicación

Supongamos una situación de trabajo caracterizada por una temperatura de globo de **40 °C** y temperatura húmeda natural de **29 °C**, en la que un individuo aclimatado al calor y con indumentaria veraniega (0,5 clo) descarga un horno que trabaja en continuo, secando piezas que circulan por su interior, las cuales pesan 10 Kg. Una vez descargada la pieza debe dejarla en un lugar cercano para que posteriormente otra persona proceda a su almacenamiento.

El ciclo de trabajo (mínimo conjunto de tareas que se repiten de forma ordenada a lo largo de la jornada y que constituye el trabajo habitual del individuo) se puede desglosar de la siguiente forma:

1. Descolgar y transportar la pieza	10 seg..... 27% del tiempo total
2. Volver caminando a la cadena	7 seg..... 19% del tiempo total
3. Esperar de pie la siguiente pieza	20 seg..... 54% del tiempo total
TOTAL DEL CICLO: 37 seg 100%	

OBS: Según se describe, el trabajador continúa ciclo tras ciclo por lo que en la Tabla 1 seleccionaremos la primera fila (de 75 a 100% del tiempo trabajando, sin descanso).

El cálculo del término M podría hacerse con ayuda de la Tabla 2 de la presente Guía de la forma siguiente:

Trabajo	% tiempo	Gasto calórico
1. Descolgar y transportar la pieza	0.27	Andando 2.0 Kcal/min Trabajo pesado con ambos brazos2.5 Kcal
2. Volver caminando a la cadena	0.19	Andando 2.0 Kcal/min
3. Esperar de pie la siguiente pieza	0.54	De pie 0.6 Kcal/min
Metabolismo basal	---	1 Kcal/min
Gasto calórico total Kcal/min		3.3 Kcal/min
Gasto calórico total Kcal/hr		198 Kcal/hr

Teniendo en cuenta la distribución de tiempos y el Metabolismo Basal considerado de 1 Kcal/min, $M = 4,5 \text{ Kcal/min} \times 0,27 + 2 \text{ Kcal/min} \times 0,19 + 0,6 \text{ Kcal/min} \times 0,54 + 1 \text{ Kcal/min} = 3,3 \text{ Kcal/min} = 198 \text{ Kcal/h}$

Observación: Los datos indicados en la Tabla 2 son considerados para un trabajador de 70 Kg de peso. Es posible corregir estos valores para pesos diferentes a 70 Kg usando un factor de corrección como sigue:

$$\text{factor} = \frac{\text{Peso}}{70 \text{ Kg}} \dots \text{VIII}$$

El índice TGBH calculado según las temperaturas indicadas y la ecuación (I), resulta ser de 32,3°C, mientras que el TGBH límite para el consumo metabólico determinado, es según indica la Tabla 1 de 31 °C, por lo que existe una situación de riesgo no admisible de estrés térmico en estas condiciones y según este método.

Si queremos aplicar al puesto un régimen de trabajo-descanso, para disminuir el riesgo:

TGBH (límite) descansando = 32.5 °C (tabla 1, para 0% de trabajo)

Si el periodo de descanso lo realiza en el mismo ambiente de trabajo, considerando que la persona está aclimatada, entonces, TGBH descansado = 32.3 °C.

Aplicando la ecuación VII:

$$ft = \frac{32.5 - 32.3}{32.5 - 31} \times 60 = 8 \text{ minutos de trabajo por hora}$$

El trabajador deberá realizar actividades por 8 minutos y descansar por 52.

Si, por el contrario, descansa en un lugar más fresco, cuyo TGBH fuera por ejemplo, de 27 °C, aplicando la ecuación VI:

$$ft = \frac{(32.5 - 27)}{(32.3 - 31) + (32.5 - 27)} \times 60 = 48 \text{ minutos de trabajo por hora}$$

GUIA N° 3

MONITOREO DE VIBRACIÓN

Se realizará mediciones de vibración con ponderaciones adecuadas para el tipo de vibración (tanto para vibración mano-brazo como para vibración de cuerpo entero), midiendo con acelerómetros en los 3 ejes, en el punto de contacto y comparados con lo siguiente:

Exposición a Vibración en Cuerpo Completo

El valor máximo permisible de la aceleración en 8 horas será de: **1.15m/s²**.

El nivel de acción de la aceleración en 8 horas será de: 0.5m/s².

(Referencia: Directiva de Comunidad Europea 2002/44/CE).

Exposición a Vibración en Mano-Brazo:

Duración total diaria de la exposición ¹	Valores a no exceder por el componente de la aceleración dominante, rms y ponderada ²
	(m/s ²)
4 horas a menos de 8 horas	4
2 horas a menos de 4 horas	6
1 hora a menos de 2 horas	8
Menos de 1 hora	12

1: El tiempo total en que la vibración ingresa a la mano por día, ya sea continua o intermitente.

2: Usualmente uno de los ejes (x, y o z) de la vibración es el dominante (de mayor valor) sobre los otros dos. Si uno o más ejes exceden la exposición total diaria, entonces el límite ha sido excedido.

Del Trabajador Muestreado:

En la medida de lo posible, el trabajador será seleccionado de manera aleatoria dentro del grupo/puesto al cual pertenece o, de lo contrario, se le seleccionará basándose en las observaciones que haya tenido el equipo que va a operar, de parte de otros operadores o de él mismo.

El trabajador que va a ser muestreado deberá recibir instrucciones precisas acerca de lo que debe y no debe hacer mientras lleve el equipo:

- El plato deberá mantenerse directamente en el punto de contacto de la máquina con el cuerpo.
- No sacar el equipo durante la jornada.
- No tocar los botones de programación del equipo.
- No mover o sacar las conexiones entre el equipo y plato.

Medición de la exposición a Vibración en Cuerpo Completo:

- Se deberá identificar el (los) punto(s) de contacto a través del cual el cuerpo se expone a la vibración. Por ejemplo: en un tractor, a través del asiento; en los controles de una máquina, a través de los pies.
- Programar el equipo para que mida la aceleración ponderada en frecuencia para cuerpo entero (que mida en aquellas frecuencias que generan efectos adversos).

Ponderaciones de Frecuencia

Ponderaciones	Condición de Aplicación
Wk	Exposición de Cuerpo Entero, vertical o posición sentado, eje Z.
Wd	Exposición de Cuerpo Entero, horizontal o posición sentado, ejes X e Y.
Wc	Exposición de Cuerpo Entero, posición sentado, eje X, transductor ubicado en zona dorsal.

3. Colocar el medidor (acelerómetro en los tres ejes) en el punto de transmisión de la vibración.
4. Dar las indicaciones al trabajador.
5. La duración de la medición debe ser representativamente suficiente para asegurar razonable precisión estadística y para asegurar que la vibración es típico de las exposiciones que están siendo evaluadas. La duración de la medición debe ser reportada.

Considerar solamente el tiempo efectivo de exposición a la vibración durante la conducción de vehículos y maquinaria pesada. (Norma ISO2631-1:1997 ítem 7.1 página 13).

6. Obtener las aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizadas a 8 horas de cada eje X, Y y Z de manera simultánea en el mismo evento que se está midiendo.

Se deberá utilizar las siguientes fórmulas para normalizar la aceleración ponderada en frecuencia medida en tiempos diferentes a 8 horas de exposición efectiva para cada eje coordenado.

$$Aeq_{(8)x} = (1.4)Aeq_{(t)x} \sqrt{\frac{t}{8}}$$

$$Aeq_{(8)y} = (1.4)Aeq_{(t)y} \sqrt{\frac{t}{8}}$$

$$Aeq_{(8)z} = (1)Aeq_{(t)z} \sqrt{\frac{t}{8}}$$

Donde:

t: Es el tiempo de exposición efectivo.

$Aeq_{(t)}$: Es la aceleración ponderada en frecuencia medida por el vibrometro en un tiempo t.

$Aeq_{(8)}$: Es la aceleración ponderada en frecuencia normalizada a 8 horas para ser comparada con el límite máximo permisible.

7. La evaluación del efecto de la vibración sobre la salud debe ser hecho comparando las aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizada a 8 horas ($Aeq_{(8)}$) de cada eje coordenado con el límite máximo permisible de manera independiente.
8. Se concluirá que existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones de cuerpo completo, cuando una o más aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizada a 8 horas ($Aeq_{(8)}$) de cualquier eje coordenado sea mayor que el límite máximo permisible; si estas fueran menores o iguales al límite máximo permisible, pero mayores que el nivel de acción, se concluirá que no existe riesgo

a la salud pero se debe empezar a tomar acciones de control y mejora; finalmente si estas fueran menores al nivel de acción se concluirá que no existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones de cuerpo completo y no es necesario tomar acciones.

(Norma ISO2631-1:1997, ítem 7.2.2 evaluación de la vibración, pag 13)

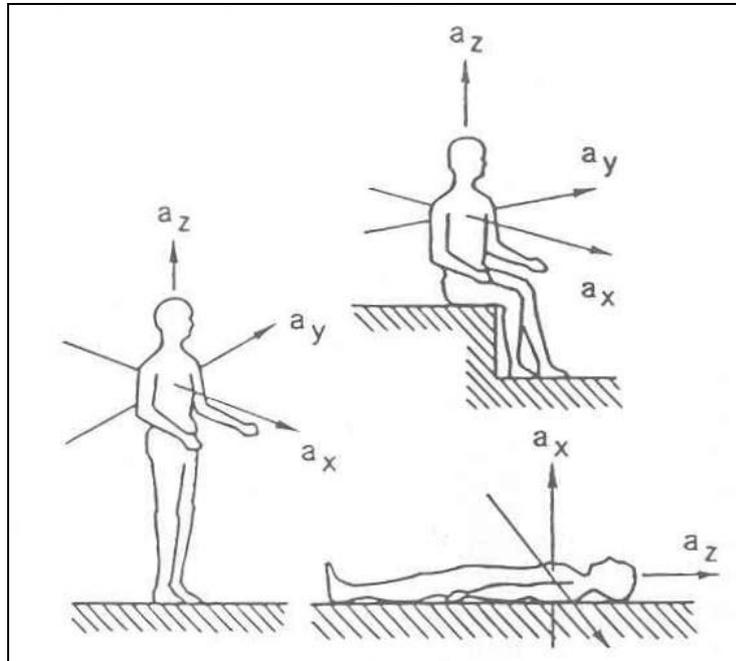


Figura 1. Mediciones de Aceleración en el Sistema Coordinado Biodinámico (Adaptado de ISO 2631) a_x , a_y , a_z =aceleración en la dirección de los ejes x, y, z; eje x=espalda hacia pecho; eje y= de derecha a izquierda; eje z= de los pies a la cabeza.

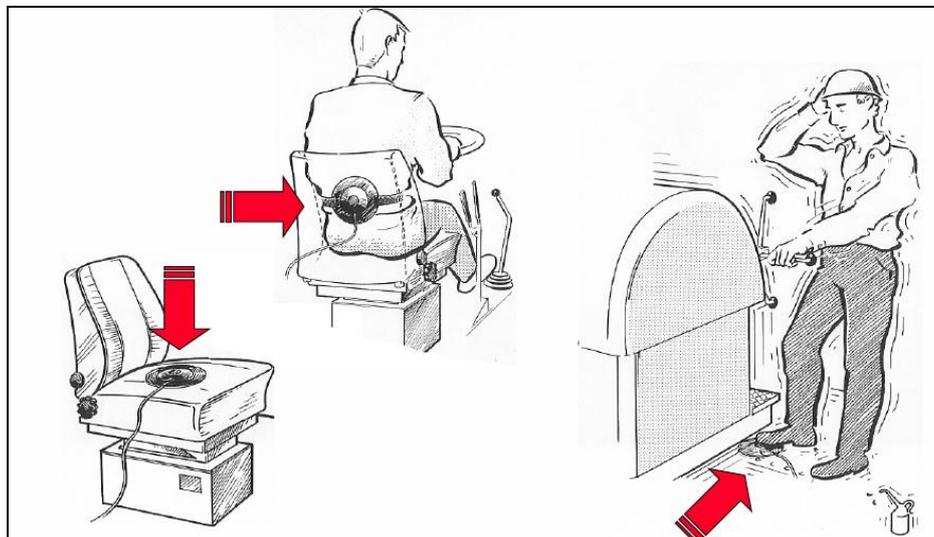


Figura 2. Posición correcta de los acelerómetros, de acuerdo al punto de transmisión de la vibración

Medición de la exposición a Vibración en Mano-Brazo:

1. Se deberá identificar el(los) punto(s) de contacto a través del(los) cual(es) la mano-brazo se expone a la vibración.

2. Programar el equipo para que mida la aceleración ponderada para exposición de mano-brazo (que mida en aquellas frecuencias que generan efectos adversos en esta parte del cuerpo) y entregue la aceleración resultante.
3. Colocar el medidor (acelerómetro en los tres ejes) en el punto de transmisión de la vibración.
4. Dar las indicaciones al trabajador.
5. Realizar la medición a lo largo de una jornada de trabajo o por un periodo de uso del equipo-herramienta.
6. Obtener las aceleraciones ponderadas en cada eje X, Y y Z.
7. Calcular el tiempo de exposición diaria (u horas uso por día del equipo-herramienta).
8. De acuerdo al tiempo de exposición, comparar los valores obtenidos en la medición con el límite permisible correspondiente. Se deberá comparar cada una de los valores de aceleración obtenidos (en cada eje). Basta con que uno de los valores supere el límite permisible para que la exposición del trabajador supere el límite.

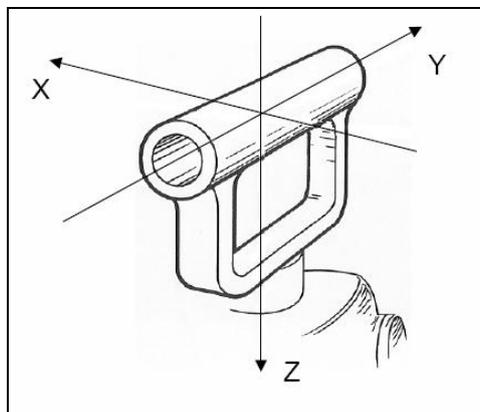


Figura 3. Ejes de medición en el punto de contacto con el equipo-herramienta

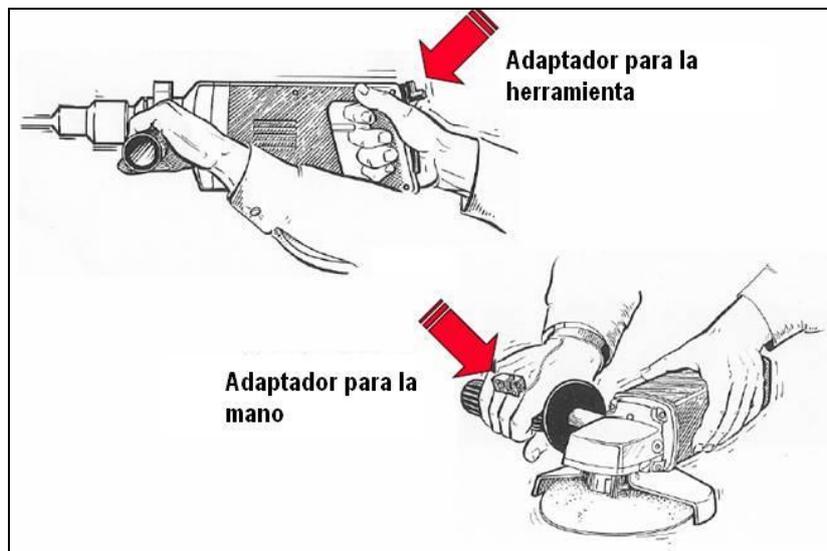


Figura 4. Posición correcta del acelerómetro, según el tipo de adaptador que se use.

Fuente : ACGIH – Conferencia Americana de Higienistas Industriales y Gubernamentales.