



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Acústica

*Profesor Patrocinante:
Sr. Víctor Poblete Ramírez
Instituto de Acústica
Universidad Austral de Chile*

*Profesor Informante:
Dr. José Luis Barros Rojas
Instituto de Acústica
Universidad Austral de Chile*

*Profesor Informante:
Sr. Joaquín Steves
Instituto de Acústica
Universidad Austral de Chile*

MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES CAUSADAS POR LABORES MINERAS

*Tesis para optar al grado de:
Licenciado en Acústica
Y al título profesional de:
Ingeniero Acústico*

KRISTIAN ERWIN HUCKE ZAPATA
VALDIVIA - CHILE

2010

Contenido

| | | |
|-------|--|-----|
| 1 | RESUMEN | III |
| 2 | ABSTRACT..... | IV |
| 3 | INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 4 | JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO | 2 |
| 5 | OBJETIVOS Y ALCANCE..... | 3 |
| 5.1 | OBJETIVOS DEL ESTUDIO..... | 3 |
| 5.1.1 | Objetivo general..... | 3 |
| 5.1.2 | Objetivos específicos | 3 |
| 5.1.3 | Alcance del tema..... | 3 |
| 6 | CONTEXTO | 4 |
| 6.1 | ACERCA DE LA ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD..... | 4 |
| 7 | MARCO TEÓRICO | 5 |
| 7.1 | CONCEPTO DE VIBRACIÓN | 5 |
| 7.2 | CLASIFICACIÓN DE LAS VIBRACIONES DE ORIGEN LABORAL | 5 |
| 7.3 | ORIGEN DE LAS VIBRACIONES | 6 |
| 7.4 | FUENTES DE VIBRACIONES MÁS COMUNES EN LA INDUSTRIA..... | 7 |
| 7.5 | CONCEPTOS FRECUENTEMENTE UTILIZADOS EN VIBRACIONES..... | 7 |
| 8 | NORMAS LEGALES | 14 |
| 8.1 | LEY N° 16.744..... | 14 |
| 8.2 | DECRETO SUPREMO N°40 (REGLAMENTO SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES)..... | 14 |
| 8.3 | DECRETO SUPREMO N°594 | 14 |
| 8.4 | DECRETO SUPREMO N° 109 | 21 |
| 9 | METODOLOGÍA Y MATERIALES..... | 23 |
| 9.1.1 | CUANTIFICACIÓN DE LA MAGNITUD DE UNA VIBRACIÓN | 23 |
| 9.2 | PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE VIBRACIONES | 25 |
| 9.3 | EL ACELERÓMETRO PIEZOELÉCTRICO | 26 |
| 9.4 | EL MEDIDOR DE VIBRACIONES..... | 27 |

| | | |
|--------|---|----|
| 9.5 | MEDIDOR DE VIBRACIONES SVANTEK SVAN 948 | 28 |
| 9.6 | MODO DE OPERACIÓN DEL SVAN 948..... | 31 |
| 9.7 | TÉCNICAS DE MONTAJE DE ACELERÓMETROS | 36 |
| 9.8 | CÓMO RESCATAR LOS DATOS MEDIDOS | 40 |
| 9.9 | CÓMO PROCESAR LOS DATOS MEDIDOS | 43 |
| 9.10 | ACERCA DE LA CALIBRACIÓN DEL EQUIPO..... | 49 |
| 10 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 50 |
| 10.1 | VISITAS A TERRENO..... | 50 |
| 10.2 | BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS EMPRESAS EVALUADAS..... | 51 |
| 10.3 | DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EVALUADOS, TIPO DE EXPOSICIÓN Y METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA MEDICIÓN..... | 52 |
| 10.3.1 | La Condesa. | 52 |
| 10.3.2 | ENAMI, El Salado. | 53 |
| 10.3.3 | INGECOM, El Salvador | 54 |
| 10.3.4 | VICSA, El Salvador..... | 54 |
| 10.3.5 | Di Petris, Copiapó..... | 55 |
| 11 | ELABORACIÓN DE LOS INFORMES TECNICOS | 60 |
| 12 | MEDIDAS DE CONTROL | 62 |
| 12.1 | ACOPLAMIENTOS ELÁSTICOS | 63 |
| 12.2 | AMORTIGUACIÓN | 63 |
| 12.3 | AMORTIGUACIÓN AJUSTADA | 64 |
| 12.4 | GUANTES ANTI VIBRACIÓN..... | 66 |
| 13 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 67 |
| 14 | BIBLIOGRAFÍA..... | 69 |
| 15 | ANEXO | 70 |

1 RESUMEN

Se estudió la exposición al agente físico vibraciones en diferentes puestos de trabajo de empresas mineras afiliadas a la ACHS, en la región de Atacama. Para ello, se utilizó un medidor de vibraciones humanas Svantek 948 junto con dos acelerómetros, uno para exposiciones de cuerpo entero; y otro, para exposiciones de segmento mano-brazo. Los resultados de aceleración medidos se evaluaron de acuerdo al D.S 594, con el fin de determinar si la exposición a vibraciones para cada caso se clasifica como con riesgo o sin riesgo según esta ley.

Se pudo determinar la presencia del agente en distintos puestos de trabajo, algunos con niveles por sobre el límite permitido por el D.S. 594, lo que podría producir enfermedades profesionales.

Las evaluaciones de estos puestos de trabajo fueron remitidas a las distintas empresas para su revisión, y se espera que tomen medidas al respecto para no dañar la salud de sus trabajadores.

2 ABSTRACT

Different workplaces from mining industries members of the ACHS (Chilean Safety Association, in English) in the Atacama Region were studied according to the physical agent of vibrations. A Svantek 948 human vibration meter and two accelerometers, one for whole-body measurements and other for hand-arm measurements, were used. The acceleration results obtained were evaluated according to the Supreme Decree N° 594 of the Health Ministry of Chile to determine if the exposure to such vibrations in each of the cases of study is classified as a risk or a non-risk to health.

It was able to find the presence of the agent in different workplaces, exceeding the Supreme Decree limits in high levels in some cases. This could lead to occupational diseases.

The evaluations of these workplaces were sent to the different companies for further checking. It is hoped that it is done everything needed to protect the workers' safety.

3 INTRODUCCIÓN

Las vibraciones, al igual que el ruido, están considerados en nuestra legislación como agentes físicos capaces de generar enfermedades profesionales, y por tanto desde el punto de vista preventivo es necesario conocer la real presencia y magnitud de estos agentes, asimismo es necesario este conocimiento cuando se desea evaluar objetivamente si la dolencia presentada por un trabajador pueda deberse a una exposición a ruido o vibraciones.

Este estudio aborda la presencia de las vibraciones como agente con potencial de generar alteraciones a la salud de trabajadores en las empresas de la Región de Atacama. Se pretende determinar cuál es la presencia real de este agente en las empresas evaluadas y si podría generar un riesgo para la salud de los trabajadores de dichas empresas. Para lograr esto se empleará la Legislación Chilena vigente en materia de exposición a vibraciones y el uso de instrumentos de medición disponibles en la agencia de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS) de Copiapó.

4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Respecto del ruido, la ACHS, tanto a nivel nacional como regional, tiene bastante camino recorrido, no así en el tema de vibraciones, el que a nivel regional ha sido abordado principalmente como respuesta a algunas peticiones puntuales, no existiendo hasta el momento un diagnóstico de cómo está presente este agente en la mayoría de sus empresas afiliadas ni tampoco un conocimiento adecuado para poder realizarlo, por lo tanto, al no conocer la magnitud del problema no se han desarrollado estrategias para su control, existiendo la probabilidad de que empiecen a aflorar enfermedades profesionales en la medida que los trabajadores comiencen a relacionar sus dolencias con las vibraciones.

Esta tesis pretende contribuir en cierta medida a la situación anterior, como también profundizar los conocimientos propios en materia de vibraciones de origen laboral. Además se pretende adquirir un buen manejo de los instrumentos de medición de vibraciones con que cuenta ACHS Copiapó y que pueda servir de futura referencia para la agencia.

5 OBJETIVOS Y ALCANCE

5.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

5.1.1 Objetivo general

Analizar desde el punto de vista de las vibraciones mecánicas, puestos de trabajo y evaluar el estado actual de las condiciones de trabajo de empresas mineras afiliadas a la ACHS en la Región de Atacama.

5.1.2 Objetivos específicos

- Realizar visitas a terreno a empresas mineras afiliadas a ACHS en la región de Atacama para realizar mediciones de exposición a vibraciones mecánicas de origen laboral.
- Adquirir un manejo idóneo de los instrumentos de medición de vibraciones disponible en ACHS Copiapó.
- Procesar los datos y analizarlos mediante algún software a determinar para realizar las evaluaciones de exposición a vibraciones.
- Analizar la legislación vigente en Chile en materia de vibraciones de origen laboral.

5.1.3 Alcance del tema

El alcance de este trabajo abarca a todas las empresas mineras afiliadas a la ACHS en la región de Atacama que se puedan evaluar en el período de realización de este trabajo de titulación.

6 CONTEXTO

6.1 ACERCA DE LA ASOCIACIÓN CHILENA DE SEGURIDAD

La Asociación Chilena de Seguridad es una institución privada sin fines de lucro, fundada en 1958 en respuesta al elevado número de accidentes del trabajo y como manifestación de una actitud socialmente responsable de los empresarios de la época. Está encargada de administrar la ley chilena sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, otorga cobertura total a siniestros por accidentes laborales y pone énfasis especial en el desarrollo de programas de prevención de riesgos.

El mejoramiento de la calidad de vida laboral es un objetivo estratégico para esta institución teniendo el compromiso voluntario de la empresa de contribuir a un desarrollo económico sustentable, más allá de los mínimos establecidos por la ley, en alianza con sus empleados, la comunidad local y la sociedad en general.

Los valores y principios que guían su accionar se reflejan en el interés por sus empresas afiliadas, sus 1.6 millones de trabajadores que las conforman, y por los más de 3.600 empleados propios, en los cuales reconoce la base de sus fortalezas y capacidades.

Balance Social Interno, ACHS ha sido pionera a nivel nacional en compartir la visión que existe una estrecha relación entre calidad de vida laboral, identificación de los trabajadores con la empresa y mayor productividad. Por eso ha demostrado que generar un estado de bienestar entre quienes son parte de una organización resulta ser un elemento clave al momento de ver los beneficios de esto.

Consecuente con esta visión, ACHS ha basado su éxito en el desarrollo de políticas internas, tendientes a procurar la satisfacción de sus trabajadores. ACHS, adaptando un modelo francés, creó en 1975 el Balance Social Interno, instrumento que mide la calidad de vida laboral, permitiendo modificar oportunamente las políticas y normas internas, para acercar los intereses de la empresa a los de sus trabajadores. Este programa fue el primero de este tipo en Chile y Latinoamérica. Consiste en una encuesta voluntaria, censal, confidencial, destinada a la medición en forma objetiva de 19 indicadores relativos a satisfacción o insatisfacción laboral, como: seguridad en el empleo, sistema de remuneraciones, derecho a opinión, calidad de la organización y actividades extra laborales, entre otros. Se aplica a todos los niveles de la organización, sin distinción alguna. [1]

7 MARCO TEÓRICO

7.1 CONCEPTO DE VIBRACIÓN

Se define como el movimiento oscilatorio que hace una partícula en torno a su equilibrio.

Es un fenómeno físico de naturaleza ondulatoria transversal, es decir, el movimiento oscilatorio ocurre en dirección perpendicular a la dirección de propagación de la vibración.

Vibración se diferencia de oscilación en que en esta última transforma la energía cinética en energía potencial gravitatoria y viceversa, en cambio en vibración se transforma energía cinética en energía potencial elástica.

Al igual que en el ruido, las vibraciones complejas son el resultado de la combinación de vibraciones de frecuencias individuales y afectan a las personas expuestas a ellas. También se caracterizan por su intensidad y frecuencia. Su diferencia está en el medio de propagación, que en el ruido es el aire y en vibraciones son estructuras sólidas, y el rango de frecuencias de interés del ruido es de 20 Hz – 20 kHz y de las vibraciones es de 0 Hz – 1500 Hz.

7.2 CLASIFICACIÓN DE LAS VIBRACIONES DE ORIGEN LABORAL

Es conveniente clasificar las vibraciones de origen laboral según la parte del cuerpo que afecten, y la legislación chilena así lo hace, en dos tipos: Vibraciones de cuerpo entero y Vibraciones transmitidas a través de las manos. [2]

Vibraciones de Cuerpo Entero. Ocurren cuando el trabajador permanece de pie sobre una plataforma sometida a vibración o cuando permanece sentado en un puesto de conducción de vehículos o de operación de maquinaria. En este caso, las frecuencias que interesan están entre 0,5 Hz a 80 Hz. [3]

Vibraciones transmitidas a través de las manos. Son causadas por herramientas vibratorias al ser sostenidas por las manos o los dedos. El rango de frecuencias de interés es de 8 Hz a 1000Hz. [3]

7.3 ORIGEN DE LAS VIBRACIONES

Las vibraciones tienen su origen en el movimiento alternante producido por el funcionamiento de herramientas y máquinas. Se transmiten al trabajador al existir un contacto con la superficie vibrante.

Su origen radica en el desbalance mecánico de maquinarias, falta de alineamiento de éstas, elementos rodantes defectuosos, engranajes defectuosos, falla de montaje, aflojamiento mecánico, lubricación inadecuada, fallas eléctricas, dispositivos vibradores, etc.

Vibraciones producidas en procesos de transformación: Las interacciones producidas entre las piezas de la maquinaria y los elementos que van a ser transformados, generan choques repetidos que se traducen en vibraciones materiales y estructurales, su transmisión se efectuará directamente o a través de medios de propagación adecuados. Ejemplos de este tipo son las originadas por prensas, tronzadoras, martillos neumáticos y algunas herramientas manuales.

Vibraciones generadas por el funcionamiento de la maquinaria o los materiales: Dentro de este grupo encontramos las producidas como consecuencia de fuerzas alternativas no equilibradas como motores, alternadores, útiles percutores y las provenientes de irregularidades del terreno sobre las que circulan los medios de transporte.

Vibraciones debidas a fallos de la máquina: algunos ejemplos son los fallos de concepción, de utilización de funcionamiento o de mantenimiento generadores de fuerzas dinámicas, susceptibles de generar vibraciones. Las más frecuentes se producen por tolerancias de fabricación, desgastes de superficies, desequilibrios de elementos giratorios, cojinetes defectuosos, falta de lubricación, etc.

7.4 FUENTES DE VIBRACIONES MÁS COMUNES EN LA INDUSTRIA

Las fuentes de vibraciones varían dependiendo del rubro industrial, aunque en algunos casos existen maquinarias o herramientas que pueden ser de uso común para diferentes rubros. Entre las principales actividades económicas de la región que presentan exposición a vibraciones se encuentran:

La agricultura, en donde la principal fuente de vibración son los tractores. La construcción, a través de vehículos de transporte pesado y herramientas manuales. La minería a través de vehículos de transporte, maquinarias de explotación minera y herramientas manuales para mantención y reparación de maquinarias. La industria manufacturera, a través, de herramientas manuales eléctricas y neumáticas.

7.5 CONCEPTOS FRECUENTEMENTE UTILIZADOS EN VIBRACIONES

Aceleración de referencia: aceleración utilizada para transformar la aceleración en nivel de aceleración, definida como 10^{-6} m/s^2 . [4]

Aceleración equivalente ponderada: la aceleración ponderada a_w r.m.s., se define por la expresión:

$$a_w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt}$$

(1)

En donde:

$a_w(t)$: aceleración ponderada en función del tiempo, medida en m/s^2 .

T: Duración de la medición.

Es de importancia mencionar que en el D.S. 594/99, como se verá más adelante, si bien se habla de aceleración ponderada en frecuencia no se establecen las ponderaciones en frecuencia para la aceleración equivalente ponderada. En este caso se usarán las curvas de ponderación propuestas por la norma ISO 8041.

Acelerómetro: dispositivo que convierte los efectos del movimiento mecánico en una señal eléctrica, la cual es proporcional al valor de aceleración del movimiento. (1)

Banda de tercio de octava: intervalo entre dos tonos, cuya relación es de un tercio de la octava ($2^{1/3}$ o 1,259) [5].

Ciclo de exposición: intervalo de tiempo de alguna actividad específica donde el trabajador se expone a vibraciones, dentro del tiempo de su jornada laboral.

Direcciones de medición: sistema de coordenadas que se origina en el punto donde ingresa la vibración al cuerpo humano. Los sistemas de coordenadas basicéntricas se muestran en las Figuras 1 y 2 para la exposición de cuerpo entero y de mano – brazo, respectivamente.

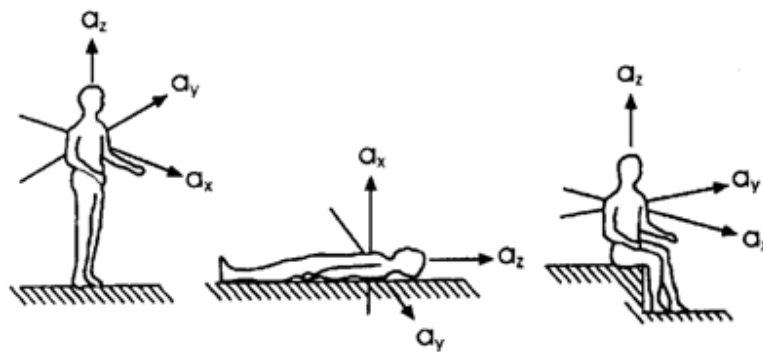


Figura 1.
Ejes basicéntricos del cuerpo humano.

En la Figura 1 el eje X es la dirección de espalda a pecho. El eje Y es la dirección de lado derecho a izquierdo. El eje Z es la dirección de los pies o parte inferior, a la cabeza.

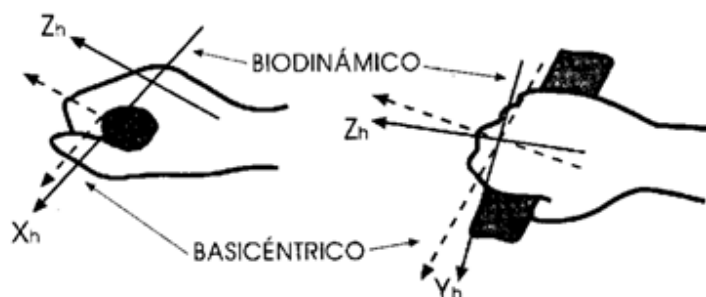


Figura 2.
Ejes basicéntricos y biodinámicos de la mano.

En la Figura 2 el eje Z corresponde a la línea longitudinal ósea. El eje X Corresponde a la línea perpendicular a la palma de la mano. El eje Y Corresponde a la línea en la dirección de los nudillos de la mano. [2]

Exposición de mano – brazo: vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular problemas vasculares, de huesos, de articulaciones, nerviosos o musculares [6]. La transmisión de la vibración al sistema mano – brazo usualmente sucede a través de partes de este (por ejemplo: palma de las manos) que están en contacto con una superficie que vibra (por ejemplo: el asa de una herramienta energizada), o sometida a una vibración de impacto [7].

Exposición de cuerpo entero: vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbagos y lesiones de la columna vertebral [6]. La transmisión de la vibración al cuerpo entero, usualmente sucede, a través, de partes de este (por ejemplo: glúteos, plantas de los pies, espalda) que están en contacto con una superficie que vibra (por ejemplo: el asiento de un vehículo), o sometida a una vibración de impacto [7].

Grupo homogéneo de exposición: conjunto de trabajadores cuya exposición a vibración es equivalente.

Medidor de vibración humana: sistema de medición de vibraciones, compuesto por un transductor de vibración (preferentemente un acelerómetro), una etapa de acondicionamiento, una etapa de proceso, un indicador y un registrador de la vibración, que cumpla con lo establecido en normativas internacionales [8].

Ponderaciones de frecuencia: curva que representa la sensibilidad humana a vibraciones en función de la frecuencia, para una determinada dirección de exposición.

En el ámbito de la evaluación de la exposición ocupacional se consideran las ponderaciones que se indican a continuación en la Tabla 1 [8]:

Tabla 1.
Ponderaciones de frecuencia según el tipo de exposición.

| Ponderación | Condición de Aplicación |
|--------------------|---|
| Wh | Exposición de Mano-Brazo, ejes Z, X e Y. |
| Wk | Exposición de Cuerpo Entero, vertical o posición sentada, eje Z. |
| Wd | Exposición de Cuerpo Entero, horizontal o posición sentada, ejes X e Y. |
| Wc | Exposición de Cuerpo Entero, posición sentada, eje X, transductor ubicado en zona dorsal. |

Los valores de ponderación en frecuencia presentados en la Tabla 1 se muestran a continuación en Tablas 2 y Tabla 3.

Tabla 2.
Valores de ponderación en frecuencia para una exposición de tipo cuerpo entero.

| Frecuencia (Hz) | Factor de ponderación | | |
|--------------------|-----------------------|---------|---------|
| | Wk | Wd | Wc |
| 1 | 0.4825 | 1.011 | 0.991 |
| 1,25 | 0.4846 | 1.007 | 1.000 |
| 1,6 | 0.4935 | 0.9707 | 1.006 |
| 2 | 0.5308 | 0.8913 | 1.012 |
| 2,5 | 0.6335 | 0.7733 | 1.017 |
| 3,15 | 0.8071 | 0.6398 | 1.023 |
| 4 | 0.9648 | 0.5143 | 1.024 |
| 5 | 1.039 | 0.4081 | 1.013 |
| 6,3 | 1.054 | 0.3226 | 0.9739 |
| 8 | 1.037 | 0.255 | 0.8941 |
| 10 | 0.9884 | 0.2017 | 0.7762 |
| 12,5 | 0.8989 | 0.1597 | 0.6425 |
| 16 | 0.7743 | 0.1266 | 0.5166 |
| 20 | 0.6373 | 0.1004 | 0.4098 |
| 25 | 0.5103 | 0.07958 | 0.3236 |
| 31,5 | 0.4031 | 0.06299 | 0.2549 |
| 40 | 0.316 | 0.04965 | 0.2002 |
| 50 | 0.2451 | 0.03872 | 0.1557 |
| 63 | 0.1857 | 0.02946 | 0.1182 |
| 80 | 0.1339 | 0.0213 | 0.08538 |

Tabla 3.
Valores de ponderación en frecuencia W_h para una exposición de tipo segmento mano-brazo.

| Frecuencia en Hz | Factor de ponderación | Frecuencia en Hz | Factor de ponderación |
|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| 5 | 0.545 | 100 | 0,1602 |
| 6,3 | 0.7272 | 125 | 0,127 |
| 8 | 0.8731 | 160 | 0,1007 |
| 10 | 0.9514 | 200 | 0,07988 |
| 12,5 | 0,9576 | 250 | 0,06338 |
| 16 | 0,8958 | 315 | 0,05026 |
| 20 | 0,782 | 400 | 0,0398 |
| 25 | 0,6471 | 500 | 0,03137 |
| 31,5 | 0,5192 | 630 | 0,02447 |
| 40 | 0,4111 | 800 | 0,01862 |
| 50 | 0,3244 | 1000 | 0,01346 |
| 63 | 0,256 | 1250 | 0,00894 |
| 80 | 0,2024 | | |

Estas ponderaciones en frecuencia, junto con los valores presentados, como se mencionó anteriormente, no se incluyen en el D.S. 594/99 guiándose en este caso por la norma ISO 8041:2005 [8].

Vibración: movimiento oscilatorio de las partículas de los cuerpos sólidos [2].

Vibración aleatoria: vibración cuya amplitud no se puede predecir de manera precisa para cualquier instante de tiempo dado.

Vibración cíclica: se entenderá para efectos de este documento como aquella que se presenta dentro de un ciclo de exposición.

Vibración de cuerpo entero: vibración (impacto) mecánica transmitida al cuerpo como un todo, usualmente, a través, de partes de esta (por ejemplo: glúteos, plantas de los pies, espalda) que están en contacto con una superficie portadora (superficie vibrante) que vibra, o sometida a un movimiento de impacto [7].

Vibración estable: vibración debido a un movimiento del tipo periódico continuo con amplitudes regulares.

Vibración de impacto: movimiento debido al cambio repentino de fuerza, posición, velocidad o aceleración provocada por perturbaciones transcientes de un sistema mecánico.

Vibración mano – brazo: vibración mecánica directamente aplicada o transmitida al sistema mano – brazo comúnmente a través de la palma de la mano o a través de los dedos que sostienen una herramienta o pieza de trabajo.

8 NORMAS LEGALES

8.1 LEY N° 16.744

Esta ley declara obligatoriedad del Seguro Social, que proporciona las prestaciones e indemnizaciones necesarias, según sea el caso, contra riesgos y daños por accidentes del trabajo y enfermedades profesionales. Los organismos administradores de la Ley N° 16.744 tienen por misión asesorar y prevenir que los trabajadores de una entidad empleadora afiliada, en particular, no sufran accidentes o contraigan enfermedades en el desarrollo de sus actividades laborales.

8.2 DECRETO SUPREMO N°40 (REGLAMENTO SOBRE PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES)

El presente reglamento establece las normas que regirán la aplicación del Título VII, sobre Prevención de Riesgos Profesionales y de las demás disposiciones sobre igual materia contenidas en la Ley N° 16.744, sobre seguro social contra riesgos de accidentes del trabajo y de enfermedades profesionales. Asimismo, establece normas para la aplicación del artículo 171 del Código del Trabajo.

8.3 DECRETO SUPREMO N°594

Este reglamento establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberán cumplir los lugares de trabajo. Además, fija los límites permisibles de exposición ambiental a agentes químicos y agentes físicos, y límites de tolerancia biológica para trabajadores expuestos a riesgo ocupacional.

Señala que los Servicios de Salud serán los encargados de fiscalizar y controlar el cumplimiento de las disposiciones fijadas por el mismo reglamento, de acuerdo a las normas e instrucciones impartidas por el Ministerio de Salud.

Obliga a las empresas a mantener en los lugares de trabajo las condiciones sanitarias y ambientales necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores que realicen actividades para ellas.

Entre los agentes físicos, diferencia exposición a ruido, vibraciones, digitación, calor, frío, radiaciones no ionizantes e ionizantes.

Con respecto a la exposición a vibraciones, define vibración como “el movimiento oscilatorio de las partículas de los cuerpos sólidos”.

Distingue la exposición a vibraciones en dos tipos, la exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano-brazo y la exposición de cuerpo entero o exposición global.

Exposición de cuerpo entero o exposición global.

En este tipo de exposición, la aceleración vibratoria recibida por la persona deberá ser medida en un sistema de coordenadas ortogonales con centro en el corazón, como se muestra en la Figura 3.

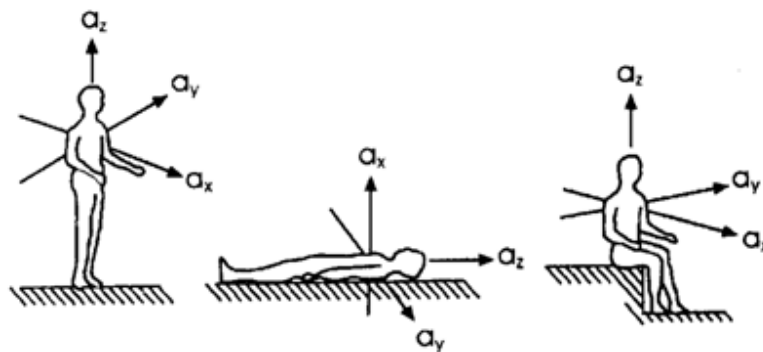


Figura 3.

Sistema de coordenadas ortogonales para la exposición de cuerpo entero a vibraciones.

En la Figura 3, el sentido del eje z (a_z) es desde los pies a la cabeza. El sentido del eje x (a_x) es desde la espalda hacia el pecho. El sentido del eje y (a_y) es desde derecha hacia izquierda.

El decreto indica que las mediciones de exposición global a vibraciones se deberán realizar con un transductor triaxial, en la gama de frecuencias de 1 Hz a 80 Hz, y de forma simultánea para cada eje de coordenadas, considerando como magnitud el valor de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia (Aeq) expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2).

Los valores máximos permitidos de aceleración equivalente ponderada en frecuencia (Aeq) para una jornada de 8 horas por eje de medición se indican en la Tabla 4:

Tabla 4.
Valores límites de aceleración equivalente ponderada en frecuencia (Aeq) para exposiciones globales a vibración, considerando una jornada de 8 horas.

| Eje de Medición | Aeq Máxima Permitida (m/s^2) |
|------------------------|--|
| Z | 0,63 |
| X | 0,45 |
| Y | 0,45 |

Cuando el tiempo de exposición sea distinto a una jornada de 8 horas, los valores máximos permisibles de aceleración equivalente ponderada en frecuencia serán los indicados en la Tabla 5.

Tabla 5.
Valores máximos permisibles de aceleración equivalente ponderada para diferentes tiempos de exposición.

| Tiempo de Exposición (Horas) | Aeq Máxima Permitida (m/s ²) | | |
|---------------------------------|--|------|------|
| | Z | X | y |
| 12 | 0,5 | 0,35 | 0,35 |
| 11 | 0,53 | 0,38 | 0,38 |
| 10 | 0,56 | 0,39 | 0,39 |
| 9 | 0,59 | 0,42 | 0,42 |
| 8 | 0,63 | 0,45 | 0,45 |
| 7 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| 6 | 0,78 | 0,54 | 0,54 |
| 5 | 0,9 | 0,61 | 0,61 |
| 4 | 1,06 | 0,71 | 0,71 |
| 3 | 1,27 | 0,88 | 0,88 |
| 2 | 1,61 | 1,25 | 1,25 |
| 1 | 2,36 | 1,7 | 1,7 |
| 0,5 | 3,3 | 2,31 | 2,31 |

Siempre que los valores de Aeq obtenidos en una medición no sobrepasen los límites permisibles para cada eje, se deberá evaluar el riesgo de la exposición mediante la aceleración equivalente total ponderada (AeqTP), considerando valores de Aeq similares, estos son los que alcancen el 60% del mayor valor medido.

El valor de AeqTP se obtiene de la siguiente fórmula:

$$A_{eqTP} = \sqrt{(1,4 \times A_{eqx})^2 + (1,4 \times A_{eqy})^2 + (A_{eqz})^2} \quad (2)$$

En donde,

AeqTP es la aceleración equivalente total ponderada.

Aeqx es la aceleración equivalente ponderada en frecuencia para el eje x.

Aeqy es la aceleración equivalente ponderada en frecuencia para el eje y.

Aeqz es la aceleración equivalente ponderada en frecuencia para el eje z.

El valor de AeqTP obtenido no deberá superar en ningún caso los límites máximos permitidos para el eje z indicados en la Tabla 5.

Exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano brazo.

En este tipo de exposición, la aceleración debe medirse en tres direcciones ortogonales, en el punto en donde la vibración penetra la mano.

Estas direcciones son las formadas por el sistema biodinámico de coordenadas o el sistema basicéntrico seleccionado, fijando su origen entre la mano y la superficie que vibre, como se observa en la Figura 4.

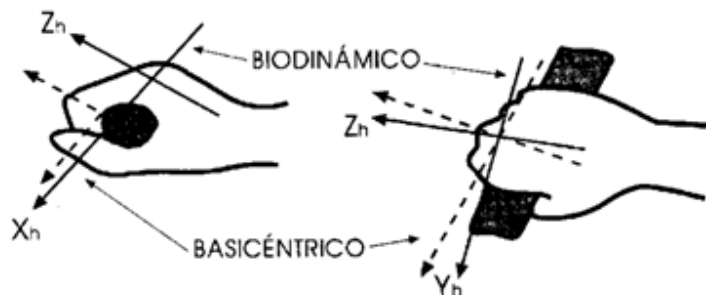


Figura 4.

Direcciones de medición para exposición de segmento mano brazo.

En la Figura 4, el eje Z (Z_h) corresponde a la línea longitudinal ósea. El eje X (X_h) es perpendicular a la palma de la mano. El eje Y (Y_h) es en la dirección de los nudillos de la mano.

Las mediciones se deben efectuar en forma simultánea para cada eje, con un transductor pequeño y de poco peso, en el rango de frecuencias de 5Hz a 1500Hz, expresando el valor de la magnitud de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia para cada eje, expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2) o en unidades de gravitación (g).

La evaluación de la exposición se basará en la aceleración equivalente máxima medida en cualquier eje y no deberá exceder los límites fijados en la Tabla 6.

Tabla 6.
Valores de aceleración equivalente máximos permitidos para cualquier eje en una exposición a vibraciones del segmento mano brazo.

| Tiempo de exposición (T) (Horas) | Aceleración Vibratoria Máxima | |
|-------------------------------------|-------------------------------|------|
| | m/s ² | (g)* |
| 4 < T ≤ 8 | 4 | 0,40 |
| 2 < T ≤ 4 | 6 | 0,61 |
| 1 < T ≤ 2 | 8 | 0,81 |
| T ≤ 1 | 12 | 1,22 |

(g)* = 9,81 m/s² (aceleración de gravedad)

Cuando la exposición a vibraciones sea a diferentes niveles de aceleraciones equivalentes ponderadas en frecuencia, la aceleración total equivalente ponderada en frecuencia se obtendrá de la siguiente ecuación:

$$A_{\text{eq}(T)} = \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (a_{\text{eq}})_i^2 \times T_i \right)^{1/2} \quad (3)$$

En donde:

T = Tiempo total de exposición.

(Aeq)_i = Aceleración equivalente ponderada en un determinado período de exposición.

T_i = Duración del período de exposición a una determinada (Aeq)_i.

El tiempo total de exposición (T) no deberá de exceder los valores indicados en la Tabla 6.

Cabe destacar que en el DS 594 no se hace mención a alguna certificación o norma que deban cumplir los equipos de medición a vibraciones, como ocurre, por ejemplo, para los equipos de medición de ruido en donde si se hace mención. Otro aspecto de la evaluación que es interesante considerar es sobre los impactos o choques, aunque el DS 594 no hable de ello, en estos casos se recomienda guiarse por la norma ISO 2631:1997. También es importante mencionar los tiempos recomendados de medición, que en el D.S. no se mencionan, en este caso se seguirán las recomendaciones del instructivo de aplicación del D.S. 594 del Ministerio de Salud (MINSAL) [9] como se muestra en la Tabla 7:

Tabla 7.
Tiempos mínimos de Medición en función de los tipos de exposición y tipos de vibración.

| Tipo de exposición | Vibración | Tiempos Mínimos de Medición |
|---------------------------|------------------|------------------------------------|
| Cuerpo Entero | Aleatoria | 30 minutos |
| | Cíclica | 1 ciclo a lo menos |
| | Estable | 5 minutos |
| Mano – brazo | Cíclica | Cíclica 1 ciclo a lo menos |

8.4 DECRETO SUPREMO N° 109

Aprueba el reglamento para la calificación y evaluación de los Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales, de acuerdo con lo dispuesto en la ley 16.744, de 1° de Febrero de 1968, que estableció el Seguro Social contra los riesgos por estos accidentes y enfermedades. Incluye las modificaciones realizadas por DS N° 73, de 2005, del Ministerio del Trabajo y Previsión Social, publicado en diario oficial de 07 de Marzo de 2006.

En su artículo 18, señala distintos tipos de agentes que entrañan el riesgo de enfermedad profesional. Entre ellos considera el movimiento, vibración, fricción y compresión continuos como capaces de generar enfermedades profesionales y asocia cualquier trabajo que exponga a estos agentes como trabajo que entraña el riesgo de adquirir una enfermedad profesional.

En el artículo 19 se presenta una lista con enfermedades profesionales, entre las cuales se encuentran las lesiones de los órganos del movimiento (huesos, articulaciones y músculos); artrosis secundaria de rodilla, artritis, sinovitis, tendinitis, miositis, celulitis y trastornos de la circulación y sensibilidad asociándolas a trabajos que entrañan riesgo debido a la exposición a agentes, entre otros a vibraciones.

El artículo 23 considera que las siguientes enfermedades profesionales con ocasión del agente vibraciones producen incapacidad temporal: enfermedades del sistema nervioso central y periférico: encefalitis, mielitis, neuritis y polineuritis y además las enfermedades de los órganos del movimiento nombradas previamente. Los casos en que se genera la incapacidad temporal son las fases agudas o subagudas de estas enfermedades.

El artículo 24 habla de las enfermedades que producen invalidez debido a vibraciones y sus grados de invalidez. (Enfermedades del sistema nervioso central y periférico: encefalitis, mielitis, neuritis, polineuritis y lesiones nerviosas que afecten a un territorio neurológico de las extremidades)

Lesiones nerviosas que comprometan a otros órganos:

a) Si incapacitan principalmente para el trabajo específico.

40% a 65%

b) Si incapacitan para cualquier trabajo.

70% a 90%

Lesiones de los órganos del movimiento en su fase crónica e irreversible:

a) Si incapacitan principalmente para el trabajo específico.

40% a 65%

b) Si incapacitan para cualquier trabajo.

70% a 90%

9 METODOLOGÍA Y MATERIALES

9.1 CUANTIFICACIÓN DE LA MAGNITUD DE UNA VIBRACIÓN

La amplitud de la vibración, que es la característica que describe la intensidad de la vibración, se puede cuantificar de distintas maneras, como son el valor peak-to peak, el valor peak, el promedio y el valor RMS (Root Mean Square). De todos ellos, el valor RMS es la medición más relevante ya que considera la variación durante el tiempo de la vibración y además entrega un valor el cual está directamente relacionado con el contenido energético, y por lo tanto se relaciona con las capacidades destructivas de la vibración.

Si bien el promedio considera la variación en el tiempo, éste tiene poco interés práctico ya que no tiene una relación directa con ninguna magnitud física [10]. El valor peak-to peak indica la máxima excursión de la onda, lo cual es una magnitud relevante pero para consideraciones de stress estructural y mecánicas. El valor peak es útil para describir el nivel de vibración de impacto pero en períodos muy pequeños, y además, sólo indica cuál fue el valor máximo alcanzado, si tomar en consideración el comportamiento durante el tiempo de duración de la vibración.

La relación entre estos niveles se muestra en la Figura N°5

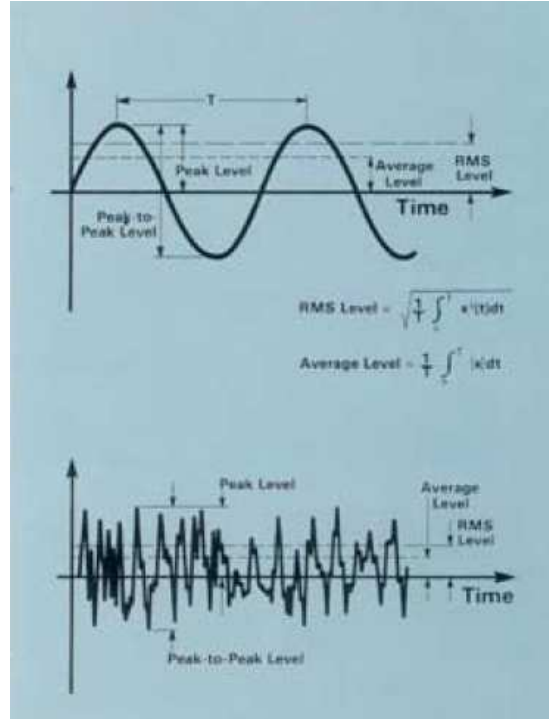


Figura 5.

Relación entre el valor peak-to peak, el valor peak, el promedio y el valor RMS.

Entonces, a la hora de evaluar una exposición de vibraciones de origen laboral, el valor a medir es la amplitud RMS, lo que está en concordancia con el D.S. 594.

9.2 PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE VIBRACIONES

Los parámetros con que se puede describir una vibración son desplazamiento, velocidad y aceleración. Qué parámetro elegir al momento de describir un movimiento vibratorio depende principalmente de la frecuencia del movimiento. Para movimientos de baja frecuencia, como podrían ser los sismos, la vibración se describe mejor por medio del desplazamiento. Resulta fácil observar a simple vista movimientos de baja frecuencia. En vibraciones de origen laboral las frecuencias de vibración son mayores, y por esto, son descritas de mejor forma por los parámetros velocidad o aceleración. Esto se debe principalmente a que para estos parámetros la respuesta en frecuencia o espectro de frecuencia es más plano.

Cuando se usa un acelerómetro para medir vibraciones, la señal que entrega, que es una variación de voltaje muy pequeña, es directamente proporcional a la aceleración. Como mayormente se utilizan acelerómetros para medir vibraciones, el parámetro utilizado para medir vibraciones es la aceleración. A partir de la aceleración siempre se puede obtener la velocidad y desplazamiento mediante integración. El común de los instrumentos de medición de vibraciones incluye un integrador digital que realiza las conversiones instantáneamente. Al momento de evaluar una exposición a vibraciones, se considerará exclusivamente el parámetro aceleración.

Los parámetros de vibración se miden en unidades métricas, de acuerdo a los requerimientos de las normas ISO. Si bien, la constante de aceleración gravitatoria “g” es aún usada, se encuentra fuera del sistema internacional. Se usará, por lo tanto, en vibraciones de origen laboral y de acuerdo también con el D.S 594 como unidad de aceleración [m/s^2].

9.3 EL ACELERÓMETRO PIEZOELÉCTRICO

Las vibraciones se miden con un transductor, el cual transforma la energía mecánica a la cual se somete en energía eléctrica. El transductor más utilizado en la actualidad para la medición de vibraciones es el acelerómetro piezoeléctrico que posee un rango de frecuencia de amplio espectro y gran rango dinámico con respuesta bastante lineal.

El acelerómetro piezoeléctrico no necesita de una fuente de poder externa para funcionar, basta con el movimiento al cual se somete para que genere una señal eléctrica. En su interior no hay piezas móviles, su construcción es sólida y robusta, y mantiene sus características durante un largo tiempo. La señal eléctrica que entrega es proporcional a la aceleración, integrándola se puede obtener la velocidad y desplazamiento.

En el interior de un acelerómetro piezoeléctrico se encuentra un pedazo de material piezoeléctrico (ver Figura 6), generalmente una cerámica ferro eléctrica polarizada artificialmente. Cuando se somete a un stress mecánico, genera una carga eléctrica a través de sus polos la cual es proporcional a la fuerza aplicada.

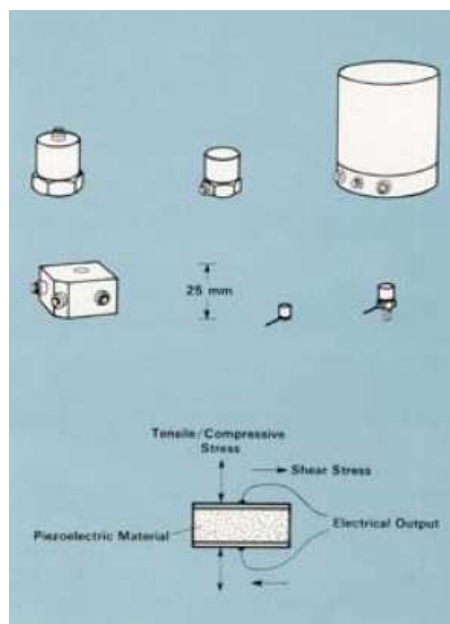


Figura 6.
Componentes de un acelerómetro Piezoeléctrico

La señal eléctrica generada por un acelerómetro es enviada a un instrumento llamado medidor de vibraciones. Se utiliza un cable blindado para conectar ambos dispositivos, con el fin de reducir la inducción de ruido electromagnético y en algunos casos un acelerómetro balanceado y un preamplificador diferencial, ya que la señal entregada por el acelerómetro es muy pequeña y de impedancia alta y, por ende, muy susceptible a ruidos inducidos.

9.4 EL MEDIDOR DE VIBRACIONES

Básicamente, el medidor de vibraciones consta de diferentes bloques o etapas (ver Figura 7). En primer lugar posee un amplificador de carga de alta impedancia, en donde se conecta el acelerómetro, lo que permite usar un cable de conexión de mayor longitud sin pérdida en la sensibilidad. Luego, una etapa integradora que permite medir los parámetros de movimiento, velocidad y aceleración. Filtros pasa-bajos y pasa altos permiten fijar el rango de frecuencias de interés. Un filtro pasa bandas que permite el análisis en espectro de frecuencias. Después, la señal se amplifica y rectifica a corriente continua pasa por un detector que promedia el valor RMS o registrar los valores Peak o Peak-to -Peak. Posteriormente, viene un convertidor de escala lineal a logarítmica para luego ser visualizada en pantalla.

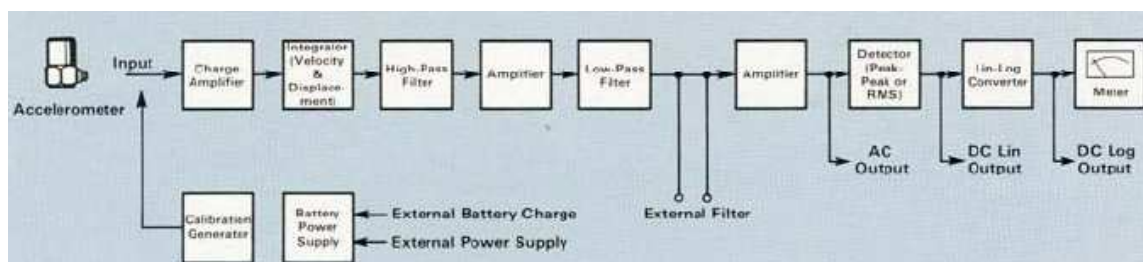


Figura 7.
Diagrama de los bloques o etapas de un medidor de vibraciones.

9.5 MEDIDOR DE VIBRACIONES SVANTEK SVAN 948

La agencia ACHS de Copiapó, dispone de un medidor de vibraciones humanas marca Svantek modelo Svan 948.

Svantek es una compañía polaca, creada en el año 1990. Diseñan y fabrican instrumentos profesionales para medición y análisis de sonido y vibración.

El medidor de vibraciones humanas Svan 948 es un analizador completamente digital de cuatro canales de precisión tipo 1 según ISO 8041. Este instrumento posee los filtros de ponderación, transductores y adaptadores para la medición simultánea triaxial de vibraciones mano – brazo y cuerpo completo.

El hecho que posea cuatro canales significa que se puede realizar una medición de vibración por cada eje, más una medición de ruido en forma simultánea. Por lo tanto, tres canales se usan para vibraciones que corresponden cada uno al eje x y z y un cuarto canal que se usa para medir ruido, funcionando con configuraciones, filtros y transductores diferentes. El instrumento es capaz de almacenar los datos de los cuatro canales en su memoria.

El analizador Svan 948 permite realizar análisis en bandas de octava, en bandas de tercio de octavas y además análisis de FFT (FAST FURIER TRANSFORM).

Es un equipo muy portable con un peso de 500 gramos, de fácil manejo y que permite una evaluación de puestos de trabajo obteniendo valores de aceleración global de forma precisa.

La construcción de Svan 948 es muy sólida y permite su uso en condiciones ambientales severas.

Para las mediciones de vibración de segmento mano brazo el instrumento cuenta con un kit que cumple con las normas ISO 5349 1 y 2. Este kit contiene un transductor triaxial y adaptadores necesarios para poder fijar el acelerómetro a maquinarias, herramientas y principalmente adaptarlo a la mano del trabajador (ver Figura 8), lo que permite tomar una medición en el punto preciso donde el trabajador hace contacto con la herramienta y permitiendo que pueda operar la herramienta en condiciones normales. El analizador Svan 948 posee los filtros de ponderación requeridos por el decreto supremo 594 para la exposición mano – brazo, obteniéndose los valores de aceleración equivalentes para este tipo de exposición en forma rápida y precisa.



Figura 8.

Kit mano brazo con transductor triaxial piezoeléctrico pequeño y acopladores.

Para la medición de exposición a vibración de cuerpo completo el instrumento cuenta con un acelerómetro de asiento modelo SV 39 A/L que cumple con la norma ISO 2631 1 y 2 y permite obtener los valores de aceleración ponderadas equivalentes, puesto que el instrumento cuenta con los filtros de ponderación necesarios para exposiciones de tipo cuerpo completo requeridas por el D.S. 594 (Ver Figura 9).



Figura 9.
Acelerómetro de asiento SV 39 A.

Los datos obtenidos son almacenados en la memoria interna del Svan 948, además pueden ser transferidos a un ordenador mediante una conexión USB y un software de descarga y procesador de datos llamado Svan PC el cual viene incluido con el equipo. Este software es de fácil uso y permite el procesamiento y análisis de datos.

9.6 MODO DE OPERACIÓN DEL SVAN 948

Este equipo posee múltiples funciones. Básicamente consta de un medidor de presión sonora y un medidor de vibraciones triaxial simultáneo en un solo instrumento. Para el objetivo de esta tesis se tratará el medidor de nivel de vibración, además el instrumento que se encuentra en la agencia ACHS de Copiapó no cuenta con el micrófono para medir nivel de presión sonora, solamente los acelerómetros para exposición mano brazo y cuerpo entero.

Dejando de lado el medidor de presión sonora y refiriéndose solo al medidor de vibraciones, esto se puede prestar para una extensa descripción, lo cual se aleja de los objetivos de esta tesis. Por ser un instrumento muy completo en términos de medición y análisis de vibraciones, se limitará a explicar las funciones suficientes para realizar la evaluación a exposición a vibraciones requeridas por el D.S. 594.

Los pasos básicos a seguir para realizar una medición son

1) Verificar que el instrumento contenga pilas en su interior. El instrumento funciona con cuatro pilas AA alcalinas las cuales se insertan en la parte inferior de este (fig. 10). Se recomienda usar pilas nuevas para cada medición.



Figura 10.
Compartimiento para pilas del Svan 948

2) Conectar el acelerómetro o transductor adecuado para el tipo de exposición, vale decir que si se trata de una exposición de cuerpo entero se debe utilizar el acelerómetro de disco del cual se hablo anteriormente (modelo SV 39A/L). La forma de montaje del acelerómetro se describe más adelante en esta tesis. Si se requiere medir una exposición del segmento mano brazo se usará y conectará el acelerómetro pequeño que viene incluido en el kit para mediciones mano brazo. Estos acelerómetros se conectaran usando el cable coaxial incluido en el Svan 948 y se conectaran al Svan 948 en el conector etiquetado como “CHANNELS 1 – 3” (ver Figura 11). El conector denominado “Channel 4” no se utilizará puesto que es ahí donde se conecta el micrófono para utilizar el instrumento como sonómetro.



Figura 11.
Conectores para los canales 1-3 y 4 del Svan 948.

3) Una vez realizada las operaciones anteriores se procederá a encender el instrumento lo cual se logra presionando el botón pausa y start – stop simultáneamente (ver Figura 12) y luego soltándolos. De esta forma el equipo debería estar encendido, ante lo cual aparecerá un mensaje que indica que la unidad se está calentando, en este momento también se muestra la información de la cantidad de pila disponible.



Figura 12.
Botones para el encendido del instrumento

4) A continuación, se procederá a cargar la configuración preestablecida para el tipo de exposición (cuerpo entero o mano-brazo), estas configuraciones ya se encuentran guardadas en el instrumento por ACHS y permiten cargar los filtros de ponderación para cada tipo de exposición. Si la exposición es de cuerpo entero se cargará una configuración del instrumento bajo el nombre de “ACHS cuerpo”. Esta configuración contiene los factores de ponderación para una exposición de cuerpo entero que consiste en que para el eje x e y se carga el factor de ponderación W_d y para el eje z se carga el factor W_k (ver Tabla 2).

Para evaluar una exposición de tipo mano brazo se cargará la configuración preestablecida llamada “ACHS MANO” Esta configuración carga los factores de ponderación W_h para el eje x, y, z (ver Tabla 3).

Para cargar estas configuraciones se ingresará al MENU, esto se hace presionando la tecla “SHIFT” seguida de “MENÚ”. Una vez dentro de la pantalla “MENÚ” con las flechas de dirección del instrumento se debe seleccionar la función “FILE”. Esto se logra presionando tres veces la flecha en dirección hacia abajo hasta que se vea en la pantalla la leyenda “FILE” (ver Figura 13).

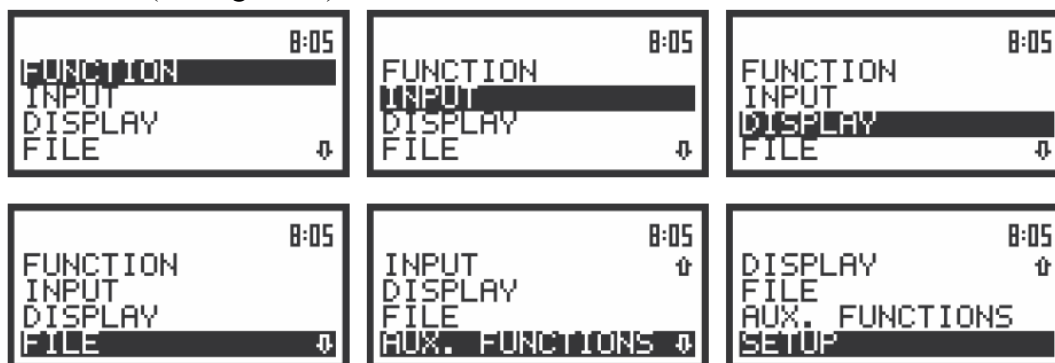


FIGURA 13.

Opciones del menú principal del Svan 948

Posteriormente se debe presionar “ENTER” para acceder al submenú y seleccionar la opción “LOAD CONFIGURATION” y mediante las flechas de desplazamiento horizontal se buscare el archivo llamado ACHS MANO o ACHS CUERPO según corresponda para luego presionar “ENTER”, posterior a lo cual se debe esperar a que cargue por completo la configuración y luego de esto se presionará el botón “ESCAPE” hasta llegar a la pantalla principal para salir de todos los menú y submenú.

5) Teniendo cargada la configuración adecuada para el tipo de exposición se está en condiciones de comenzar la medición. Para comenzarla, se presionará el botón “START” (ver Figura 14), la configuración cargada presentará un tiempo de espera de un segundo antes de comenzar la medición, pasado este tiempo el instrumento comenzará a registrar los datos de la medición. Si se requiere realizar una pausa y detener momentáneamente el registro de datos se oprimirá el botón pausa, el cual detiene el correr del tiempo del instrumento y tampoco se registrarán datos. Para continuar se presiona el botón “SHIFT” seguido de “PAUSA” correspondiente al comando “PROCEED”.

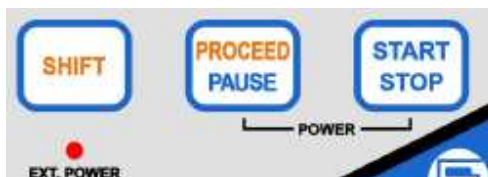


Figura 14.
Botones para comenzar una medición y pausarla en Svan 948.

6) Para detener la medición, una vez finalizado el ciclo o tiempo de exposición de interés u otro se presiona el botón “STOP” (ver Figura 15).



Figura 15.
Botón para iniciar o detener una medición en Svan 948.

Los datos de la medición se encuentran ingresados en el instrumento, pero si se realiza una nueva edición serán remplazados por los datos nuevos. Para evitar esto se guardarán los datos de una medición en un archivo, esto se realiza ingresando al menú (“SHIFT - ENTER”) y seleccionando la opción “FILE”. En el submenú “FILE” (ver Figura 16). Se seleccionará la opción 6 y se le asignará un nombre al archivo, luego se presionará la tecla “ENTER” y aparecerá un mensaje de confirmación que dirá que los datos han sido guardados.

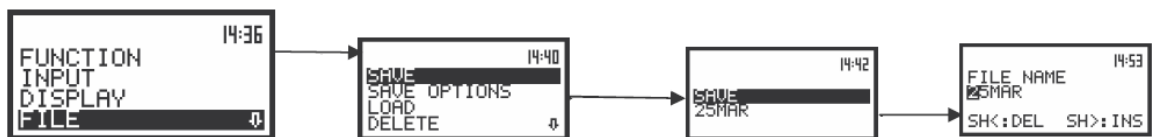


Figura 16.

Menú del Svan 948 para grabar en un archivo los datos de una medición

7) Si no se quiere hacer una nueva medición se apagará el equipo presionando simultáneamente “PAUSE - STOP” y luego se desconectará el acelerómetro y se guardará en su respectiva caja de transporte. Si se quiere hacer una nueva medición se iniciará por el punto 1.

Con los datos ya almacenados en la memoria del Svan 948 se está en condiciones de descargar los archivos con las mediciones a un ordenador para posteriormente analizarlos.

9.7 TÉCNICAS DE MONTAJE DE ACELERÓMETROS

Para poder realizar una correcta medición de la exposición a vibraciones de un puesto de trabajo, se debe identificar en primer lugar el tipo de exposición, es decir, establecer mediante qué parte del cuerpo las vibraciones están siendo transferidas desde la fuente, ya sea una máquina, superficie vibrante o herramienta manual al cuerpo humano. Esto se hace mediante simple observación y aplicando criterio.

En términos generales, si la persona se encuentra de pie sobre una superficie vibrante y se desplaza a través de ella, se trata de una exposición de cuerpo entero. Si la persona opera una máquina con controles manuales y no hay una transferencia de vibración de los controles a la mano pero si la hay a través del piso donde están los controles hacia los pies se habla de una exposición de cuerpo entero. En el caso de los operadores de grúas de camiones, monta cargas y camiones se habla de exposición de cuerpo entero, pero existen casos en que el trabajador está expuesto en cuerpo entero pero además, a través, de los controles hay exposición del segmento mano brazo, en este caso deberían ser evaluados ambos casos, aunque esto no es común. Cuando el operario se encuentra sentado en una

cabina y toda la máquina se mueve por transitar sobre superficies, esta es una exposición de cuerpo entero. En el caso de uso de herramientas manuales ya sean pistolas de impacto, esmeriles, roto martillos y perforadoras, estamos hablando de exposiciones del segmento mano brazo.

Para exposiciones de cuerpo entero se usará el acelerómetro de disco Y se colocará entre la superficie vibrante y la zona del cuerpo que entre en contacto con esta superficie. En el caso de superficies vibrantes se colocará en el piso en un lugar que sea representativo de la ubicación del puesto de trabajo del trabajador, valga la redundancia. En el caso de los operarios de grúas, camiones, etc., el disco se colocará sobre el asiento y el trabajador se sentará sobre el disco y operará la máquina en forma normal (ver Figura 17 y Figura 18). También, se puede colocar el disco fijado a la espalda del trabajador, para esto se requiere un montaje adicional, que consiste en un cinturón que fija el disco a la espalda del trabajador. Lamentablemente, el instrumento con que cuenta la ACHS no dispone de este accesorio para fijar el disco. De todas maneras este montaje se recomienda en caso de que existan componentes importantes en el eje X como podría ser por ejemplo el caso de los cargadores frontales. En estos casos Para el eje X se utiliza la ponderación W_c (ver Tabla 1 y Tabla 2).



Figura 17.
Montaje utilizado para medir exposición de cuerpo entero en grúa horquilla.



Figura 18.

Montaje utilizado para medir exposición de cuerpo entero en Chancador.

Para exposiciones del segmento mano brazo se utilizará el transductor triaxial pequeño y los adaptadores o acopladores que vienen incluidos en el kit mano brazo. Aquí, hay diferentes opciones de montaje como podría ser acoplar directamente el transductor al elemento vibrante como por lo general las del segmento mano brazo se producen por el uso de herramientas manuales la forma más correcta de medirlos es ubicando el transductor justo en el punto en que la mano hace contacto con la herramienta. El trabajador, por lo general, usa guantes así que la mejor forma es colocar el adaptador en la mano del trabajador (Figura 19) y que este sostenga el acoplador con sus dedos, lo cual resulta muy sencillo y sin esfuerzo, puesto que, el diseño del acoplador es ergonómico y se adapta fácilmente a la mano. El trabajador entonces usará el acoplador bajo el guante para posteriormente tomar la herramienta.



Figura 19.
Montaje utilizado para medir una exposición de mano-braza al utilizar un esmeril angular.



Figura 20.

Montaje utilizado para medir una exposición de mano brazo en una pistola de impacto. El transductor no está a la vista, puesto que, se encuentra debajo del guante.

9.8 CÓMO RESCATAR LOS DATOS MEDIDOS

Para un mejor análisis e interpretación de los datos obtenidos es de gran utilidad utilizar el software desarrollado por Svantek llamado SvanPC.

Para descargar los datos desde Svan 948 al computador se utiliza un cable USB. Primero, es necesario instalar los controladores o drivers del Svan 948 en el computador. Es requerimiento para poder realizar esta instalación el disponer de Microsoft Framework 2.0 instalado en el computador, sino, la instalación no podrá ser ejecutada porque utiliza librerías 2incluidas en Framework. Habiendo revisado este requerimiento la instalación es simple, sólo se necesita seguir los pasos de ella y después de finalizada la instalación de drivers se conecta el Svan 948 al computador por medio de un cable USB. El computador reconoce el dispositivo como Svan 948 sin problemas. Luego, es necesaria la instalación del software SvanPC que también es bastante sencilla y siguiendo los pasos del instalador no debieran aparecer dificultades. Una vez realizado esto se puede ya ejecutar la aplicación SvanPC y descargar los datos desde el instrumento al computador.

Al ejecutar la aplicación SvanPC aparece la siguiente ventana mostrada en la Figura 21.

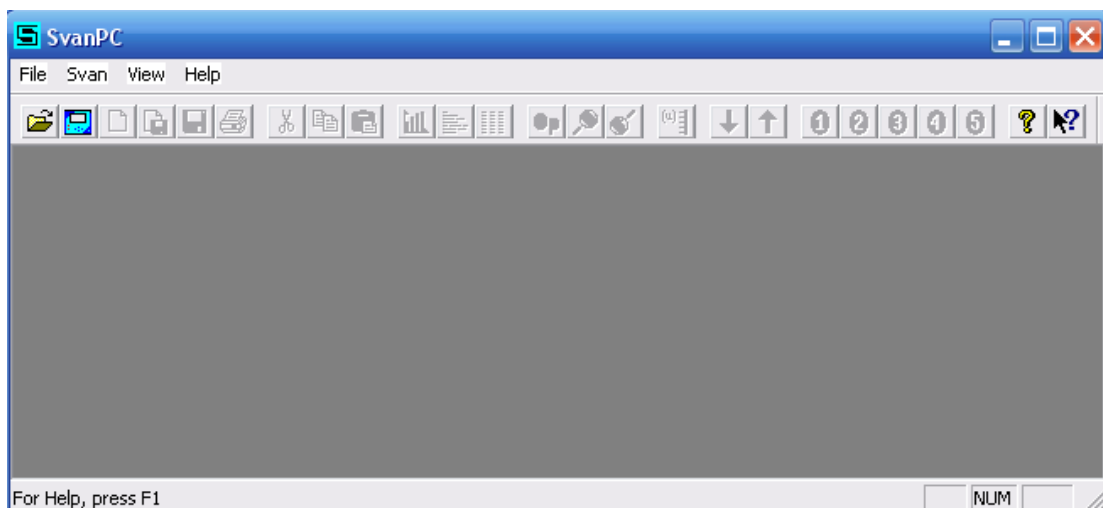


Figura 21.
Ventana principal del software SvanPC en un entorno de Windows

Para traspasar los datos desde el instrumento al computador se selecciona en el menú de SvanPC “FILE” y luego “SVAN FILES”, entonces se abre la ventana mostrada en la Figura que corresponde a la memoria interna del instrumento, aquí seleccionaremos los archivos que nos guardamos con anterioridad al momento de hacer la medición y al cual se le otorga un nombre, archivos aparecen en esta pantalla, seleccionamos los que son de nuestro interés y presionamos el botón “DOWNLOAD” (ver Figura 22).

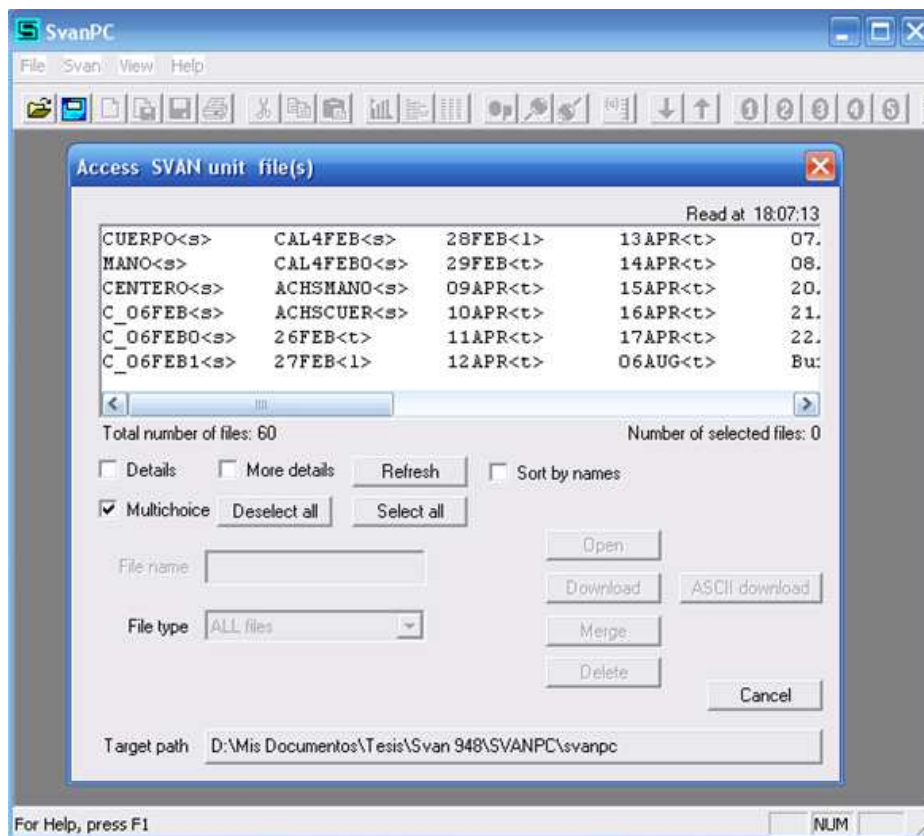


Figura 22.

Ventana del software SvanPC que permite descargar archivos con datos de mediciones a un computador.

Una vez completado este proceso los archivos con los datos de las mediciones ya se encuentran en el computador en la carpeta que fue seleccionada para guardar estos. Ya no es necesario mantener el instrumento conectado al computador y, por lo tanto, se puede desconectar y guardar.

9.9 CÓMO PROCESAR LOS DATOS MEDIDOS

Tras pasados los datos al ordenador ya es factible operar con ellos en forma independiente al instrumento, no es necesario que esté conectado. Para abrir los archivos guardados en el computador se selecciona en el menú de SvanPC “FILE” y luego “OPEN”, esto abre una ventana que muestra los archivos que se tienen guardados en el directorio seleccionado por defecto. Entonces se selecciona el archivo que se quiera analizar y luego se presiona “ABRIR” como se muestra en la Figura 23.

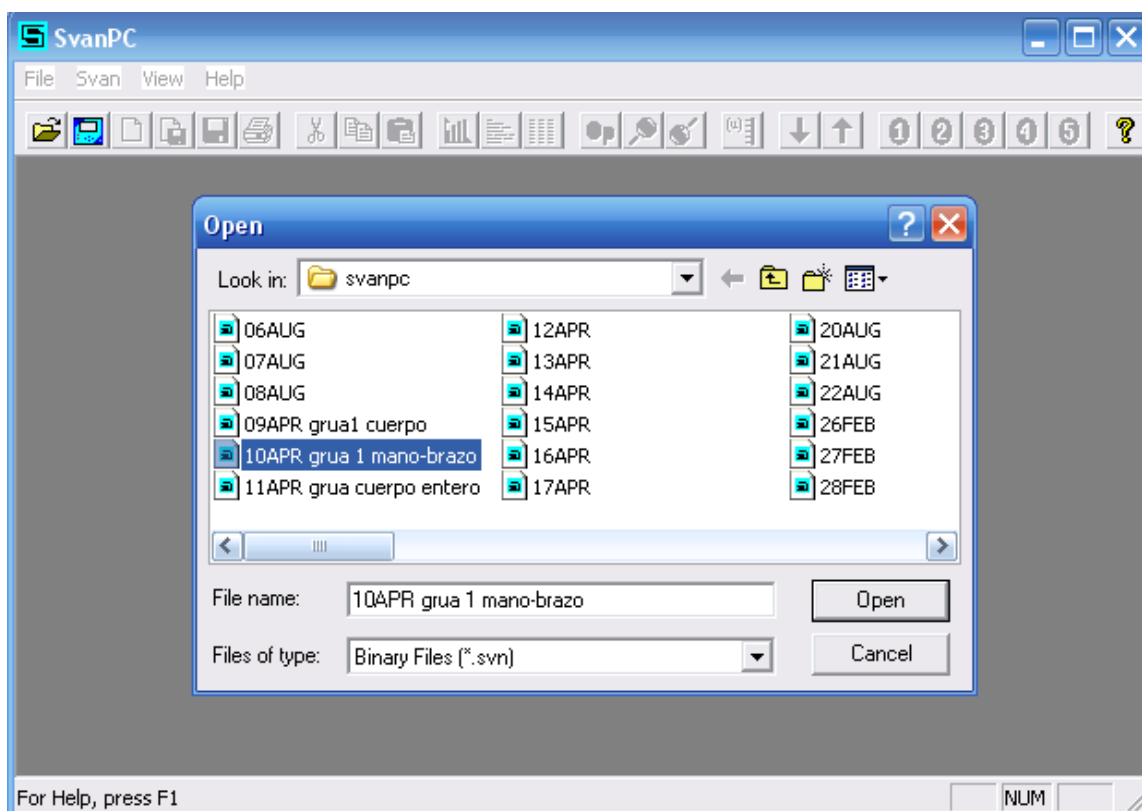


Figura 23.
Ventana de SvanPC que permite abrir archivos con datos de mediciones guardados en carpetas locales.

Una vez abierto el archivo primero aparece una ventana denominada “HEADER INFORMATION” (ver Figura 24)

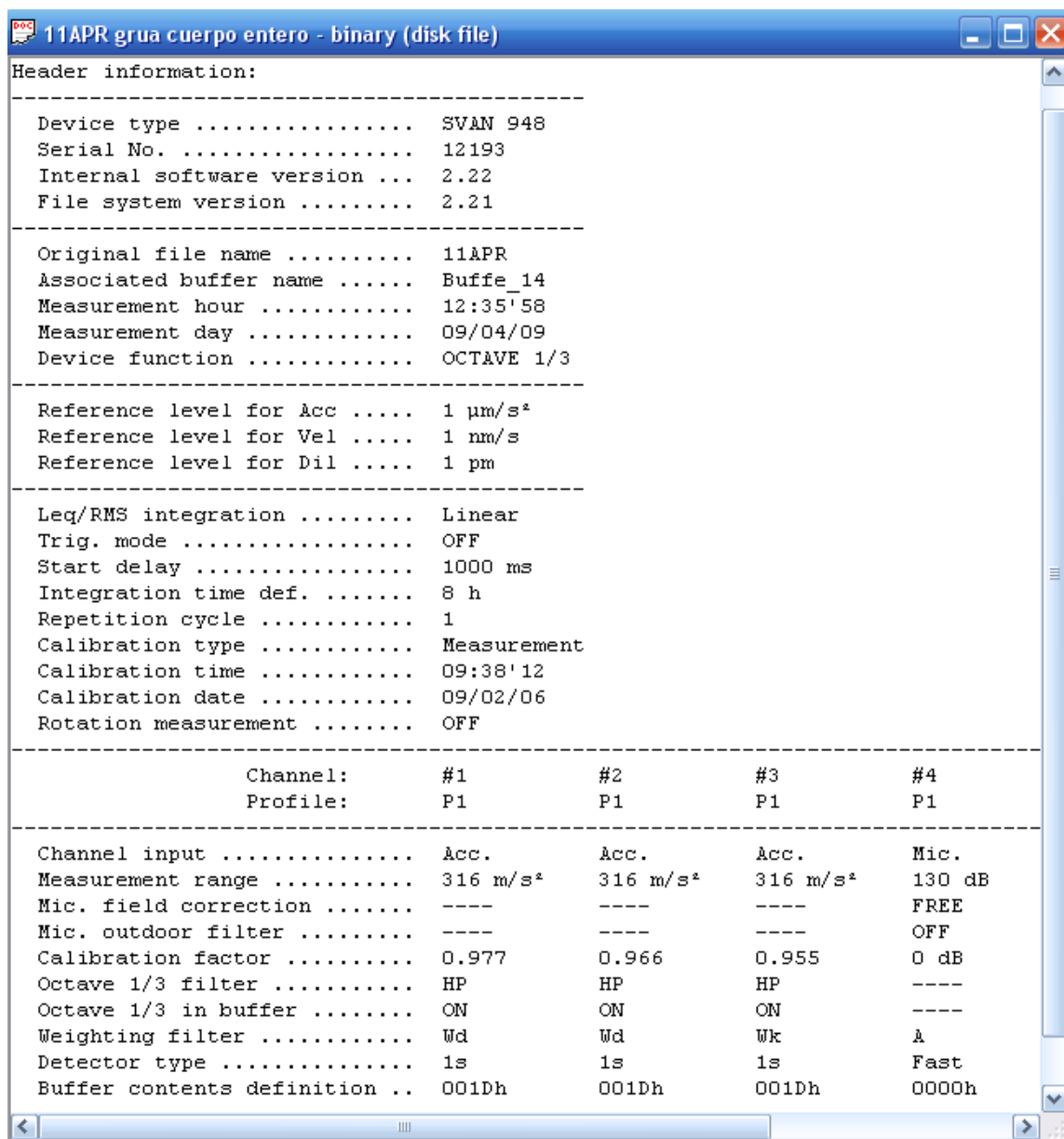


Figura 24.

Información de encabezado de archivos correspondientes a mediciones en el cual se indican valores y ajustes de relevancia.

En esta ventana aparece información básica con respecto al instrumento; como es el modelo, el número de serie, el nombre del archivo, la fecha y hora de la medición. También, aparece un perfil acerca de los canales del equipo y cuáles fueron los filtros de ponderación utilizados en cada canal. Se destaca que los canales 1, 2 y 3 corresponden a los ejes de medición de aceleración y el canal 4 a la entrada del micrófono para medir nivel de presión sonora el cual no se usa. Es importante destacar también que si el archivo corresponde a una medición de una exposición de cuerpo entero, los filtros de ponderación que deberían aparecer bajo el nombre de Weighting filter debieran ser Wd para los canales 1 y 2 (que corresponden al eje x e y del sistema de coordenadas) y Wk para el canal 3 (que corresponde al eje z del eje de coordenadas). Hay que prestar particular atención en este tipo de exposición para el eje z ya que corresponde al eje vertical del cuerpo humano en donde el factor de ponderación es mayor que para los otros ejes y, además, las aceleraciones por lo general tienden a ser, también, mayores, debido a que pensando en operadores de maquinarias de transporte y cargas el mayor movimiento ocurre en dirección perpendicular al suelo. Cabe mencionar, que en los canales 1-3 efectivamente se está midiendo aceleración, ya que la entrada o “channel input” es “Acc.,” que quiere decir aceleración. Para revisar los valores medidos de aceleración hay que seleccionar la opción “VIEW” del menú y luego chequear “MAIN RESULTS” como se muestra en la Figura 25.

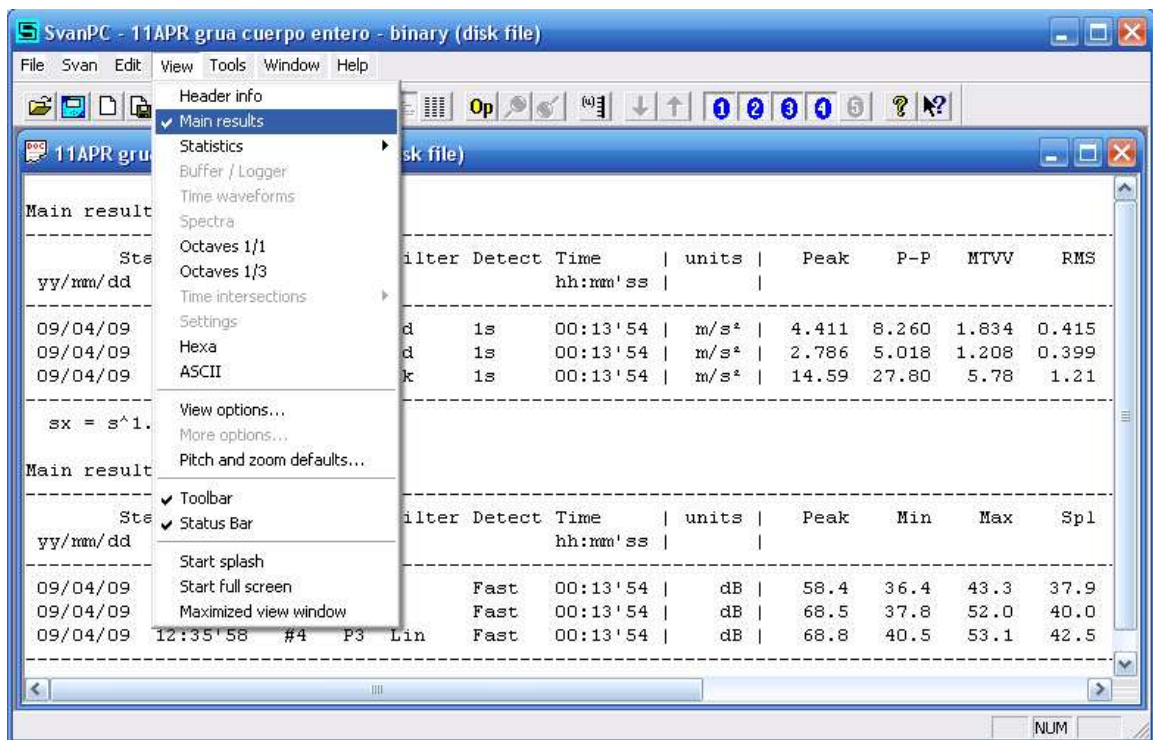


Figura 25.
Opción para visualizar resultados en SvanPC.

La ventana cambiará al modo de visualización de resultados principales, como se muestra en el ejemplo visto en la Figura 26.

Main results for vibration:

| Start yy/mm/dd | hh:mm:ss | Chan | Prof | Filter | Detect | Time hh:mm:ss | units | Peak | P-P | MTVV | RMS |
|-------------------|----------|------|------|--------|--------|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|
| 09/04/09 | 12:35:58 | #1 | P1 | Wd | 1s | 00:13'54 | m/s ² | 4.411 | 8.260 | 1.834 | 0.415 |
| 09/04/09 | 12:35:58 | #2 | P1 | Wd | 1s | 00:13'54 | m/s ² | 2.786 | 5.018 | 1.208 | 0.399 |
| 09/04/09 | 12:35:58 | #3 | P1 | Wk | 1s | 00:13'54 | m/s ² | 14.59 | 27.80 | 5.78 | 1.21 |

sx = s^{1.75}

Main results for sound:

| Start yy/mm/dd | hh:mm:ss | Chan | Prof | Filter | Detect | Time hh:mm:ss | units | Peak | Min | Max | Spl |
|-------------------|----------|------|------|--------|--------|------------------|-------|------|------|------|------|
| 09/04/09 | 12:35:58 | #4 | P1 | A | Fast | 00:13'54 | dB | 58.4 | 36.4 | 43.3 | 37.9 |
| 09/04/09 | 12:35:58 | #4 | P2 | C | Fast | 00:13'54 | dB | 68.5 | 37.8 | 52.0 | 40.0 |
| 09/04/09 | 12:35:58 | #4 | P3 | Lin | Fast | 00:13'54 | dB | 68.8 | 40.5 | 53.1 | 42.5 |

Figura 26.
Ventana de visualización de resultados principales en SvanPC.

En esta ventana se muestra información de la fecha y hora en que se realizó la medición, los filtros utilizados para cada canal, el tiempo de espera (antes de que se comience a registrar los valores en el instrumento que por defecto es un segundo) y el tiempo de medición. Las unidades de medición son muy importantes y no se debe olvidar chequear si son m/s² o mm/s² si la unidad se expresara en mm/s² habría que realizar la conversión a m/s².

EL valor de aceleración de interés para evaluar una exposición a vibraciones es el valor que aparece en la Figura 26 bajo el nombre RMS, que estaría expresado en m/s² en este caso. A modo de ejemplo se puede tomar de la Figura 26 los valores de aceleración equivalente ponderada en frecuencia de 0,415 m/s² para el canal 1 (que corresponde al eje x, al utilizar el transductor de disco), 0,399 m/s² para el canal 2 (eje y) y 1,21m/s² para el canal 3 (eje z).

Es posible obtener un gráfico en el dominio de la frecuencia en las opciones del menú. Seleccionando View y luego “Octaves 1/3” como se muestra en la Figura 27, se obtiene un gráfico de tercios de octava. Para obtener un gráfico en bandas de octava se selecciona la opción “Octaves 1/1”

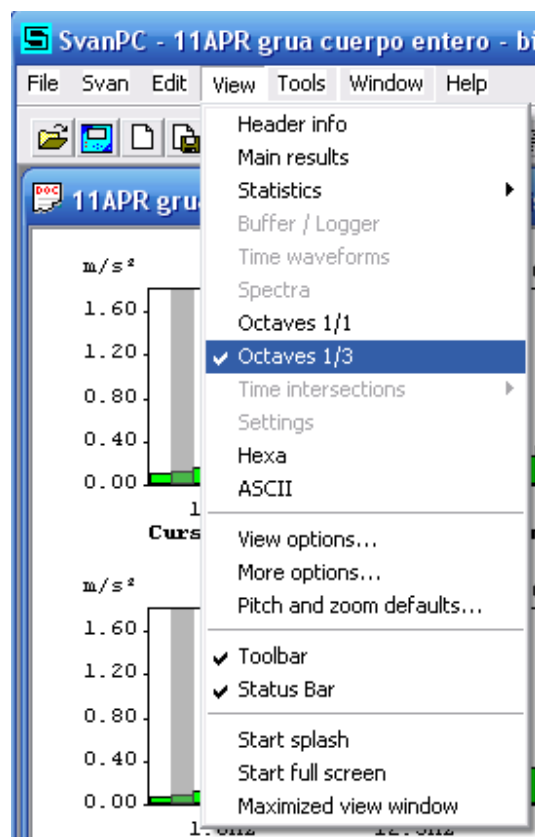


Figura 27.

Opción para generar gráficos en frecuencia en bandas de octavas o tercios de octava.

A continuación, en la Figura 28 se muestra, a modo de ejemplo, un gráfico en bandas de tercios de octava, obtenido con el procedimiento descrito anteriormente.

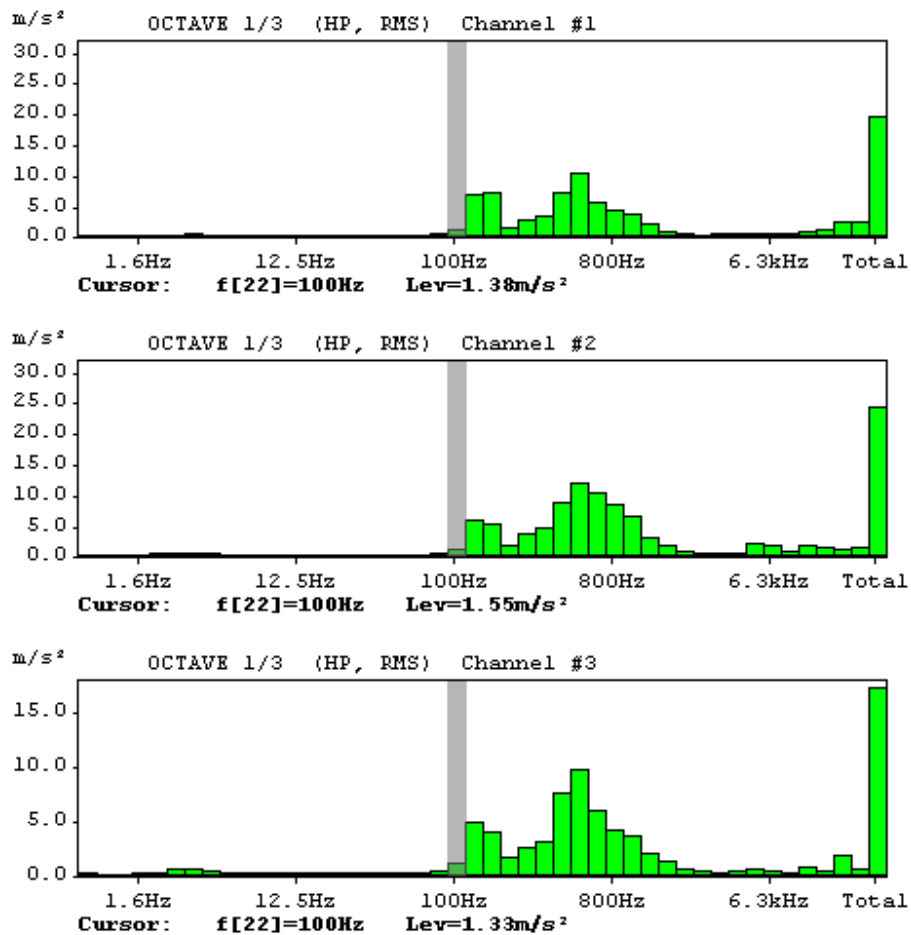


Figura 28.

Gráfico en bandas de tercio de octava obtenido mediante SvanPC a partir de una medición.

En el gráfico de la Figura 28 se pueden apreciar los valores de aceleración en función de la frecuencia. Como se mencionó anteriormente el canal 1, 2 y 3 corresponden a los ejes x, y, z respectivamente. Este gráfico resulta muy útil, por ejemplo, para verificar si al recomendar una medida de control como podría ser el uso de guantes sería efectiva o no. Entre los 100 Hz y los 1600 Hz se encuentra el mayor aporte de aceleración a la vibración, por lo que en este caso el uso de guantes sería adecuado, ya que estos atenúan frecuencias desde 31,5 Hz a 1250 Hz siempre y cuando cumplan con la norma ISO 10819.

9.10 ACERCA DE LA CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

Es importante mencionar que en ACHS Copiapó no se dispone de los equipos y patrones para realizar una calibración del instrumento. Sin embargo, al instrumento se le realiza una verificación de la calibración según la norma ISO 8041, en ACHS Santiago una vez al año, en donde se dispone de los mismos equipos y patrones que en la fábrica de Svantek, pero no se encuentra acreditada. De cualquier forma los equipos son enviados cada 4 años a la fábrica para su calibración. En la verificación realizada en Santiago, se mide la sensibilidad actual y se ingresa al equipo para su corrección. Se verifican los valores medidos con una fuente generadora de vibración normalizada y un transductor calibrado para uso de laboratorio. Además, se envían señales eléctricas al instrumento. En estas verificaciones se encuentran diferencias menores al 1% las cuales son absolutamente despreciables en relación al 10% que como máximo permite la norma antes de repetir una medición. De todas formas lo correcto sería comprobar en terreno la calibración antes y después de medir. En Santiago se dispone de una fuente portátil para calibrar en terreno, que si bien sólo funciona para una sola frecuencia, sirve para realizar una comprobación antes y después de medir. En Copiapó tampoco se dispone de este elemento.

10 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1 VISITAS A TERRENO

Durante el desarrollo de esta tesis, se pudo visitar en terreno algunas empresas con el objetivo de evaluar la exposición a vibraciones en ciertos puestos de trabajo.

Las empresas evaluadas fueron:

- Sociedad Minera La Condesa.
- ENAMI, Planta El Salado.
- INGECOM, El Salvador.
- VICSA, El Salvador.
- Di Petris, Copiapó.

Las evaluaciones de vibraciones para estas empresas, salvo Sociedad Minera La Condesa, fueron en respuesta a peticiones específicas por parte de ellas para evaluar ciertos puestos de trabajo en particular. La selección de los puestos de trabajo a evaluar también fue por parte de las empresas.

La evaluación realizada en Sociedad Minera La Condesa, fue solicitada a la empresa con fines de investigación para el desarrollo de esta tesis y con una muy buena acogida por parte de la empresa.

10.2 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS EMPRESAS EVALUADAS

Sociedad Minera La Condesa. Se dedica a la explotación de la mina La Condesa, ubicada en el sector de Paipote a 16 Km de Copiapó. Su producción de mineral corresponde a la pequeña minería. La explotación de la mina se realiza en forma subterránea.

ENAMI El Salado, Planta Osvaldo Martínez. Se ubica a 36 kilómetros del puerto de Chañaral, en El Salado. Esta planta es el plantel más antiguo aún en operaciones de ENAMI, fue inaugurada en 1929. Recibió su nombre en memoria de un dirigente del gremio que elaboró el proyecto que creó la Caja de Crédito Minero, antecesora de la ENAMI, de la que fue su primer director. Procesa minerales oxidados por lixiviación y SX-EW y cuenta con una capacidad de 45.000 tpm, produciendo actualmente 400 toneladas al mes de cátodos de cobre. Actualmente, se está desarrollando un proyecto de ampliación en evaluación de la Planta SX-EW a 800 TMF/mes, lo que también involucrará una ampliación en etapas de chancado y lixiviación.

Di Petris. Empresa de transportes, dedicada al traslado de concentrados de minerales y cal. Transporta concentrados de cobre desde minera Candelaria en Tierra Amarilla hasta el puerto Punta Padrones en Caldera. También transporta cal desde INACESA hasta mineras como Maricunga, La Coipa, El Salvador, Mantos de Oro entre otras. Cuenta con infraestructura de apoyo para la mantención y reparación de los vehículos de Transporte.

Vicsa. Empresa dedicada a la mantención de camiones, maquinarias y equipo pesado de propiedad de Codelco división El Salvador.

Ingecom. Empresa que mantiene contratos de servicios de mantención y apoyo de mano de obra para Codelco división El Salvador.

10.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EVALUADOS, TIPO DE EXPOSICIÓN Y METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA MEDICIÓN

10.3.1 La Condesa.

En esta mina se evaluó el puesto de trabajo de perforista. Éste consiste en operar una perforadora neumática manual para hacer los agujeros en la roca en donde posteriormente se insertan los cartuchos de dinamita para realizar la detonación y así poder recoger las piedras del mineral. La mina es de explotación subterránea, llegando a realizar labores hasta aproximadamente 400 metros bajo tierra. La perforación se desarrolla al interior de los túneles en donde también existen otros agentes físicos aparte de las vibraciones como son el ruido y el polvo. El operador apoya la perforadora que posee un pedestal el cual va al suelo, accionando y empujando esta en dirección de la perforación. Estas perforadoras se han utilizado hace mucho tiempo en la minería. Implican un contacto directo de las manos del trabajador con la herramienta vibrante. El operador realiza aproximadamente de nueve hasta 15 o más perforaciones en la piedra cada una de las cuales se denomina “tiro” en los cuales se insertan los cartuchos de dinamita. El conjunto de estos tiros se denominan “disparo”. Perforar un “disparo” completo toma aproximadamente tres horas de perforación constante, cada perforación se realiza hasta una profundidad de aproximadamente un metro hasta 2 metros en la piedra. Una vez terminadas todas las perforaciones necesarias, se insertan los cartuchos de dinamita y luego se detonan para extraer las piedras de mineral suelto.

Un perforista realiza un tiro o dos en su jornada laboral lo que le toma tres o seis horas respectivamente. Este puesto de trabajo es de relevancia en la región de Atacama ya que es propio de la pequeña minería existiendo el mismo puesto de trabajo en al menos unas cien empresas del rubro en la región. La mina La Condesa tiene funcionando comúnmente tres perforadoras al mismo tiempo. El tipo de exposición corresponde al segmento mano brazo.

La metodología utilizada para determinar el valor de la aceleración fue instalar un transductor triaxial pequeño para exposición del equipo mano-brazo montado sobre un acoplador. Esta vibración es cíclica. Se instaló este acoplador en el punto preciso en que la mano hace contacto con la herramienta, por debajo del guante, sujetándose el acoplador por medio de los dedos y quedando la mano libre y cómoda para poder sujetar la herramienta de perforación.

Cabe destacar que los instrumentos utilizados, acopladores y acelerómetros además de los montajes y tiempos de medición están de acuerdo al instructivo de aplicación del D.S. 594 [8] que está basado en las normas ISO.

El acelerómetro se conectó al instrumento Svan 948 mediante un cable. En el instrumento se cargo el perfil llamado ACHS MANO, el cual selecciona los filtros de ponderación para una exposición mano brazo que según el decreto supremo 594 es Wh para los tres ejes de medición. Se realizó la perforación de un “tiro” y se registraron los valores medidos y posteriormente fueron guardados en un archivo. Luego, se realizó una segunda medición similar a la anterior midiéndose también la aceleración durante la perforación de otro “tiro” en la misma piedra pero en otra ubicación de ésta. El tiempo de medición fue lo que se demora el trabajador en realizar la perforación de un tiro, que en este caso duró 11 minutos. Se midieron 2 ciclos. En este caso la perforación de cada tiro corresponde a un ciclo de exposición, el cual se repite múltiples veces hasta completar la tarea que como se dijo anteriormente puede tomar hasta tres horas. Los resultados de la medición junto con la aplicación del decreto Supremo 594 se encuentran en la Tabla 8.

10.3.2 ENAMI, El Salado.

En esta empresa se evaluó la exposición a vibraciones de dos puestos de trabajo. El de operador de chancador principal y el de operario de grúa horquilla.

El puesto de trabajo de operador de chancador consiste en vigilar el funcionamiento del chancador principal de la planta y accionar el funcionamiento del chancador cuando ingrese el mineral por medio de las poleas de transporte. El operario se desplaza por una plataforma la cual vibra constantemente. La vibración es mayor cuando el chancador está funcionando, el operario debe desplazarse por sobre esta plataforma y verificar el correcto funcionamiento de las poleas que transportan el mineral y desactivar el chancador cuando se acaba el mineral transportado. Este ciclo se vuelve a repetir cada vez que ingresa nuevo mineral al chancador lo cual ocurre durante toda la jornada de trabajo. Es una vibración de tipo estable. El tipo de exposición es de cuerpo entero. La metodología utilizada para obtener la aceleración en este caso fue colocar el transductor de disco sobre la plataforma por la cual transita el operador, en puntos representativos de la posición del trabajador durante su turno. Se utilizó la configuración en el instrumento llamada ACHS CUERPO. Esta configuración carga los factores de ponderación W_d , W_d y W_k para los ejes de medición x, y, z respectivamente según lo estipulado en el decreto supremo 594. El tiempo de medición fue de 5 minutos, que es lo que recomienda el MINSAL para vibraciones estables. Los datos fueron registrados en el instrumento, y luego, guardados en un archivo. Los resultados de la exposición se muestran en la Tabla 8 con su respectiva aplicación – comparación con lo estipulado en el Decreto Supremo 594.

El segundo puesto de trabajo evaluado en esta empresa fue el de operador de grúa horquilla marca Mitsubishi modelo FD40K-D de 3500 kilos. Este puesto de trabajo consiste en operar esta grúa horquilla para realizar tareas de traslado, almacenamiento y carga de cátodos de cobre una vez que están listos para su transporte fuera de la planta. La grúa horquilla traslada los cátodos una vez terminados para que sean pesados y luego almacenados en bodegas hasta el momento que sean cargados a un camión de donde son sacados de la planta. Esta actividad se realiza en el patio de carga el cual tiene una superficie de cemento bastante agrietada y en mal estado. El operador de la grúa está expuesto a un cierto nivel de vibración debido al movimiento de la grúa al desplazarse por distintas superficies ya sea con o sin carga.

El método usado para obtener los valores de aceleración para esta exposición fue el de montar el transductor de disco sobre el asiento de la grúa y registrar los valores con el instrumento Svan 948. Se midió un ciclo completo de exposición varias veces, el cual consiste en cargar los cátodos y trasladarlos para ser pesados y luego trasladarlos para ser almacenados en bodegas a través de una posterior carga en un camión de transportes. En este caso la vibración es aleatoria y se midió durante 30 minutos que es lo recomendado por el MINSAL.

Los resultados de esta medición junto con la comparación – aplicación del DS 594 se muestran en la Tabla 8.

10.3.3 INGECOM, El Salvador

Los puestos de trabajo evaluados en esta empresa fueron dos; operario de grúa horquilla marca 1 y operario de grúa horquilla marca 2. Estas grúas horquillas realizan tareas de carga y traslado de materiales desde las bodegas de la mina El Salvador hasta donde sean requeridos. Para estos puestos de trabajo se utilizó la misma metodología descrita para el puesto de trabajo de grúa horquilla en El Salado. También se midió cada una por 30 minutos según lo recomendado por el MINSAL. Los resultados de la medición junto con la comparativa del DS 594 se encuentran en la Tabla 8.

10.3.4 VICSA, El Salvador

Los puestos de trabajo evaluados en esta empresa fueron dos; operador de pistola de impacto neumática y operador de esmeril angular, ambos en taller de mantenimiento. El puesto de trabajo de operario de pistola de impacto consiste en operar esta herramienta para realizar tareas de montaje y desmontaje de ruedas para vehículos de transporte en El

Salvador, con el fin de ser vulcanizadas. La pistola de impacto afloja o aprieta las tuercas de la llanta de la rueda para poder ser vulcanizadas y también para realizar cambios de neumáticos gastados por neumáticos nuevos.

Esta exposición corresponde al tipo segmento mano – brazo. La metodología utilizada para medir los valores de aceleración en este caso fue la de colocar el transductor pequeño triaxial mediante un acoplador directamente en la mano del trabajador por debajo del guante y que este tome la herramienta con sus manos y la opere. Se midió un ciclo completo de exposición que en este caso corresponde al afloje completo de todas las tuercas de la llanta y luego el apriete completo de todas las tuercas de la llanta. La duración de un ciclo fue de 5 minutos y se midieron 2 ciclos, el MINSAL recomienda para este caso medir al menos 1 ciclo. Los resultados de la medición se muestran en la Tabla 8.

El puesto de trabajo de operario de esmeril angular en taller de mantención consiste en operar la herramienta manual esmeril angular para realizar tareas de cortes de materiales y fabricación de piezas de fierro necesarias para las tareas de mantenimiento realizadas en el taller.

El montaje del transductor fue de forma similar al descrito para la pistola neumática. Se midió la aceleración para el esmeril angular realizando múltiples tareas durante 30 minutos. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

10.3.5 Di Petris, Copiapó

En esta empresa se evaluaron tres puestos de trabajo. Operador de pistola de impacto, soldador y operador de torno mecánico, todos en el taller de mantención de la empresa. Estos tres puestos de trabajo corresponden a una exposición de tipo mano brazo

El puesto de trabajo de operador de pistola de impacto realiza tareas de montaje y desmontaje de ruedas. La metodología utilizada para obtener los valores de aceleración para esta exposición fue la misma utilizada para la pistola de impacto descrita anteriormente. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

El puesto de trabajo de soldador consiste en cortar y soldar materiales para la elaboración y reparación de partes y piezas de los camiones de transporte. La exposición a vibraciones ocurre cuando el trabajador utiliza la herramienta manual esmeril angular para realizar cortes en materiales de fierro. La metodología utilizada para obtener la aceleración en este caso fue la misma empleada para el puesto de soldador de VICSA. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

El puesto de operador de torno mecánico consiste en operar la máquina para la fabricación de piezas en metal utilizadas para la mantención y reparación de camiones en la

empresa. El operador maneja los controles de la máquina por los cuales se transmite una vibración que es muy pequeña pero a pedido de la empresa también se procedió a realizar la evaluación. Esta vibración es de tipo estable y se midió durante 5 minutos. Se origina a partir del funcionamiento del motor del torno. La metodología aplicada fue de montaje del acelerómetro en la mano del operador y registro de los niveles de aceleración durante la operación del torno. Los resultados se muestran a en la tabla 8.

Tabla 8.
Resumen de resultados medidos por puestos de trabajo.

| Empres a | Puesto de Trabajo | Aeq (m/s ²) | | | Tiempo de Exposición (horas) | Límite Máximo Permisible D.S 594 | | | Califica ción de la Exposición Según D.S 594 | Tipo de Exposición |
|---------------|-------------------------------------|-------------------------|-------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|--|-----------------------|
| | | eje X | eje Y | eje Z | | eje X | eje Y | eje Z | | |
| Vicsa | Operador Pistola de Impacto | 6.9 | 6.2 | 11.6 | 1 | 12 | 12 | 12 | Sin Riesgo | Mano- brazo |
| Vicsa | Operador Esmeril Angular | 2.4 | 2.37 | 2.69 | 8 | 4 | 4 | 4 | Sin Riesgo | Mano- brazo |
| Ingecom | Operador Grúa Komatsu 3,5 Ton | 0.332 | 0.368 | 1.11 | 5 | 0.61 | 0.61 | 0.9 | Con Riesgo | Cuerpo Entero |
| Ingecom | Operador Grúa Yale 7 Ton | 0.415 | 0.399 | 1.21 | 5 | 0.61 | 0.61 | 0.9 | Con Riesgo | Cuerpo Entero |
| La Condesa | Perforador a (medición 1) | 11,4 | 5,85 | 12,3 | 3 | 6 | 6 | 6 | Con Riesgo | Mano- brazo |
| La Condesa | Perforador a (medición 2) | 7,6 | 6,65 | 6,3 | 3 | 6 | 6 | 6 | Con Riesgo | Mano- brazo |
| La Condesa | Perforador a (medición 1) | 11,4 | 5,85 | 12,3 | 6 | 4 | 4 | 4 | Con Riesgo | Mano- brazo |
| La Condesa | Perforador a (medición 2) | 7,6 | 6,65 | 6,3 | 6 | 4 | 4 | 4 | Con Riesgo | Mano- brazo |

| | | | | | | | | | | |
|-----------|--|--------|--------|-------|---|------|------|-----|------------|---------------|
| El Salado | Operador Chancador n°2 | 0,0134 | 0,0133 | 0,453 | 5 | 0.61 | 0.61 | 0.9 | Sin Riesgo | Cuerpo Entero |
| El Salado | Operador Grúa Horquilla Mitsubishi 3,5 Ton | 0,43 | 0,71 | 1,12 | 5 | 0.61 | 0.61 | 0.9 | Con Riesgo | Cuerpo Entero |
| De Petris | Operador Pistola de Impacto | 7,3 | 11,3 | 10,1 | 5 | 4 | 4 | 4 | Con Riesgo | Mano-brazo |
| De Petris | Soldador | 1,61 | 1,68 | 1,39 | 4 | 4 | 4 | 4 | Sin Riesgo | Mano-brazo |
| De Petris | Operador Torno Mecánico | 0,16 | 0,57 | 0,53 | 7 | 4 | 4 | 4 | Sin Riesgo | Mano-brazo |

En la Tabla 8, se puede observar que existen puestos de trabajo clasificados como con riesgo por el D.S. 594. Los valores de aceleración más bajos son en puesto de trabajo de operador de chancador y operador de torno mecánico. Este resultado se esperaba según lo apreciado durante las mediciones sin necesidad de un instrumento, pero la idea era de cumplir con lo que solicitaban las empresas. Sin duda, el puesto de operador de pistola de impacto y de operador de perforadora, presentan los niveles de aceleración mayores, como también se esperaba de la apreciación al realizar las mediciones. Para determinar el tiempo de exposición, se basó en la duración de la jornada de trabajo y las declaraciones emitidas por los trabajadores y supervisores. Además, de una estimación obtenida a partir del cálculo de las duraciones de los ciclos de trabajo y la cantidad de veces que estos se repiten durante la jornada.

Siguiendo con la Tabla 8, se observa que en el caso del operador de pistola de impacto de la empresa Vicsa, si bien se calificó como sin riesgo, la exposición se encuentra justo en el límite y sólo para una exposición de una hora. En estos casos puede ocurrir que en una jornada laboral con más trabajo se superen los límites.

En el anexo se presentan los informes entregados a las empresas evaluadas, en donde se analizan en más detalle aspectos como descripciones de los puestos de trabajo medidos, tiempos de medición y exposición, los resultados, conclusiones y recomendaciones específicas para caso, junto con un recuerdo o pequeña revisión de las exigencias legales que las empresas debieran respetar para cuidar la salud de sus trabajadores.

11 ELABORACIÓN DE LOS INFORMES TECNICOS

Antes de realizar un informe hay que realizar la visita a terreno para obtener los datos y antes de esto se debe realizar un estudio previo de reconocimiento. En el estudio previo de reconocimiento se debe identificar la fuente generadora de vibración, el número de trabajadores expuestos, los ciclos de trabajo, el tipo de exposición, el tipo de vibración y el tiempo de exposición. En algunos casos determinar una exposición diaria de vibración puede llegar a ser muy complejo, por esto, se requiere de un buen estudio previo. Para determinar cuáles son las fuentes de vibración se debe primero definir cuáles son las áreas de trabajo y verificar si en ellas existe algún elemento que genere el agente físico vibración. Para obtener el número de trabajadores expuestos se identifica la cantidad de trabajadores que se expongan a la misma fuente de vibración, para especificar el tipo de exposición hay que verificar si la vibración se transmite al cuerpo a través de la mano o mediante de cuerpo entero. En este estudio previo también se realiza la descripción del puesto de trabajo en donde se indica cual es el tipo de vibración y cuáles son los tiempos de exposición. Si la exposición es cíclica se podrán establecer cuáles son los ciclos de exposición y cuáles son los tiempos de exposición a estos ciclos. Esto sirve para reducir la cantidad de mediciones al igual que los tiempos de medición, ya que, se puede agrupar a los trabajadores por exposición homogénea y determinar una exposición diaria a partir de un ciclo de exposición.

Una de las cosas difíciles de obtener para realizar una evaluación de vibraciones es el tiempo de exposición. Para obtenerlo se realizan mediciones de tiempo de operación de alguna maquina, herramienta o contacto con superficie vibrante, etc. y se calcula en caso de ciclos de exposición cuantos ciclos se pueden repetir en una jornada de trabajo, también es buena fuente de información para poder estimar un tiempo de exposición preguntar al trabajador cuanto tiempo se encuentra expuesto a una vibración y, además, preguntarle al supervisor del trabajador cuánto tiempo estima que el trabajador permanece expuesto. Una buena técnica es realizar esta pregunta cuando los dos estén presentes para que éstos lleguen a un acuerdo.

Sin duda, el método más exacto para determinar una exposición es realizar una medición durante una jornada completa de trabajo, en la práctica esto es difícil de realizar, ya que se debería vigilar el instrumento instalado en el trabajador durante la jornada completa de trabajo, por lo cual es muy útil establecer ciclos de exposición y tiempos de exposición para estos ciclos, pero siempre se debe proyectar el comportamiento de la vibración durante la jornada completa. Habiendo realizado el estudio previo y las mediciones correspondientes se puede realizar el informe técnico que según lo propuesto por el instructivo de aplicación del D.S. 594 elaborada por MINSAL [9] recomienda a lo menos incluir los siguientes puntos:

- 1) Antecedentes de la empresa evaluada.
- 2) Descripción de los puestos de trabajo.
- 3) Identificación del tipo de exposición, del tipo de vibración y los criterios utilizados para definirlos.
- 4) Metodología utilizada para las mediciones.
- 5) Instrumentos utilizados para la medición y calibración empleada.
- 6) Resultado de las mediciones.
- 7) Conclusiones y recomendaciones.
- 8) Según amerite el caso incluir un croquis con la ubicación de los puntos de medición.
- 9) Nombre y firma de la persona responsable del informe.

Estos puntos son sugerencias para realizar un buen informe y no es obligación incluir cada uno de ellos ya que el D.S. 594 deja libre el criterio para los informes, sin embargo, a modo de sugerencia se plantea por el MINSAL y sirven como apoyo para la elaboración de un correcto informe.

Se incluyen algunos informes de evaluación de exposición a vibraciones en el anexo, también a modo de ejemplo y referencia.

12 MEDIDAS DE CONTROL

En caso de que una evaluación a exposición de vibraciones resulte clasificada como con riesgo según el D.S. 594, se sugerirán medidas de control a las empresas con el fin de orientarlas hacia posibles soluciones para las exposiciones con riesgos.

Como primera opción se recomienda plantearse primero soluciones en la fuente generadora de la vibración. Debido a que las fuentes generadoras de vibraciones son muy variadas, no se puede disponer de una solución general para todas las fuentes, por lo tanto, hay que analizar el problema en particular para cada fuente, teniendo en cuenta que la reducción del nivel de vibración puede generar una pérdida de la funcionalidad de la máquina o herramienta.

Algunas soluciones en la fuente que se pueden plantear son:

- Sustitución de la máquina o de parte de ella por otra que produzca menos vibración.
- Selección de la máquina o herramienta adecuada para el tipo de trabajo.
- Modificación del proceso de trabajo.
- Mantener en buenas condiciones las rutas de desplazamiento, caminos lisos, es decir, sin hoyos, baches o lomos.
- Reducción de la energía vibratorio de los elementos que vibran mejorando el balance dinámico, disminuyendo las velocidades de rotación o aumentando la duración del ciclo de trabajo.
- Mantenimiento correcta de las máquinas y herramientas.
- Reducción de la respuesta de los elementos que vibran aumentando las masas en juego, modificando los anclajes o las uniones y, sobre todo, variando las frecuencias de resonancia.

Cuando una solución en la fuente no sea suficiente o posible, se deberán proponer medidas en las vías de propagación. A diferencia de una solución en la fuente, una solución en las vías de propagación suele tener muchos mecanismos comunes para diferentes tipos de máquinas y herramientas. Entre las alternativas para el control en la transmisión de la vibración se tienen:

12.1 ACOPLAMIENTOS ELÁSTICOS

Se basan en el desacoplamiento de grados de libertad entre distintos componentes provocado por la Introducción de un elemento de baja rigidez. Se busca obtener un sistema con una frecuencia natural muy por debajo de la frecuencia de las fuerzas dinámicas de excitación. De esta forma se pueden conseguir reducciones muy importantes de las fuerzas dinámicas transmitidas. Habitualmente el elemento elástico suele ser de materiales tipo caucho, para añadir al mismo tiempo amortiguamiento (su efecto se trata en el punto siguiente). La mayor limitación de utilizar elementos elásticos como filtro es que el sistema se puede volver muy inestable cuando la frecuencia de la excitación baja (por ejemplo: durante una arrancada) y que para conseguir frecuencias naturales muy bajas hay que reducir excesivamente la rigidez, poniendo en peligro la estabilidad del sistema (por ejemplo: frente a vuelco o frente a impactos), por lo que su utilidad suele estar restringida a rangos de frecuencia medios (superiores a 10 Hz). Se encuadran dentro de este método los silent-blocks para el montaje de motores, compresores, etc.

12.2 AMORTIGUACIÓN

Se basan en la reducción de la amplitud de la respuesta dinámica de un sistema conseguida mediante la introducción de una disipación viscosa entre las partes a aislar, habitualmente utilizando para ello el paso de fluidos por orificios. Son de especial utilidad en rangos de frecuencia muy bajos (< 3 Hz), donde no es factible desacoplar partes introduciendo únicamente un elemento elástico por entrar en conflicto con otros requerimientos funcionales. Un ejemplo clásico de aplicación serían las suspensiones de vehículos, que basa la reducción de vibración en este tipo de elementos y tienen un compromiso entre estabilidad y confort o la utilización en lavadoras, donde al existir varias frecuencias de excitación se utiliza de forma combinada acoplamiento elástico para las frecuencias medias y amortiguadores para las bajas. Este tipo de elementos tiene problemas de funcionamiento a velocidades muy bajas donde el fluido no ejerce casi resistencia o a altas, donde se vuelve excesivamente rígido.

12.3 AMORTIGUACIÓN AJUSTADA

Esta técnica se basa en añadir a la parte en la que se pretende reducir las vibraciones una masa unida mediante un elemento elástico y amortiguador (normalmente un elastómero) cuya frecuencia natural coincida con la frecuencia de excitación. De esta forma, la energía vibratoria fluye hacia este nuevo sistema donde se disipa de forma más eficiente, reduciendo la respuesta en la parte principal. Esta solución es muy efectiva a la frecuencia para la que se diseña, pero totalmente ineficiente en el resto del espectro. Un ejemplo clásico de aplicación, es la reducción de las vibraciones al ralenti de las barras de dirección de automóviles.

Métodos de reducción de la transmisión de vibraciones para casos específicos:

Martillos hidráulicos / neumáticos.- Reducción de vibración mediante la utilización de elementos elásticos o desacoplamientos entre el cuerpo principal y la empuñadura.

Máquinas de compactación ligera (pisones y bandejas).- Reducción de vibración mediante empuñaduras desacopladas elásticamente y/o con amortiguadores adicionales. Reducción de ruido mediante selección de motores con niveles de emisión más bajos y diseño de encapsulamientos y apantallamientos.

Reglas vibrantes.- Reducción de vibraciones mediante aislamiento en etapas regla/bastidor – bastidor/empuñadura y reducción de amplitud en modos de vibración. Reducción de ruido mediante selección de motores de emisión acústica más baja.

Cortadoras.- Reducción de ruido mediante apantallamiento y montaje de motores sobre acoplamientos elásticos.

Compactadores pesados.- Aislamiento de vibraciones en etapas, rulo/brazo – chasis/cabina – cabina/asiento. Reducción de ruido interior mediante acoplamientos elásticos en el motor y los grupos hidráulicos y tratamientos absorbentes en cabina. Reducción de ruido exterior mediante escapes con silenciosos y encapsulamientos ventilados.

Dumpers multiservicio.- Reducción de vibraciones mediante elementos de suspensión y asientos con montaje elástico o con colchón neumático. Montaje elástico de los elementos del sistema hidráulico. Reducción de ruido mediante cerramientos del motor y silenciosos.

Máquinas de movimiento de tierra.- Similares a los dumpers multiservicio.

Máquinas sobre camión (hormigoneras, grúas, bombas de hormigón).- Reducción de vibraciones mediante sistemas de suspensión-amortiguadores, asientos con montajes aislantes, montaje de elementos móviles, motores y grupos hidráulicos sobre apoyos elásticos. Reducción de ruido mediante acondicionamiento acústico de la cabina.

En último lugar, cuando ya no sea posible reducir la exposición a niveles permitidos usando los métodos anteriores, se optará por tomar medidas directas sobre los trabajadores. Para este caso se proponen las siguientes medidas:

- Identifique las máquinas o vehículos y las situaciones de trabajo con los niveles más altos de vibraciones y establezca una rotación entre los operadores o conductores para reducir su tiempo de exposición.
- No aplicar más fuerza de la necesaria al manipular herramientas.
- No aplicar más fuerza de la necesaria al manipular herramientas.
- Evitar períodos largos de uso de las herramientas, sin pausas, las irrupciones pequeñas son mejores (organización del trabajo), incorporación de rotación de puestos.
- Usar guantes anti vibración siempre y cuando sean eficaces frente al riesgo.

12.4 GUANTES ANTI VIBRACIÓN

Con respecto a los guantes anti vibración, la norma ISO 10819 [11] establece que para evaluar guantes las mediciones se realizan al nivel de la palma, excluyendo los dedos. La norma menciona que, en el estado actual de los conocimientos, los guantes son incapaces de proporcionar una atenuación significativa para las frecuencias de vibración inferiores a 150 Hz y que incluso algunos pueden aumentar estas frecuencias, pero es importante precisar que conservar la mano en caliente y seca son propiedades importantes de un guante y son de gran utilidad en la reducción de determinados efectos inducidos por las vibraciones. La única medición del factor de transmisión según la norma ISO 10819 no basta para hacer una evaluación del riesgo sanitario originado por las vibraciones.

Definición de la norma sobre la transmisión de las vibraciones.

Es el factor de transmisión de las vibraciones (porcentaje) medido en la superficie de la mano sin protección y sobre la palma del guante anti vibración al tener por el asa una herramienta vibrante. Los valores de transmisión superior a 1 indican que el guante amplía las vibraciones, los valores inferiores a 0,6 indican que el guante aligera las vibraciones. Los ensayos se realizan para frecuencias que van de 31,5 Hz a 1250 Hz representativas de las herramientas vibrantes más corrientes.

- Espectro de frecuencias medias: 31,5 a 200 Hz
- Espectro de frecuencias altas: 200 a 1250 Hz
- Para estar en conformidad con la norma EN ISO 10819, es preciso que:
 - La transmisión en medias frecuencias: TR_m sea < 1
 - La transmisión en altas frecuencias: TR_h sea $< 0,6$

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se revisó la legislación vigente referente a la exposición a vibraciones de origen laboral, encontrando un vacío de relevante importancia en el DS. 594/99. No se hace mención a los tiempos de medición, los factores de ponderación en frecuencia para los distintos tipos de exposición, la forma de montar los transductores, el tipo de instrumento de medición (sólo menciona que debe de medir en los tres ejes simultáneamente) o la certificación que éste debiera tener, ni a la calibración del instrumento. En estos casos se emplearon las normas ISO 8041, 2631 y 5349. Se recomienda en los casos en que se encuentren vacíos en el D.S. 594, acudir al instructivo de aplicación del D.S. 594 del MINSAL, y si no revisar las normas ISO que apliquen.

Se logró adquirir el manejo suficiente del instrumento de medición de vibraciones humanas Svantek modelo Svan 948 que permitió realizar las mediciones de este trabajo, encontrando que finalmente resulta de fácil uso. Fue de mucha utilidad la opción de cargar una configuración para cada tipo de exposición y de poder guardar los datos en el instrumento. Se pudo comprobar que es una muy buena herramienta a la hora de evaluar una exposición a vibraciones de origen laboral. El software SVANPC permitió analizar los datos en forma fácil, rápida y segura, ya que realiza un respaldo de la información en el computador y se puede acceder a ella si la necesidad de tener el instrumento a la mano; además, la interfaz de Windows resulta en un uso muy intuitivo y familiar. Las funciones de gráficos en frecuencia definitivamente son de gran ayuda a la hora de recomendar alguna medida de control. Fue un excelente complemento al instrumento Svan 948.

Se obtuvo una buena acogida por parte de las empresas y especialmente de los trabajadores, demostrando un interés y preocupación por el tema pero también un desconocimiento y falta de información acerca de éste. Este interés y buena acogida fue de gran ayuda a la hora de definir el tiempo de exposición a vibraciones. Se recomienda realizar capacitaciones a los trabajadores acerca de los riesgos asociados a la exposición a vibraciones y técnicas que ayuden a minimizar los efectos.

Con respecto a los resultados de las mediciones, se obtuvo que existieron casos en que los niveles de aceleración fueron mayores a los permitidos por el DS 594/99. Por lo tanto, se puede decir que el agente vibraciones está presente en empresas de la región de Atacama pero no se sabe aún en qué grado. Para los puestos de trabajo estudiados, se encontró que los que presentaron riesgo fueron los de operadores de grúas horquillas, perforadoras y pistolas de impacto. No presentaron riesgo los puestos de trabajo de soldador, operador de

chancador y operador de torno mecánico. Esto no quiere decir que en jornadas laborales con mayor carga de trabajo los trabajadores no van a estar exentos de riesgo, puede ocurrir que si lo estén.

Como sugerencia para los organismos administradores del seguro contra accidentes laborales, se les recomienda implementar un sistema de vigilancia de la salud, al igual que lo hacen con los trabajadores expuestos a ruido, en donde a los trabajadores expuestos se les realice un examen preventivo o de monitoreo de enfermedades producidas por vibraciones, capacitando al personal médico para poder realizar éstos. Además de continuar evaluando los puestos de trabajo. Todo esto con el fin de que si en caso que algún trabajador presente síntomas de enfermedad profesional ser capaces de diagnosticar y de trasladar al trabajador a un puesto de trabajo en donde no sigan empeorando su condición, ya que según los resultados obtenidos efectivamente existen puestos de trabajo con riesgo de producir una enfermedad profesional.

El conocimiento adquirido en el desarrollo de esta tesis permitió la evaluación de exposición a vibraciones y también la elaboración de informes requeridos por las empresas visitadas. Este conocimiento y experiencia adquirida permitirá realizar estas evaluaciones en otras empresas y de distintos rubros a futuro.

14 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (2009), Extraído el 15 de Septiembre de 2009 de la World Wide Web: http://www.vincular.org/index/base.php?id_subsecciones=178&id_secciones=13
- [2] Decreto Supremo N° 594, de 1999. Aprueba reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Título IV, párrafo 3°, artículos 83-94.
- [3] Griffin, M. J. Handbook of Human Vibration. Academic Press, 1990. p 8.
- [4] ISO 1683 Acoustics -- Preferred reference quantities for acoustic levels.
- [5] ISO 2041:1999 Vibration and shock – Vocabulary.
- [6] Directiva 2002/44/CE.
- [7] ISO 5805:1997 Mechanical Vibration and Shock – Human exposure – Vocabulary.
- [8] ISO 8041:2005 Human-response vibration measuring instrumentation.
- [9] Instructivo para la aplicación del Decreto Supremo N° 594/99 del Ministerio de Salud, título IV, párrafo 3°, Agentes Físicos – Vibraciones. Instituto de Salud Pública de Chile, Santiago, 2004.
- [10] Brüel & Kjaer. Measuring Vibration. 1998. P. 5-8.
- [11] ISO 10819:1996. Mechanical vibration and shock -- Hand-arm vibration -- Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand.

15 ANEXO

Ejemplos de informes de evaluación de la exposición a vibraciones entregados a empresas.

AGENCIA COPIAPÓ
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
INFORME DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A
VIBRACIONES



EMPRESA **INGECOM**
REALIZADO POR **KRISTIAN HUCKE Z.**

1. ANTECEDENTES

Conforme a lo acordado con empresa INGECOM, con fecha 09-04-09 se visitó instalaciones de bodegas en CODELCO división El Salvador, con el propósito de evaluar la exposición a vibraciones en operarios de grúas horquillas.

INGECOM es una empresa que mantiene contratos de servicios de mantención y apoyo de mano de obra para Codelco división El Salvador.

2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

2.1. Decreto Supremo 594 del Ministerio de Salud

Distingue la exposición a vibraciones en dos tipos, la exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano-brazo y la exposición de cuerpo entero o exposición global, además señala los límites máximos permisibles de exposición en cada caso.

El primer caso es cuando existe un contacto directo del individuo con un elemento vibrante, a través, del segmento mano-brazo, como es el caso de la operación de herramientas manuales.

En el segundo caso las vibraciones se transmiten desde el elemento en vibración a todo el cuerpo del individuo.

Exposición de cuerpo entero o exposición global

En este tipo de exposición, la aceleración vibratoria recibida por la persona deberá ser medida en un sistema de coordenadas ortogonales con centro en el corazón, como se muestra en la Figura 1:

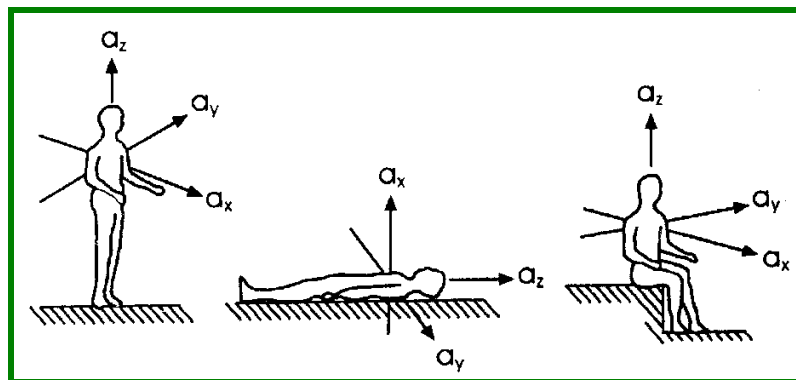


Figura 1.

Sistema de coordenadas ortogonales para la exposición de cuerpo entero a vibraciones.

El sentido del eje z (a_z) es desde los pies a la cabeza.

El sentido del eje x (a_x) es desde la espalda hacia el pecho.

El sentido del eje y (a_y) es desde derecha hacia izquierda.

El decreto indica que las mediciones de exposición global a vibraciones se deberán realizar con un transductor triaxial, en la gama de frecuencias de 1 Hz a 80 Hz, y de forma simultánea para cada eje de coordenadas, considerando como magnitud el valor de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia (A_{eq}) expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2).

Exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano brazo

En este tipo de exposición, la aceleración debe medirse en tres direcciones ortogonales, en el punto en donde la vibración penetra la mano.

Estas direcciones son las formadas por el sistema biodinámico de coordenadas o el sistema basicéntrico seleccionado, fijando su origen entre la mano y la superficie que vibre, como se observa en la Figura 2:

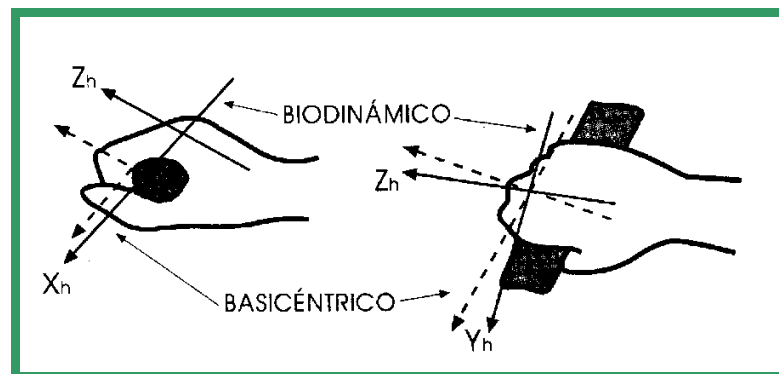


Figura N°2.

Direcciones de medición para exposición de segmento mano brazo.

Eje Z (Z_h) = Corresponde a la línea longitudinal ósea.

Eje X (X_h) = Perpendicular a la palma de la mano.

Eje Y (Y_h) = En la dirección de los nudillos de la mano.

Las mediciones se deben efectuar en forma simultánea para cada eje, con un transductor pequeño y de poco peso, en el rango de frecuencias de 5Hz a 1500Hz, expresando el valor de la magnitud de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia para cada eje, expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2) o en unidades de gravitación (g).

2.2 Criterios de Clasificación de Expuestos

La exposición a vibraciones se evaluará de acuerdo a lo indicado en el Decreto Supremo N°594, que establece los Límites Máximos Permisibles LMP de aceleración vibratoria equivalente (Aeq) para cada eje de exposición a los que un trabajador puede estar expuesto durante su jornada de trabajo para exposición de cuerpo entero y del segmento mano brazo. Los límites máximos permisibles para los respectivos tipos de exposición se muestran en las tablas N°1 y N°2.

Tabla N°1.

Valores máximos permisibles de aceleración equivalente ponderada para diferentes tiempos de exposición para cuerpo entero.

| Tiempo de Exposición (Horas) | Aeq Máxima Permitida (m/s ²) | | |
|---------------------------------|--|------|------|
| | Z | x | y |
| 12 | 0,5 | 0,35 | 0,35 |
| 11 | 0,53 | 0,38 | 0,38 |
| 10 | 0,56 | 0,39 | 0,39 |
| 9 | 0,59 | 0,42 | 0,42 |
| 8 | 0,63 | 0,45 | 0,45 |
| 7 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| 6 | 0,78 | 0,54 | 0,54 |
| 5 | 0,9 | 0,61 | 0,61 |
| 4 | 1,06 | 0,71 | 0,71 |
| 3 | 1,27 | 0,88 | 0,88 |
| 2 | 1,61 | 1,25 | 1,25 |
| 1 | 2,36 | 1,7 | 1,7 |
| 0,5 | 3,3 | 2,31 | 2,31 |

Tabla N°2.

Valores de aceleración equivalente máximos permitidos para cualquier eje en una exposición a vibraciones del segmento mano brazo.

| Tiempo de exposición (T) (Horas) | Aceleración Vibratoria Máxima | |
|-------------------------------------|-------------------------------|------|
| | m/s ² | (g) |
| 4 < T ≤ 8 | 4 | 0,40 |
| 2 < T ≤ 4 | 6 | 0,61 |
| 1 < T ≤ 2 | 8 | 0,81 |
| T ≤ 1 | 12 | 1,22 |

3. MEDICIONES

Las mediciones se realizaron con un Medidor de vibración Svantek Modelo Svan 948, serie 12193, se adjunta certificado de calibración.

Se evaluó, en esta ocasión, el puesto de trabajo correspondiente a operador de grúa horquilla, en el cual existe un grupo de trabajadores de exposición homogénea que serían los operarios de cada grúa. El número de trabajadores pertenecientes a este grupo homogéneo de exposición serían 2 operarios por cada grúa evaluada. Este puesto de trabajo consiste en operar las grúas horquillas para realizar tareas de carga y traslado de materiales desde las bodegas de la mina El Salvador hasta donde sean requeridos.

Las grúas evaluadas en esta ocasión fueron:

- Grúa horquilla marca Komatsu 3,5 Toneladas, operario Sr. Cristian Navarrete Jerez.
- Grúa horquilla marca Yale 7 toneladas, operario Sr. Wilson Díaz.

Se realizó una medición por grúa, correspondiente varios ciclos completos de trabajo realizando diferentes tareas durante 30 minutos para cada grúa

El tipo de exposición de este puesto de trabajo es de cuerpo entero, y fue evaluado con los métodos y criterios expuestos en el punto 2 según señala el D.S 594.

Los resultados se muestran en la Tabla N°3.

Tabla N°3
Resultados de la Medición.

| Puesto de trabajo | Aeq (m/s ²) | | | Tiempo de Exposición (Horas) (*) | Aeq (m/s ²) Máxima Permitida DS 594 | | | Calificación de la Exposición |
|-------------------------------|-------------------------|-------|------|----------------------------------|---|------|-----|-------------------------------|
| | x | y | z | | x | y | z | |
| Operador Grúa Komatsu 3,5 Ton | 0.332 | 0.368 | 1.11 | 5 | 0.61 | 0.61 | 0.9 | Con Riesgo |
| Operador Grúa Yale 7 Ton | 0.415 | 0.399 | 1.21 | 5 | 0.61 | 0.61 | 0.9 | Con Riesgo |

4. CONCLUSIONES

- El puesto de trabajo de operador de grúa horquilla se calificó como Con Riesgo, según el D.S 594. Esto es para ambas grúas muestreadas.
- La aceleración equivalente ponderada medida en el puesto de trabajo, supera los valores límites permisibles fijados en el D.S 594 de $0.9 \text{ (m/s}^2\text{)}$ para tiempos de exposición de 5 horas.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda Implementar un sistema de inspección y verificación de buena condición de funcionamiento, para asegurar que los desperfectos que se puedan generar en la grúa no produzcan condiciones de riesgos respecto a la generación de vibraciones o que puedan agudizar como en la situación actual.
- Se recomienda seguir rigurosamente las instrucciones de uso y mantención de las grúas indicada por el fabricante, tales como usar sólo los accesorios que han sido recomendados por el fabricante.
- Se recomienda reducir los tiempos de exposición a 3 horas al día, ya que el Límite máximo permisible en este caso es de 1.27 m/s^2 , con lo cual se tendría una exposición calificada como sin riesgo para ambas grúas.
- Se recomienda realizar una rotación de personal para cumplir con el punto anterior.
- Se recomienda realizar un estudio para verificar la factibilidad de implementar asientos anti vibración para cada grúa, con el objeto de determinar si es posible aumentar el máximo tiempo de exposición permisible (que en este caso fue de 3 horas diarias por trabajador) a un tiempo probablemente mayor, sin la necesidad de rotar personal.

AGENCIA COPIAPÓ
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
INFORME DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A VIBRACIONES



EMPRESA SOCIEDAD MINERA LA CONDESA
REALIZADO POR KRISTIAN HUCKE Z

1. ANTECEDENTES

Conforme a lo acordado con empresa Sociedad Minera LA Condesa, con fecha 22/04/2009 se visitó las faenas de la empresa con el propósito de evaluar la exposición a vibraciones.

Sociedad Minera La Condesa se dedica a la explotación de la mina La Condesa, ubicada en el sector de Paipote a 16 Km de Copiapó. Su producción de mineral corresponde a la pequeña minería. La explotación de la mina se realiza en forma subterránea.

2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

2.1. Decreto Supremo 594 del Ministerio de Salud

Distingue la exposición a vibraciones en dos tipos, la exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano-brazo y la exposición de cuerpo entero o exposición global, además señala los límites máximos permisibles de exposición en cada caso.

El primer caso, es cuando existe un contacto directo del individuo con un elemento vibrante mediante el segmento mano-brazo, como es el caso de la operación de herramientas manuales.

En el segundo caso, las vibraciones se transmiten desde el elemento en vibración a todo el cuerpo del individuo.

Exposición de cuerpo entero o exposición global

En este tipo de exposición, la aceleración vibratoria recibida por la persona deberá ser medida en un sistema de coordenadas ortogonales con centro en el corazón, como se muestra en la Figura 1:

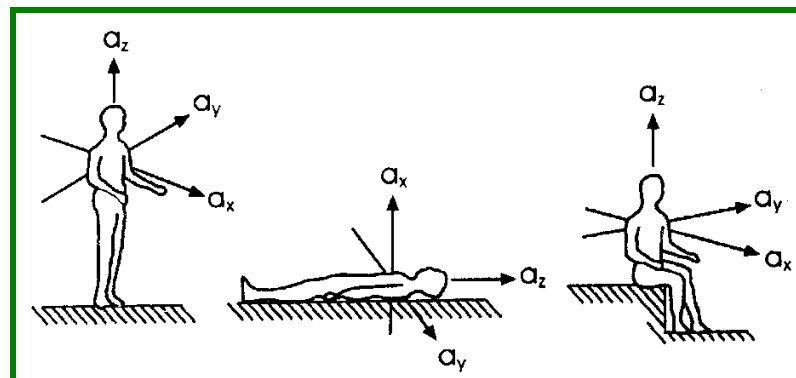


Figura 1.

Sistema de coordenadas ortogonales para la exposición de cuerpo entero a vibraciones.

El sentido del eje z (a_z) es desde los pies a la cabeza.

El sentido del eje x (a_x) es desde la espalda hacia el pecho.

El sentido del eje y (a_y) es desde derecha hacia izquierda.

El decreto indica que las mediciones de exposición global a vibraciones se deberán realizar con un transductor triaxial, en la gama de frecuencias de 1 Hz a 80 Hz, y de forma simultánea para cada eje de coordenadas, considerando como magnitud el valor de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia (A_{eq}) expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2).

Exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano brazo

En este tipo de exposición, la aceleración debe medirse en tres direcciones ortogonales, en el punto en donde la vibración penetra la mano.

Estas direcciones son las formadas por el sistema biodinámico de coordenadas o el sistema basicéntrico seleccionado, fijando su origen entre la mano y la superficie que vibre, como se observa en la Figura 2:

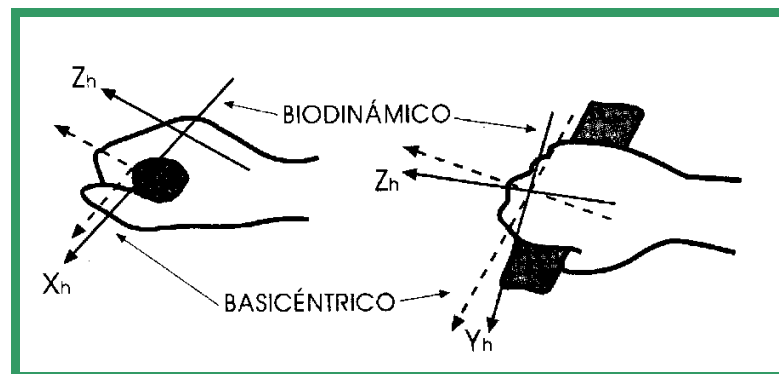


Figura N°2.

Direcciones de medición para exposición de segmento mano brazo.

Eje Z (Z_h) = Corresponde a la línea longitudinal ósea.

Eje X (X_h) = Perpendicular a la palma de la mano.

Eje Y (Y_h) = En la dirección de los nudillos de la mano.

Las mediciones se deben efectuar en forma simultánea para cada eje, con un transductor pequeño y de poco peso, en el rango de frecuencias de 5Hz a 1500Hz, expresando el valor de la magnitud de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia para cada eje, expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2) o en unidades de gravitación (g).

2.2 Criterios de Clasificación de Expuestos

La exposición a vibraciones se evaluará de acuerdo a lo indicado en el Decreto Supremo N°594, que establece los Límites Máximos Permisibles LMP de aceleración vibratoria equivalente (Aeq) para cada eje de exposición a los que un trabajador puede estar expuesto durante su jornada de trabajo para exposición de cuerpo entero y del segmento mano brazo. Los límites máximos permisibles para los respectivos tipos de exposición se muestran en las tablas N°1 y N°2.

Tabla N°1.

Valores máximos permisibles de aceleración equivalente ponderada para diferentes tiempos de exposición para cuerpo entero.

| Tiempo de Exposición (Horas) | Aeq Máxima Permitida (m/s ²) | | |
|---------------------------------|---|------|------|
| | Z | x | y |
| 12 | 0,5 | 0,35 | 0,35 |
| 11 | 0,53 | 0,38 | 0,38 |
| 10 | 0,56 | 0,39 | 0,39 |
| 9 | 0,59 | 0,42 | 0,42 |
| 8 | 0,63 | 0,45 | 0,45 |
| 7 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| 6 | 0,78 | 0,54 | 0,54 |
| 5 | 0,9 | 0,61 | 0,61 |
| 4 | 1,06 | 0,71 | 0,71 |
| 3 | 1,27 | 0,88 | 0,88 |
| 2 | 1,61 | 1,25 | 1,25 |
| 1 | 2,36 | 1,7 | 1,7 |
| 0,5 | 3,3 | 2,31 | 2,31 |

Tabla N°2.

Valores de aceleración equivalente máximos permitidos para cualquier eje en una exposición a vibraciones del segmento mano brazo.

| Tiempo de exposición (T) (Horas) | Aceleración Vibratoria Máxima | |
|-------------------------------------|-------------------------------|------|
| | m/s ² | (g) |
| 4 < T ≤ 8 | 4 | 0,40 |
| 2 < T ≤ 4 | 6 | 0,61 |
| 1 < T ≤ 2 | 8 | 0,81 |
| T ≤ 1 | 12 | 1,22 |

3. MEDICIONES

Las mediciones se realizaron con un Medidor de vibración Svantek Modelo Svan 948, serie 12193, se adjunta certificado de calibración.

En esta mina, se evaluó un puesto de trabajo, el de perforista. Este consiste en operar una perforadora neumática para hacer los agujeros en la roca en donde posteriormente se insertan los cartuchos de dinamita para realizar la detonación y así poder recoger las piedras del mineral. La mina es de explotación subterránea, se ubica a aproximadamente 400 metros bajo tierra. La perforación se desarrolla al interior de los túneles en donde también existen otros agentes físicos aparte de las vibraciones como son el ruido y el polvo. El operador apoya la perforadora que posee un pedestal el cual va al suelo, accionando y empujando esta en dirección de la perforación.

El número de trabajadores pertenecientes a este grupo homogéneo de exposición serían 3.

Se realizaron dos mediciones de 11 minutos aproximadamente correspondientes cada una a un ciclo completo de perforación.

La metodología utilizada para determinar el valor de la aceleración fue instalar un transductor triaxial pequeño para exposición del equipo mano brazo montado sobre un acoplador. Esta vibración es cíclica. Se instaló este acoplador en el punto preciso en que la mano hace contacto con la herramienta, por debajo del guante, sujetándose el acoplador por medio de los dedos y quedando la mano libre y cómoda para poder sujetar la herramienta de perforación y se midieron los niveles de aceleración.

El puesto de trabajo es fue evaluado con los métodos y criterios expuestos en el punto 2 según señala el D.S 594.

Los resultados se muestran en la Tabla N°3.

Tabla N°3
Resultados de la Medición.

| Puesto de trabajo | Aeq (m/s ²) | | | Tiempo de Exposición (Horas)* | Aeq (m/s ²) Máxima Permitida DS 594 | | | Calificación de la Exposición |
|--------------------------|-------------------------|------|------|-------------------------------|---|---|---|-------------------------------|
| | x | y | z | | x | y | z | |
| Perforadora (medición 1) | 11,4 | 5,85 | 12,3 | 3 | 6 | 6 | 6 | Con Riesgo |
| Perforadora (medición 2) | 7,6 | 6,65 | 6,3 | 3 | 6 | 6 | 6 | Con Riesgo |
| Perforadora (medición 1) | 11,4 | 5,85 | 12,3 | 6 | 4 | 4 | 4 | Con Riesgo |
| Perforadora (medición 2) | 7,6 | 6,65 | 6,3 | 6 | 4 | 4 | 4 | Con Riesgo |

* El puesto trabajo de perforadora puede tener 2 tiempos de exposición distintos, 3 ó 6 horas diarias, dependiendo si se va a detonar explosivos 1 ó 2 veces en la jornada laboral. Para cada caso se calificó la exposición.

4. CONCLUSIONES

- El puesto de trabajo de perforación se calificó como Con Riesgo, según el D.S 594.
- La aceleración equivalente ponderada medida en el puesto de trabajo, supera los valores límites permisibles fijados en el D.S 594 de $6 \text{ (m/s}^2\text{)}$ y $4 \text{ (m/s}^2\text{)}$ para tiempos de exposición de 3 y 6 horas respectivamente.
- En el caso de actividades de perforación que duren 3 horas, el puesto de trabajo se califica como con riesgo, ahora si la duración de la actividad se aumenta a 6 horas el riesgo es mayor.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda Implementar un sistema de inspección y verificación de buena condición de funcionamiento, para asegurar que los desperfectos que se puedan generar en la perforadora no produzcan condiciones de riesgos respecto a la generación de vibraciones o que puedan agudizar como en la situación actual.
- Se recomienda seguir rigurosamente las instrucciones de uso y mantención de las herramientas e equipos indicada por el fabricante, tales como usar sólo los accesorios que han sido recomendados por el fabricante.
- Se recomienda reducir los tiempos de exposición a menos de 1 h al día, ya que el LMP en este caso es de 12 m/s^2 .
- Se recomienda realizar una rotación de personal para cumplir con el punto anterior.
- Se recomienda Utilizar guantes antivibración confeccionados bajo Norma ISO 10819. Estos guantes pueden reducir en un 20% las amplitudes de 25 Hz, un 40% para aquellas de de 50 Hz y sobre el 90% las amplitudes para frecuencias mayores a 500 Hz.

AGENCIA COPIAPÓ
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS
INFORME DE EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A VIBRACIONES



EMPRESA **VICSA**
REALIZADO
POR **KRISTIAN HUCKE Z**

1. ANTECEDENTES

Conforme a lo acordado con empresa VICSA, con fecha 09-04-09 se visitó instalaciones de talleres de mantención en Codelco División El Salvador, con el propósito de evaluar la exposición a vibraciones en operarios herramientas manuales en taller.

Vicsa es una empresa dedicada a la mantención de camiones, maquinarias y equipo pesado de propiedad de Codelco división El Salvador.

2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

2.1. Decreto Supremo 594 del Ministerio de Salud

Distingue la exposición a vibraciones en dos tipos, la exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano-brazo y la exposición de cuerpo entero o exposición global, además señala los límites máximos permisibles de exposición en cada caso.

El primer caso, es cuando existe un contacto directo del individuo con un elemento vibrante a través del segmento mano-brazo, como es el caso de la operación de herramientas manuales.

En el segundo caso, las vibraciones se transmiten desde el elemento en vibración a todo el cuerpo del individuo.

Exposición de cuerpo entero o exposición global

En este tipo de exposición, la aceleración vibratoria recibida por la persona deberá ser medida en un sistema de coordenadas ortogonales con centro en el corazón, como se muestra en la Figura 1:

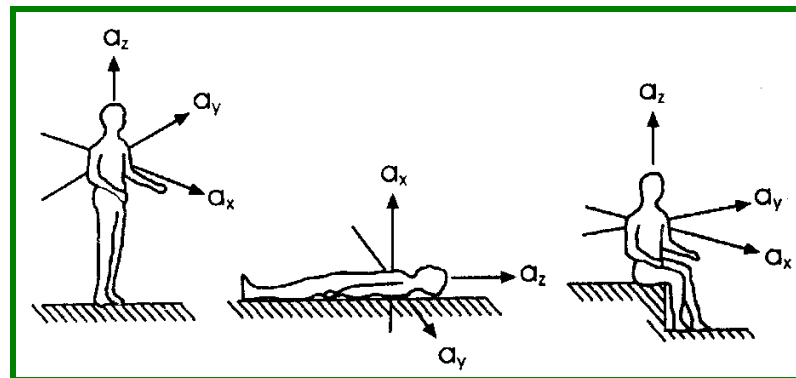


Figura 1.

Sistema de coordenadas ortogonales para la exposición de cuerpo entero a vibraciones.

El sentido del eje z (a_z) es desde los pies a la cabeza.

El sentido del eje x (a_x) es desde la espalda hacia el pecho.

El sentido del eje y (a_y) es desde derecha hacia izquierda.

El decreto indica que las mediciones de exposición global a vibraciones se deberán realizar con un transductor triaxial, en la gama de frecuencias de 1 Hz a 80 Hz, y de forma simultánea para cada eje de coordenadas, considerando como magnitud el valor de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia (A_{eq}) expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2).

Exposición segmentaria del componente mano-brazo o exposición del segmento mano brazo

En este tipo de exposición, la aceleración debe medirse en tres direcciones ortogonales, en el punto en donde la vibración penetra la mano.

Estas direcciones son las formadas por el sistema biodinámico de coordenadas o el sistema basicéntrico seleccionado, fijando su origen entre la mano y la superficie que vibre, como se observa en la Figura 2:

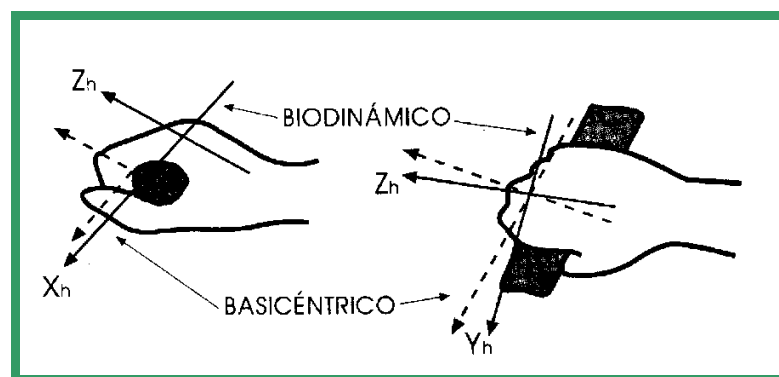


Figura N°2.

Direcciones de medición para exposición de segmento mano brazo.

Eje Z (Z_h) = Corresponde a la línea longitudinal ósea.

Eje X (X_h) = Perpendicular a la palma de la mano.

Eje Y (Y_h) = En la dirección de los nudillos de la mano.

Las mediciones se deben efectuar en forma simultánea para cada eje, con un transductor pequeño y de poco peso, en el rango de frecuencias de 5Hz a 1500Hz, expresando el valor de la magnitud de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia para cada eje, expresada en metros por segundo cuadrado (m/s^2) o en unidades de gravitación (g).

2.2 Criterios de Clasificación de Expuestos

La exposición a vibraciones se evaluará de acuerdo a lo indicado en el Decreto Supremo N°594, que establece los Límites Máximos Permisibles LMP de aceleración vibratoria equivalente (Aeq) para cada eje de exposición a los que un trabajador puede estar expuesto durante su jornada de trabajo para exposición de cuerpo entero y del segmento mano brazo. Los límites máximos permisibles para los respectivos tipos de exposición se muestran en las tablas N°1 y N°2.

Tabla N°1.

Valores máximos permisibles de aceleración equivalente ponderada para diferentes tiempos de exposición para cuerpo entero.

| Tiempo de Exposición (Horas) | Aeq Máxima Permitida (m/s ²) | | |
|---------------------------------|--|------|------|
| | Z | x | y |
| 12 | 0,5 | 0,35 | 0,35 |
| 11 | 0,53 | 0,38 | 0,38 |
| 10 | 0,56 | 0,39 | 0,39 |
| 9 | 0,59 | 0,42 | 0,42 |
| 8 | 0,63 | 0,45 | 0,45 |
| 7 | 0,7 | 0,5 | 0,5 |
| 6 | 0,78 | 0,54 | 0,54 |
| 5 | 0,9 | 0,61 | 0,61 |
| 4 | 1,06 | 0,71 | 0,71 |
| 3 | 1,27 | 0,88 | 0,88 |
| 2 | 1,61 | 1,25 | 1,25 |
| 1 | 2,36 | 1,7 | 1,7 |
| 0,5 | 3,3 | 2,31 | 2,31 |

Tabla N°2.

Valores de aceleración equivalente máximos permitidos para cualquier eje en una exposición a vibraciones del segmento mano brazo.

| Tiempo de exposición (T) (Horas) | Aceleración Vibratoria Máxima | |
|-------------------------------------|-------------------------------|------|
| | m/s ² | (g) |
| $4 < T \leq 8$ | 4 | 0,40 |
| $2 < T \leq 4$ | 6 | 0,61 |
| $1 < T \leq 2$ | 8 | 0,81 |
| $T \leq 1$ | 12 | 1,22 |

3. MEDICIONES

Las mediciones se realizaron con un Medidor de vibración Svantek Modelo Svan 948, serie 12193, se adjunta certificado de calibración.

Se evaluaron los puestos de trabajo operador de pistola de impacto neumática y operador de esmeril angular, ambos en taller de mantenimiento.

El puesto de trabajo de operario de pistola de impacto consiste en operar esta herramienta para realizar tareas de montaje y desmontaje de ruedas para vehículos de transporte en El Salvador, con el fin de ser vulcanizadas. La pistola de impacto afloja o aprieta las tuercas de la llanta de la rueda para poder ser vulcanizadas y también para realizar cambios de neumáticos gastados por neumáticos nuevos.

El puesto de trabajo de operario de esmeril angular en taller de mantención consiste en operar la herramienta manual esmeril angular para realizar tareas de cortes de materiales y fabricación de piezas de fierro necesarias para las tareas de mantenimiento realizadas en el taller.

Ambas exposiciones corresponden al tipo segmento mano – brazo.

La metodología utilizada para medir los valores de aceleración en fue la de colocar un transductor pequeño triaxial mediante un acoplador directamente en la mano del trabajador por debajo del guante y que éste tome la herramienta con sus manos y la opere.

Se midió un ciclo completo de exposición para el caso de la pistola neumática que corresponde al afloje completo de todas las tuercas de la llanta y luego el apriete completo de todas las tuercas de la llanta. La duración de un ciclo fue de 5 minutos y se midieron 2 ciclos.

El montaje del transductor para el esmeril fue de forma similar al descrito para la pistola neumática. Se midió la aceleración realizando múltiples tareas durante 30 minutos.

El detalle de las herramientas evaluadas y operador fue:

- Pistola de Impacto Hingersol Rand 2934. Operario Sr. Enoc Silva Savala.
- Esmeril Angular 7” Dewalt 028476WB2. Operario Sr. Luis General Fernández.

Las exposiciones fueron evaluadas con los métodos y criterios expuestos en el punto 2 según señala el D.S 594.

Los resultados se muestran en la Tabla N°3.

Tabla N°3
Resultados de la Medición.

| Puesto de trabajo | Aeq (m/s ²) | | | Tiempo de Exposición (Horas) (*) | Aeq (m/s ²) Máxima Permitida DS 594 | | | Calificación de la Exposición |
|-----------------------------|-------------------------|------|------|----------------------------------|---|----|----|-------------------------------|
| | x | y | z | | x | y | z | |
| Operador Pistola de Impacto | 6.9 | 6.2 | 11.6 | 1 | 12 | 12 | 12 | Sin Riesgo |
| Operador Esmeril Angular | 2.4 | 2.37 | 2.69 | 8 | 4 | 4 | 4 | Sin Riesgo |

4. CONCLUSIONES

- Ambos puestos de trabajo se calificaron como Sin Riesgo, según el D.S 594. Esto es para ambas herramientas medidas.
- La aceleración equivalente ponderada medida en ambos puestos de trabajo, no supera los valores límites permisibles fijados en el D.S 594 de $4 \text{ (m/s}^2\text{)}$ y $12 \text{ (m/s}^2\text{)}$ para tiempos de exposición de 4 y 1 hora respectivamente.
- El caso del operador de Pistola de Impacto, si bien no se califica como expuesto, podría estar expuesto siempre y cuando el tiempo de exposición sea mayor a 1 hora (60 minutos).

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda Implementar un sistema de inspección y verificación de buena condición de funcionamiento, para asegurar que los desperfectos que se puedan generar en la herramienta no produzcan condiciones de riesgos respecto a la generación de vibraciones o que puedan agudizar como en la situación actual.
- Se recomienda seguir rigurosamente las instrucciones de uso y mantención de las herramientas indicada por el fabricante, tales como usar sólo los accesorios que han sido recomendados por el fabricante.
- Se recomienda fijar un tiempo máximo de uso diario para la Pistola de Impacto a no más de 60 minutos diarios por trabajador, con el objeto de que la exposición sea sin riesgo.
- Se recomienda realizar una rotación de personal para cumplir con el punto anterior.
- En caso de ser necesario aumentar el tiempo de exposición a más de una hora para la pistola de impacto, se recomienda realizar un estudio para determinar la factibilidad de implementar guantes anti vibración que en algunos casos pueden disminuir en parte la vibración transmitida al trabajador.