

**UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA
BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
MINAS**



**EXPOSICIÓN A LAS VIBRACIONES MANO-BRAZO
EN EL TRABAJO CON MÁQUINAS Y
HERRAMIENTAS PORTÁTILES Y SU EFECTO EN LA
SALUD**

TÉSIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS

ELABORADO POR:

Bach. NELLY CAROLINNE MEZA FÉLIX

Abancay, Enero de 2014

PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC	
CÓDIGO	MFN
	BIBLIOTECA CENTRAL
FECHA DE INGRESO:	16 ABR 2014
Nº DE INGRESO:	00363

NELLY CAROLINNE MEZA FELIX



**EXPOSICIÓN A LAS VIBRACIONES MANO-BRAZO
EN EL TRABAJO CON MAQUINAS Y
HERRAMIENTAS PORTÁTILES Y SU EFECTO EN LA
SALUD**

**Tesis presentada a la Escuela Académico
Profesional de Ingeniería de Minas para
optar el título de Ingeniero de Minas**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ASESOR: Dr. Leoncio Teófilo Carnero Carnero.

ABANCAY, 2014

**“EXPOSICIÓN A LAS VIBRACIONES MANO-BRAZO EN EL TRABAJO
CON MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS PORTÁTILES Y SU EFECTO EN
LA SALUD”**

DECANO DE LA FACULTAD: _____



[Signature]
Dr. Leoncio T. Carnero Carnero
DECANO (e)

Dr. Ing. LEONCIO TEOFILO CARNERO CARNERO

PRESIDENTE DEL JURADO: _____



[Signature]
Ing. Edgar Huacac Farfán
DOCENTE

Ing. EDGAR CRISPIN HUACAC FARFAN

JURADO: _____

Ing. JOSE CARDENAS CATALAN



[Signature]
Dada Dario Sánchez Castillo
DOCENTE As. EAPIM

JURADO: _____

Ing. DARIO SANCHEZ CASTILLO

ASESOR DE TESIS: _____

[Signature]

Dr. Ing. LEONCIO TEOFILO CARNERO CARNERO

DEDICATORIA

Con afecto y gratitud a mis padres quien en aras de mi futuro me apoyaron en este largo camino, así como a mi hija Alexandra quien alumbro todo mi andar dándome la fortaleza y las ganas de seguir a delante.

AGRADECIMIENTO

A los docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Un agradecimiento a todos aquellos, que con su participación y apresto, han hecho arribar a un buen puerto este proyecto pese a los obstáculos que fueron hallados en el camino

A mi Asesor Dr. Ing. Leoncio Carnero Carnero, por haberme brindado su amistad, confianza, apoyo y orientación profesional constante, en la planificación y ejecución del presente trabajo de investigación.

A la Empresa Minera Ares “Proyecto Azuca” quienes me brindaron los recursos necesarios para poder ejecutar este proyecto de investigación.

Y una especial Mención Al ingeniero Willams Torres Días quien fue mi guía, maestro y mejor amigo en esta odisea, brindándome su orientación y constante apoyo durante el proceso experimental y operativo del proyecto.

INDICE

Lista de Cuadros
Lista de Gráficos
Lista de Figuras
Lista de Abreviaturas
Resumen
“Abstract”

CAPITULO I

INTRODUCCION

	Pág.
1.1. Problemática	002
1.2. Objetivos	004
1.3. Objetivo General	004
1.4. Objetivos Específicos	004
1.5. Justificación	004
1.6. Hipótesis	005
1.7. Ubicación Geográfica del Proyecto Minero	006
1.8. Accesibilidad	007
1.9. Clima	008

1.10.	Vegetación	010
1.11.	Fauna	010
1.12.	Geología Regional	011
1.13.	Geología Local	011
1.14.	Mineralogía	012
1.15.	Reservas de Minerales	012
1.16.	Operaciones Mineras	012

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes de la investigación	014
2.2.	Referencias legales	015
2.3.	Estándares internacionales	015
2.4.	Vibración	016
2.4.1.	Vibración transmitida al sistema mano – brazo	016
2.4.2.	Vibración transmitida al cuerpo entero	017
2.4.3.	Valores límites de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.	017
2.4.3.1.	Para la vibración transmitida al sistema mano-brazo.	017
2.4.3.2.	Para la vibración transmitida al cuerpo entero.	018
2.5.	Exposición profesional a vibraciones mano – brazo	019
2.6.	Biodinámica y efectos de las vibraciones mano – brazo:	020

2.6.1. Efectos agudos:	022
2.6.2. Efectos no vasculares:	022
2.6.3. Efectos vasculares:	023
2.7. Medición de las vibraciones mano – brazo.	023
2.8. Fundamentos técnicos	030
2.8.1. Descripción de agentes y sus efectos en la salud	030
2.8.2. Estándares de referencia	035
2.8.3. Parámetros de medición	036
2.8.4. Niveles permisibles	037

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Lugar de ejecución.	038
3.2. Materiales y métodos.	038
3.3. Métodos de muestreo.	039
3.4. Equipos de medida utilizados	039
3.4.1. Localización y orientación de los resultados	041
3.4.2. Tiempo de exposición	043
3.4.3. Medición en campo:	043
3.4.4. Sistema de fijación del acelerómetro.	044
3.5. Selección de muestra y estrategias de muestreo:	048
3.5.1. Resultados obtenidos y tiempos efectivos de exposición recomendados	050

3.5.2. Tabla comparativa de resultados y valores límite	069
---	-----

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Niveles vibracionales característicos:	072
4.1.1. Distribución de la muestra por intervalos:	073
4.1.2. Maquinas con valor medio de ahw mayor de 12m/s^2 :	074
4.1.3. Maquinas con valor medio de ahw comprendido entre 4m/s^2 y 12m/s^2 :	075
4.1.4. Maquinas con valor medio de ahw menor de 4m/s^2	075
4.1.5. Rango de valores de vibración para los distintos tipos de maquinas	076
4.1.6. Aceleración media de las maquinas por áreas	077
4.1.7. Distribución de la muestra por áreas	077
4.1.8. Área de mina	078
4.1.9. Área de taller	079

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXO

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1.1 Cap. 1: Ruta de acceso a la U.P. Ares	008
Cuadro 2.1 Cap. 2: Tiempo de exposición y valores de aceleración.	018
Cuadro 2.2 Cap. 2: Principales agente físicos y sus efectos en la salud	030
Cuadro 2.3 Cap. 2: Estándares de referencia	035
Cuadro 2.4 Cap. 2: Parámetros de medición	036
Cuadro 2.5 Cap. 2: Niveles permisibles para agentes físicos	037
Cuadro 3.1 Cap. 3: Datos de vibración puesto N°01	051
Cuadro 3.2 Cap. 3: Aceleración de vibración mano-brazo hombre, puesto N°01	052
Cuadro 3.3 Cap. 3: Resultado del monitoreo de aceleración, puesto N° 01	053
Cuadro 3.4 Cap. 3: Datos de vibración, puesto N°02	055
Cuadro 3.5 Cap. 3: Aceleración de vibración mano-brazo hombre, puesto N°02	056
Cuadro 3.6 Cap. 3: Resultado del monitoreo de aceleración, puesto N° 02	057
Cuadro 3.7 Cap. 3: Datos de vibración, puesto N°03	060
Cuadro 3.8 Cap. 3: Aceleración de vibración mano-brazo hombre, puesto N°03	061
Cuadro 3.9 Cap.3: Resultado del monitoreo de aceleración, puesto N° 03	061
Cuadro 3.10 Cap. 3: Datos de vibración, puesto N°04	065
Cuadro 3.11 Cap. 3: Aceleración de vibración mano-brazo hombre, puesto N°04	066
Cuadro 3.12 Cap. 3: Resultado del monitoreo de aceleración, puesto N° 04	067
Cuadro 3.13 Cap. 3: Comparación de vibración en mano-brazo hombre.	071
Cuadro 4.1 Cap. 4: Rango de valores vibracionales en distintas máquinas.	077

LISTA DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 2.1 Cap. 2: Función de ponderación para vibración mano-brazo	027
Gráfico 3.1 Cap. 3: Niveles de vibración de mano-brazo, puesto N°01	053
Gráfico 3.2 Cap. 3: niveles de vibración de mano-brazo puesto N°02	058
Gráfico 3.3 Cap. 3: Niveles de vibración de mano-brazo puesto N°03	062
Gráfico 3.4 Cap. 3: Niveles de vibración de mano-brazo puesto N°04	068

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Cap. 2: Ejes basicéntricos de la mano	026
Figura 3.1 Cap. 3: Analizador de vibración humana HVN 100 Larson David	040
Figura 3.2 Cap. 3: Colocador del adaptador de anillo	041
Figura 3.3 Cap. 3: Fijación del adaptador de anillo de forma T	042
Figura 3.4 Cap. 3: Forma de agarre de equipo a mano hombre.	042
Figura 3.5 Cap. 3: Vibrometro B&K 2239 y acelerómetro 4505	044
Figura 3.6 Cap. 3: Situación del acelerómetro	046
Figura 3.7 Cap. 3: Técnica de fijación	047
Figura 4.1 Cap. 4: Distribución de maquinarias por intrevalo	073
Figura 4.2 Cap. 4: Máquinas con valores medio de ahw mayor a 12 m/s ²	074
Figura 4.3 Cap. 4: Máquinas con valor medio de ahw entre 4m/s ² y 12m/s ²	075
Figura 4.4 Cap. 4: Máquinas con valores medio de ahw menor a 4 m/s ²	076
Figura 4.5 Cap. 4: Porcentaje de maquinaria por área	078
Figura 4.6 Cap. 4: El nivel de vibración de las maquinas sector mina	079
Figura 4.7 Cap. 4: El nivel de vibración de las maquinas sector taller	080

LISTA DE ABREVIATURAS

ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
AIHA	Asociación Americana de Higiene Industrial
NIOSH	Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional
INSHT	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
ISO	Organización Internacional de Normalización
MDHS	Método para la Determinación de Sustancias peligrosas
OSHA	"Occupational Safety and Health Administration"
RMS	Aceleración Eficaz

RESUMEN

El objetivo fundamental del estudio es determinar si las vibraciones producidas por maquinas portátiles, constituyen un factor de riesgo laboral en la salud de los trabajadores en la unidad de producción Minera Ares; lo que permitirá establecer políticas de seguridad por parte de las autoridades y directivos de la empresa y/o de entes gubernamentales, para mejorar la calidad de la salud laboral de los trabajadores expuesto a vibraciones y ruidos producidos por maquinas portátiles. Así mismo, aplicar medidas preventivas a partir de la concepción de los puestos de trabajo.

El proyecto de investigación busca demostrar riesgos y generar el interés para establecer controles en las actividades dentro del rubro minero, enfocadas a la seguridad del hombre-máquina en la unidad minera Ares S.A.C.; aportará información útil complementando los vacíos que aún persisten en el conocimiento y la prevención de las vibraciones como riesgo laboral, en la normatividad vigente del Ministerio de Energía y Minas.

“ABSTRACT”

The main objective of this study is determine whether the vibrations produced by portable machines, constitute a risk factor work in the health of workers in the production unit Ares Mining; is justifiable and has absolute importance because it will set security policies from the authorities and directors of the company and / or government agencies, to improve the quality of occupational health of workers exposed to vibration and noise produced by portable machines. As well, apply preventive measures from the conception of the employment jobs.

The research project seeks to demonstrate risk and generate interest to establish controls in the activities within the mining industry focused on the safety of human-machine in the mining unit ARES S.A.C. This will provide useful information complementing the gaps that still persist in the knowledge and the vibration prevention as occupational hazard, in the current regulations of the Ministry of Energy and Mine.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En un esfuerzo por mejorar la dinámica de detección, evaluación y prevención de este factor de riesgo laboral, se procede a presentar la revisión de los conceptos desde el enfoque técnico de la ingeniería y también médico, que permitan impulsar una mayor aplicabilidad y desarrollo de los programas de seguridad y salud en el trabajo al personal ocupacionalmente expuesto a vibraciones.

La investigación ha sido desarrollada teniendo en cuenta en el primer capítulo, la problemática que acarrea el trabajo con máquinas portátiles y el efecto producido al trabajador por las vibraciones ocasionando un factor de riesgo a la salud de los trabajadores, estableciéndose los objetivos del estudio, justificación y planteándose las hipótesis correspondientes. Asimismo, se hace una descripción resumida del lugar del estudio, hasta describir el ciclo de operaciones mineras.

El capítulo II, corresponde al marco teórico, que comprende los antecedentes relacionados a la problemática de estudio y descripción de la investigación bibliográfica realizada, para entender e interpretar el bagaje de conocimientos existentes sobre el tema a tratar y la normatividad legal nacional e internacional que establece los estándares y niveles permisibles.

La parte experimental es expuesta en el capítulo III, indicándose el lugar de ejecución de la toma de datos, métodos, estrategias de muestreo y equipos de medida utilizados en el campo, para el procesamiento de la información y obtener los resultados.

El capítulo IV, trata sobre los resultados de la investigación de los niveles vibracionales en las distintas áreas de muestreo, para finalmente establecer las conclusiones y dar las recomendaciones sobre el factor de riesgo laboral en el trabajador durante el desempeño de la operación minera.

1.1. Problemática

En el mundo moderno cada vez más mecanizado, crece incesantemente el número de personas que se ven expuestas a todo tipo de manifestaciones energéticas, no siempre controladas ni inocuas.

Uno de estos factores de riesgo de naturaleza física es la energía mecánica oscilatoria, que en el caso particular de que se transmita hacia los segmentos superiores del cuerpo humano, generan riesgo por vibraciones de tipo mano-brazo.

Los trabajadores expuestos a vibraciones causadas por maquinarias que son necesarias para desempeñar sus tareas, reciben vibraciones que se transmiten al cuerpo del trabajador a través del subsistema mano-brazo como también al cuerpo completo, que con el tiempo afecta la salud de las personas; por lo tanto, merece conocer y evaluar el estado de este colectivo, midiendo su exposición a las vibraciones y comparando los resultados obtenidos frente a los riesgos derivados.

Estudiando las vibraciones transmitidas a través de la mano-brazo, observamos que durante cortos espacios de tiempo de exposición, el trabajador sufre efectos y más aún, estos se incrementan, si no es obligatorio el uso de protectores operando los martillos percutores.

En el trabajo con máquinas manuales, el personal es sometido a vibraciones, pueden exponer las extremidades superiores a niveles susceptibles de causar daños de diversa naturaleza a corto, medio o largo plazo.

Además, es de considerarse que hay una importante transmisión de la vibración a otras partes del cuerpo por lo que los efectos adversos motivados por los movimientos no solo se restringen a una pequeña área en contacto, sino también al cuerpo entero.

Adicionalmente, las exposiciones a vibraciones suelen ir acompañadas de importantes niveles de ruido que pueden dañar la capacidad auditiva, por lo que actualmente se viene investigando en instituciones empresariales, instituciones de salud y universidades del mundo, a personas expuestas a estos efectos, especialmente en zonas de trabajos mineros, a fin de minimizarlos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Determinar si las vibraciones producidas por máquinas portátiles, constituyen un factor de riesgo laboral en la salud de los trabajadores en la Unidad de Producción Minera Ares S.A.C.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Comprobar que la energía mecánica oscilante de equipos portátiles a percusión constituyen un factor de riesgo laboral.
- Determinar los niveles de intensidad de vibraciones y ruidos de máquinas portátiles que afectan la salud, en trabajos de operaciones mineras.
- Verificar que las vibraciones de tipo mano-brazo y cuerpo completo, afectan la integridad física del trabajador en un tiempo determinado de exposición.
- Conocer los efectos de las exposiciones vibrantes de corta, media y larga exposición y su grado de nocividad a la salud del personal minero de Ares.
- Determinar el enfoque técnico de ingeniería y médico sobre vibraciones que fueron considerados en la normatividad de seguridad y salud ocupacional del Ministerio de Energía y Minas.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio es justificable y tiene absoluta importancia porque permitirá establecer políticas de seguridad por parte de las autoridades y directivos de la empresa y/o de entes gubernamentales, para mejorar la calidad de la salud

laboral de los trabajadores expuesto a vibraciones y ruidos producidos por maquinas portátiles. Así mismo, aplicar medidas preventivas a partir de la concepción de los puestos de trabajo.

Esta investigación contribuirá, asimismo, a la búsqueda del equilibrio entre los objetivos ambientales, económicos y sociales, con los intereses de los empresarios y directivos de la Empresa Minera Ares S.A.

Desde el punto de vista de interés personal, permite obtener el título profesional de ingeniero de minas y con la grata satisfacción de hacer un pequeño aporte al conocimiento científico, por ser un tema poco estudiado a nivel mundial.

1.4. HIPOTESIS

1.4.1. HIPOTESIS GENERAL

Si las vibraciones producidas por máquinas portátiles constituyen un factor de riesgo laboral entonces, se incrementarán medidas preventivas para minimizar el deterioro de la salud de los trabajadores mineros en la Unidad de Producción Minera Ares.

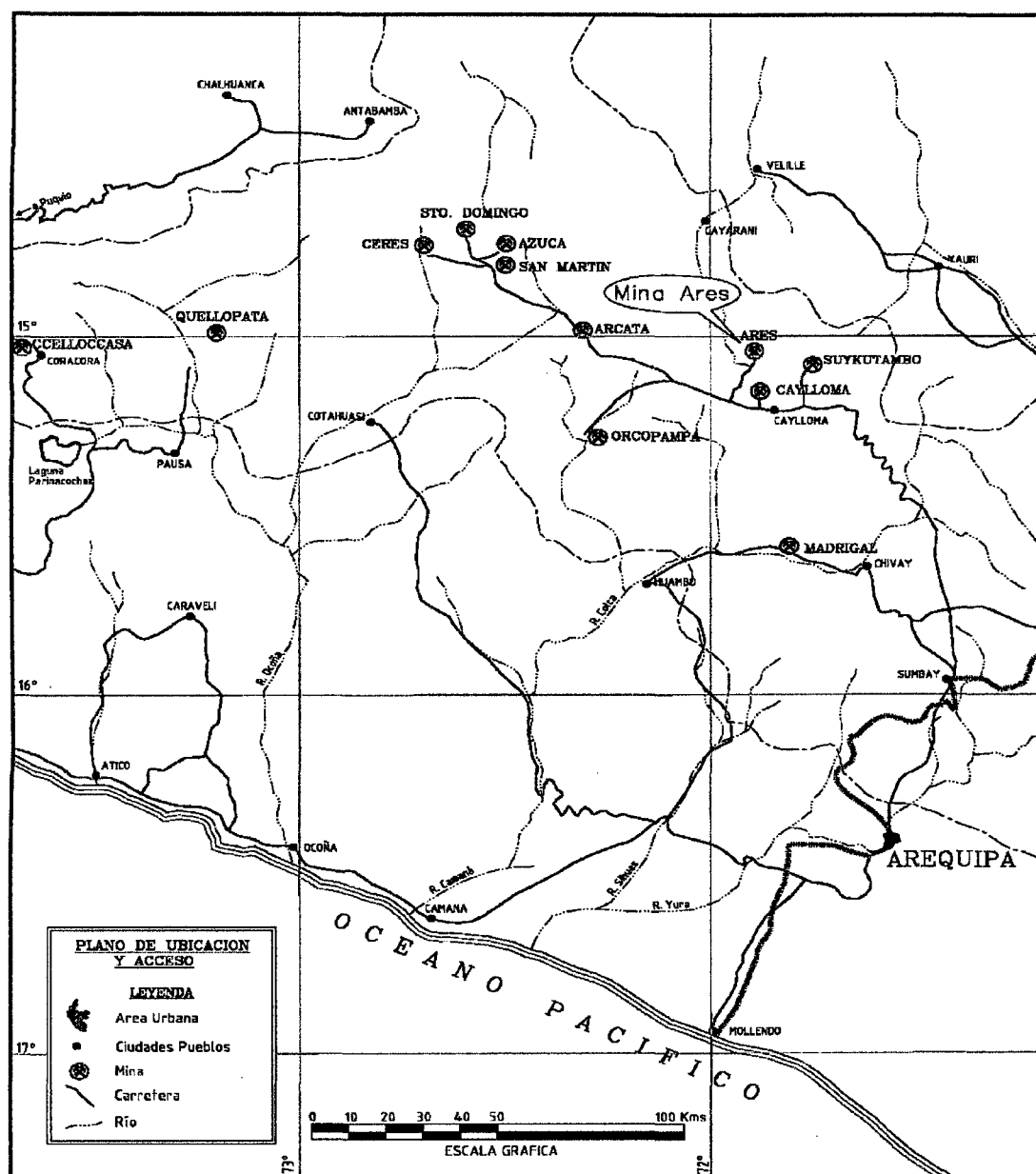
1.4.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS

- Comprobado que la energía mecánica oscilante de equipos portátiles a percusión constituye un factor de riesgo laboral, en las operaciones mineras se implementarán, equipos de seguridad adecuados.

- Si se cuantifica altos niveles de intensidad de vibraciones y ruidos de máquina portátiles entonces, se aplicarán medidas técnicas operacionales de control en las labores de minado en la U.P. Ares.
- Comprobado que las vibraciones de tipo mano-brazo y cuerpo completo, afectan la integridad física del trabajador en U.P. Ares, se controlarán los tiempos de exposición de los trabajadores.
- Si los efectos de exposiciones vibrantes de corta, media y larga exposición son nocivos al personal minero en la U.P. Ares, entonces se solicitará a las empresas abastecedoras providenciar equipos portátiles de mínima intensidad mecánica vibratoria.
- Determinado con enfoque técnico de ingeniería y médico, las consecuencias de las vibraciones en el personal de la U.P. Ares, se planteará al Ministerio de Energía y Minas, mayor rigurosidad a la normatividad de seguridad y salud ocupacional.

1.5. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PROYECTO MINERO

La mina Ares, de la Compañía Minera Ares S.A.C., se encuentra ubicada en el paraje de Cajchaya que pertenece al anexo de Viscacuto, distrito de Orcopampa, provincia de Castilla del departamento de Arequipa, a 4,975 msnm. Aproximadamente en las coordenadas UTM N 8 336 000 y E 850 000. Ver mapa de ubicación.



Fuente Elaboración Propia.:

1.6. ACCESIBILIDAD

El acceso al proyecto minero desde la ciudad de Lima se realiza a través de la carretera Panamericana Sur hasta la ciudad de Arequipa (Km 1+30) (14 horas) o vía aérea de Lima a Arequipa (1.10 horas); desde Arequipa a las instalaciones de la U.P

Ares, el acceso se realiza por vía terrestre, mediante trocha carroable, en el tiempo de aproximadamente 15 horas de viaje en camioneta. Ver cuadro No 1.1

CUADRO 1.1.- Rutas de acceso a la U.P. Ares

TRAMO	DISTANCIA (km)	TIEMPO (hr)	TIPO DE VÍA
Lima - Arequipa	1009	01:10	Aérea
Arequipa - Orcopampa	370	10:00	Trocha
Orcopampa-Ares	255	05:00	Trocha
TOTAL	1634	16:10	

Fuente: Elaboración Propia

1.7. CLIMA

El clima en la U.P. Ares, presenta una serie de fenómenos de tipo local producida principalmente por el ascenso forzado de grandes masas de aire de la Cordillera de los Andes, dando lugar a su enfriamiento, produciendo precipitaciones significativas siempre y cuando exista la disponibilidad de vapor de agua. Cabe mencionar que las condiciones estacionales son bastante definidas, existiendo periodos con disponibilidad de vapor de agua que determinan lluvias significativas y periodos con escasa precipitación al estar ausente este fenómeno; también, se asocia con otros parámetros meteorológicos como son la velocidad y dirección del viento temperatura, radiación solar evaporación, hace posible condiciones climáticas homogéneas en el área de estudio, existiendo ligeras variaciones entre puntos relativamente cercanos por aspectos orográficos a menor escala. A escala sinóptica son múltiples los factores que tienen influencia en el departamento de Arequipa en especial en el área, destacando:

- Los Frentes Extratropicales

- La Oscilación del Sur (Fenómeno del Niño-La Niña)

Temperatura

La temperatura máxima media mensual, se registra el mes de Octubre con 9.5°C y la menor se registra en el mes de Julio con 6.8 °C. En cuanto a la temperatura mínima media mensual la mayor se presenta en los meses de Enero a Marzo con - 4.8°C y la menor es registrada el mes de Junio con -12.6°C

Precipitación

Se registra una mayor Precipitación total mensual en el mes de Febrero con 223.2 mm y una menor que ocurre en el mes de Junio con 6,2 mm lo cual obedece a la curva ideal en las cumbres alto andinas que se ubican en la altitud de la estación meteorológica.

En cuanto a la mayor precipitación máxima producida en 24 horas ocurre también en el mes de Febrero con 34.7 mm y en menor cuantía en el mes de Junio con 4.6 mm.

Humedad Relativa

Se registra una mayor Humedad relativa el mes de Enero con 63.2% mientras que la menor se registra el mes de Agosto con 56%.

Aire

Los vientos provienen del SSE y SE en las mañanas, SO en las tardes y SO y SE en las noches; las velocidades son menores en la madrugada e incrementandose a partir de las 11 horas hasta la tarde con velocidades de 4 m/s a 10 m/s, pudiendo alcanzar hasta 18 m/s.

1.8. VEGETACIÓN

Se han identificado tres formaciones vegetales (ecosistemas) que responden a la interacción de varios factores como la topografía, suelo, clima, disponibilidad de agua: Pajonal de Puna, Roquedal y Humedal.

La vegetación tipo pajonal está conformada principalmente por poáceas o gramíneas rígidas de cobertura variable y es la de mayor extensión en el área.

La vegetación de roquedal está caracterizada por una presencia mixta de hierbas y arbustos que ocupan zonas de afloramientos rocosos generalmente de pendientes fuertes, dominada por la *Stipa ichu* y "*Tetraglochin strictum*" como subdominante, la cobertura aproximada de esta zona es de 30%. También existen especies como líquenes y cactáceas, tales como "*Echinopsis pentlandii*" y "*Tephrocactus cf. multiareolatus*". Las especies de flora silvestre protegidas por la ley peruana se presentan en la Decreto Supremo N° 044-2006-AG entre ellas está la "*Azorella diapiensoides*" y "*Parastrephia lepidophylla*" (especies vulnerables), "*Buddleja coriacea*" (Colle) y "*Polylepis incana*" (Queñua, Quinual) en áreas cercanas a la U.E.A, que son especies de la categoría (CR) es decir en peligro crítico.

1.9. FAUNA

Las zonas se caracterizan por la distribución muy dispersa de las especies de fauna silvestre. Se reportaron un total de 49 especies de vertebrados en los que se incluyen 41 especies de aves, 2 de reptiles, 2 de anfibios, 1 de peces y 3 de mamíferos. En términos taxonómicos, la clase más representada de los vertebrados evaluados es la de las aves con un 84% de especies, seguida de los mamíferos con un

6% de especies, mientras que los reptiles y anfibios estuvieron representados por un 4% de especies y los peces con un 2%. El área de la mina no pertenece a ningún área de endemismo de aves (según Birdlife International, 1998) y/o a ningún área natural protegida por el Estado (INRENA, 1997).

1.10. GEOLOGÍA REGIONAL

La geología regional se encuentra caracterizada por la presencia de diferentes unidades litológicas de tipo sedimentario, ígneo y metamórfico, comprendidas desde el Terciario hasta el Cuaternario reciente. Las unidades estratigráficas que afloran en la región son: Formación Orcopampa (TM-or), Formación Alpabamba (Tm-al), Grupo Barroso (TQp-ba), Depósitos Cuaternarios pleistocénicos (Qp-g-r) y Depósitos aluviales recientes (Q-al).

Geomorfológicamente la mina Ares se encuentra ubicada en la parte alta de la cuenca del Colca – Majes – Camaná, emplazada en un valle de origen glacial desarrollado principalmente sobre rocas volcánicas, con cotas promedio de 5 000 m.s.n.m, presenta un relieve colinoso semiaccidentado, modelado por la erosión glacial, además existen depósitos morrénicos muy potentes y recubrimientos extensos por depósitos fluvioglaciares finos. Se pueden diferenciar tres unidades geomorfológicas: Casquetes, Conos volcánicos y Lomas y altas cumbres.

1.11. GEOLOGÍA LOCAL

Las rocas encajonantes conformadas por tobas volcánicas, riocitas-riolitas caolinizadas, todas fuertemente alteradas, tienen una clasificación que va de roca mala a muy mala, con el agravante de presencia de aguas subterráneas

que contribuye a la mayor desestabilización de la excavación (RQD 20% a 25%). Las alteraciones hidrotermales son las más importantes y han afectado en mayor grado a la roca encajonante. Estas ocurrieron durante la precipitación de las soluciones mineralizantes, fácilmente reconocidas en las proximidades de las vetas.

1.12. MINERALOGÍA

La mina Ares se clasifica como un yacimiento de baja sulfuración (cuarzo – adularia) tipo bonanza, la mineralización se presenta en vetas asociadas a centros volcánicos (Huajrahuiri, Cajchaya y otros menores). La veta Victoria es la estructura mayor y principal del yacimiento. Es reconocida en una longitud horizontal de 1200 m, en la proyección vertical se tiene 250 m de reconocimiento

La Veta Victoria tiene un rumbo general de N 50° E, buzamiento entre 65° a 80°, la potencia varia de 0,50 m a 6,00 m. Los metales preciosos son de aspecto microscópico asociados a bandas de cuarzo gris, cuarzo lechoso, cuarzo limonitizado, cuarzo masivo y cuarzo sacaroide, con presencia de óxidos.

1.13. RESERVAS MINERALES

Las Reservas de Mineral en la Actualidad son: 3'937,679 TM, con 15.01 Ag (Onz/Tn) de Reservas Probadas y 12.19 Ag(Onz/Tn) de Reservas Probables.

1.14. OPERACIONES MINERAS

El método de minado aplicado en la explotación minera en la U.P. Ares es el de corte y relleno ascendente con unidades sin rieles (corte y relleno ascendente

mecanizado). El acceso se realiza mediante una rampa central de gradiente nominal negativa de 12%. Existen tres niveles distanciados a intervalos de 50 m verticales, denominados niveles 4875, 4825 y 4775. El nivel 4875 comprende una galería principal de 1,040 m de largo y el nivel 4825 una galería de 600 m de largo, ambos niveles están comunicados por varias chimeneas que salen hasta la superficie. Las chimeneas de servicio son ejecutadas cada 120 m, mediante un corte transversal de la rampa a la veta, para proporcionar el acceso a los tajos, ventilación, tuberías de agua y aire, y cables eléctricos. En este corte transversal también están ubicados los buzones para la extracción del mineral con pistones hidráulicos.

En la unidad minera Ares, existe una sola rampa o bocamina Victoria; ubicada en las coordenadas UTM 8 336 451 N; 0804287 E, elevación 4,930 msnm, no drena agua, está enclavada en roca volcánica, andesítica de textura afanítica, de grano medio, color gris verdoso medianamente alterado.

Las chimeneas de servicio son ejecutadas cada 120 m, mediante un corte transversal de la rampa a la veta, para proporcionar el acceso a los tajos, ventilación, tuberías de agua y aire, y cables eléctricos. En este corte transversal también están ubicados los buzones para la extracción del mineral con pistones hidráulicos. El sistema de las labores subterráneas consta de 28 chimeneas las que son utilizadas principalmente para el ingreso exclusivo de relleno hacia las cavidades interiores, comunicando algunas con varios niveles y subniveles.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel internacional, se ha encontrado que en la Universidad de Southampton existen estudios compartidos de la Unión Europea, cuyo desarrollo y reportes de resultados están en su página: www.human-vibration.com; entre ellos, en el campo de las vibraciones mano-brazo, destacan el denominado “Vibrisks”.

El “National Institute for Working Life” (NIWL), de Suecia, ha elaborado y mantiene actualizada una base de datos sobre los niveles de vibración medidos en diversas máquinas de uso manual. Un inconveniente de esta base de datos es que la

mayoría de los resultados corresponden a valores declarados por los fabricantes, o son valores obtenidos en condiciones de laboratorio. A nivel nacional, no se ha podido encontrar trabajos sobre el tema de investigación.

2.2. REFERENCIAS LEGALES

Para la investigación se ha tomado las siguientes referencias legales como sustento:

- Constitución política del Perú, capítulo I “Derechos Fundamentales de la Persona”, artículo N°7.
- Reglamento de Seguridad y Salud del Trabajo (D.S N° 009-2005-TR)
- Modificatoria del Reglamento de Seguridad y Salud del Trabajo (D.S N°007-2007-TR)
- Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico (RM N° 375-2008-TR).
- Reglamento de Higiene y Seguridad Minera (D.S N° 055 -2010– EM):

TITULO TRES: gestión de la seguridad y salud ocupacional.

CAPITULO NUEVE: Salud ocupacional.

SUBCAPÍTULO DOS: Agentes Físicos.

2.3. ESTÁNDARES INTERNACIONALES

- Norma Europea EN 689: Evaluación de Agentes Químicos Contaminantes.

- NIOSH National Institute Occupational Safety and Health: Métodos, Procedimiento de Análisis y Niveles Permisibles del Instituto Nacional de Seguridad y salud Ocupacional).
- OSHA Occupational Safety and Health Administration: Niveles Permisibles para la Salud, propuestos por el Departamento encargado de la Administración de la Seguridad y Salud Ocupacional.
- ANSI S12.19-2006 Measurement of Occupational Noise Exposure: Estándar internacional, propone y recomienda lineamientos generales de cómo desarrollar la medición de la exposición al ruido ocupacional.

2.4. VIBRACIÓN

Comprende toda vibración transmitida al organismo humano por estructuras sólidas que sea nociva para la salud o entrañe cualquier otro tipo de peligro.

2.4.1 VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL SUBSISTEMA MANO – BRAZO

Aquellas que transmiten su energía al cuerpo humano a través del subsistema mano brazo cuyo origen hay que buscar, por regla general, en las herramientas portátiles (taladros, martillos neumáticos, desbrozadoras, pulidoras, etc.)

Es la vibración mecánica que, cuando trasmite al subsistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosas o musculares.

2.4.2. VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO ENTERO

La vibración mecánica cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

2.4.3. VALORES LIMITES DE EXPOSICIÓN Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN.

2.4.3.1. PARA LA VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL SUBSISTEMA MANO-BRAZO.

En el DS – 055-2010-EM, considera la transmisión al sub sistema mano-brazo en el Artículo 102, que se detalla:

Artículo 102°.- Para el caso de exposición de los trabajadores a vibraciones se debe cumplir con los valores que se indican a continuación:

a) Para Exposición a Vibración en Cuerpo Completo: el valor máximo de la aceleración en 8 horas será de 5m/s^2 .

b) El valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas para la exposición a vibración en mano-brazo que da lugar a una acción se fija en 2.5m/s^2 .

c) Para exposición a vibración en mano-brazo:

CUADRO N° 2.1.- Tiempo de exposición y valores de aceleración.

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

Extracto de: D.S.N°009-2005-TR, D.S. N° 007-2007-TR, RM N°375-2008-TR. DS Y D.S N° 055-2010 EM,

El titular minero, con la finalidad de tomar medidas correctivas, debe realizar mediciones de vibración con ponderaciones adecuadas para el tipo de labor siguiendo la Guía N°3, para el monitoreo de vibración. El presente estándar será auditable a partir de los tres (03) años y fiscalizable a partir de los (05) cinco años de vigencia del presente reglamento.

2.4.3.2. PARA LA VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL CUERPO ENTERO.

- a) El valor límite de exposición diario normalización para un periodo de referencia de 8 horas se fija en 1,15 m/s².

Guía N° 3: monitoreo de vibración DS-055-2010-EM

- b) El valor de exposición diaria normalizado para un periodo de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.

2.5. EXPOSICIÓN PROFESIONAL A VIBRACIONES MANO – BRAZO

De los dos tipos de vibraciones que se distinguen en la exposición laboral, las de tipo mano – brazo son aquellas que se transmiten a través de los miembros superiores de los trabajadores. Este tipo de exposición se produce en el manejo de máquinas portátiles, así como durante la manipulación de piezas en mecanización y de elementos vibrantes, tales como maquinarias – herramientas portátiles.

Según Gimbert, los efectos sobre el organismo de estos movimientos vibratorios no son obligatoriamente nocivos y no tenemos sistemáticamente conciencia de ellos.

Investigadores de todo el mundo están intentando encontrar respuestas a las amplias y múltiples cuestiones relacionadas con los efectos de las vibraciones de máquinas – herramientas portátiles sobre el organismo humano y los límites a los cuales estos efectos pueden ser peligrosos para la salud. (Christ E. 1998).

La reacción humana frente a las vibraciones varía notablemente según sea la frecuencia de estas. Para tratar de reflejar los efectos diferenciales que pueden causar las distintas frecuencias de una vibración, es necesario aplicar una función que pondere apropiadamente las mediciones. La ponderación frecuencia refleja la distinta dimensión con que las vibraciones causan el efecto indeseado a cada frecuencia.

Las exposiciones profesionales a vibraciones mano – brazo están muy extendidas a través de diferentes sectores productivos y en procesos industriales muy

concretos. Resulta muy difícil precisar con exactitud la cantidad de trabajadores afectados por este riesgo; no obstante, se puede estimar en varios millones de personas con algún tipo de lesión ocasionada por exposición a vibraciones mano – brazo.

El problema es más grave cuanto mayor y más intensivo sea el uso de máquinas manuales, de aquí que sea necesario prestar especial atención tanto a aquellas actividades en las que el empleo de maquinaria portátil sea generalizado, como a las que utilicen, aunque sea de manera esporádica, equipos susceptibles de generar los niveles vibracionales más elevados, los cuales causan una reducción del flujo sanguíneo a los sectores expuestos, produciendo un fenómeno de Raynaud o “dedo blanco de vibración”. También puede inferir con la retroalimentación sensorial, llevando a ejercer una fuerza de agarre excesiva para sostener la herramienta.

2.6. BIODINÁMICA Y EFECTOS DE LAS VIBRACIONES MANO – BRAZO.

Se ha comprobado experimentalmente un complejo comportamiento mecánico de las extremidades superiores del cuerpo humano, debido a que la impedancia del sistema formado por la mano y el brazo presenta marcadas variaciones en función de los cambios de amplitud de vibración, frecuencia y dirección, fuerzas aplicadas, y orientación de la mano y el brazo con respecto al eje del estímulo.

En la impedancia influye también la constitución corporal y las diferencias estructurales de las diversas partes de la extremidad superior. En General, a mayores niveles de vibración y a mayores presiones de agarre de la mano, mayor impedancia.

Algunas comprobaciones biomecánicas han mostrado que las vibraciones de frecuencia por debajo de 50 Hz se transmiten con poca atenuación a lo largo de la mano y el antebrazo. La atenuación en el codo depende de la postura del brazo, pues la transmisión tiende a disminuir a medida que aumenta el ángulo de flexión en el codo.

Se ha encontrado en la literatura que por encima de 50 Hz la transmisibilidad disminuye progresivamente, y al superar los 150 a 200 Hz la mayor parte de la energía de la vibración se disipa en los tejidos de la mano y los dedos.

Según Bovenzi (2006), de las medidas de transmisibilidad se infiere que en la región de alta frecuencia, las vibraciones pueden ser responsables de daños a las estructuras blandas de los dedos y manos, mientras que las vibraciones de baja frecuencia y gran amplitud podrían estar relacionadas con lesiones de muñeca, codo y hombro.

Prácticamente todos los autores están de acuerdo en que cabe suponer que los efectos adversos de la exposición a las vibraciones están relacionadas con la energía disipada en las extremidades superiores.

La absorción de energía dependen en gran medida de factores que afectan al acoplamiento del subsistema dedos – mano a la fuente de vibraciones. Variaciones de la presión de agarre, fuerza elástica y postura, modifican la respuesta dinámica del dedo, la mano y el brazo y, por consiguiente, la cantidad de energía transmitida y absorbida.

A menudo se cita el “Síndrome de Vibración” para denominar al conjunto de signos y síntomas, a veces inespecíficos, que presentan las personas expuestas a vibraciones mano – brazo. En tal sentido, entre las distintas clasificaciones de los efectos adversos razonablemente probados sobre la salud, destaca por ser la más completa la recogida por Bovenzi (2006).

2.6.1.- Efectos Agudos:

- **Malestar Subjetivo:** De sensibilización de los mecano receptores del tejido cutáneo, sensaciones desagradables inespecíficas, dolor.
- **Perturbación de la Actividad:** Aumento temporal de los umbrales vibro táctiles, deterioro agudo de la sensibilidad, reducción de la percepción sensorial y pérdida de destreza de manipulación.

2.6.2. Efectos No Vasculares:

- **Esqueléticos:** Aunque existe controversia al respecto, parece que la exposición a vibraciones es al menos coadyuvante de patologías tales como: dolor localizado, hinchazón, rigidez, deformidades articulares, tendinitis, tenosinovitis, enfermedad de Kienbock, artrosis de codo y otras.
- **Neurológicos:** Hormigueo y adormecimiento de dedos y manos, de sensibilización y atrofia de los receptores táctiles del tejido dérmico, síndrome del túnel carpiano fibrosis y pérdida de fibra nerviosa.
- **Musculares:** Debilidad muscular, dolor en las manos y los brazos, disminución de la fuerza de agarre, contractura de Dupuytren.

2.6.3. Efectos Vasculares:

- **Fenómeno de Raynaud:** También denominado síndrome del dedo blanco, o dedo blanco inducido por vibraciones.

Además de los anteriores, se han detectado otros trastornos en trabajadores expuestos a vibraciones mano – brazo y que pudieran estar relacionados con esas exposiciones.

Algunos estudios indican que los trabajadores afectados por el fenómeno de Raynaud presentan una pérdida de audición mayor de lo esperado en función del envejecimiento y de la exposición al ruido por el uso de herramientas vibrantes.

También el cuadro clínico denominado “Enfermedad de las vibraciones”, incluye a menudo signos y síntomas relacionados con la disfunción de los centros autónomos del cerebro.

No obstante, se trata de hallazgos que han de interpretarse con cautela; hacen falta más trabajos de investigación epidemiológica y clínica, cuidadosamente diseñados, para confirmar la hipótesis de una asociación entre trastornos del sistema nervioso central y la exposición a vibraciones transmitidas a las manos.

2.7. MEDICIÓN DE LAS VIBRACIONES MANO – BRAZO.

La evaluación de la vibración transmitida al sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de la exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 8 horas, $A(8)$, expresado como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales $a(hwx)$, $a(hwy)$, $a(hwz)$, tal como se define en la **norma ISO 5349-1:2001**.

El intervalo de frecuencias de interés para la valoración de las vibraciones que se transmiten a través del sistema mano – brazo es el acotado entre 6.3 Hz y 1250Hz. Aunque se cree que el uso de la aceleración eficaz (rms) infravalora la intensidad de aquellas exposiciones que contiene choques o que son marcadamente intermitentes, en la actualidad el método general de evaluación utiliza esos valores eficaces, conjuntamente con los tiempos de exposición a cada uno de esos valores eficaces y equivalentes. Merece indicar que el valor eficaz, es un nivel continuo equivalente a la vibración.

El cálculo de la exposición diaria equivalente para un periodo normalizado de 8 horas, que es el que se debe determinar para poder compararlo con los límites establecidos en la normativa internacional, se obtiene mediante la expresión:

$$A(8) = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (1)$$

Dónde:

a_{hv} : es el valor total de la aceleración eficaz, ponderada en frecuencia.

T : es la duración, en horas, de la exposición diaria.

T_0 : es el periodo de referencia normalizado de 8 h.

Si durante la jornada laboral el trabajador está en contacto con más de una fuente de vibraciones, la exposición diaria equivalente $A(8)$ se calcula de la siguiente manera:

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

Dónde:

ahvi: es el valor de la aceleración eficaz ponderada debido a la fuente i.

n: es el número de fuentes de vibración a las que está expuesto.

Ti: es la duración, en horas, de la exposición a la fuente i.

T₀: es el periodo de referencia normalizado de 8 h.

La separación de tareas que supongan exposición a diferentes fuentes de vibración, así como la determinación de los periodos de las distintas exposiciones, pueden resultar complicadas. De la correcta estimación de ambos aspectos, dependerá en buena parte la bondad de la posterior evaluación del puesto que se esté valorando.

Los valores eficaces de aceleración que se emplean en los cálculos anteriores, no siempre será posible ni recomendable estimarlos a partir de datos obtenidos por procedimientos distintos al del muestreo; por tanto se resumen a continuación los principales aspectos de la medición de las vibraciones mano – brazo.

La captación de las vibraciones debe hacerse en el punto más próximo posible a donde se produce la transmisión de la energía vibratoria hacia el subsistema mano – brazo del trabajador, situando convenientemente un acelerómetro, que es el transductor electromecánico que proporciona una señal eléctrica proporcional a la intensidad de la vibración que se pretende medir. No siempre resulta sencillo determinar el mejor punto, ni la mejor técnica para la fijación de los transductores.

Los acelerómetros deben orientarse respecto a un sistema de coordenadas ortogonales, siendo los ejes basicentricos (fig. 2.1) que sitúan su origen en la superficie de la mano que entra en contacto con el área vibrante, los preferentemente utilizados en este caso. Las medidas han de tomarse, simultáneamente o secuencialmente, sobre cada uno de los tres ejes de la referencia.

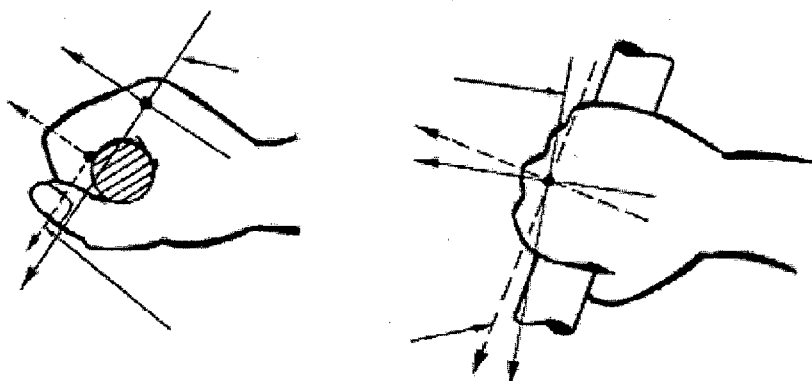


Figura. 2.1.- Ejes basicéntricos de la mano.

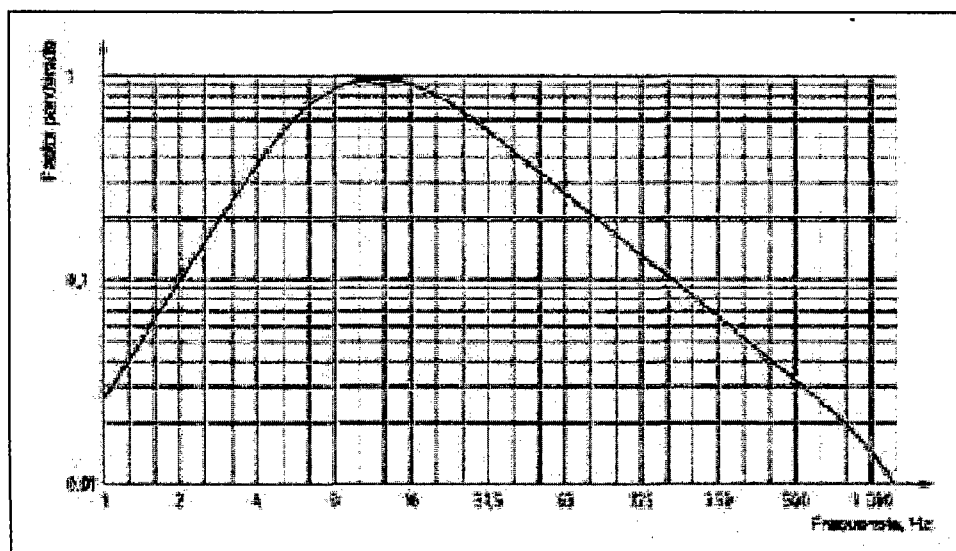
Extracto: Norma UNE – EN – ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1

La señal que proporciona el acelerómetro, ha de pasar por una combinación de filtros limitadores de banda y de ponderación. Para las señales provenientes de vibraciones de tipo mano – brazo, se aplica la misma función de ponderación a los tres ejes. Finalmente, las señales filtradas entran en un proceso de promedio – integración del que se obtienen los valores eficaces ponderados para cada eje, previo a su registro y presentación.

Al conjunto formado por el acelerómetro, el filtro y el dispositivo de integración y visualización se le conoce como vibrómetro. Es frecuente encontrar sistemas que integran en un solo modulo toda la cadena de medición, y que

simplemente deben de ser conectados mediante un cable al correspondiente acelerómetro.

GRAFICO N° 2.1.- Función de ponderación para vibraciones mano – brazo.



Extracto: Norma UNE – EN – ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1, DS 055-2010 EM

El valor total de la vibración o vector suma, se calcula a partir de las aceleraciones eficaces de los tres ejes utilizando la siguiente relación:

$$a_{hv} = \sqrt{a^2_{hw_x} + a^2_{hw_y} + a^2_{hw_z}} \quad (3)$$

Donde:

a_{hv} : es el valor total de la aceleración eficaz ponderada.

$a^2_{hw_x}$, $a^2_{hw_y}$, $a^2_{hw_z}$: son las aceleraciones rms ponderadas en los ejes x, y, z.

Cuando se dispone de varias medidas para cada eje, obtenidas con distintos periodos de muestreo, es preciso calcular un valor rms de cada eje antes de aplicar la expresión anterior. Así, para el eje X, se tiene:

$$a_{hwx} = \sqrt{\frac{1}{T_x} \sum_{i=1}^n a_{hwx i}^2 \cdot T_{xi}} \quad (4)$$

Donde:

$a_{hwx i}$: es el valor rms (aceleración efectiva) ponderado de la medida i sobre el eje X.

T_{xi} : es el periodo de muestreo de la medida i sobre el eje X.

T_x : es el tiempo total de muestreo sobre el eje X.

N : es el número de medidas en el eje X.

Para los ejes Y, Z se utilizan expresiones análogas.

En aquellos casos particulares donde solo sea posible hacer la medida en un solo eje, siempre que dicho eje sea el principal de vibración de la maquina se utilizaría la siguiente expresión para obtener el valor total de aceleración eficaz (a_{hv}):

$$a_{hv} = C \cdot a_{hv.medido} \quad (5)$$

Donde “c” es un coeficiente propio de cada tipo de máquina, que está comprendido entre 1,0 para máquinas con un eje altamente dominante y 1,7 para máquinas sin eje dominante.

La norma de referencia para la medición y valoración de la exposición profesional a vibraciones mano-brazo, que contempla todo lo anteriormente resumido y que se ha seguido en el desarrollo de este trabajo, es la UNE-EN ISO 5349 (2002).

Este proyecto de investigación se ha encaminado a la obtención de valores característicos de aceleración eficaz ponderada tal como se muestran en las figuras del Capítulo IV, tanto por eje como total, para las diferentes máquinas muestreadas, sin entrar a valorar exposiciones que requerirían una estimación de tiempos.

2.8. FUNDAMENTOS TÉCNICOS

2.8.1. DESCRIPCIÓN DE AGENTES Y SUS EFECTOS EN LA SALUD

CUADRO N° 2.2.- Principales agentes físicos y sus efectos en la salud

Agentes Físicos		
Agente	Descripción	Efectos a la Salud
Vibración	Las vibraciones se definen como el movimiento oscilante que hace una partícula alrededor de un punto fijo. Este movimiento, puede ser regular en dirección, frecuencia y/o intensidad, o bien aleatorio, que es lo más común. La exposición a vibraciones se produce cuando se transmite a alguna parte del cuerpo el movimiento oscilante de una estructura, ya sea el suelo, una empuñadura o un asiento. Dependiendo de la frecuencia del movimiento oscilatorio y de su intensidad, la vibración puede causar sensaciones muy	El tipo de efecto que ocasionan las vibraciones sobre la salud es muy diverso y va desde trastornos vasculares y nerviosos, hasta lesiones en los huesos y articulaciones. En este informe nos centraremos en los efectos producidos por vibraciones generadas por herramientas manuales, maquinas perforadoras y vehículos pesados en el sistema mano-brazo, cuya gravedad depende de la intensidad, el tiempo de exposición y la dirección del movimiento vibratorio respecto al cuerpo. Las alteraciones fisiológicas son las típicas de una “Respuesta de sobresalto”, por ejemplo: El aumento de la frecuencia cardiaca, que se normalizan rápidamente con la exposición continuada, mientras que otras reuniones continúan o se desarrollan de una manera

	diversas que van desde el simple discomfort hasta alteraciones graves de la salud.	gradual. Las alteraciones fisiológicas son frecuentemente menos sensibles que las reuniones psicológicas, por ejemplo: El malestar. En las alteraciones neuromusculares las vibraciones de cuerpo completo producen un movimiento artificial pasivo del cuerpo humano, condición que difiere esencialmente de las vibraciones autoinducidas por la locomoción. La ausencia de control de información durante las vibraciones de cuerpo completo es la alteración más clara de la función fisiológica normal del sistema neuromuscular. Los reflejos de los tendones pueden disminuir o desaparecer temporalmente durante la exposición a las vibraciones de cuerpo completo a frecuencias superiores a 10 Hz. Las pequeñas alteraciones del control postural tras la exposición a las vibraciones de cuerpo completo, son muy variables y sus mecanismos e importancia práctica so son bien conocidos. En las alteraciones cardiovasculares,
--	---	---

respiratorias, endocrinas y metabólicas Se ha comprobado un aumento de la frecuencia cardiaca, presión arterial y consumo de oxígeno, también se han comunicado diversos hallazgos, en parte contradictorios, sobre las hormonas adrenocorticotrópicas y las catecolaminas.

En las alteraciones sensoriales y del sistema nervioso se producen alteraciones de la función vestibular, sobre la base de una afectación de la regulación de la postura, a pesar de que ésta es controlada por un sistema muy complejo donde la perturbación de la función vestibular puede ser compensada ampliamente por otros mecanismos. Las alteraciones de la función vestibular parecen revestir mayor entidad en las exposiciones a frecuencias muy bajas o próximas a la resonancia del cuerpo completo. Se supone que una discordancia sensorial entre la información vestibular, visual y propioceptiva (estímulos recibidos en el interior de los tejidos) es un mecanismo importante que explica las respuestas fisiológicas a algunos entornos de movimiento

	artificial. También se han detectado alteraciones de la función del sistema nervoso central humano al utilizar potenciales cerebrales evocados por el sistema auditivo. En estos efectos influían otros factores ambientales: El ruido, la dificultad de la tarea y el estado entorno del sujeto. En los riesgos para la salud de la columna vertebral las vibraciones a cuerpo completo pueden afectar negativamente a la columna e incrementar el riesgo de molestias lumbares. La parte afectada con más frecuencia es la región lumbar de la columna vertebral, seguida de la región torácica. Una elevada proporción de los deterioros de la región cervical, parecen estas causadas por una postura fija desfavorable y no por la vibración. Entre otros riesgos se conoce como “Enfermedad de vibraciones” para la salud como un conjunto de alteraciones de las vibraciones a cuerpo completo. Este término describe un vago cuadro clínico
--	---

causado por exposiciones de larga duración a vibraciones de cuerpo completo con baja frecuencia que se manifiesta inicialmente en forma de trastornos vegetativo-vasculares periféricos y cerebrales de carácter funcional inespecífico.

Vibraciones Mano Brazo: problemas en las articulaciones, extremidades y en la circulación sanguínea.

Vibraciones Cuerpo Entero: traumatismos en la columna vertebral, dolores abdominales y digestivos, problemas de equilibrio, dolores de cabeza, Trastornos visuales.

Por Frecuencia:

1.-Alta frecuencia: Trastornos óseo, artrosis hiperostósica del codo, osteonecrosis de escafoides carpiano, afecciones angioneuróticas de la mano, calambres, trastornos de la sensibilidad, Síndrome de Raynaud, enfermedades estomacales.

2.-Baja Frecuencia: lumbalgias, lumbociáticas, hernias, pinzamientos discales, agravamiento de lesiones raquídeas, síntomas neurológicos, trastornos de visión por resonancia.

		3.-Muy Baja Frecuencia: trastornos del sistema nervioso central ,mareos y vómitos
--	--	---

Extracto de: D.S.Nº009-2005-TR, D.S. Nº 007-2007-TR, RM Nº375-2008-TR. DS Y D.S Nº 055-2010 EM,

Directiva 2002/44/CE. Norma UNE – EN – ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1

2.8.2. ESTÁNDARES DE REFERENCIA

CUADRO Nº 2.3.- Estándares consultados para agentes físicos

Agentes Físicos	
Agente	Estándares de Referencia
Vibración Mano Brazo	ISO 5349-1986(E) “Vibraciones Mecánicas –Guías para la Medición y Evaluación de la Exposición Humana a Vibraciones Transmitidas a la Mano“.
	ISO 5349-1:2001(E) “Vibraciones Mecánicas – Medición y Evaluación de la Exposición Humana a Vibraciones Transmitidas a la Mano, Parte 1: Requerimientos Generales”.
	ISO 5349-2: 2001(E) “Vibraciones Mecánicas – Medición y Evaluación de la Exposición Humana a Vibraciones Transmitidas a la Mano, Parte 2: Guía Práctica para la Medición en el Lugar de Trabajo”.
	ANSI S3.34-1986 “Guía para la Medición y Evaluación de la Exposición Humana a Vibraciones Transmitidas a la Mano”.

Extracto de: D.S.Nº009-2005-TR, D.S. Nº 007-2007-TR, RM Nº375-2008-TR. DS Y D.S Nº 055-2010 EM,

Directiva 2002/44/CE. Norma UNE – EN – ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1

2.8.3. PARÁMETROS DE MEDICIÓN

CUADRO Nº 2. 4.- Metodología y parámetros de medición para agentes físicos

Agentes Físicos			
Agente	Metodología	Equipos y Accesorios	Parámetros
Vibración Cuerpo Entero	ANSI S3.18-1979 “Guía para la Evaluación de la Exposición Humana a Vibraciones en Cuerpo Entero	Analizador de Vibración (Vibrómetro)	Registrar: La aceleración equivalente ponderada en frecuencia para el eje
		Acelerómetro Triaxial (Tipo Plato)	(Aeq) X, Y ,Z ,picos, Aeqmax, Aeqmin Unidad: m/S2
Vibración Mano Brazo	ISO 5349-1986(E) “Vibraciones Mecánicas Guías para la Medición y Evaluación de la Exposición Humana a Vibraciones Transmitidas a la Mano	Analizador de Vibración (Vibrómetro)	Registrar: La aceleración equivalente ponderada en frecuencia para el eje
		Acelerómetro Triaxial	(Aeq) X, Y ,Z ,picos, Aeqmax, Aeqmin Unidad: m/S2

Extracto de: D.S.Nº009-2005-TR, D.S. Nº 007-2007-TR, RM Nº375-2008-TR. DS Y D.S Nº 055-2010 EM,

Directiva 2002/44/CE. Norma UNE – EN – ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1

2.8.4. NIVELES PERMISIBLES

CUADRO N° 2.5.- Niveles permisibles para agentes físicos

Agentes Físicos		
Agente	Normativa considerada	Nivel Permissible
Vibración	Vibración Mano – Brazo Límites establecidos por el ISO 25349-1996, Norma UNE- EN ISO 5349-1-2002. Y 1 y la RM N° 375-2008-TR	Valor Límite de exposición diaria (8hr): 5.0 m/s2 Valor que da lugar a una acción (8 horas) 2.5 m/s2

Extracto de: D.S.N°009-2005-TR, D.S. N° 007-2007-TR, RM N°375-2008-TR. DS Y D.S N° 055-2010 EM,

Directiva 2002/44/CE. Norma UNE – EN – ISO 5349-1. Norma ISO 2631-1

CAPITULO III

TRABAJO EXPERIMENTAL

3.1. LUGAR DE EJECUCION

El presente trabajo de investigación fue realizado en la U.P de la minera Ares con la colaboración de todos los trabajadores de las diferentes áreas.

3.2. MATERIALES Y MÉTODOS:

Este apartado se dedica a describir y comentar las características principales de los aparatos de medición empleados durante la fase experimental del proyecto de investigación, tales como el analizador de vibración humana HVM 100 Larson David, ciertas particularidades de los mismos, así como los métodos de toma y registro de muestras.

3.3. MÉTODOS DE MUESTREO

- Los métodos de muestreo y análisis de las vibraciones del sistema mano-brazo, son los establecidos en la norma UNE-EN ISO 5349-1 (2002) y en la Guía Técnica de desarrollo del INSHT, que recomienda realizar mediciones de corta duración a lo largo de un periodo de operación continuada, para operaciones intermitentes con herramientas en las que la mano deja de tener contacto con la herramienta.
- Se realizaron un mínimo de 6 mediciones de 3 minutos de duración, en cada una de las manos, con cada herramienta además se realizaron una medición de larga duración (5-6 minutos) para corroborar los datos obtenidos.

3.4. EQUIPOS DE MEDIDA UTILIZADOS

- Analizador de vibraciones en tiempo real HVM100 LARZON DAVID.
- La HVM Larson Davis 100 es un instrumento compacto, ligero para medir la exposición humana a vibraciones excesivas y riesgo de lesión. Con la mano-brazo y de todo el cuerpo modos disponibles, el HVM100 cumple con los requisitos de la norma ISO 5349, ISO 2631 e ISO 8041 y la Directiva Europea 2002/44/CE. También es ideal para pruebas de productos para el cumplimiento de la norma ISO 8662

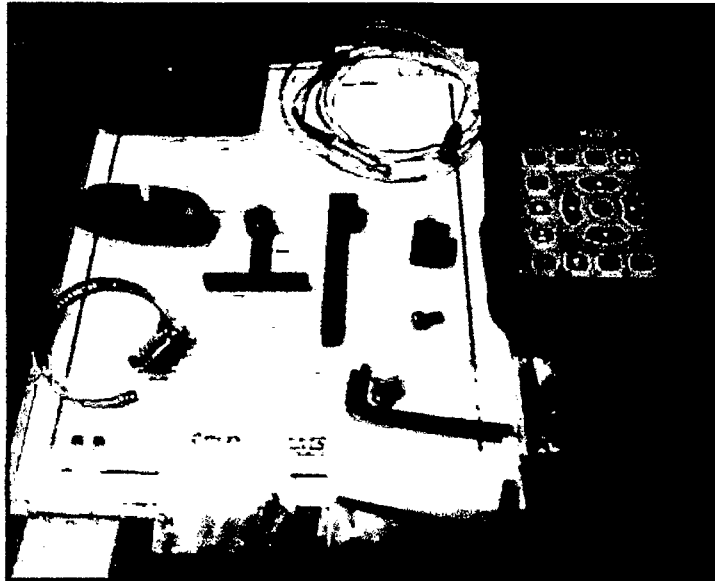


Figura N°3.1.- Analizador de Vibración Humana HVM 100 Larson David

- El equipo dispone de 1 acelerómetro triaxial que permiten medir simultáneamente en los tres ejes, y por lo tanto transmite la señal al analizador a través de un sólo cable lo que facilita enormemente las medidas.
- Los equipos llevan incorporados los filtros de ponderación en frecuencia W_h , y de paso bajo H_p , que permiten reflejar la importancia asumida por las diferentes frecuencias que pueden producir daño en la mano.
- El intervalo de frecuencias de interés está comprendida entre 6.3 y 1250 Hz.
- Para minimizar las fuentes de incertidumbre se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

a) **Fijación del acelerómetro;** se utilizaron adaptadores de anillo que permiten situar el acelerómetro entre la mano y el mango de la herramienta y de este modo medir directamente la percepción de las vibraciones que llega al trabajador, teniendo en cuenta la forma y fuerza de agarre.

b) El cable de conexión: se fijó a la mano y el brazo del operario bien con correas.

c) Transitorios durante la medida: Las mediciones fueron registradas con fotos y video, para poder analizar los posibles transitorios durante las medidas y si fuera necesario se eliminaran aquellas mediciones que por cualquier incidente pudieran salirse del trabajo habitual.

d) Reproducibilidad de las condiciones: como ya se ha indicado además de mediciones de larga duración, se realizaron numerosas mediciones de corta duración.

3.4.1. LOCALIZACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS TRANSDUCTORES

Se ha colocado el acelerómetro según la siguiente orientación de los ejes:

Fig.3.2

Eje 1: Eje X

Eje 2: Eje Y

Eje 3: Eje Z

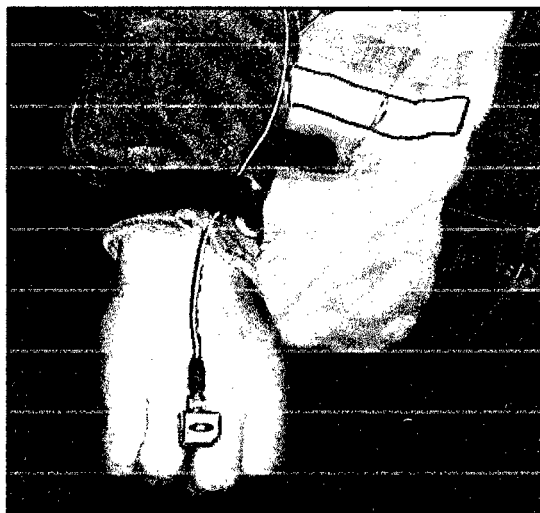


Figura N°3.2.- Colocación del acelerómetro en la mano

El acelerómetro se ha acoplado sólidamente al adaptador de anillo. El adaptador de anillo que tiene forma de T invertida se sujeta entre los dedos mayor,

anular y el asa de la herramienta, sobre el que se apoya la mano que sujeta firmemente todo el conjunto.

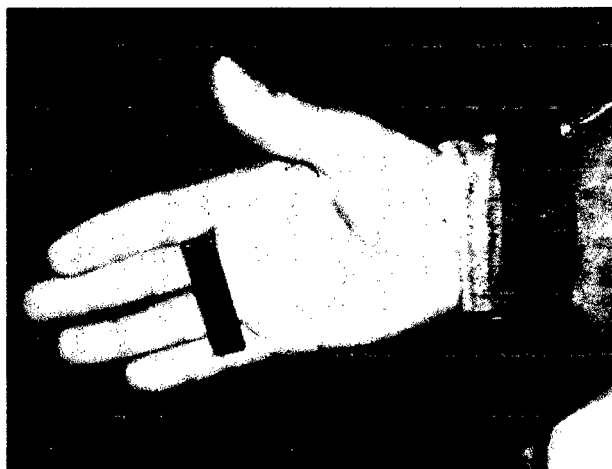


Figura N°3.3.- Colocación del adaptador

La forma de agarre de la mano al cerrarse sobre el asidero de la herramienta hace que la disposición de los ejes coincida con la disposición del sistema de coordenadas basicéntrico (ISO 5349-1: 2001), que se traduce de la siguiente forma;

X torso-mano

Y línea de nudillos

Z mano-brazo

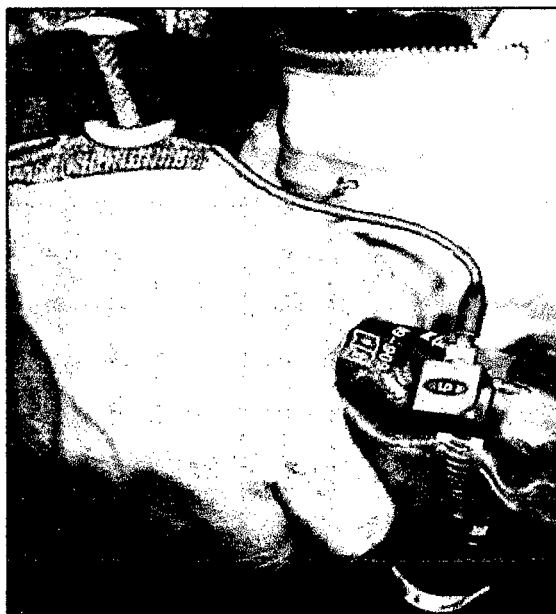


Figura N°3.4.- Forma de agarre de mano-equipo

3.4.2. TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Hay que distinguir entre el tiempo de exposición, entendiendo como tal el que dedica el operario a trabajar con herramientas o maquina en un día, y el tiempo efectivo de contacto de la mano con la herramienta o máquina, del que hay que excluir las pequeñas pausas debidas a los cambios de posición de la herramienta, el traslado, etc. Puesto que el tiempo efectivo de exposición o de contacto es más restrictivo, y es el dato base del que partimos para conocer el tiempo de exposición en una jornada.

3.4.3. MEDICIÓN EN CAMPO

Buena parte de los datos recopilados en la fase experimental del proyecto, se han obtenido sobre maquinas que estaban siendo utilizadas normalmente en condiciones habituales de trabajo.

Para la medición sobre las maquinas en sus puestos de trabajo se utilizó un analizador de vibraciones modelo 2239-B; es un equipo dedicado y especialmente diseñado para la medición de las vibraciones mano – brazo. Incorpora en un solo modulo la instrumentación para el tratamiento y lectura de la señal del transductor, así como los filtros de ponderación en frecuencia. El equipo tiene capacidad para registrar y almacenar los valores equivalentes de aceleración, tanto lineales como ponderados.

El acelerómetro ha sido el modelo 4505-A; se trata de un dispositivo monoaxial, por lo que solamente registra la vibración en una única dirección, lo que

obliga a realizar las medidas de forma secuencial en cada uno de los ejes de referencia, cambiando su posición en cada medida.

El conjunto forma un vibrómetro de tamaño reducido y manejable (fig.3.5) cualidades que lo hacen especialmente idóneo para el uso en campo.

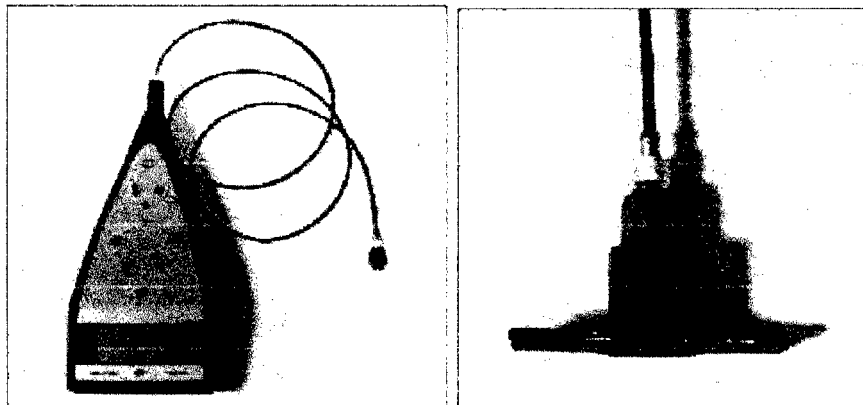


Figura N°3.5.- Vibrómetro HVM Larson Davis 100 y acelerómetro 4505

Pero sus presentaciones resultan un poco limitadas, pues al disponer de la posibilidad de registrar los aspectos de la vibración, imposibilita la elaboración de un análisis más exhaustivo de los resultados obtenidos. Entre los distintos parámetros que este equipo es capaz de registrar, nos hemos centrado en los valores eficaces de aceleración y los valores de pico máximo.

3.4.4. SISTEMA DE FIJACIÓN DEL ACELERÓMETRO:

Sin duda uno de los puntos clave para la medición de vibraciones es la correcta colocación de acelerómetro, que debe cumplir dos requisitos fundamentales:

a. Situación en el Centro de la Zona de Agarre:

Aunque la norma UNE-EN ISO 53249-2 hace indicaciones sobre la posición del acelerómetro, la propia norma reconoce la dificultad que esto supone al interferir con el agarre realizado por el operario.

b. Unión Rígida Entre el Acelerómetro y la Máquina:

Se debe procurar una unión lo más directa y rígida posible entre el acelerómetro y la máquina. Una forma de conseguirlo puede ser pegando o atornillado el acelerómetro directamente a la empuñadura, pero es una solución que presenta serias dificultades de aplicación en mediciones de campo.

La práctica obligada a hacer uso de adaptadores con diferentes formas de sujeción a la máquina, que al tratarse de masas, de diferentes tamaños y formas, interpuestas entre la superficie vibrante y el transductor, modifican la respuesta de este e introducen un factor de incertidumbre sobre la medida en ocasiones nada despreciable, como sucede cuando se producen fenómenos de resonancia en el adaptador.

Dado que la forma de sujeción ideal del acelerómetro resulta limitadamente viable en la práctica para la medición de vibraciones mano – brazo, se debe entonces utilizar con carácter general otro método alternativo que, aun sabiendo del error introducido en el proceso de medición, sea asumible, no perdiendo nunca de vista la condición de intentar minimizar en lo posible este error.

Seguidamente se describe el sistema de sujeción para los acelerómetros, empleado sistemáticamente en las mediciones de este proyecto, y que se puede observar en las figuras 3.6 y 3.7.

En lo que respecta a la ubicación del acelerómetro, se ha intentado colocarlo siempre en la zona de agarre del operario.

A la hora de escoger este emplazamiento se tuvieron también en cuenta dos importantes consideraciones: que el trabajador, por habito particular propio, no modificase la manera de sujeción correcta, porque esto supondría estar midiendo sobre una máquina que estaría siendo utilizada en forma diferente a la prevista como normal; y que no tocase con su mano la zona de conexión entre el acelerómetro y el cable, dado que se ha comprobado que ello induce errores aleatorios en la medición, bastante difíciles de estimar.



Figura. 3.6 Situación del acelerómetro.

Debido a particularidades en la propia forma de algunas empuñaduras, se advirtió en unos pocos casos la imposibilidad de hacer coincidir exactamente los ejes X y Z con las coordenadas basicéntricos de la mano; sin embargo, este hecho carece de una excesiva importancia cuando lo que se considera es la resultante (Vector suma) de la vibración.

Dada la necesidad de emplear un elemento adaptador que facilite y consiga una buena sujeción del acelerómetro a la máquina, de las distintas posibilidades ensayadas se han utilizado aquellas que a la vez que permiten la colocación lo más cerca posible del punto de agarre, reducen la posibilidad de generación de resonancias que alteren el resultado de la medida.

Se ha utilizado un adaptador en forma de T, con agujeros roscados, para la sujeción del acelerómetro 4505-A, y un clip para la fijación del acelerómetro 4504_A.

En cuanto a la sujeción del propio adaptador, se resolvió mediante bridas de plástico desechables. Esta técnica facilita la colocación y retirada de forma rápida y sencilla del acelerómetro, a la par que proporciona una unión razonablemente rígida con apriete uniforme.

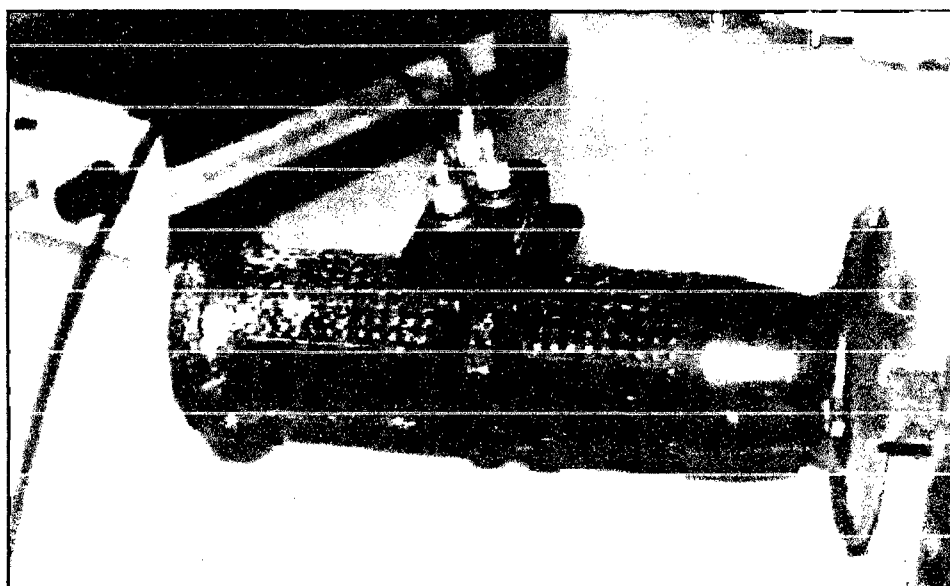


Figura 3.7.- Técnica de fijación.

El clip de sujeción del acelerómetro triaxial fue convenientemente mecanizado, incorporando dos agujeros en su base para hacer pasar las bridas.

3.5. SELECCIÓN DE MUESTRA Y ESTRATEGIAS DE MUESTREO:

El proyecto ha estado centrado en las vibraciones de tipo mano – brazo, y orientado desde su inicio al estudio del nivel vibracional que se produce en diversas situaciones de trabajo real con máquinas manuales, y su efecto en la salud de los trabajadores, entendiendo como tales las portátiles en sentido estricto que necesitan algún tipo de manipulación manual continua por parte del operario para funcionar con ellas.

Como objeto de estudio se ha realizado el análisis en máquinas pertenecientes a las áreas consideradas como representativas de la existencia de riesgo por vibraciones. También, la gran cantidad de máquinas que se manejan habitualmente en estos sectores, ha sido un punto clave para la selección.

El resultado ha sido una población muestral de 23 máquinas, repartidas en 3 grupos y distribuidas en los siguientes sectores:

- ❖ Mantenimiento.
- ❖ Mina.
- ❖ Geología.

Hay que indicar que existen grupos de máquinas con aplicación altamente específica en sectores minero industriales concretos, pero también hay otros grupos cuyo uso es compartido por varios sectores con notables diferencias entre sí.

Durante el transcurso de la investigación, se ha recabado información y se ha tenido la colaboración de diversas áreas de la empresa, por lo que ha sido posible

abarcando una amplia variedad de tipos y modelos de máquinas manuales de mayor uso en la actualidad, tales como:

- ❖ Perforadora Stope Master
- ❖ Patilladora
- ❖ Perforadora Stoper
- ❖ Máquina perforadora
- ❖ Perforadora Jack Leg
- ❖ Taladro percutor
- ❖ Winche de izaje
- ❖ Scoop eléctrico
- ❖ Atornillador de impacto

El trabajo experimental de la investigación se ha desarrollado en dos fases:

1. Elaboración del listado de maquinaria de cada área y selección de la muestra atendiendo al tipo de máquina y su uso.
2. Obtención de datos mediante la medición directa en campo sobre las máquinas trabajando en situación real, por lo que se seleccionaron previamente los tiempos de muestreo de tal modo, que se adaptasen a las características de la tarea que se pretendía muestrear.

En la mayoría de las situaciones se han tomado dos medidas de 60 segundos en cada uno de los tres ejes y por mano (con el supuesto de que la máquina se maneje con dos manos), pero en ocasiones ha sido necesario recurrir a periodos de medida

más cortos, entre 10 y 30 segundos, aumentando proporcionalmente el número de muestras en cada eje. Estos periodos cortos se han aplicado a aquellos casos en que, por alguna incidencia debida al tipo de trabajo o para no interferir con la actividad del operario, se hacía necesaria una mayor rapidez en la toma de la medida.

3.5.1. RESULTADOS OBTENIDOS Y TIEMPOS EFECTIVOS DE EXPOSICIÓN RECOMENDADOS

En el siguiente apartado, se muestran para cada herramienta o maquinaria:

Las características técnicas dadas por el fabricante:

- Potencia
- Año de fabricación
- Peso
- Nivel de vibraciones
- Nivel de presión acústica

Características del lugar de trabajo:

- Puesto de trabajo, nombre del trabajador
- Tareas desarrolladas
- Tipos de mango

Nivel de vibraciones (m/s^2), medido en cada una de las manos y con cada operación y tipo de mango. A todos los valores hay que añadir un 10% de error del propio equipo de medida según el fabricante. Tiempo recomendado de utilización de cada herramienta. Este tiempo se refiere, al

tiempo efectivo de contacto de la mano con la herramienta para no superar el nivel de acción. Los descansos y paradas se contabilizan aparte. Siguiendo los principios de prevención se recomienda seguir los límites más restrictivos. A seguir se detallan los puestos de evaluación:

3.5.1.1. Puestos De Evaluación Ares Norte

PUESTO N° 1

CUADRO N° 3.1.- Datos de vibración

ESTUDIO DE VIBRACIONES MANO-BRAZO EN OPERACIONES DE LA UNIDAD MINERA	
ARES	
MAQUINA: JUMBO AXERA DPJ-16	Rango de Frecuencia: Fc 6.3-1250 Hz
AÑO:2009	NIVEL DE INTENSIDAD SONORA EQUIVALENTE 98 dB(A)
CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE TRABAJO	
NOMBRE DEL TRABAJADOR: Dulce Falcón Felipe Santiago	
AMBIENTE DE TRABAJO: BY PASS-040 NW	
FECHA DE LAS MEDICIONES: 22/11/2011	LOCALIZACIÓN TRASDUCTOR: Basicéntrico
DURACION DE MEDIDA: 17.30 min	
MEDIDAS DE VIBRACIONES: FRECUENCIA PREDOMINANTE: 600 Hz	

Ref. (Datos Propios)

CUADRO N° 3.2.- Aceleración de Vibración Mano – Brazo

Resultados del Monitoreo				
Maquina: Jumbo Axera Dpj-16				
Rango de Frecuencia	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Unidades
EJES	X Axis	Y Axis	Z Axis	
Aceleración eq.	0.34	0.117	0.207	m/s ²
Aceleración máx.eq.	0.412	0.117	0.800	m/s ²
Aceleración min.eq	0.13	0.08	0.03	m/s ²

Ref. (Datos Propios)

Con el fin de homogenizar los resultados, a partir de las aceleraciones eficaces en cada eje obtenidas por muestreo, se calcularon la aceleración total ponderada o “vectores suma” de cada elemento de la población muestral.

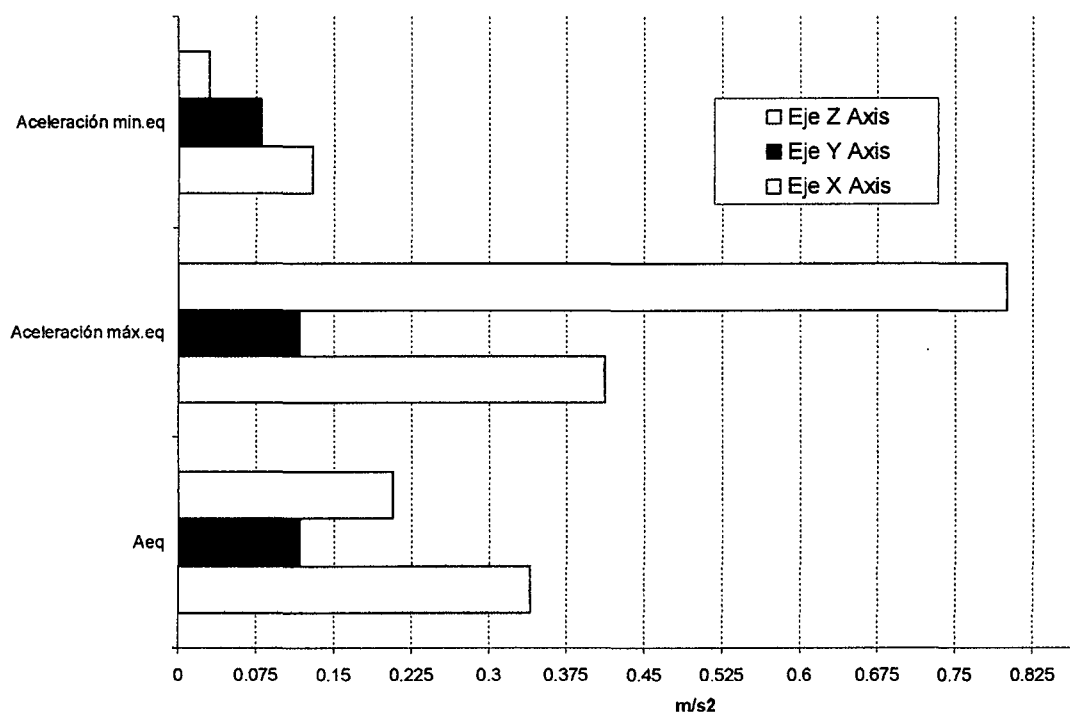
CUADRO N° 3.3.- Resultados del monitoreo de aceleración continua

Resultados del Monitoreo aceleración continua equivalente para un periodo de 12 horas. $A(12)(m/s^2)$	
A(12):	$0.587 m/s^2$

Ref. (Datos Propios)

Valor Límite de exposición diaria (12hr): $4.190 m/s^2 (*)$

GRAFICO N° 3.1.- Niveles de vibración de la mano – brazo



Ref. (Datos Propios)

(*): Se ha tomado como referencia los límites establecidos por la ISO 25349-1996, Norma UNE- en ISO 5349-1-2002 y la RM N ° 375-2008-TR 5.0 m/s² para 8 horas de trabajo. Extrapolado esto a 12 horas según la Guía técnica del “Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec” (IRSST), el LMP es 4.19 m/s². El Nivel de Acción para 8 horas según la Norma Europea es 2.5 m/s², siendo el valor para 12 horas 1.83 m/s², usando el mismo método de extrapolación.

Análisis de resultados

- Para contrastar los niveles de vibración registrados, se ha considerado los niveles recomendados por la Norma UNE- en ISO 5349-1-2002 y la RM N ° 375-2008-TR.
- La evaluación de la vibración transmitida por el movimiento oscilante de la estructura, se trasmite al operador a través del sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores de la aceleración eficaces, determinado según los ejes ortogonales.
- La medición efectuada reflejan que los valores de vibración del sistema humano mano brazo; medidos al operador Dulce Falcón Felipe Santiago, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas A(12), no superan el nivel límite establecido por las normas ISO 5349-1-2002 y la RM N ° 375-2008-TR.
- Los datos recopilados en la fase experimental del estudio, se han obtenido sobre la maquina que estaba siendo utilizada normalmente en condiciones habituales de trabajo.

- Se determina que las vibraciones producidas por el equipo son de consideración al estar muy cerca de sus límites máximos permisibles, por lo que es determinante el tiempo expuesto al equipo.

PUESTO N° 2

CUADRO N° 3.4.- Datos de vibración

ESTUDIO DE VIBRACIONES MANO-BRAZO EN OPERACIONES DE LA UNIDAD MINERA	
ARES	
MAQUINA: SCOOP 6 YARDAS	Rango de Frecuencia: Fc 6.3-1250 Hz
AÑO:2009	NIVEL DE INTENSIDAD SONORA EQUIVALENTE 110 dB(A)
CARACTERISTICAS DEL LUGAR DE TRABAJO	
NOMBRE DEL TRABAJADOR: TEOFILO HUAYHUA	
AMBIENTE DE TRABAJO: INTERIOR MINA	
FECHA DE LAS MEDICIONES: 01/12/2012	LOCALIZACIÓN TRASDUCTOR: Basicéntrico
DURACION DE LA MEDIDA: 30.37 min	
MEDIDAS DE VIBRACIONES: FRECUENCIA PREDOMINANTE: 300 Hz	

Ref. (Datos Propios)

CUADRO N° 3.5.- Aceleración de Vibración Mano - Brazo

Resultados del Monitoreo				
Scoop 6 Yards				
Rango de Frecuencia	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Unidades
EJES	X Axis	Y Axis	Z Axis	
Aceleración eq	0.854	0.76	0.95	m/s ²
Aceleración máx.eq	1.120	0.90	0.961	m/s ²
Aceleración min.eq	0.06	0.5	0.64	m/s ²

Ref. (Datos Propios)

Con el fin de homogenizar los resultados, a partir de las aceleraciones eficaces en cada eje obtenidas por muestreo, se calculó la aceleración total ponderada o “vectores suma” de cada elemento de la población muestral.

CUADRO N° 3.6.- Resultados del monitoreo aceleración continua

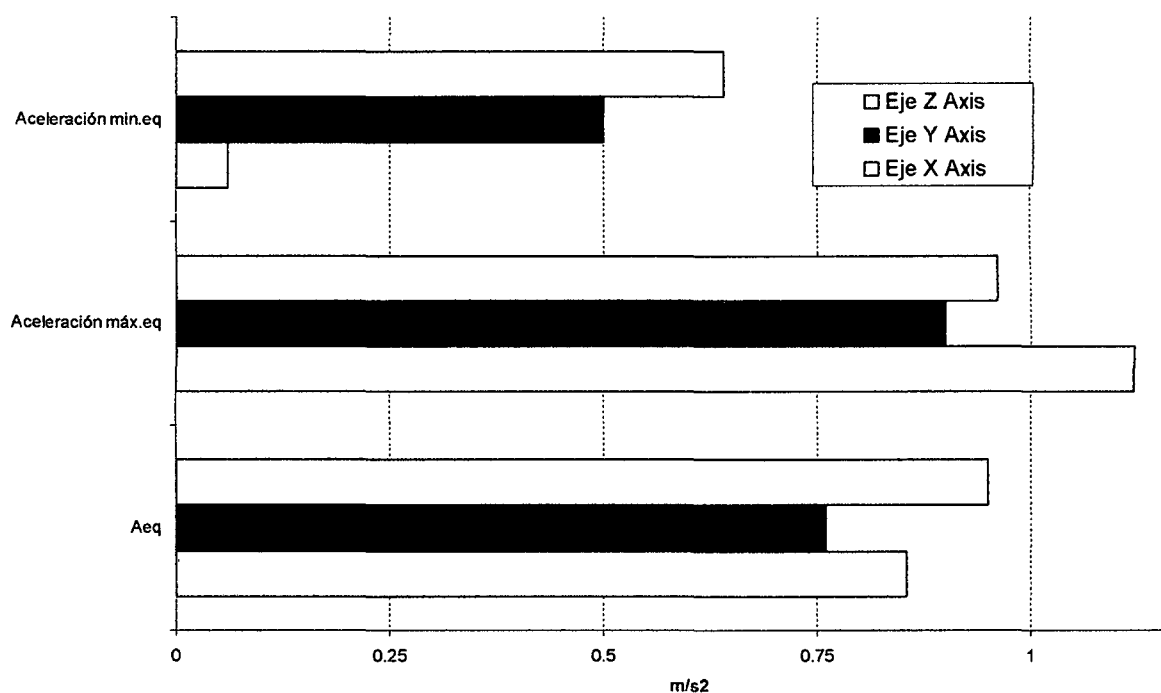
Resultados del Monitoreo aceleración continua equivalente para un periodo de 12 horas. A(12)(m/s²)	
A(12):	1.716

Ref. (Datos Propios)

Valor Límite de exposición diaria (12hr): 4.190 m/s² (*)

(*): Se ha tomado como referencia los límites establecidos por el ISO 25349-1996, Norma UNE- EN ISO 5349-1-2002 y la RM N ° 375-2008-TR 5.0 m/s² para 8 horas de trabajo. Extrapolado esto a 12 horas según la Guía técnica del “Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec” (IRSST), el LMP es 4.19 m/s². El Nivel de Acción para 8 horas según la Norma Europea es 2.5 m/s², siendo el valor para 12 horas 1.83 m/s², usando el mismo método de extrapolación.

GRAFICO N° 3.2.- Niveles de Vibración de la Mano Brazo



Ref. (Datos Propios)

La evaluación del nivel a la vibración transmitida al sistema mano brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas, $A(12)$, de acuerdo a lo establecido $A(12)$ es igual a 4.19 m/s^2 .

En la gráfica se está representando la aceleración ponderada de frecuencia en el cual se refleja el rango de distribución de las aceleraciones ponderadas del movimiento biomecánico originado por la maquina en los ejes ortogonales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Se considera que las exposiciones a las vibraciones durante su jornada de trabajo tienen igual magnitud, debido que el operador está manejando la misma maquina con la misma característica, esta consideración nos permite estimar el riesgo que estaría expuesto el operador.
- La evaluación de la vibración transmitida por el movimiento oscilante de la estructura, se trasmite al operador a través del sistema mano brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas, $A(12)$, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores de la aceleración eficaces, determinado según los ejes ortogonales.
- Las mediciones efectuadas reflejan que los valores de vibración del sistema humano mano brazo ; medidos normalizado para un periodo de referencia de 12 horas $A(12)$, no superan el nivel límite establecido por la ISO 2631-1 , la Norma UNE- EN ISO 5349-1 y la RM N ° 375-2008-TR extrapolado para 12 horas.
- Se verifica que a mayor aceleración las vibraciones producidas son de mayor riesgo por lo que cada operador está expuesto al mismo riesgo, el estado del equipo también es importante siendo una variable a considerar.

PUESTO N° 3

CUADRO N° 3.7.- Datos de vibración

ESTUDIO DE VIBRACIONES MANO-BRAZO EN OPERACIONES DE LA UNIDAD MINERA ARES	
MAQUINA: SCOOP 4 YARDAS	Rango de Frecuencia: Fc 6.3-1250 Hz
AÑO:2010	NIVEL DE INTENSIDAD SONORA EQUIVALENTE 97 dB(A)
CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE TRABAJO	
NOMBRE DEL TRABAJADOR: MAURO DURAND	
AMBIENTE DE TRABAJO: INTERIOR MINA	
FECHA DE LAS MEDICIONES: 12/01/2012	LOCALIZACIÓN TRASDUCTOR: Basicéntrico
DURACION DE LA MEDIDA: 25.37 min.	

Ref. (Datos Propios)

CUADRO N° 3.8.- Aceleración de Vibración Mano Brazo

Resultados del Monitoreo				
Scoop 4 Yards				
Rango de Frecuencia	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Unidades
EJES	X Axis	Y Axis	Z Axis	
Aeq	0.429	0.451	0.353	m/s ²
Aceleración máx.eq	0.506	0.517	0.421	m/s ²
Aceleración min.eq	0.13	0.08	0.03	m/s ²

Ref. (Datos propios)

Con el fin de homogeneizar los resultados, a partir de las aceleraciones eficaces en cada eje obtenidas por muestreo, se calculó la aceleración total ponderada o “vectores suma” de cada elemento de la población muestral.

CUADRO N° 3.9.- Resultados de monitoreo de aceleración continua

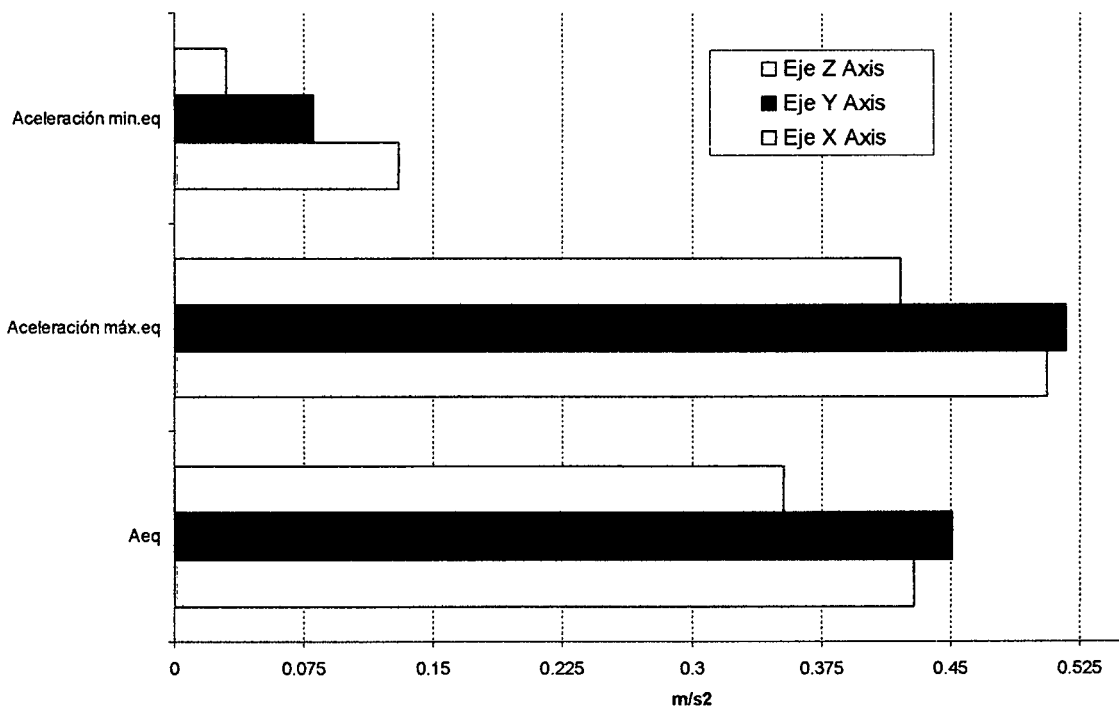
Resultados del Monitoreo	
aceleración continua equivalente para un periodo de 12 horas. A(12)(m/s²)	
A(12):	0.715

Ref. (Datos Propios)

Valor Límite de exposición diaria (12hr): 4.190 m/s² (*)

(*): Se ha tomado como referencia los límites establecidos por el ISO 25349-1996, la Norma UNE- EN ISO 5349-1-2002 , RM-375-2008-TR y la RM N ° 375-2008-TR 5.0 m/s² para 8 horas de trabajo. Extrapolado esto a 12 horas según la Guía técnica del Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec (IRSST), el LMP es 4.19 m/s². El Nivel de Acción para 8 horas según la Norma Europea es 2.5 m/s², siendo el valor para 12 horas 1.83 m/s², usando el mismo método de extrapolación.

GRAFICO N° 3.3.- Niveles de Vibración Mano Brazo



Ref. (Datos propios)

La evaluación del nivel a la vibración transmitida al sistema mano brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas, $A(12)$, de acuerdo a lo establecido $A(12)$ es igual a 4.19 m/s^2 .

En la gráfica se está representando la aceleración ponderada de frecuencia en el cual se refleja el rango de distribución de las aceleraciones ponderadas del movimiento biomecánico originado por la maquina en los ejes ortogonales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- La evaluación de la vibración transmitida por el movimiento oscilante de la estructura, se trasmite al operador a través del sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 8 horas, $A(12)$, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores de la aceleración eficaces, determinado según los ejes ortogonales.
- Las mediciones efectuadas reflejan que los valores de vibración del sistema humano mano - brazo; medidos al operador, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas , no supera el nivel límite establecido por el ISO 25349-1996 , Norma UNE- EN ISO 5349-1-2002 y la RM N ° 375-2008-TR .
- Mientras se trabaje con equipos de menos intensidad mecánica vibratoria el riesgo a las vibraciones son reducidas considerablemente, las mediciones resultantes muestran que la aceleración máxima en todos los ejes es casi homogénea por lo que se debe cumplir con la normatividad y de seguridad y salud ocupacional con relación a los equipos y su operatividad.

PUESTO N° 4

CUADRO N° 3.10.-Datos de vibración

ESTUDIO DE VIBRACIONES MANO-BRAZO EN OPERACIONES DE LA UNIDAD		
MINERA ARES		
MAQUINA: JUMBO 282	Rango de Frecuencia: Fc 6.3-1250 Hz	
AÑO:2009	NIVEL DE INTENSIDAD SONORA EQUIVALENTE 96 dB(A)	
CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR DE TRABAJO		
NOMBRE DEL TRABAJADOR: ALEJANDRO ROMERO		
AMBIENTE DE TRABAJO: Interior Mina		
FECHA DE LAS MEDICIONES: 03/06/2012		LOCALIZACIÓN TRASDUCTOR: Basicéntrico
DURACION DE LA MEDIDA: 25.50 min.		

Ref (Datos propios)

CUADRO N° 3.11.- Aceleración de Vibración Mano - Brazo

Resultados del Monitoreo				
Rango de Frecuencia	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Fc 6.3-1250 Hz	Unidades
EJES	X Axis	Y Axis	Z Axis	
Aeq	0.84	0.71	0.9	m/s ²
Aceleración máx.eq	0.979	1.002	0.953	m/s ²
Aceleración min.eq	0.06	0.17	0.16	m/s ²

Ref (Datos propios)

Con el fin de homogeneizar los resultados, a partir de las aceleraciones eficaces en cada eje obtenidas por muestreo, se calculó la aceleración total ponderada o “vectores suma” de cada elemento de la población muestral.

CUADRO N° 3.12.- Monitoreo, aceleración continua de un periodo de 12 horas.

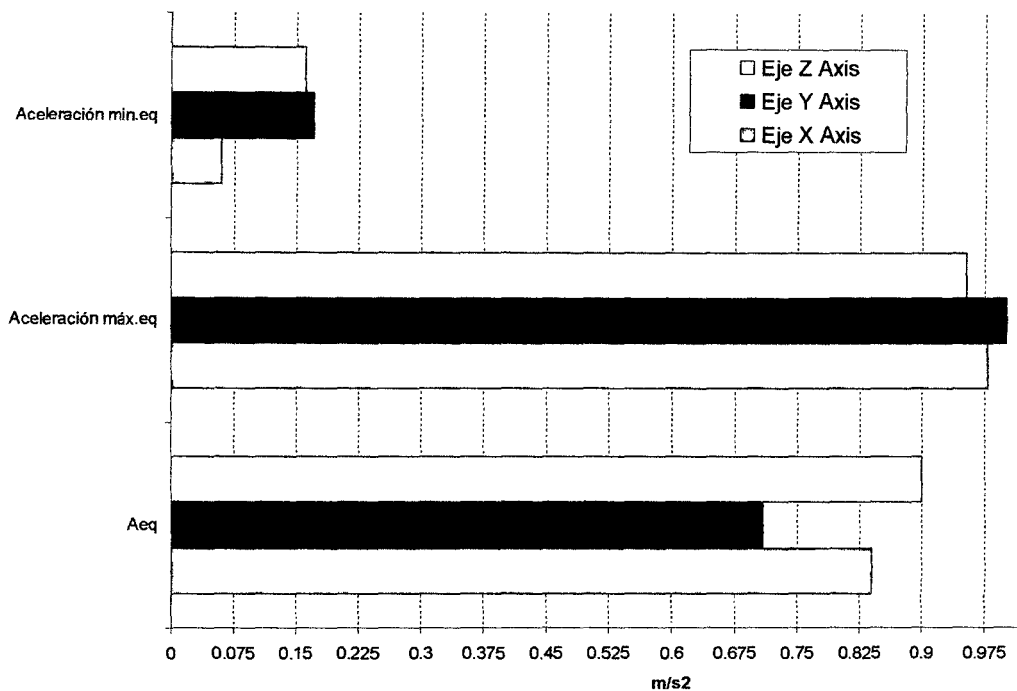
Resultados del Monitoreo aceleración continua equivalente para un periodo de 12 horas. A(12)(m/s²)	
A(12):	1.421

Ref (Datos propios)

Valor Límite de exposición diaria (12hr): 4.190 m/s² (*)

(*): Se ha tomado como referencia los límites establecidos por el ISO 25349-1996, la Norma UNE- EN ISO 5349-1-2002, RM-375-2008-TR y la RM N ° 375-2008-TR 5.0 m/s² para 8 horas de trabajo. Extrapolado esto a 12 horas según la Guía técnica del Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec (IRSST), el LMP es 4.19 m/s². El Nivel de Acción para 8 horas según la Norma Europea es 2.5 m/s², siendo el valor para 12 horas 1.83 m/s², usando el mismo método de extrapolación.

GRAFICO N° 3.4.- Niveles de Vibración Mano – Brazo



Ref (Datos propios).

La evaluación del nivel a la vibración transmitida al sistema mano brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas, $A(12)$, de acuerdo a lo establecido $A(12)$ es igual a 4.19 m/s^2 .

En la gráfica se está representando la aceleración ponderada de frecuencia en el cual se refleja el rango de distribución de las aceleraciones ponderadas del movimiento biomecánico originado por la maquina en los ejes ortogonales.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- La evaluación de la vibración transmitida por el movimiento oscilante de la estructura, se trasmite al operador a través del sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un periodo de referencia de 8 horas, $A(12)$, expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores de la aceleración eficaces, determinado según los ejes ortogonales.
- Las mediciones efectuadas reflejan que los valores de vibración del sistema humano mano - brazo; medidos al operador, normalizado para un periodo de referencia de 12 horas , no supera el nivel límite establecido por el ISO 25349-1996, Norma UNE- EN ISO 5349-1-2002 y la RM N ° 375-2008-TR.
- Los resultados muestran que las vibraciones producidas se encuentran cerca a los límites establecidos, de donde encontramos que una exposición prolongada será fácil superarlos y por ende afectar la salud de los trabajadores.

3.5.2. TABLA COMPARATIVA DE RESULTADOS Y VALORES LÍMITE

Según la RM-375-2008-TR, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas, el valor límite de exposición diaria normalizada para un período de referencia de 8 horas en vibraciones mano - brazo se fija en 5 m/s^2 . El nivel de acción a partir del cual se debe establecer un programa de medidas técnicas y organizativas es de $2,5 \text{ m/s}^2$.

Extrapolado esto a 12 horas según la Guía técnica del “Institut de Recherche en Santé et en Sécurité du Travail du Québec” (IRSST), el LMP es 4.19 m/s². El Nivel de Acción para 8 horas según la Norma Europea es 2.5 m/s², siendo el valor para 12 horas 1.83 m/s², usando el mismo método de extrapolación.

Se muestran que los valores correspondientes al nivel de la mano se encuentran por encima del valor límite máximo de acuerdo a la RM-375-2008-TR.

CUADRO N° 3.13.- Comparación de Vibración Mano Brazo

HERRAMIENTA MAQUINA	OPERACIÓN	Ah (m/s ²) (*)	NIVEL ACCIÓN(m/s ²) 12 horas	VALOR LIMITE(m/s ²) 12 horas	Observaciones
SCOOP 6 YARDAS	Operador	1.716	1.83	4.19	Se superaría el nivel de acción con una exposición aproximada de 8 horas.
SCOOP 4 YARDAS	Operador	0.715	1.83	4.19	Se superaría el nivel de acción con una exposición aproximada de 8 horas.
JUMBO AXERA DPJ-16	Operador	0.587	1.83	4.19	Se superaría el nivel de acción con una exposición aproximada de 8 horas.
JUMBO 282	Operador	1.421	1.83	4.19	Se superaría el nivel de acción con una exposición aproximada de 8 horas.

Ref. (Datos propios)

(*) Ah (m/s²) Nivel de vibraciones promediado en cada máquina. Se da un intervalo de valores que representa los niveles obtenidos con guantes.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. NIVELES VIBRACIONALES CARACTERÍSTICOS

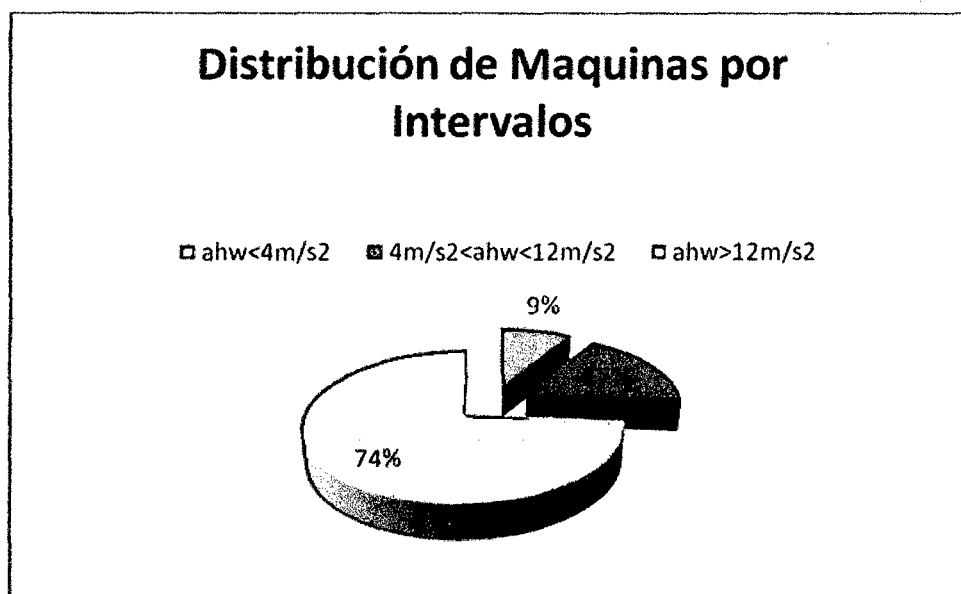
El objetivo principal de esta investigación ha sido conocer el nivel de vibración de un conjunto representativo de máquinas manuales utilizadas habitualmente en el ámbito laboral, para de este modo ver la repercusión en la salud de los trabajadores.

En este apartado se procura una visión general de los niveles vibracionales característicos, respecto a los valores de acción y límites de exposición establecidos, que se deducen de los resultados obtenidos sobre la población muestral seleccionada para el proyecto.

4.1.1. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR INTERVALOS:

La figura 4.1., representa la distribución porcentual de la muestra, comparando los valores característicos de vibración de sus elementos con los límites establecidos.

Figura 4.1.- Distribución de máquinas por intervalos



Ref. (Datos Propios)

Como se puede observar, destaca que el 74% de las maquinas han superado el límite superior de exposición, mientras que tan solo el 17% se han quedado dentro del intervalo que regula el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. El 9% restante de las maquinas muestreadas han dado niveles característicos de vibración por debajo del límite inferior de exposición de la referida norma.

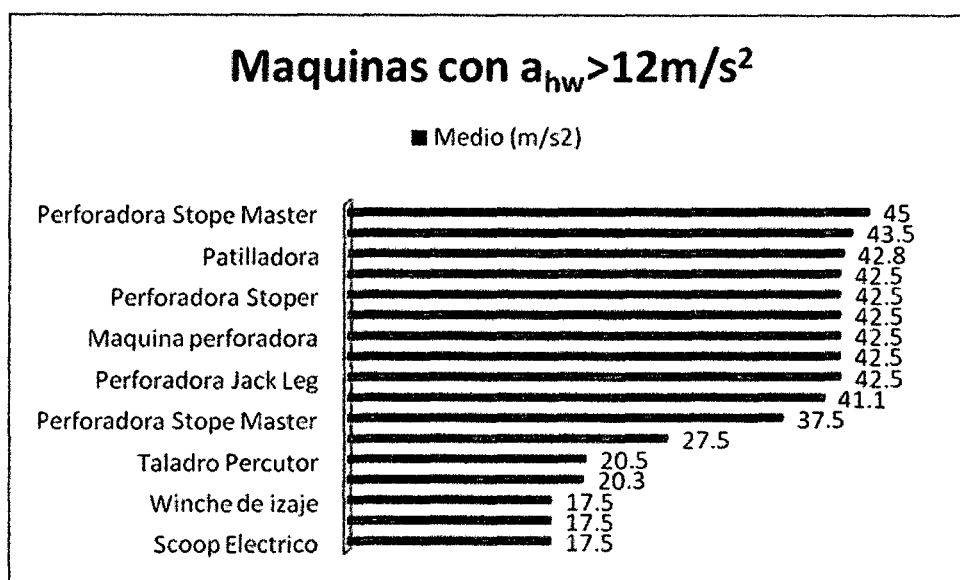
Seguidamente se clasifican los diferentes grupos de máquinas manuales en intervalos, comparativos del valor medio típico de vibración con respecto a los valores límites.

4.1.2. MAQUINAS CON VALOR MEDIO DE a_{HW} MAYOR DE 12m/s^2 :

La mayor parte de las maquinas tienen un valor típico de vibración superior a 5m/s^2 ; concretamente han sido 17 los tipos de máquinas cuyas medidas superan este límite.

La clasificación de estas máquinas de acuerdo con los valores medios de las vibraciones medidas se recoge a continuación.

Figura 4.2.- Máquinas con valores medio de vibración



Ref(Datos Propios).

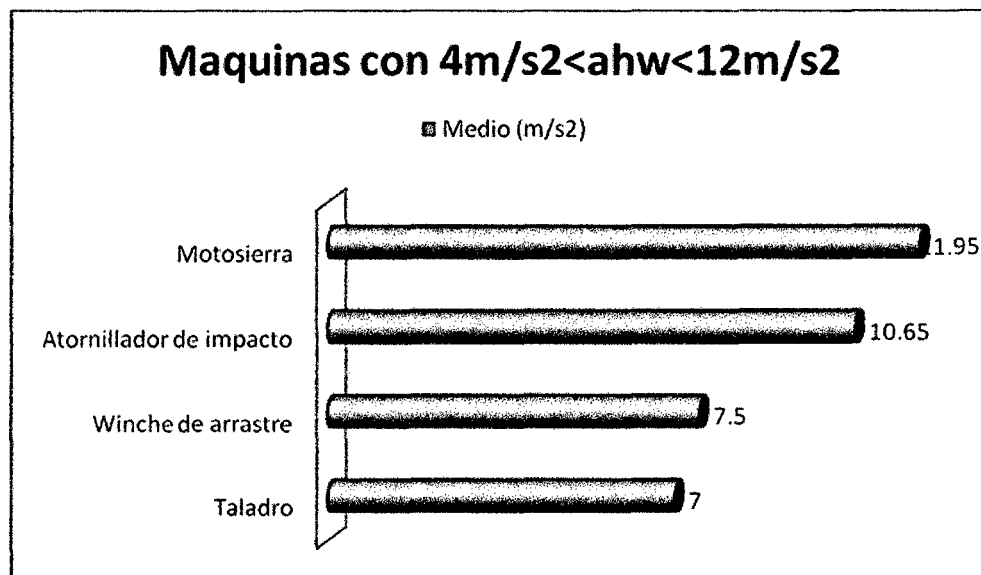
En este grupo aparecen la mayoría de los tipos de maquinas manuales mas habituales en el ambito laboral de las minas. Destacan especialmente las maquinas destinadas a romper o taladrar rocas, que ocupan los primeros lugares con los mas altos medios de vibración.

4.1.3. MAQUINAS CON VALOR MEDIO DE A_{HW} COMPRENDIDO ENTRE 4m/s^2 y 12m/s^2 :

Solo 4 tipos de maquinas de entre las muestreadas en las diferentes areas han dado valores caracteristicos que cumplen esta condicion.

En la figura 4.3. se ordenan nuevamente según el valor medio de vibracion medida durante el muestreo.

Figura.- 4.3.- Máquinas con valores medio de vibraciones

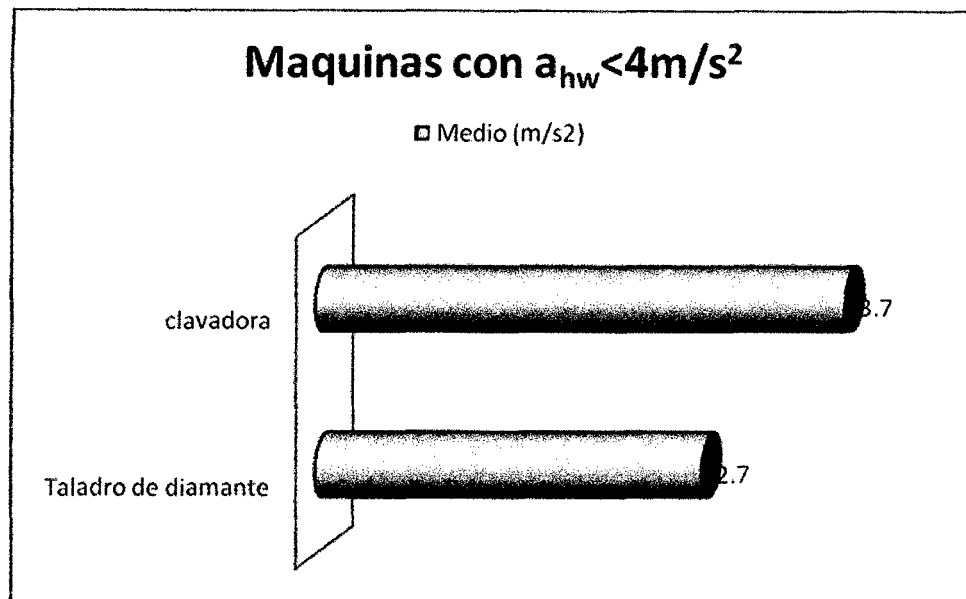


Ref(Datos Propios)

4.1.4. MAQUINAS CON VALOR MEDIO DE A_{HW} MENOR DE 4m/s^2

Considerando las maquinas cuyo valor de vibración típico ha sido inferior a 4m/s^2 se distinguen 2 tipos, los cuales se muestran, ordenados según el valor medio de los valores obtenidos durante el muestreo, en la figura 4.4.

Figura 4.4.- Maquinas con vibraciones inferior a 4 m/s^2



Ref (Datos Personales)

Grafico. 08

Existen evidencia de que las maquinas con bancada fija producen un nivel de vibración menor que las maquinas totalmente portatiles que realizan el mismo tipo de trabajo.

4.1.5. RANGO DE VALORES DE VIBRACIÓN PARA LOS DISTINTOS TIPOS DE MAQUINAS

Las maquinas de un mismo tipo se comportan en cuanto a vibración de manera diferente entre si, dependiendo de factores propios de la maquina o de la tarea que se realiza con ellas. En las anteriores graficas por intervalos se han tenido exclusivamente en cuenta los valores medio; no obstante puede ser de utilidad indicar tambien el rango de niveles de vibración en los que se encuentran los valores obtenidos en esta investigación.

En la siguiente tabla se especifican los valores minimo y maximo del nivel de vibración de cada tipo de maquina, junto con el valor medio.

CUADRO N° 4.1 Rango de valores de vibración comparativa de distintos tipos de

RANGO DE VALORES DE VIBRACIÓN PARA DISTINTOS TIPOS DE MAQUINA								
Seccion	Area	Equipo	Tipo de Equipo	Frecuencia Inspeccion	Responsable	Valores de Vibración		
						Mín (m/s²)	Medio (m/s²)	max (m/s²)
a _{hw} <4m/s²								
Mina	Mina	Taladro de diamante	Movil	Pre-uso	Usuario	2.3	2.7	3.1
Mina	Mina	clavadora	Movil	Pre-uso	Usuario	2.4	3.7	5
4m/s²<a _{hw} <12m/s²								
Mina	Mina	Taladro	Movil	Pre-uso	Usuario	3.4	7	10.6
Mina	Mina	Winche de arrastre	Movil	Pre-uso	Operador	4	7.5	11
Mina	Mina	Atomillador de impacto	Movil	Pre-uso	Usuario	4.7	10.65	16.6
Mina	Mina	Motosierra	Movil	Pre-uso	Usuario	5	11.95	18.9
a _{hw} >12m/s²								
Mantenimiento	Taller Trackless	Scoop Electrico	Movil	Pre-uso	Operador	15	17.5	20
Mina	Taller Corimayo	Scoop Diesel	Movil	Pre-uso	Operador	15	17.5	20
Mina	Mina	Winche de izaje	Movil	Pre-uso	Operador	15	17.5	20
Mina	Mina	Martillo electrico	Movil	Pre-uso	Usuario	10.5	20.3	30.1
Mina	Mina	Taladro Percutor	Movil	Pre-uso	Usuario	10.5	20.5	30.5
Mantenimiento	Taller Trackless	Scoop Diesel	Movil	Pre-uso	Operador	25	27.5	30
Mantenimiento	Taller Trackless	Perforadora Stope Master	Movil	Pre-uso	Operador	25	37.5	50
Mina	Mina	Martillo neumatico	Movil	Pre-uso	Usuario	25.4	41.1	56.8
Mantenimiento	Taller Trackless	Perforadora Jack Leg	Movil	Pre-uso	Operador	25	42.5	60
Mantenimiento	Taller Trackless	Perforadora Stoper	Movil	Pre-uso	Operador	25	42.5	60
Mina	Taller Corimayo	Maquina perforadora	Movil	Pre-uso	Perforista	25	42.5	60
Mina	Mina	Perforadora Jack Leg	Movil	Pre-uso	Operador	25	42.5	60
Mina	Mina	Perforadora Stoper	Movil	Pre-uso	Operador	25	42.5	60
Mina	Mina	Jumbo Electrohidraulico	Movil	Pre-uso	Operador	25	42.5	60
Geologia	Geologia	Patilladora	Movil	Pre-uso	Usuario	25.6	42.8	60
Mina	Taller Corimayo	Jumbo Electrohidraulico	Movil	Pre-uso	Operador	25	43.5	62
Mina	Mina	Perforadora Stope Master	Movil	Pre-uso	Operador	25	45	65

maquinas.

Ref. (Datos Propios)

4.2. ACELERACIÓN MEDIA DE LAS MAQUINAS POR AREAS

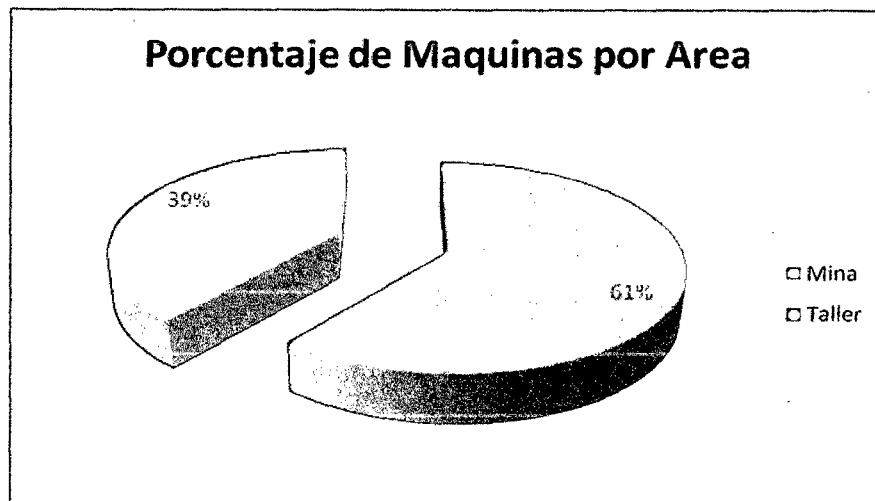
Al realizar la selección de la muestra y su clasificación se han considerado dos áreas de la mina, en los que se agrupan la mayor parte de las maquinas manuales utilizadas profesionalmente.

Estas áreas han sido: Área de mina y área de taller.

4.2.1. DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA POR AREAS

La discusión por áreas se justifica teniendo en cuenta que cada uno tiene unas características particulares, por lo cual, aun utilizando en algunos casos las mismas maquinas, se obtienen niveles de vibración diferentes que pueden atribuirse al distinto uso de una misma maquina según el área.

Figura 4.5.- se muestra el porcentaje de maquinas muestreadas que se reparten por areas.



Ref (Datos Propios).

Destaca el área de mina, en el que se utiliza gran variedad de maquinaria manual, con el 61% de las muestreadas y el área de taller con un 39%.

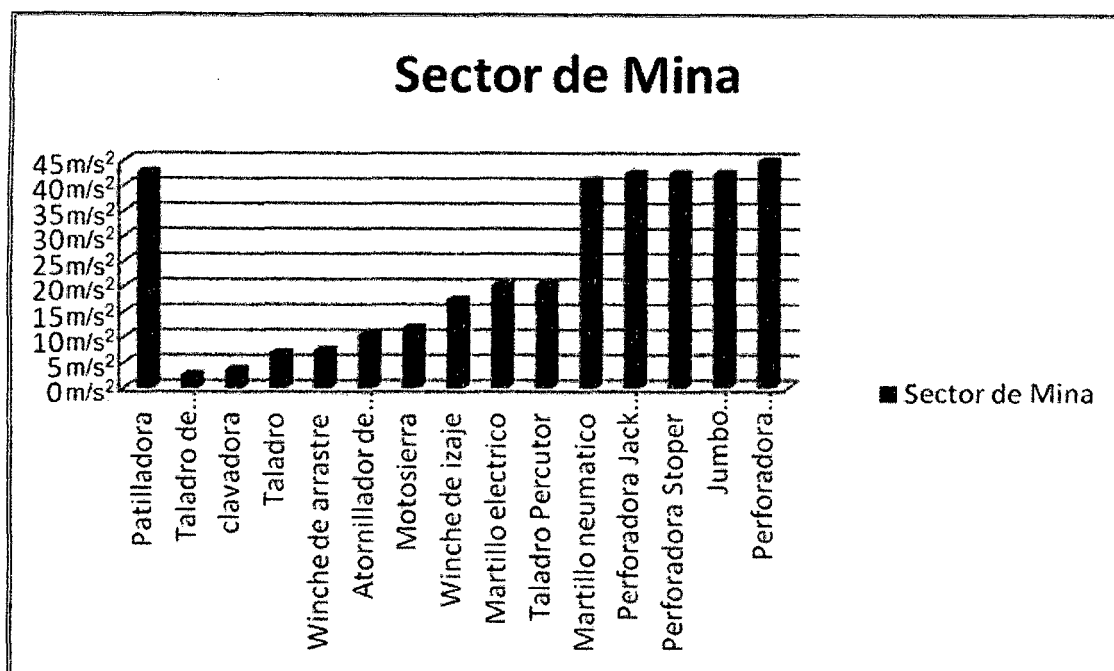
Seguidamente se detallan los resultados por áreas.

4.2.2. ÁREA DE MINA

Es un área bastante amplia en el que se utiliza una gran variedad de máquinas manuales, debido a la realización de trabajos que no permiten el empleo de máquinas de mayor tamaño.

El nivel de vibración de las maquinas encuadradas en este sector se detalla en la siguiente figura.

Figura 4.6.- Máquinas que producen vibraciones en el sector mina.



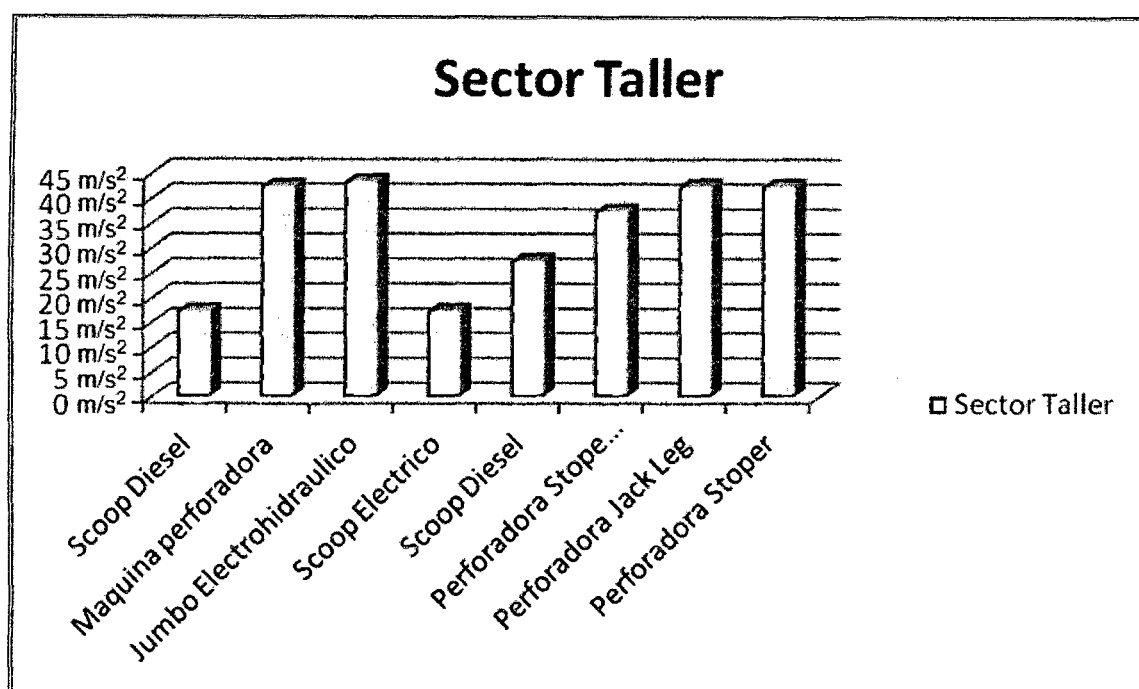
Ref. (Datos Propios).

4.2.3. ÁREA DE TALLER

Se caracteriza por la utilización preferente de grandes maquinas de bancadas fijas, quedando el empleo de las estrictamente manuales para trabajos puntuales y de corta duración en general.

El nivel de vibración de las maquinas de esta área se detalla en la gráfica de la figura 4.7.

Figura 4.7.- Máquinas que producen vibraciones en el sector taller.



Ref (Datos Propios).

CONCLUSIONES

1. Se ha detectado que el nivel vibracional característico del 72% de las maquinas muestreadas supere el límite de exposición, el 17% tiene un nivel de vibración entre el límite de acción y el de exposición y tan solo el 6% se queda por debajo del nivel de acción equivalente diario para las 8 horas resultantes del cálculo para evaluar el riesgo en un puesto de trabajo concreto, en buena parte de los casos se encuentra finalmente por debajo de los límites de riesgo.
2. Se han encontrado casos de máquinas pertenecientes a un mismo tipo o grupo, que han presentado un comportamiento vibracional diferente debido a los factores propios de estas y de las actividades en que eran empleados.
3. Dentro de los tres sectores abarcados, ha resultado que el de la operación es el de mayor nivel vibracional. Esto se explica debido a la clase de maquinaria, generalmente de gran potencia, que emplean y el duro trabajo que realizan.
4. Destaca la gran discrepancia observada entre los valores declarados por el fabricante de los equipos y los obtenidos por medición durante el desarrollo de los trabajos reales.
5. Se ha comprobado que existe una problemática en las mediciones de las vibraciones de tipo mano-brazo, principalmente a la hora de realizar medidas de campo. La colocación del acelerómetro y la selección del soporte adecuado son fundamentales unas medidas fiables.

6. No se cuenta con un programa formal de evaluación de la salud debido al “Dedo Blanco” inducido por vibración, llamado también fenómeno de origen laboral de Raynaud.
7. Se llegó a determinar que las vibraciones tuvieron efecto en la salud de los trabajadores a causa de su continua exposición.

RECOMENDACIONES

1. Se debe evitar que se enfíen o se mojen las palmas de las manos. Recuerde que el frío aumenta el riesgo y que la circulación de la sangre sea menor.
2. Protección para los oídos es importante en ambientes donde hay mucho ruido y muchas herramientas de vibración hacen mucho ruido. Recuerde que el ruido aumenta el riesgo de sordera.
3. Se debe asegurar de que las máquinas cumplan con un cronograma de mantenimiento correctamente para evitar un aumento de las vibraciones.
4. Organizar una evaluación médica y asesoramiento médico para el trabajador sobre los riesgos de una exposición continua de vibración.
5. Establecer un programa de control y vigilancia médica cuando el nivel vibración este por encima del nivel de acción de acuerdo a los criterios de NIOSH teniendo en cuenta los primeros síntomas como son el Hormigueo en los dedos y adormecimiento, las puntas de los dedos se ponen blancas o azules, falta de coordinación en las manos, dificultad al levantar objetos pequeños, dificultad al abrocharse o subir el cierre, pérdida de sensación al calor y frío y dolor en las manos.

6. Reducir los tiempos de exposición. Esta sería la medida correctora más sencilla e inmediata de aplicar, ya que bastaría con rotar a los trabajadores que utilicen estas máquinas, programar periodos adecuados de descanso, o intercalar tareas en las que no exista riesgo de vibraciones, de manera que el nivel de exposición diaria referido a 8 horas se mantenga siempre por debajo de los límites.

BIBLIOGRAFÍA

ARANA M. (2004) Disposición mínima de seguridad y salud relativa a la exposición a la vibración mecánica en los puestos de trabajo. España, Universidad Pública de Navarra.

(Disponible:

<http://www.ladep.es/ficheros/documentos/disposiciones%20min.pdf>)

BERNAOLA A. ET. AL. (1989): “La vibración y nuestra salud”. Madrid, INSHT.

DEL AGUILA, S. A. (2000)..Procedimiento de evaluación de riesgos ergonómicos y psicosociales Cap-06 vibraciones. España, Universidad de Almería.

(Disponible

en:

<http://www.ual.es/GruposInv/Prevencion/evaluacion/procedimiento/B-%20Condiciones%20f%EDsico-ambientales/6-Vibraciones.pdf>

EN 12096:1997 (1997): Vibración Mecánica- Declaración y verificación de valores de emisión de las vibraciones, Edición 1997.

FUNDACION PARA LA PREVENCION DE RIESGOS DE BALEAREAS-ESPAÑA;

Disponible en: <http://www.revisionesdeseguridad.es/r/29/vibraciones-mecanicas>

GRIFFIN J.,et. al. (2004): Conferencia Internacional sobre Vibraciones Mano-Brazo. Las vegas, nevada, USA 7-11 de junio de 2004. (Disponible en: www.humanvibration.com)

GRIFFIN J.,et. al. (2004): Conferencia Internacional sobre los riesgos derivados de la exposición a vibraciones. USA 14 en 2005 a 14 jun 2006 (Disponible en: www.humanvibration.com).

Ministerio de Energía y Minas (2010): “Reglamento De Seguridad Y Salud Ocupacional” Decreto Supremo N°055-2010-EM. Lima. MINEM.

Norma NTP-ISO 5349-2: Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NT/P/Ficheros/786a820/792%20web.pdf>

O.I.T (2001): “Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo”. Madrid; Edición Española, Gestion Editorial Chantal Dufresne, BA.

SANTURIO, J. et.al (2006): “Estudio de la Exposición a Vibraciones Mano-Brazo en el trabajo con máquinas-herramienta portátiles”; Proyecto SV-PA-04-09; Universidad de Oviedo-Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales. España, Universidad de Oviedo.

UNE-EN ISO 5349-1: Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales, Instituto Navarro de Salud Laboral Edición Mayo 2009.

UNE-EN ISO 5349-2: Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo, Instituto Navarro de Salud Laboral Edición Mayo 2009.

ANEXOS

ANEXO 2: INFORMACIÓN MÉDICA (HOJA 1)



Consultorios de Atención Integral de Salud

"Virgen de Guadalupe"

EVALUACIÓN PARA TRABAJOS EN ALTURA ESTRUCTURAL MAYOR DE 1.8 mts

APELLIDOS Y NOMBRES: Dulce Falcon Felipe EDAD: 43
 FECHA NACIMIENTO: 06-07-1970 SEXO: Masculino
 DNI N°: 32929863 OCUPACIÓN: Oficial Alboño FECHA: 03/05/2013

FUNCIONES VITALES:

FC: 60 x' PA: 100/60 mmHg FR: 16 x' Sat. O2%: 99%
 Peso: 60 kg Talla: 1.63 cm IMC: 22.55

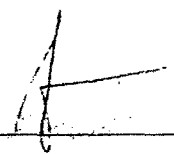
1. ANTECEDENTES:

	SI	NO		SI	NO
TEC moderado o grave		X	Arritmias cardíacas		X
Convulsiones / Epilepsia		X	Portador de marcapasos		X
Vértigos / Mareos		X	Alteraciones de la visión		X
Mioclónias / Acatisia		X	Asma bronquial no controlada		X
Migrañas / Cefaleas		X	EPOC		X
Problemas de equilibrio (Laberintitis)		X	Hipoacusia avanzada		X
Enfermedades Psiquiátricas		X	Diabetes no controlada		X
Insuficiencia Cardíaca		X	Secuela de fracturas		X
HTA no controlada		X	Medicación actual		X
Otros:					

2. EXAMEN FISICO:

	NORMAL	ANORMAL
Nistagmos	X	
Marcha	X	
Fuerza muscular	X	
Pupilas	X	
Simetría facial	X	
Diadococinesias	X	
PRUEBA DE ROMBERG	X	
PRUEBA DE UNTERBERGER	X	
PRUEBA INDICE NARIZ	X	

ANEXO 3: INFORMACIÓN MÉDICA (HOJA 2)

 Centro Médico C.A.I.S. "VIRGEN DE GUADALUPE" ¡Calidad en Salud a su Servicio!		CÓDIGO	10643
CERTIFICA que el Sr.(a):			
Nombre y Apellidos <u>Felipe Dulce Falcon</u>			
Documento de Identidad <u>132929363</u>		Edad <u>43</u> Años	Género ☒ M. ☐ F
Puesto al que postula (solo pre ocupacional)		<u>Oficial Perforista</u>	
Ocupación actual o última Ocupación			
HISTORIA CLINICA			
Conclusiones			
<u>APTO CON INDICACIONES</u>			
APTO (para el puesto en el que trabaja o postula)	☒	Restricciones	
APTO CON RESTRICCIÓN (para el puesto en el que trabaja o postula)	☐		
NO APTO (para el puesto en el que trabaja o postula)	☐		
Recomendaciones			
<u>1- Realizar dieta.</u> <u>2- Control de triglicéridos</u> <u>en 1 mes</u>			
Fecha <u>23.05.18</u>	Sello y Firma de Médico que CERTIFICA		

RECIBIDO EN EL

9/5/18



Consultorios de Atención Integral de Salud
"Virgen de Guadalupe"



PACIENTE : DULLE FALCON FELIPE
EDAD: 42 AÑOS
EMPRESA: GEOTECNIA PERUANA

EXAMEN COMPLETO DE ORINA

ANÁLISIS CLÍNICO

EXAMEN FÍSICO:

Color :	Amarillo	Aspecto :	Claro
Ph:	6	Densidad :	1025

Hematocrito:	49%	Hombres	42 - 56 %
Hemoglobina	16.3 gr/dl	Mujeres	36 - 42 %
Grupo Sanguíneo:	A	Hombres	14 - 18 gr/dl
Factor Rh:	POSITIVO	Mujeres	12 - 14 gr/dl
Serología para Sífilis	NO REACTIVO		

EXAMEN QUÍMICO

Urobilinógeno:	Negativo
Bilirrubina:	Negativo
Proteínas:	Negativo
Nitritos:	Negativo
Cetonas:	Negativo
Glucosa:	Negativo
Hemoglobina:	Negativo

SEDIMENTO URINARIO

Células Epiteliales:	1	ESCASOS	xc
Hemáties:	1 - 2		xo
Leucocitos:	1 - 2		xc
Cilindros:	No se observan		
Bacterias:	(++)		
Cristales:	No se observan		
Oxalatos de calcio	No se observan		
Otros:	No se observan		

[Firma]
Fabiola A. Delgado
BIOL. MGA
C.P. 1990

23 DE ABRIL DEL 2012

Micaela Bastidas

Tel. 956 945076 RPM 374
956 170805 RPM 374
E-mail: cvgsac@gmail.com

ANEXO 5: INFORMACION MEDICA (HOJA 4)



Consultorios de Atención Integral de Salud

"VIRGEN DE GUADALUPE"

¡Calidad en Salud a su Servicio!

Titmus

A Baco USA Company

OCCUPATIONAL RECORD FORM

Apellidos y Nombres : Ortiz Galan Felipe Santiago Fecha : 23-04-12

Ocupación : Clínico Perforista Edad : 42 Empresa : Geotecnia Peruana

Lentes : ☒ SI ☐ NO

Lentes Contactos : ☐ SI ☒ NO

Antecedentes y/o Observaciones :

TESTS	FAR POINT (20 FT.)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1 Binoc. Vision	4 cubes				2 cubes				3 cubes						
Target	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
2 Both Eyes	T	R	R	L	T	B	L	R	L	B	R	B	T	R	
3 Right	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
4 Left	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Snellen Equivalents	20/200	20/100	20/70	20/50	20/40	20/35	20/30	20/25	20/22	20/20	20/18	20/17	20/15	20/14	
5 Stereo Depth	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
6 Color	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
7 Vertical	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
8 Lateral	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

TESTS	NEAR POINT (14 IN.)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1 Binoc. Vision	4 cubes				2 cubes				3 cubes						
Target	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
2 Both Eyes	T	R	R	L	T	B	L	R	L	B	R	B	T	R	
3 Right	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
4 Left	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
7 Vertical	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
8 Lateral	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

OJOS	Sin corregir		Corregida		ENFERMEDADES OCULARES
	OD	OI	OD	OI	
VISION DE CERCA	20/20	20/20	-	-	Ninguna
VISION DE LEJOS	20/15	20/20	-	-	REFLEJOS PUPILARES
VISION DE COLORES	Normal				Normal

Recomendaciones :

FIRMA DEL EXAMINADO

FIRMA DEL EXAMINADOR



Consultorios de Atención Integral de Salud
"Virgen de Guadalupe"

HISTORIA OCUPACIONAL

Nº 003501

APELLIDOS Y NOMBRES: Dulce Falcon Felipe Santiago OCUPACIÓN: Oficial Perforista

FECHA ACTIVIDADES		CARGO	FUNCION ESPECIFICA	EMPRESA	RIESGOS										EXPOSICIÓN HR/DÍA	USO EPP TIPO EPP		
INICIO	FIN				RUIDO	POLVO	ERG	CARGA FÍSICA	VIBRA	BIOLOG	RAD	TEMP	OTROS	SI		NO		
2008	Actual	Oficial	Perforista	Protección Perforadora														

Vigencia: 10/11/2011 - 10/11/2012

23 04 12
DÍA MES AÑO

FIRMA
DEL TRABAJADOR

HUELLA DIGITAL

ANEXO 6: INFORMACION MEDICA (HOJA 5)

ANEXO 7: INFORMACION MEDICA (HOJA 6)

 Consultorios de Atención Integral de Salud "Virgen de Guadalupe"		ANEXO Nº 7-C FICHA MÉDICA OCUPACIONAL D.S. 055 - 2010 EM		EXAMEN MÉDICO PRE-OCCUPACIONAL ☐ ANUAL ☐ RETIRO ☐ REUBICACIÓN ☐	
Empresa ☐ Contratista ☒		Nº 003901 Geotecnia Peruana			
Apellidos y Nombres: Dulce Folcom Felipe Santiago					
FECHA DEL EXAMEN: 23 de Abril 2012					
LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO Chimote 06-07-70		DOMICILIO HABITUAL Micela Boston		SUPERFICIE ☒ CONCENTRADORA ☐ SUBSUELO ☐	
				ALTITUD DE LA LABOR ☐ 3591 a 4000 m ☐ 4001 a 4500 m ☒ 4501 a 5000 m	
EDAD 42 AÑOS	SEXO ☒ M ☐ F	DOCUMENTO DE IDENTIDAD 3292936 TELEFONO 94390549	ESTADO CIVIL ☒ Soltero ☐ Casado ☐ Viudo ☐ Divorciado	GRADO DE INSTRUCCIÓN ☐ Analfabeto ☐ Prim Comp ☐ Prim Locam ☒ Sec comp ☐ Sec incomp ☐ Técnico ☒ Universitario	
Ruido ☐ Cancerígenos ☐ Temperaturas ☐ Cargas ☐ Polvo ☐ Mutagénicos ☐ Biológicos ☐ Mov. Repet. ☐ Vib segmentaria ☐ Solventes ☐ Posturas ☐ PVD ☐ Vitr. total ☐ Metales pesados ☐ Torcas ☐ Otros ☐ Escribir ☐		Describir según corresponda: Puesto al que postula: Oficial Porfirista Puesto actual: Oficial Porfirista Retubificación SI ☐ NO ☐			
ANTECEDENTES OCUPACIONALES (VER ADJUNTO HISTORIA OCUPACIONAL)					
ANTECEDENTES PERSONALES (Enfermedades y accidentes en el trabajo y fuera del mismo) Ninguno					
ANTECEDENTES FAMILIARES Huacho Asma Bronquial					
HÁBITOS Tabaco ☒ Nada ☐ Poco ☐ Habitual ☐ Excesivo ☐ Alcohol ☐ Grogas ☐		INMUNIZACIONES Hepatitis B		NÚMERO DE HIJOS VIVOS 02 MUERTOS -	
TALLA: 1.64 m PESO: 59 kg IMC: 22.06		FUNCIÓN RESPIRATORIA Abs % FVC 36.2 FEV1 FEV1/FVC 81 FEF 25-75% 88 Conclusión ICC 0.92		TEMPERATURA 36.2 Cintura 81 Cadera 88 ICC 0.92	
CABEZA Normal					
OÍDIO Normal					
BOCA, AMIGDALAS, FARINGE, LARINGE Normal					
PIEL Normal					
OJOS Normal					
VISION DE CERCA 20/22					
VISION DE LEJOS 20/15					
VISION DE COLORES Normal					
OÍDOS Normal					
AUDICIÓN Normal					
OTOSCOPIA OD Normal CI Normal					
F. Respiratoria 15 min F. Cardíaca 67 min Sat. O2 %					
Presión arterial sistémica Sistólica 100 mmHG Diastólica 60 mmHG					

ANEXO 8: INFORMACION MEDICA (HOJA 7)

3. EXÁMENES AUXILIARES:

FKG = Bradicardia sinusal
Ex. Laboratorio = Hipertriglicéridemia
Ex. Psicológico = APTO

4. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES:

1- Realizar dieta rica hipocalórica, hipograsa
no comer royan, etc.

2- Usar los guantes antistáticos y
no exceder la exposición a las máquinas

4. APTITUD PARA LABORAR EN ALTURA ESTRUCTURAL:

APTO CON INDICACIONES

Yo, FELIPE SANTIAGO DULCE FALCON identificado con
DNI N° 32929383 declaro bajo juramento que todo lo respondido en el
presente documento es totalmente cierto.

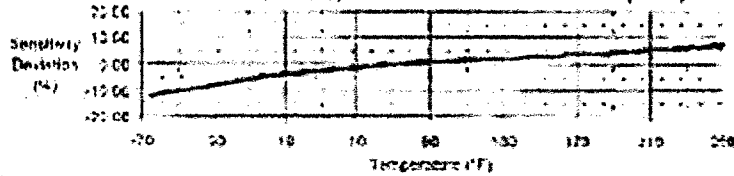
San Juan de Marcona, 23-04-2012


Firma y Huella del trabajador


Firma y Sello del Médico

EW 150 16053-27

96

Model Number		TRIAXIAL SHEAR ICP® ACCELEROMETER		Revision A	
SEN020					
DYNAMIC PERFORMANCE					
Voltage Sensitivity	1 (0.1)	mV/g [mV/ms ²]	(10%)		
Measurement Range (±%)	1,000 (14,110)	g's [ms ⁻²]			
Frequency Range (±5%)	0.5 to 5,000	Hz			
(+10%)	0.3 to 8,000	Hz			
Mounted Resonant Frequency	2.2%	Hz			
Broadband Resolution (1Hz to 10kHz)	0.005 (0.05)	g rms [ms ⁻² rms]	(1)		
Amplitude Linearity (400 g)	±1	%	(2)		
Transverse Sensitivity	±5	%			
ENVIRONMENTAL					
Shock Limit - All Axes (maximum)	7,000 (58,800)	g's [ms ⁻²]			
Operating Temperature Range	-55 to +250 [-54 to +121]	F [°C]			
Temperature Response	Sec Graph	SWT [°/°C]	(1)		
Strain Sensitivity	0.001 (0.01)	g's [ms ⁻²]	(1)		
ELECTRICAL					
Excitation Voltage/Constant Current	20 to 30 / 2 to 20	VOCCA			
Output Impedance	< 100	ohms			
Output Bias	8 to 12	VCC			
Discharge Time Constant	1.0 to 2.0	sec			
Warm Up Time (within 10% of output bias)	<5	sec			
Spectral Noise (1 Hz)	700 (5,867)	g's/Hz [ms ⁻² /Hz]	(1)		
(10 Hz)	250 (2,453)	g's/Hz [ms ⁻² /Hz]	(1)		
(100 Hz)	170 (1,668)	g's/Hz [ms ⁻² /Hz]	(1)		
(1 kHz)	50 (491)	g's/Hz [ms ⁻² /Hz]	(1)		
MECHANICAL					
Sensing Element	Ceramic/Shear	material/geometry			
Housing	Titanium/Hermetic	material/sealing			
Size (cubic envelope)	0.55 (14.0)	in [mm]			
Weight	0.37 (10.5)	oz [gms]	(1)		
Electrical Connector	4 Pin Side	type/location			
Mounting Thread	10-32 Female	size			
Mounting Torque	10-20 (113-225)	in-lb [N-cm]			
					
					
All specifications are at room temperature unless otherwise specified.					
In the interest of constant product improvement, we reserve the right to change specifications without notice.					
ICP® is a registered trademark of PCB Group, Inc.					
			NOTES:		
			(1) Typical		
			(2) Zero Error, least squares, straight line method		
			(3) See PCB Calibration of Compliance #5023 for details		
			SUPPLIED ACCESSORIES:		
			NIST™ Traceable Calibration Certificate		
			 LARSON DAVIS		
			A PCB PIEZOTRONICS DIV.		
			www.LarsonDavis.com		

ANEXO 11: GUIA PARA EL MONITOREO DE VIBRACION (HOJA 1)

DS-055-2010-EM

GUIA N° 3

MONITOREO DE VIBRACIÓN

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

Exposición a Vibración en Cuerpo Completo

El valor máximo de la aceleración en 8 horas será de: 0.5m/s^2 .

Exposición a Vibración en Mano-Brazo:

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

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

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

Del Trabajador Muestreado:

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

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

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

Medición de la exposición a Vibración en Cuerpo Completo:

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

ANEXO 12: GUIA PARA EL MONITOREO DE VIBRACION (HOJA 2)

3. Colocar el medidor (acelerómetro en los tres ejes) en el punto de transmisión de la vibración.
4. Dar las indicaciones al trabajador.
5. Realizar la medición a lo largo de una jornada de trabajo.
6. Obtener las aceleraciones ponderadas en cada eje X, Y y Z.
7. Calcular la aceleración resultante usando la ecuación 1.

$$A_{wt} = \sqrt{(1.4A_{wx})^2 + (1.4A_{wy})^2 + (A_{wz})^2} \dots (1)$$

Donde:

A_{wx} ; A_{wy} A_{wz} : Aceleraciones ponderadas para cuerpo entero en sus respectivos ejes X, Y y Z

A_{wt} : Aceleración ponderada resultante de la vibración

8. Comparar el valor A_{wt} con el límite permisible para exposición de cuerpo entero.

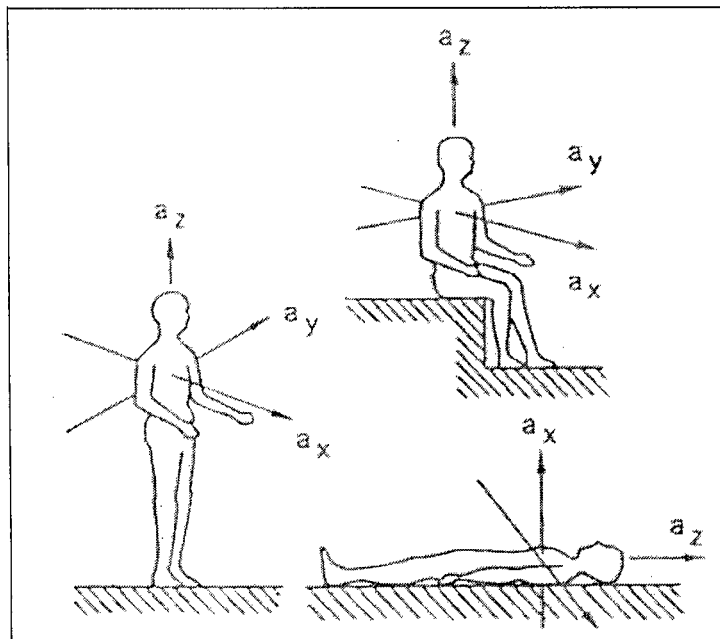


Figura 1. Mediciones de Aceleración en el Sistema Coordinado Biotinámico (Adaptado de ISO 2631) a_x , a_y , a_z = aceleración en la dirección de los ejes x, y, z; eje x=espalda hacia pecho; eje y= de derecha a izquierda; eje z= de los pies a la cabeza.

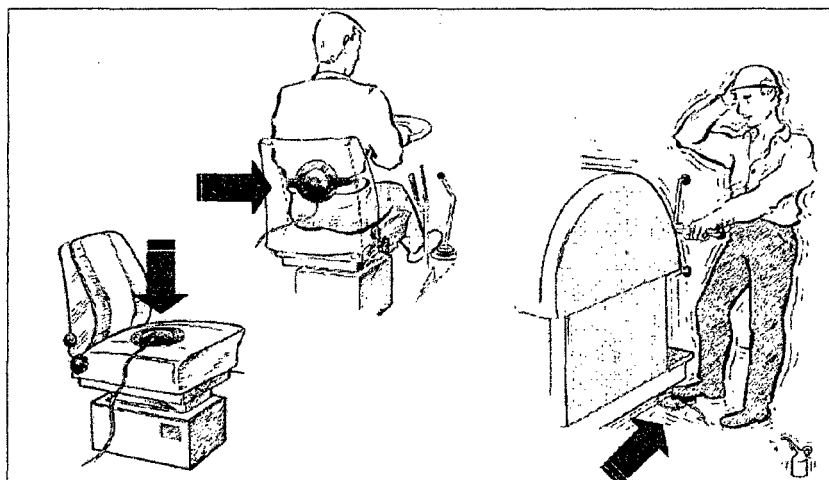


Figura 2. Posición correcta de los acelerómetros, de acuerdo al punto de transmisión de la vibración

Medición de la exposición a Vibración en Mano-Brazo:

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

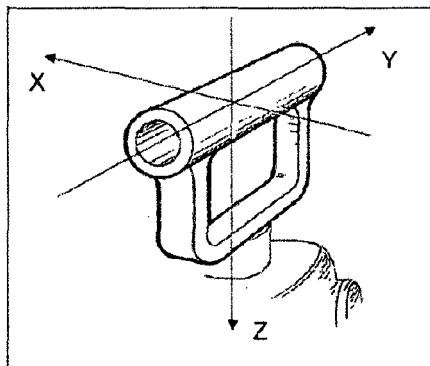


Figura 3. Ejes de medición en el punto de contacto con el equipo-herramienta

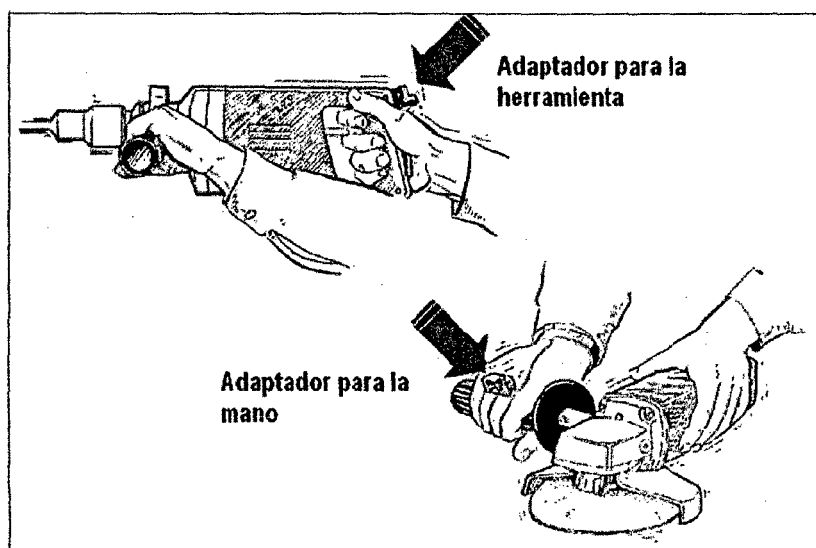


Figura 4. Posición correcta del acelerómetro, según el tipo de adaptador que se use.

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