

**IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS Y VALORACIÓN DE LOS RIESGOS,
DE LAS VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO, EN LOS
COLABORADORES DE EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN
DE SANTIAGO DE CALI**

ANGELA MARÍA DOMÍNGUEZ HENAO

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2013**

**IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS Y VALORACIÓN DE LOS RIESGOS,
DE LAS VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL CUERPO ENTERO, EN LOS
COLABORADORES DE EMPRESAS DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN
DE SANTIAGO DE CALI**

ANGELA MARÍA DOMÍNGUEZ HENAO

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniera Industrial

**Director
GIOVANNI ARIAS CASTRO
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE OPERACIONES Y SISTEMAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2013**

Nota de aceptación

Aprobado por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniera Industrial.

CIRO MARTINEZ

Jurado

JOSE DIMAS VELASCO

Jurado

Santiago de Cali, Marzo 15 de 2013

CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO	15
RESUMEN	20
INTRODUCCIÓN	21
1. ANTECEDENTES	22
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	27
2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	27
2.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	27
3. OBJETIVOS	29
3.1 GENERAL	29
3.2 ESPECIFICOS	29
4. JUSTIFICACIÓN	30
5. MARCO REFERENCIAL	31
5.1 ALCANCES	31
5.2 LIMITACIONES	31
5.3 MARCO TEÓRICO	32
5.3.1 Definición y caracterización de las vibraciones	32

5.3.2	Clasificación de las vibraciones	35
5.3.2.1	La parte del cuerpo a la que afectan	35
5.3.2.2	Características físicas	35
5.3.3	Factores que determinan los efectos producidos por las vibraciones	36
5.3.3.1	Zona afectada del cuerpo - vibraciones globales	36
5.3.3.2	Características físicas del entorno vibracional	36
5.3.3.3	Tiempos de exposición	37
5.3.4	Vibraciones transmitidas a cuerpo entero	37
5.3.5	Medición y valoración de la exposición a vibraciones transmitidas a cuerpo entero	40
5.3.6	Intervención	41
5.3.7	Efectos de las vibraciones transmitidas a cuerpo entero	41
5.3.7.1	Traumatismos en la columna vertebral	42
5.3.7.2	Espondiloartrosis de la columna lumbar	43
5.3.7.3	Calcificación de los discos intervertebrales	44
5.3.7.4	Enfermedades producidas por exposición a vibraciones	45
5.3.7.5	Actividades y maquinaria generadoras de vibraciones	46
5.3.8	Medidas preventivas	46
5.3.8.1	Mantenimiento	47
5.4	MARCO LEGAL	48
5.5	MARCO CONTEXTUAL	57
5.5.1	PINUR INGENIEROS LTDA	57
5.5.2	AMEZQUITA NARANJO	58

6. METODOLOGÍA	61
6.1 EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO CON UNA SOLO FUENTE DE VIBRACIÓN	62
6.2 EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO CON VARIAS FUENTES DE VIBRACIÓN	63
6.3 MEDIOS PARA LA REALIZACION DE LA MEDICION	64
6.3.1 El equipo de medición	64
6.3.2 Configuración del medidor de vibraciones	67
6.4 MEDICIONES REALIZADAS	67
6.4.1 Selección de la muestra	70
6.4.2 Estrategia de muestreo	70
6.4.3 Análisis de la evidencia	70
7. ANÁLISIS DE PUESTOS DE TRABAJO	71
7.1 PINUR INGENIEROS LTDA	71
7.1.1 Área de transformado de los materiales	72
7.1.2 Equipos ó herramientas	72
7.1.2.1 Motoniveladora	73
7.1.2.2 Vibrocompactador	76
7.1.2.3 Minicargador	80
7.1.2.4 Demoledor	84
7.2 AMEZQUITA NARANJO	86
7.2.1 Área de transformado de materiales	87
7.2.2 Equipos o herramientas	87

7.2.2.1 Planta asfalto (tolva y cabina de mando)	87
7.2.2.2 Planta de asfalto-cabina de mando (parte de adelante)	91
7.2.2.3 Cargador Volvo L70f	94
7.2.2.4 Cargador SDLG 936	97
7.2.2.5 Planta de triturado	100
7.2.2.6 Planta trituradora (parte baja)	103
7.2.2.7 Zaranda	106
7.2.2.8 Volqueta Kenworth	109
7.2.2.9 Volqueta dobletroque Internacional	111
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	114
8.1 PINUR INGENIEROS	114
8.2 GRUPO EMPRESARIAL AMEZQUITA NARANJO	115
8.3 RELACIÓN NIVELES DE VIBRACIÓN Y ANTIGÜEDAD DEL EQUIPO	117
9. CONCLUSIONES	121
10. RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	125
ANEXOS	133

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Daños físicos por exposición a vibraciones	38
Cuadro 2. Actividades para las que puede ser conveniente alertar sobre los efectos desfavorables de la vibración de cuerpo completo	38
Cuadro 3. Frecuencias críticas o resonancias en las extremidades superiores	40
Cuadro 4. Efectos a la exposición de vibraciones	42
Cuadro 5. Valores límites de exposición	61
Cuadro 6. Ficha técnica de la empresa	68
Cuadro 7. Ficha técnica del colaborador	69
Cuadro 8. Descripción especialidad del colaborador	69
Cuadro 9. Ficha técnica de la máquina	69
Cuadro 10. Ficha técnica colaborador motoniveladora	73
Cuadro 11. Descripción especialidad colaborador motoniveladora	74
Cuadro 12. Ficha técnica motoniveladora	74
Cuadro 13. Ficha técnica colaborador vibrocompactador	77
Cuadro 14. Descripción especialidad colaborador vibrocompactador	78
Cuadro 15. Ficha técnica vibrocompactador	78
Cuadro 16. Ficha técnica colaborador minicargador	81
Cuadro 17. Descripción especialidad colaborador minicargador	82
Cuadro 18. Ficha técnica minicargador	82
Cuadro 19. Ficha técnica colaborador demoledor	85

Cuadro 20. Descripción especialidad colaborador demoledor	85
Cuadro 21. Ficha técnica demoledor	85
Cuadro 22. Ficha técnica colaborador tolva (planta asfalto)	89
Cuadro 23. Descripción especialidad colaborador tolva	89
Cuadro 24. Ficha técnica planta asfalto	90
Cuadro 25. Ficha técnica colaborador cabina de mando	91
Cuadro 26. Descripción especialidad colaborador cabina de mando	92
Cuadro 27. Ficha técnica planta de asfalto	92
Cuadro 28. Ficha técnica colaborador cargador Volvo L70F	94
Cuadro 29. Descripción especialidad colaborador cargador	95
Cuadro 30. Ficha técnica cargador	95
Cuadro 31. Ficha técnica colaborador cargador	97
Cuadro 32. Descripción especialidad colaborador	98
Cuadro 33. Ficha técnica cargador	98
Cuadro 34. Ficha técnica del colaborador	101
Cuadro 35. Descripción especialidad colaborador planta trituradora	101
Cuadro 36. Ficha técnica planta de trituración	102
Cuadro 37. Ficha técnica colaborador	104
Cuadro 38. Descripción de la especialidad del colaborador	104
Cuadro 39. Ficha técnica de planta de trituración	105
Cuadro 40. Ficha técnica colaborador zaranda	107
Cuadro 41. Descripción especialidad colaborador zaranda	107
Cuadro 42. Ficha técnica zaranda	108

Cuadro 43. Ficha técnica conductor volqueta	109
Cuadro 44. Descripción especialidad conductor volqueta	109
Cuadro 45. Ficha técnica volqueta	110
Cuadro 46. Ficha técnica conductor volqueta	111
Cuadro 47. Descripción especialidad conductor volqueta	111
Cuadro 48. Ficha técnica volqueta	112
Cuadro 49. Comparación aceleración máxima (m/s²) Vs. Antigüedad del equipo	117
Cuadro 50. Métodos de control por tipo de máquina	118

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Distribución de enfermedades osteomusculares (%) (2005)	22
Figura 2. Distribución (%) por sexo (2005)	23
Figura 3. Distribución (%) por edades (2005)	23
Figura 4. Ejes para medir exposiciones a la vibración en personas sentadas	40
Figura 5. Alteraciones en la columna vertebral	43
Figura 6. Espondiloartrosis o artrosis lumbar	44
Figura 7. Calcificación del ligamento longitudinal posterior	45
Figura 8. Esquema general de la columna vertebral	45
Figura 9. Ejes basicéntricos del cuerpo humano	55
Figura 10. Medidor de vibraciones QUEST HAVPro	65
Figura 11. Almohadilla base triaxial	65
Figura 12. Cable para sensor acelerómetro conectado al monitor	66
Figura 13. Proceso para descargar la Información en el Software QuestSuite Professional	66
Figura 14. Modelo de la pantalla del monitor para medir vibraciones	67
Figura 15. Motoniveladora John Deere	73
Figura 16. Asiento motoniveladora	75
Figura 17. Vibrocompactador Dynapac	77
Figura 18. Asiento vibrocompactador	79
Figura 19. Minicargador Bobcat 863	81

Figura 20. Asiento minicargador	83
Figura 21. Demoledor Hilti	84
Figura 22. Planta de asfalto Terex Magnum120	87
Figura 23. Planta de asfalto Terex Magnum120 (parte anterior)	88
Figura 24. Planta de asfalto Terex Magnum120 (parte posterior)	88
Figura 25. Cabina de mando	91
Figura 26. Asiento cabina de mando (parte interior)	93
Figura 27. Cargador Volvo L70f	94
Figura 28. Asiento cargador	96
Figura 29. Cargador SDLG 936	97
Figura 30. Asiento cargador	98
Figura 31. Planta de triturado Samyoung	100
Figura 32. Planta de triturado Samyoung (parte posterior)	101
Figura 33. Asiento planta de trituración (parte arriba)	102
Figura 34. Parte baja – planta trituradora	104
Figura 35. Zaranda (parte posterior)	106
Figura 36. Colaborador parte de adelante de la zaranda	107
Figura 37. Volqueta Kenworth	109
Figura 38. Asiento volqueta	110
Figura 39. Volqueta dobletroque International	111
Figura 40. Asiento volqueta	112
Figura 41. Aceleración máxima por máquina (m/s²)	114
Figura 42. Aceleración máxima por máquina (m/s²)	115

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Mediciones efectuadas empresa PINUR. Demoledor	133
Anexo B. Mediciones efectuadas en la empresa Amezquita. Cargador SDLG 936	135

GLOSARIO

ARL: mediante proyecto de Ley 67 (Senado) y 217 de 2011 (Cámara) el Congreso acaba de modificar el Sistema de Riesgos Profesionales, que en adelante se llamará Sistema de Riesgos Laborales y comprende el Sistema General de Riesgos Laborales que corresponde al Sistema General de Riesgos Profesionales; Seguridad y Salud en el Trabajo, es decir Salud Ocupacional; Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, corresponde al Programa de Salud Ocupacional; y ARP que ahora se denomina ARL. La reciente Ley 1562, aprobada el 11 de julio de 2012 dentro de sus consideraciones realiza el cambio de nombre de ARP a ARL¹.

ASEPEYO: aseguradora española para empleados y obreros. Mutua de accidentes. Las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social son asociaciones de empresarios sin ánimo de lucro que, debidamente autorizadas por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, tienen como objeto la colaboración en la gestión de la Seguridad Social y la prestación de servicios a sus mutualistas².

BIOMECÁNICA DEL CUERPO: la biomecánica es una área de conocimiento interdisciplinaria que estudia los modelos, fenómenos y leyes que sean relevantes en el movimiento (incluyendo el estático) de los seres vivos. Es una disciplina científica que tiene por objeto el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, fundamentalmente del cuerpo humano. Esta área de conocimiento se apoya en diversas ciencias biomédicas, utilizando los conocimientos de la mecánica, la ingeniería, la anatomía, la fisiología y otras disciplinas, para estudiar el comportamiento del cuerpo humano y resolver los problemas derivados de las diversas condiciones a las que puede verse sometido³.

CINETOSIS: la cinetosis es el trastorno debido al movimiento, bien sea por mar, aire, coche, tren o el producido por algunas atracciones cuyos principales

¹ Sistema General de Riesgos Laborales [en línea]. Colombia: Senado de la República, 2012, [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/ley156211072012.pdf>.

² ASEPEYO [en línea]. España: el autor, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.asepeyo.es/Homease.nsf/SP/informacioncorporativa/Principal/informaciocorporativa1SP.htm>.

³ Biomecánica [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Biomec%C3%A1nica>.

síntomas son vómitos, náuseas, falta de equilibrio, producidos por la aceleración y desaceleración lineal y angular repetitivas. Otra de sus manifestaciones es el síndrome de adaptación espacial⁴.

COMUNIDADES AUTÓNOMAS – CCAA: una comunidad autónoma es una entidad territorial que, dentro del ordenamiento constitucional de España, está dotada de autonomía legislativa y competencias ejecutivas, así como de la facultad de administrarse mediante sus propios representantes⁵.

EFFECTOS BIOMECAÑICOS: la fuerza en mecánica son vectores. No se ven como tales en la realidad, sino que se observan sus efectos sobre los cuerpos. Estos efectos pueden ser: Deformaciones, estados de equilibrio y cambios en el movimiento⁶.

ELECTROMIOGRAFÍA: electromiografía (EMG) es una técnica para la evaluación y registro de la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos. El EMG se desarrolla utilizando un instrumento médico llamado electromiógrafo, para producir un registro llamado electromiograma. Un electromiógrafo detecta el potencial de acción que activa las células musculares, cuando éstas son activadas neuralmente o eléctricamente, las señales pueden ser analizadas para detectar anomalías y el nivel de activación o analizar la biomecánica del movimiento de un humano o un animal⁷.

ENFERMEDADES OSTEOMUSCULARES: en el ámbito industrial, la principal fuente de enfermedades profesionales corresponde a la exposición de segmentos osteomusculares de los trabajadores a dolencias provenientes de actividades que requieren repetición, fuerza y posturas disfuncionales por períodos prolongados de tiempo. Un factor adicional, no menos importante, es la vibración que el manejo de algunas herramientas o máquinas pueden ocasionar a estos segmentos corporales⁸.

⁴ Cinetosis [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cinetosis>.

⁵ Comunidad Autónoma [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Comunidad_aut%C3%B3noma.

⁶ Efectos biomecánicos [en línea]. España: Universidad Complutense de Madrid, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.uclm.es/profesorado/xaguado/ASIGNATURAS/BMD/4-Apuntes/Clase2%BA-07.pdf>.

⁷ Electromiografía [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Electromiograf%C3%ADa>.

⁸ Enfermedades osteomusculares [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Enfermedad_profesional#Enfermedades_osteomusculares.

INSTITUTO ASTURIANO DE RIESGOS LABORALES: el instituto asturiano de prevención de riesgos laborales surge con la aprobación del Decreto 32/2000 de 13 de abril y es consecuencia de lo comprometido en asunción de las competencias en esta materia en el año 2000. Este instrumento administrativo y técnico fue creado por el Pacto Institucional por el Empleo entre los agentes sociales (FADE, UGT y CC.OO. y el Gobierno del Principado de Asturias)⁹.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO – INSHT: el instituto, como organismo científico técnico de la Administración General del Estado, es el encargado de elaborar las Guías Técnicas orientativas (no vinculantes) para la interpretación de los reglamentos dimanados de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales. A continuación se enumeran las Guías técnicas para la evaluación y prevención de los riesgos, que en cada uno de los respectivos Reales Decretos y en concreto, en la disposición final primera, queda recogido dicho mandato¹⁰.

PROBLEMAS LUMBARES (REGIÓN LUMBAR): las cinco vértebras tienen una estructura muy robusta, debido al gran peso que tienen que soportar por parte del resto de vértebras proximales. Permiten un grado significativo de flexión y extensión, además de flexión lateral y un pequeño rango de rotación. Es el segmento de mayor movilidad a nivel de la columna. Los discos entre las vértebras construyen la lordosis lumbar (tercera curva fisiológica de la columna, con concavidad hacia posterior)¹¹.

SACUDIMIENTOS: el sacudimiento o movimiento del terreno, la causa principal del colapso parcial o total de las estructuras, es la vibración del terreno excitado por las ondas sísmicas durante un terremoto. Son cuatro los principales tipos de onda sísmica que se propagan a través del interior o sobre la superficie de la tierra, a diferentes velocidades; llegan a un lugar determinado en diferentes momentos y hacen vibrar las estructuras de manera diferente. La primera onda que llega a la superficie de la tierra es la onda sonora u onda P y es la primera que

⁹ El Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales [en línea]. España: el autor, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://maps.google.es/maps/ms?t=h&ie=UTF8&source=embed&oe=UTF8&msa=0&msid=116015830193701159193.00045596165d60592170c>.

¹⁰ Instituto Nacional de Higiene en el Trabajo [en línea]. España: INSHT s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnnextoid=d8388dd6caa62110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=75164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>.

¹¹ Columna vertebral lumbar [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Columna vertebral#Regi.C3.B3n lumbar>.

hace vibrar a una construcción. Las ondas más destructoras son las ondas de corte, ondas S, que causan que la tierra se mueva a ángulo recto de la dirección de propagación de la onda y que las estructuras vibren de lado a lado. A no ser que la estructura sea diseñada y construida para resistir todas estas vibraciones, el sacudimiento del terreno puede causar graves daños. El tercer y cuarto tipo son ondas de superficie de baja frecuencia, cuya velocidad de propagación es menor, usualmente detectadas a mayores distancias del epicentro, y que causan la oscilación más lenta de estructuras y también olas en embalses de agua¹².

SALUD OCUPACIONAL: es el conjunto de medidas y acciones dirigidas a preservar, mejorar y reparar la salud de las personas en su vida de trabajo individual y colectiva. Las disposiciones sobre salud ocupacional se deben aplicar en todo lugar y clase de trabajo con el fin de promover y proteger la salud de las personas¹³.

SISTEMA GENERAL DE RIESGOS LABORALES: es el conjunto de entidades públicas y privadas, normas y procedimientos, destinados a prevenir, proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrirles con ocasión o como consecuencia del trabajo que desarrollan.

TRAUMATISMO: un traumatismo es una situación con daño físico al cuerpo. En medicina, sin embargo, se identifica por lo general como paciente traumatizado a alguien que ha sufrido heridas serias que ponen en riesgo su vida y que pueden resultar en complicaciones secundarias tales como shock, paro respiratorio y muerte¹⁴.

VALORES LÍMITES DE EXPOSICIÓN – TLV: o valor límite umbral, son valores guía (no estándares) preparados por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH) para ayudar a los higienistas industriales a tomar decisiones relacionadas con niveles seguros de exposición a diferentes peligros que se encuentran en el lugar de trabajo. Un TLV® refleja el nivel de exposición que el trabajador típico puede experimentar sin un riesgo razonable de enfermedad o

¹² Peligros geológicos [en línea]. OAS, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/ch16.htm>.

¹³ Salud ocupacional [en línea]. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.utp.edu.co/~cpso/PagDerecha.htm>.

¹⁴ Traumatismo [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Traumatismo>.

daño. Los TLVs® no son estimaciones cuantitativas del riesgo a distintos niveles de exposición o por diferentes rutas de exposición¹⁵.

VIBRACIÓN CUERPO ENTERO – VCE: es una forma de vibraciones mecánicas transmitidas a través de una superficie de soporte hacia el cuerpo. Las vibraciones de equipo pesado son transmitidas a través del asiento del vehículo a la espina dorsal del operador. Los grupos expuestos incluyen a los operadores de camiones, autobuses, tractores y a aquellos que laboran sobre pesos que vibran¹⁶.

VIBRACIONES MECÁNICAS: es el movimiento de vaivén de las moléculas de un cuerpo o sistema debido a que posee características energéticas cinéticas y potenciales¹⁷.

¹⁵ TLV [en línea]. España: lenntech, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.lenntech.es/periodica/salud/efectos-salud.htm#ixzz2LgFHUC6L>.

¹⁶ Guía de Aplicaciones [en línea]. Argentina: Siafa, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.siafa.com.ar/GuiadeAplicacionesVI-410.pdf>.

¹⁷ Vibraciones mecánicas [en línea]. Colombia: Buenastareas.com, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Definiciones-Vibraciones-Mecanicas/2248282.html>.

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en mostrar la interacción de los colaboradores del sector de la construcción con las máquinas y equipos que se han venido generando con el paso de los años, como una forma de “facilitar” el trabajo, pero que, con el transcurrir del tiempo, puede tener repercusiones en la salud.

De esta forma, se ha logrado tener un contacto directo con los colaboradores que son los principales afectados con la modernización que se viene presentando en el mundo, esto debido a la creciente utilización de máquinas y herramientas que transmiten vibraciones, sumado a la poca protección y seguridad frente a los riesgos derivados de una exposición desbordada, o no controlada.

Si no hay atención a la exposición de estas vibraciones, se podrían presentar enfermedades laborales (EL), relacionadas principalmente con el descuido por parte de la empresa sobre mecanismos de acción que se podrían utilizar, para disminuir o en algunos casos eliminarlos. En este trabajo se presentan enfermedades generadas por la exposición de las vibraciones, como alteraciones en la columna vertebral y traumatismo en general, que se pueden derivar de diversos factores, desde hábitos equivocados de quien opera la máquina, hasta la exposición desbordada a la vibración generada, y otros que serán mencionados en el documento.

Se realizaron mediciones en dos empresas del sector de la construcción con base en las directivas de la Norma ISO 2631, la cual indica métodos de evaluación y los límites de exposición frente a la vibración, información que se utilizará para confrontar los datos obtenidos en campo, y así conocer el grado de exposición ocupacional de los colaboradores del sector en cuestión. Igualmente, la Norma ISO 2631 se enfoca en las vibraciones mecánicas y la evaluación de la exposición humana a estas vibraciones, en donde se proporciona los ejes de las vibraciones verticales y horizontales.

Para lograr el propósito expresado anteriormente, se utilizó el monitor de vibración humana, el cual suministra el valor de las aceleraciones originadas por los equipos del sector de la construcción. Por último, se propone una serie de recomendaciones basadas en los datos obtenidos de las mediciones, para cada uno de los equipos.

Palabras claves: vibración cuerpo entero, valores de exposición, método VDV, método básico, medidor de vibraciones.

INTRODUCCIÓN

Las vibraciones que producen las máquinas y equipos utilizados en el sector de la construcción pueden generar lesiones permanentes al colaborador que hace uso de esta maquinaria diariamente, como respuesta humana a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero. Estas vibraciones son variables, ya que depende de factores como: características físicas (frecuencia, dirección, intensidad, duración, aceleración) de la parte de cuerpo en contacto con la máquina o el equipo vibrante, así como de las características del individuo (edad, sexo, historia clínica, costumbres), y de cómo se realiza la acción en el momento de utilizar la máquina o el equipo (postura, fuerza, movimientos repetitivos). Todas estas variables pueden causar enfermedades o lesiones, que van desde la simple molestia, hasta alteraciones graves en la salud.

Actualmente en Colombia no existe una investigación enfocada y comprometida directamente con la creación de límites permisibles, esto se ve reflejado en que, ninguna de las variables mencionadas anteriormente se tiene en cuenta, ocasionando un alto riesgo en la salud del colaborador. Es así que, con esta investigación se hará una valoración de los riesgos, para evaluar los valores obtenidos y determinar mecanismos de control y reducción del nivel de vibración transmitida en cuerpo entero por máquinas o equipos utilizados en dos empresas del sector de la construcción de Santiago de Cali.

Este proyecto se basó en la Norma ISO 2631, para definir los métodos de cuantificación de vibraciones de cuerpo entero, en relación con los efectos de las vibraciones sobre la salud, esto para disminuir las enfermedades laborales ocasionadas en este sector y brindarles un mayor confort a los colaboradores que tienen una exposición directa a las vibraciones.

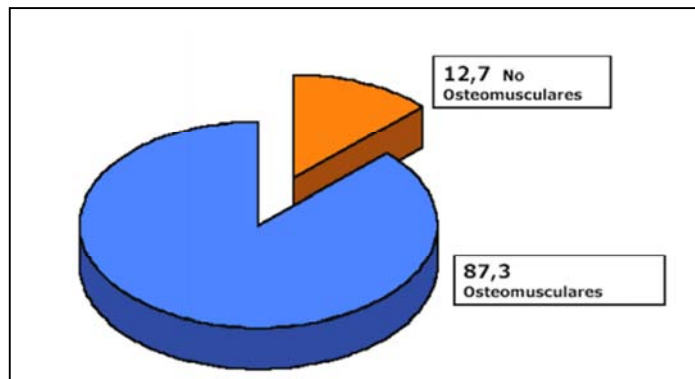
1. ANTECEDENTES

A continuación se relacionan estudios acerca de la investigación realizada y que aportan información veraz de la problemática planteada.

Es así que se presenta en el ámbito internacional un estudio que relaciona enfermedades profesionales con la exposición a vibraciones prolongadas en la región de la columna y el arco lumbar (dichas áreas pertenecen al grupo osteomuscular del cuerpo). El estudio fue realizado en Bilbao, España en el 2007 por La Sociedad de Prevención de Riesgos Profesionales (ASEPEYO)¹⁸.

En la figura 1 se observa que el 87,3% son enfermedades osteomusculares, contraídas como consecuencia de trabajo ejecutado por fuera de condiciones ideales. Éstas se consideran dentro del grupo de patología más frecuente entre las enfermedades laborales.

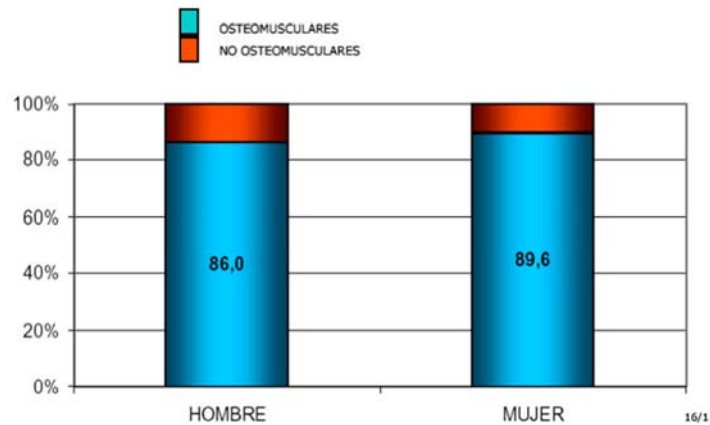
Figura 1. Distribución de enfermedades osteomusculares (%) (2005)



Fuente: IGLESIAS TRASERA, Josep. Contribución de la ergonomía en la prevención de enfermedades profesionales causadas por agentes físicos. En: ASPEYO [en línea]. Bilbao, España, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/Contribuci%F3n%20de%20la%20ergonom%EDa%20en%20la%20prevenci%F3n.pdf>.

¹⁸ IGLESIAS TRASERA, Josep. Contribución de la ergonomía en la prevención de enfermedades profesionales causadas por agentes físicos. En: ASPEYO [en línea]. Bilbao, España, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/Contribuci%F3n%20de%20la%20ergonom%EDa%20en%20la%20prevenci%F3n.pdf>.

Figura 2. Distribución (%) por sexo (2005)

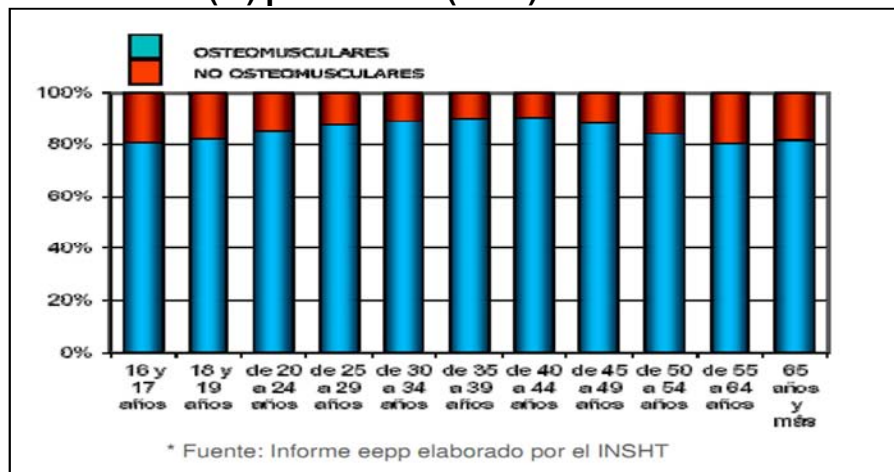


* Fuente: Informe eep elabrado por el INSHT

Fuente: IGLESIAS TRASERA, Josep. Contribución de la ergonomía en la prevención de enfermedades profesionales causadas por agentes físicos. En: ASPEYO [en línea]. Bilbao, España, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/Contribuci%F3n%20de%20la%20ergonom%EDa%20en%20la%20prevenci%F3n.pdf>.

De acuerdo con la figura 2, tanto hombres como mujeres presentan enfermedades osteomusculares, como principal factor para generar una enfermedad laboral, y la ocurrencia se presenta en varios rangos de edad.

Figura 3. Distribución (%) por edades (2005)



* Fuente: Informe eep elabrado por el INSHT

Fuente: IGLESIAS TRASERA, Josep. Contribución de la ergonomía en la prevención de enfermedades profesionales causadas por agentes físicos. En: ASEPEYO [en línea]. Bilbao, España, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.ladep.es/ficheros/documentos/Contribuci%F3n%20de%20la%20ergonom%EDa%20en%20la%20prevenci%F3n.pdf>.

En cuanto a la frecuencia de enfermedades osteomusculares por rango de edades, se observa que se presentan en todos los grupos etarios estudiados (de 16 a 65 años y más).

Así mismo, se revisó un estudio realizado a nivel internacional por la Universidad de Oviedo en asociación con el Instituto Asturiano de Riesgos Laborales. En éste se detallan los impactos que tienen las vibraciones en colaboradores de la construcción del sector de obras públicas, donde se puede analizar las causas del incremento de las enfermedades laborales. Se menciona que la actualización y los cambios en maquinaria, para ofrecer mayor eficiencia y efectividad en los trabajos de construcción generan un incremento en su potencia y por consiguiente en las vibraciones que éstas producen, afectando con mayor fuerza a los colaboradores que las operan. “Cualquier mejora técnica que introduzca ventajas casi siempre lleva aparejados algunos inconvenientes, y el desarrollo de las máquinas de obras públicas no ha sido ajeno a este hecho”¹⁹.

Los resultados de antecedentes más destacados tienen origen en España, por tanto se amplía sobre la normatividad y estudios que lleva a cabo el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de este país (INSHT), los cuales realiza periódicamente con el fin de agregar leyes de protección y bienestar a los colaboradores. “El INSHT lleva a cabo estudios con el fin de evaluar el riesgo de vibraciones mecánicas, todas las mediciones realizadas tanto para el sistema mano- brazo como para el sistema cuerpo entero, las condiciones de trabajo en las que han sido medidas, nombre de la máquina, marca, modelo, etc. están incluidas en la base de datos que el INSHT, y en concreto el centro nacional de verificación de maquinaria”²⁰.

Se encontró también, que el INSHT, desarrolló una metodología sencilla y práctica para la evaluación de los efectos de las vibraciones de cuerpo completo sobre el colaborador, pero desde el punto de vista ergonómico, lo que para el proyecto sería útil si el enfoque del proyecto fuese ergonómico, pero se centrará en el nivel de exposición a las máquinas o equipos y como éstos afectan el cuerpo entero, principalmente la columna vertebral como consecuencia de las vibraciones.

¹⁹ SANTURIO DÍAZ, José María. Exposición a vibraciones globales en maquinaria de obra Pública. Estudio de situación [en línea]. España: IAPRL, 2003, [consultado 15 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: http://iaprl.asturias.es/export/sites/default/es/instituto/riesgos_laborales/higiene/proyectos/expos_a_vibraciones.pdf.

²⁰ INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO - INSHT [en línea]. España: el autor, s.f., [consultado 15 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>.

Por otro lado, el Ministerio de Trabajo e Inmigración de España y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, desarrollaron un estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en diferentes puestos de trabajo.

En cumplimiento de este mandato el INSHT ha realizado un estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas de más de 250 puestos de trabajo de diversos sectores de actividad afectados por el riesgo de vibraciones con una población laboral expuesta de más de 8600 colaboradores. La selección de los diferentes sectores de actividad fue llevada a cabo por el grupo de trabajo de vibraciones creado con dicho fin y compuesto por expertos en vibraciones de distintas CCAA (Comunidades Autónomas), y de los Centros Nacionales del INSHT²¹.

En el documento se observa los instrumentos utilizados para obtener las medidas necesarias y los resultados encontrados en cada uno de los sectores que se escogieron; cabe anotar que no se encuentra el sector de la construcción en sí, pero toman medidas referentes al sector de la construcción naval.

Otra investigación a nivel internacional fue desarrollada en Texas; el trabajo fue realizado por un doctor y un ingeniero con el propósito de determinar el alcance de las vibraciones de máquinas en la biomecánica del cuerpo de los colaboradores. El documento efectúa una revisión de los principios fundamentales para el entendimiento de los efectos en la salud del agente físico “vibración”, debido a que su frecuencia pareciera no muy alta en cuanto a efecto o daños a la salud, “Se percibe como un riesgo laboral sin gran relevancia...”, “acompañada de la baja aplicabilidad de la propia norma, al considerarse un tema de alta complejidad...”²².

A nivel nacional, no se encontró ningún estudio realizado por algún ente de regulación, sólo se registró una tesis presentada a la Universidad Autónoma de Occidente, pero enfocado sólo en mano-brazo.

En conclusión, en Colombia no se ha hecho una investigación sobre los efectos de las vibraciones en cuerpo entero en el sector de la construcción, y aunque se tiene

²¹ INSHT, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en diferentes puestos de trabajo [en línea]. España: OECT, s.f., [consultado 13 de marzo de 2012]. Disponible en Internet: <http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/Resumen%20Estudio%20Exposici%C3%B3n%20Vibraciones%20Mec%C3%A1nicas.pdf>.

²² PICHARDO VILLALON, Germán y JIMÉNEZ PANIAGUA Mauricio. Vibraciones y salud en el trabajo [en línea]. Texas: exposicionesvirtuales.com, s.f., [consultado 13 de marzo de 2012]. Disponible en Internet: http://exposicionesvirtuales.com/so_images/7597/vibraciones.pdf.

el conocimiento de la norma que lo regula, no se ha hecho un nuevo estudio, para verificar si estos límites han cambiado, y por ende aplicar nuevos métodos de control, que tenga como prioridad la salud del colaborador en su entorno de trabajo.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las empresas del sector de la construcción han mejorado las condiciones laborales de sus empleados a través de la mecanización de algunas actividades. Sin embargo, a pesar de la disminución de riesgos, la utilización de máquinas y equipos ha generado la presencia de nuevos riesgos asociados de forma directa al origen de enfermedades que anteriormente no eran catalogadas como profesionales.

Estos nuevos riesgos y enfermedades están relacionadas con las vibraciones mecánicas transmitidas a cuerpo entero, originados por máquinas y equipos que, debido a su estructura, diseño y características pueden generar vibraciones que afectan la salud de los colaboradores, ocasionando alteraciones en las funciones fisiológicas, especialmente en la columna vertebral.

Es así que, con este proyecto se pretende identificar y valorar la intensidad de estas vibraciones, transmitidas en cuerpo entero (VCE), estableciendo los posibles efectos biomecánicos, y de esta forma generar recomendaciones, para determinar mecanismos de control que permitan disminuir o eliminar este factor de riesgo sobre los colaboradores en el sector de la construcción, ya que en Colombia existe muy poca información sobre los niveles y condiciones en que puede llegar a afectar la exposición a las vibraciones, la salud de los colaboradores, enfocándonos principalmente en los colaboradores del sector de la construcción.

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Lo que conlleva a la formulación del problema en los siguientes términos: ¿Es posible valorar los riesgos causados por las vibraciones transmitidas en cuerpo entero en los colaboradores, ocasionados por máquinas o equipos, en empresas del sector de la construcción de Santiago de Cali?

2.2 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

- ¿Es posible identificar los niveles de vibración producidos por máquinas o equipos del sector de la construcción, con el fin de establecer los posibles efectos biomecánicos en los colaboradores de este sector?

- Al evaluar los valores obtenidos ¿es posible determinar mecanismos de control que permitan reducir las vibraciones en los colaboradores de la construcción, causados por la exposición a Vibración en Cuerpo Entero (VCE), con el propósito de disminuir el impacto de este factor de riesgo sobre los colaboradores?

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Valorar los riesgos causados por las vibraciones transmitidas en cuerpo entero en los colaboradores, ocasionados por máquinas o equipos, en empresas del sector de la construcción de Santiago de Cali.

3.2 ESPECIFICOS

- Identificar los niveles de vibración producidos por máquinas o equipos del sector de la construcción, con el fin de establecer los posibles efectos biomecánicos en los colaboradores de este sector.
- Evaluar los valores obtenidos, para determinar mecanismos de control que permitan reducir las vibraciones en los colaboradores de la construcción, causados por la exposición a Vibración en Cuerpo Entero (VCE), con el propósito de disminuir el impacto de este factor de riesgo sobre los colaboradores.

4. JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto tiene una incidencia directa sobre los diferentes actores alrededor del sector de construcción, de cualquier empresa que trabaje en este sector. De igual forma el estudiante y la universidad recibirán un proyecto de gran utilidad para la investigación y desarrollo de nuevas competencias.

Se pueden identificar los siguientes beneficiarios:

Empresa: las enfermedades para ser catalogadas como laborales por el Sistema General de Riesgos (ARL) deben ser sometidas a juntas de vigilancia médica, lo que generaría altos niveles de ausentismo de los colaboradores en las empresas, afectando directamente la productividad y por ende sus ingresos.

Los colaboradores del sector (empleados): al ser una persona que ya no es útil para la empresa como consecuencia de su enfermedad será un colaborador relegado a actividades que no son propias de su competencia, viéndose afectado sus ingresos económicos, además una persona con problemas lumbares, su vida cotidiana probablemente se verá afectada ya que no podrá seguir realizando actividades recreativas o de esparcimiento de forma normal.

El estudiante: adquirirá los conocimientos necesarios durante el desarrollo del proyecto de investigación, mejorando sus competencias que le permitan optar por el título de Ingeniero Industrial.

La universidad: contará con un proyecto de investigación novedoso, que sirva como base de desarrollo de nuevos proyectos de sus estudiantes, al igual que el reconocimiento frente al área de la construcción por la ejecución de un proyecto de gran impacto sobre los límites permisibles de las compañías.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 ALCANCES

Con la valoración de las vibraciones se busca identificar los niveles de vibraciones a los que están expuestos los colaboradores del área de la construcción, con el fin de establecer los efectos biomecánicos basados principalmente en las repercusiones en la columna vertebral, y de esta forma establecer mecanismos de control que permitan reducir el impacto que tiene sobre la salud de los colaboradores.

Para la toma de medidas de las vibraciones se encontró que utilizar la misma máquina para la muestra sería útil, ya que lo que se buscaba principalmente era observar cómo la vibración influía sobre una parte del cuerpo, en este caso la columna vertebral. El estudio se realizó en jornada laboral, y contó con la disposición de dos empresas que accedieron al estudio para poder lograr las medidas, con la condición de que los colaboradores de la empresa fueran facilitados en su horario laboral o después de éste, para dirigirse a la universidad y hacer los exámenes de electromiografía, que corresponden a la segunda fase de este proyecto.

5.2 LIMITACIONES

Una limitante fue contar con una muestra significativa para la investigación, pero se deja abierta la posibilidad de que otras empresas del sector de la construcción quieran que se practique la toma de medidas, debido a la exposición a las vibraciones en los colaboradores.

Otra limitación que se encontró es que algunas empresas que accedieron al estudio, trasladan las máquinas a las diferentes obras que estén realizando; es decir que si una empresa contaba con una retroexcavadora, y la estaban utilizando en un ingenio, o en una obra civil, como en la construcción de una carretera, se debía ir hasta ese sitio a tomar la medida. Con esto se busca explicar que el colaborador y el equipo en cuestión, no se encontrarán siempre bajo la misma situación o el mismo contexto, ya que puede variar dependiendo de la obra que se esté cubriendo en el momento de la medición.

Para contrarrestar esta limitación se ubicó una empresa que fabrica cemento, lo cual beneficiaba el estudio porque el ambiente siempre iba a hacer el mismo y las

máquinas no cambiaban de lugar con la regularidad que lo hacen en las otras empresas del sector.

Estas dos posiciones sirvieron para encontrar y aportar al estudio varios factores, que no se hubiesen tenido en cuenta, de este modo se lograron mayores resultados y diversos análisis a la investigación.

5.3 MARCO TEÓRICO

5.3.1 Definición y caracterización de las vibraciones. El principal factor a tomar en cuenta a la hora de desarrollar esta investigación es sin duda el concepto y caracterización de las vibraciones. Existen innumerables definiciones tomadas de diferentes campos de estudio; en el caso específico se tiene para el área de empresas de la construcción, y una de ellas es las vibraciones de cuerpo entero (VCE), a definir a continuación.

Vibraciones de cuerpo entero. Son aquellas que se transmiten al cuerpo del trabajador, principalmente a través del asiento desde el que maneja el vehículo o máquina generadora de vibración. Se producen principalmente en aquellos trabajos consistentes en el uso de maquinaria móvil (por ejemplo, en la utilizada para el transporte de personas o mercancías), aunque en ocasiones máquinas de gran tamaño y potencia pueden transmitir vibraciones al suelo o a estructuras sobre las que se encuentra el trabajador.

El Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que pueden derivarse de la exposición a vibraciones, establece el valor límite de $A(8)$ en $1,15 \text{ m/s}^2$, y el valor de $A(8)$ que da lugar a una acción en $0,5 \text{ m/s}^2$.

La exposición a vibraciones de cuerpo completo tiene sus efectos en la espalda y la zona estomacal, pero la evidencia científica no está muy contrastada. Así, algunos países europeos han aceptado la combinación de dolores de espalda, dolor ciático y cambios degenerativos en el sistema espinal como una enfermedad ocupacional cuando se está expuesto a vibraciones de cuerpo completo. Este tipo de vibraciones puede afectar también a la percepción visual, a la lectura y a las capacidades motoras. Las vibraciones son analizadas con respecto a su amplitud, frecuencia, dirección y exposición. Generalmente la amplitud se expresa mediante valores de aceleración (m/s^2) para ciertas bandas de frecuencia. Las frecuencias a evaluar se corresponden con el rango de 1 a 80 Hz para vibraciones de cuerpo completo y de 5 a 1.250 Hz para vibraciones transmitidas a través del sistema mano- brazo. En cuanto a la dirección, normalmente analizamos las vibraciones en

tres ejes ortogonales (x, y, z), considerando algunas veces los ángulos de rotación. Por su parte, el concepto de exposición es similar al usado en otras áreas relacionadas con la salud e higiene, siendo una integración de la aceleración durante la duración de la vibración.

Ciertos rangos frecuenciales son considerados más nocivos que otros, así que se hace necesario ponderar las mediciones en función de la cantidad de vibración que se produce a cada una de las frecuencias. De esta forma, la ponderación frecuencial refleja la medida en que las vibraciones causan el efecto indeseado a cada frecuencia, siendo necesario realizar ponderaciones adecuadas para cada uno de los ejes de referencia²³.

- **Vibración:** movimiento oscilatorio de partículas de los cuerpos sólidos respecto a una posición de referencia, con relación al tiempo. El número de veces por segundo que se realiza un ciclo completo se llama frecuencia y se mide en hertzios (Hz)²⁴.

Los efectos que se transmiten al cuerpo, a través de las vibraciones emitidas por las máquinas de la construcción, dependen de las siguientes variables:

- **La frecuencia:** número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo de oscilación y se mide en Hercios (Hz) o ciclos por segundo. Para efectos de su análisis se descompone el espectro de frecuencia de 1 a 1500 Hz, en tercios de banda de octava²⁵.
- **La amplitud:** se puede medir en aceleración m/s^2 , en velocidad m/s y en desplazamiento m , que indican la intensidad de la vibración²⁶.

²³ Seguridad [en línea]. Colombia: Mapfre, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n117/articulo2.html>.

²⁴ Instituto de Seguridad y Salud Laboral. Monografías técnicas sobre seguridad y salud en el trabajo. 2° Edición revisada. Núm. 4 [en línea]. Murcia, España: Consejería de trabajo y Política Social, 2006, [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.carm.es%2Fweb%2Fintegra.servlets.Blob%3FARCHIVO%3DDMT-04.pdf%26TABLA%3DARCHIVOS%26CAMPOCLAVE%3DIDARCHIVO%26VALORCLAVE%3D11425%26CAMPOIMAGEN%3DARCHIVO%26IDTIPO%3D60%26RASTRO%3Dc721%24m3507%2C3671&ei=cbiWUPTsGY_o8QSK2YDABA&usq=AFQjCNExguAHIn6pxL09z9gKesS566P6Qg&sig2=DPBV_7wPjGVrXg92lxS71g

²⁵ MANCERA RUIZ, Juan. Seguridad y Salud en el trabajo [en línea]. Bogotá, Colombia: Mancera, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.manceras.com.co/artvibraciones.pdf>

²⁶ *Ibíd.*, p. 28.

- **Las vías de ingreso al organismo:** pueden ser por el sistema mano - brazo como en el caso de las herramientas manuales; o cuerpo entero cuando ingresan desde el soporte en posición de pie o sentado²⁷.
- **El eje x, y, z:** del sentido de vibración de acuerdo con los ejes normalizados en las vibraciones mano-brazo o de cuerpo entero²⁸.
- **Tiempo de exposición:** lapso de tiempo que una vibración afecta el cuerpo humano²⁹.
- **Período:** tiempo en que tarda un cuerpo de un lado a otro en su movimiento o desplazamiento. Su unidad de medida es el segundo³⁰.
- **Velocidad:** desplazamiento de la onda en una unidad de tiempo. Sus unidades de medida son cm/s, m/s³¹.
- **Resonancia:** fenómeno que se produce cuando una fuerza es aplicada en forma repetitiva y genera una amplitud de un sistema oscilante grande³².

Igualmente se encontró, que se puede definir como la intensificación y prolongación de un sonido producido por vibración:³³

²⁷ SUAREZ SALAS, Saúl. Vibraciones [en línea]. Bogotá, Colombia: Slideshare, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/saulsalas/4-vibracion-presentation#btnNext>

²⁸ VILLALON PICHARDO, Germán y PANIAGUA JIMENEZ, Óp., cit. Disponible en Internet: http://exposicionesvirtuales.com/so_images/7597/vibraciones.pdf

²⁹ Ibíd., p. 3.

³⁰ QUERELLE y CIA. LTDA. Movimiento [en línea]. Chile: Profesornelinea.com, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.profesornelinea.cl/fisica/Movimiento_Concepto.html

³¹ Mediciones [en línea]. España: CIDEAC, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos/quincena2.pdf>.

³² Diccionario de Arquitectura y Construcción [en línea]. Argentina: parro.com, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-vibraci%F3n+por+resonancia>.

³³ Ibíd., Disponible en Internet: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-vibraci%F3n+por+resonancia>.

Vibración por resonancia: vibración que se induce en un cuerpo por cercanía del que emite las vibraciones, también llamado vibración por simpatía³⁴.

Dirección de incidencia de la vibración: es fijada en relación a unos ejes ligados al cuerpo humano. Para ello se han determinado tres coordenadas, en las cuales se trabajará. Eje X, Y y Z³⁵.

5.3.2 Clasificación de las vibraciones. Un cuerpo vibra, cuando sus partículas se hallan influenciadas de un movimiento oscilatorio, respecto de una posición de equilibrio o referencia. Según lo anterior, las vibraciones se clasifican:

5.3.2.1 La parte del cuerpo a la que afectan:

Vibraciones globales: afectan al cuerpo en su totalidad.

Vibraciones parciales: afectan a subsistemas del cuerpo. Mano-Brazo³⁶.

5.3.2.2 Características físicas:

Vibraciones producidas en procesos de transformación: se generan choques repetidos que se traducen en vibraciones materiales y estructuras. Ejemplos: prensas, martillos neumáticos y algunas herramientas manuales³⁷.

Vibraciones generadas por el funcionamiento de la maquinaria o los materiales: fuerzas no equilibradas, como motores, alternadores y las

³⁴ Ibid., Disponible en Internet: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-vibraci%F3n+por+resonancia>.

³⁵ VÁSQUEZ, Alejandro. Física, Cinemática [en línea]. Colombia: física.com, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://fisicacom.host22.com/CINEMATICA.HTML>.

³⁶ Vibraciones. Clasificación y efectos de la exposición [en línea]. España: uhu, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/higiene/vibraciones.pdf>.

³⁷ Vibraciones. Clasificación y efectos de la exposición [en línea]. Argentina: estrucplan.com. s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/00101.asp>

provenientes de irregularidades del terreno sobre el que circulan los medios de transportes³⁸.

Vibraciones debidas a fallos de la máquina: las más frecuentes se producen por desgastes de las superficies, desequilibrios de elementos giratorios. Falta de lubricación, entre otras³⁹.

Dependiendo de todas estas características que presentan las vibraciones, así mismo sera el efecto que cause en la exposición a los colaboradores, que puede ir desde un discomfort, hasta graves alteraciones en su cuerpo y funcionalidad, ya que en la mayoría de casos son de tipo vascular, osteomuscular y neurológico.

5.3.3 Factores que determinan los efectos producidos por las vibraciones

5.3.3.1 Zona afectada del cuerpo - vibraciones globales. Determinar la zona afectada, esta directamente relacionada con los antecedentes del colaborador, es por esto que en este estudio se realizará un detalle personalizado a cada colaborador, ya que no todos los seres humanos presentan la misma reacción ante la exposición a las vibraciones.

La transmisión de vibración al cuerpo y sus efectos sobre el mismo son dependientes de la postura y tiempo de exposición, y no todos los individuos presentan la misma sensibilidad. Los asociados con este tipo de exposición, generalmente son los traumatismos generados en la columna vertebral, pero también se atribuyen dolores abdominales y digestivos, problemas de equilibrio, dolores de cabeza, trastornos visuales, falta de sueño y síntomas similares⁴⁰.

5.3.3.2 Características físicas del entorno vibracional. La frecuencia es uno de los factores determinantes de la acción de las vibraciones junto con la zona del cuerpo afectada. Las frecuencias que van a afectar el organismo se hallan entre muy bajos valores (menos de 1 Hz) y los 1000 Hz aprox.

³⁸ *Ibíd.*, Disponible en Internet: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/00101.asp>

³⁹ *Ibíd.*, Disponible en Internet: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/00101.asp>.

⁴⁰ Ingeniería Laboral & Ambiental S.A. Vibraciones en puesto de trabajo [en línea]. Argentina: Ilacba, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.ilacba.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=274.

Se conocen dos grupos⁴¹:

De muy bajas frecuencias (menores a 1 Hz): origina alteraciones en el sentido del equilibrio (mareos, náuseas y vómitos). Por ejemplo, las vibraciones sentidas en los medios de transporte⁴².

De baja y medias frecuencias (de Hz a decenas de Hz): se dan principalmente, sobre la columna vertebral provocando lumbagias, dolores cervicales, agravación de lesiones raquídeas, sobre el aparato digestivo provocando hemorroides, diarreas, dolores abdominales, sobre la visión provocando disminución de la agudeza visual, sobre la función respiratoria y ocasionalmente sobre la función cardiovascular provocando la inhibición de los reflejos consecuentes retrasos en los movimientos⁴³.

5.3.3.3 Tiempos de exposición. Los tiempos de exposición pueden ser exposiciones breves o de larga duración. Las de larga duración, pueden ser continuas o intermitentes, las exposiciones prolongadas pueden afectar la región lumbar. Las de corta duración, dirigen su acción sobre el sistema nervioso central causando fatiga, dolor de cabeza e insomnio⁴⁴.

5.3.4 Vibraciones transmitidas a cuerpo entero. Los efectos de la exposición de vibraciones, pueden ser físicos o reacciones de comportamiento, las vibraciones transmitidas en cuerpo entero, pueden producir trastornos respiratorios, músculo-esqueléticos, sensoriales, cardiovasculares, efectos sobre el sistema nervioso, circulatorio o digestivo. En el cuadro 1 (página siguiente) se especifican los efectos/daños físicos que se conocen de vibración en cuerpo entero.

(Ver Cuadro 1, página siguiente).

⁴¹ Vibraciones. Clasificación y efectos de la exposición. Óp., cit. Disponible en Internet: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/00101.asp>

⁴² Ibíd., Disponible en Internet: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/00101.asp>

⁴³ Ibíd., Disponible en Internet: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/00101.asp>

⁴⁴ Ingeniería Laboral & Ambiental. Óp., cit. Disponible en Internet: http://www.ilacba.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=274.

Cuadro 1. Daños físicos por exposición a vibraciones

DAÑOS FÍSICOS POR EXPOSICIÓN A VIBRACIONES	
Daño o afecciones en la columna vertebral	<p>Discopatías dorsolumbares Lumbalgias</p> <p>Ciática</p>
Otras alteraciones	<p>Digestivas Vasculares periféricas (hemorroides, varices)</p> <p>Esfera reproductiva (abortos espontáneos, desordenes menstruales)</p>

Fuente: Guía Práctica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con las Vibraciones Mecánicas [en línea] España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2005, [consultado 04 de noviembre de 2012]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/normativa/guiastecnicas/ficheros/vibraciones.pdf>.

Estos daños o afecciones, son causados por la exposición a las vibraciones, en el cuadro 2 se muestra la relación que hay entre la ocurrencia de estos daños o afecciones y los ambientes a los que puede estar expuesto, para que se presente ésto. La exposición más común a vibraciones y choques fuertes suele darse en vehículos todo terreno, incluyendo maquinaria de movimiento de tierras, camiones industriales y tractores agrícolas.

Cuadro 2. Actividades para las que puede ser conveniente alertar sobre los efectos desfavorables de la vibración de cuerpo completo

ACTIVIDADES		
Conducción de tractores		
Vehículos de combate blindado (p. ej., tanques) y otros similares		
	Maquinaria de movimiento de tierras	Cargadoras, Bulldozer, Cucharas de arrastre, Rodillos compactadores, Excavadoras, Motoniveladoras, Voquetes

Cuadro 2. (Continuación).

Otros vehículos todoterreno	Máquinas Forestales	
	Máquina de mina y canteras	
	Carretillas elevadoras	
Conducción de algunos camiones (articulados, no articulados)		
Conducción de algunos autobuses y tranvías		
Algunos colaboradores que utilizan maquinaria de fabricación de hormigón		
Algunos otros tipos de maquinaria industrial		

Fuente: GRIFFIN, Michael. Vibraciones. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo [en línea]. España: INSHT, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>.

Las características de los efectos de las vibraciones han sido estudiadas con anterioridad; sin embargo no se han observado como consecuencia de las vibraciones producidas por las máquinas o equipos durante la actividad laboral desarrollada, en la cual se transmite vibración al cuerpo entero a través de la parte en la que se mantiene el contacto, que en el caso del sector de la construcción, puede ser los pies, el asiento o el espaldar en el caso de las sillas.

Dentro del rango de 1 a 50 Hz el cuerpo humano presenta el fenómeno de resonancia para distintas frecuencias, ya que es una respuesta al campo vibracional, que puede variar de una persona a otra y en función de la postura en la que se encuentre. Según la dirección dominante de la vibración se establecen las siguientes frecuencias críticas o resonantes, como se puede observar en el cuadro 3, página siguiente.

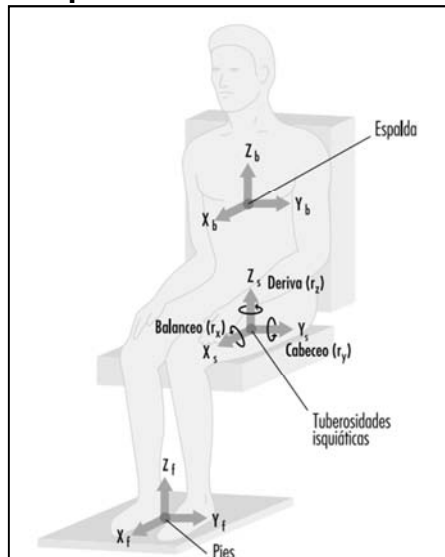
Cuadro 3. Frecuencias críticas o resonancias en las extremidades superiores del cuerpo

FRECUENCIAS CRITICAS O RESONANTES	RESONANTE ENTRE (HZ)
Cabeza	20 y 30
Columna	10 y 12
Abdomen	4 y 8
Brazo	5 y 10
Mano	30 y 50

Fuente: MÉNDEZ, Faustino. Higiene industrial. Manual para la formación del especialista. 11 ed. España: LEX NOVA, 2009. p. 357.

5.3.5 Medición y valoración de la exposición a vibraciones transmitidas a cuerpo entero. Las vibraciones deben medirse en las interfaces entre el cuerpo y la fuente de vibración. En el caso de las personas sentadas esto implica, colocar la almohadilla triaxial en la superficie del asiento, a veces también se miden en el respaldo del asiento, así como en los pies y manos, como se indica en la Figura 4.

Figura 4. Ejes para medir exposiciones a la vibración en personas sentadas



Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Riesgos generales. Documento OIT. España. Editorial tomo 2. 1998. p 50.12 [en línea] España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2010, [consultado 4 de noviembre de 2012]. Disponible también en Internet: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>.

Las mediciones son realizadas para obtener resultados que se puedan analizar y generar métodos de control adecuados, así como herramientas que ayuden a disminuir el impacto que tiene la vibración emitida por la máquina hacia el colaborador. Estos resultados se obtienen mediante un medidor de vibraciones; para el presente estudio se utilizó específicamente el medidor de vibraciones *HAVPro*, el cual viene equipado con un monitor, una almohadilla triaxial para el caso de cuerpo completo y el cable acelerómetro que permite medir la vibración a la que está expuesto el colaborador.

El equipo se sitúa de dos formas, dependiendo la máquina a medir. Si la máquina se maneja estando la persona en una silla, la medición se realiza en dos partes, la primera entre los glúteos y el asiento y la segunda entre el espaldar del asiento y la espalda. La segunda forma se aplica cuando la persona labora la máquina de pie, como es el caso del demoledor, en esta situación el equipo se ubica en el piso y los pies del colaborador se sitúan a ambos lados, encima de la almohadilla triaxial. La medición se efectúa a la fuente, en este caso la máquina que utiliza el colaborador. Con los datos obtenidos, se procederá a su respectivo análisis.

5.3.6 Intervención. Una intervención consiste en un estudio detallado que involucra todas las variables intervinientes en la exposición a las vibraciones de cuerpo entero de los colaboradores, con el fin de establecer métodos de control y disminuir los riesgos que los pueden afectar.

5.3.7 Efectos de las vibraciones transmitidas a cuerpo entero. La exposición a vibraciones causa traumatismos y hasta enfermedades en el ser humano, es por esto que a continuación se mostrará algunos efectos a los que está expuesto el cuerpo humano, y sobretodo los causados a cuerpo entero, y así identificar la gravedad que puede tener la exposición desmesurada a estas vibraciones.

Son tantas las enfermedades que se pueden generar por la situación antes descrita, que resulta de vital importancia conocerlas, y de este modo tratar que los colaboradores, además de tener información sobre el uso adecuado de las máquinas, conozcan los síntomas y repercusiones derivadas de la exposición a las vibraciones que éstas producen.

En el cuadro 4 se han relacionado la mayoría de estas afecciones o daños causados, esto teniendo en cuenta: la frecuencia de vibración, la dirección, el punto de contacto con el cuerpo y la duración de la exposición.

Cuadro 4. Efectos a la exposición de vibraciones

Efectos agudos	Malestar	
	Interferencia con la actividad	
	Alteraciones de las funciones fisiológicas	
	Alteraciones Neuromusculares	
	Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas	
	Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central	
Efectos a largo plazo	Riesgo para la salud de la columna vertebral	
	Otros riesgos para la salud	Sistema nervioso, órgano vestibular y audición
		Sistema circulatorio y digestivo
		Órganos reproductores femeninos, embarazos y sistema genitourinario

Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Riesgos generales. Documento OIT. España. Editorial tomo 2. 1998. p 50.12 [en línea] España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2010, [consultado 4 de noviembre de 2012]. Disponible también en Internet: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>.

5.3.7.1 Traumatismos en la columna vertebral. Las vibraciones del cuerpo entero de una persona se denominan comúnmente sacudimientos. Los mismos pueden causar, tratándose de fenómenos de fuerte intensidad o de exposición prolongada, problemas a la columna vertebral, principalmente de tipo óseo y muscular.

Estos problemas pueden derivar además de una postura incorrecta del operador, que puede depender de hábitos equivocados generados por su experiencia en este sector de la construcción, así como también del diseño de la máquina en sí, lo que genera que no tenga en cuenta los principios ergonómicos básicos, para evitar los trastornos que se pueden causar por la exposición a las vibraciones⁴⁵.

(Ver Figura 5, página siguiente).

⁴⁵ COMAC SPA. vibraciones [en línea]. Italia: Comac, 2008, [consultado 14 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.comac.it/seguridad/vibraciones.html>.

Figura 5. Alteraciones en la columna vertebral



Fuente: Cultura Física, Anatomía [en línea]. Colombia: Blogspot, s.f., [consultado 14 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://evelyn-thenote.blogspot.com/>.

En Argentina existe un decreto⁴⁶ que es el 658/96, en él se aprueba un listado de enfermedades, previsto en el artículo 8°, inciso 2 de la ley N° 24.557, esta ley establece el objeto de estudio, en esta investigación, y se tiene que:

5.3.7.2 Espondiloartrosis de la columna lumbar. La Artrosis Vertebral o lumbar, consiste en la degeneración del núcleo pulposos del disco intervertebral, que pierde grosor y densidad.

El riesgo se presenta cuando el disco está muy gastado y amortigua mal el peso, el exceso de carga que transmite al hueso hace que éste pueda deformarse⁴⁷. Los síntomas que pueden presentarse son:

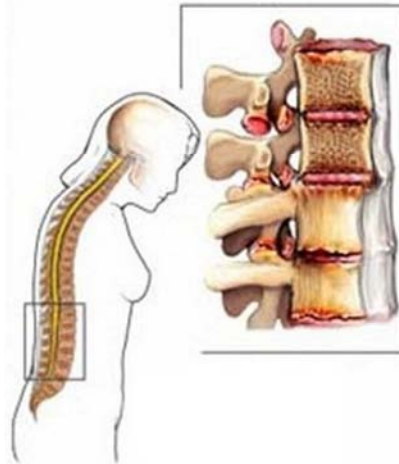
- Dolor en el cuello y reflejo en el hombro
- Rigidez en el cuello
- Puede asociarse a: visión borrosa, vertigo, roturas musculares, lesiones de raíces nerviosas cervicales superiores, síntomas de la articulación temporomandibular, síndrome de stress postraumático, síntomas psicológicos,

⁴⁶ BOTTA, Néstor. Legislación sobre accidentes de trabajo [en línea]. Argentina: Red Proteger, 2010, [consultado 19 enero de 2013]. Disponible en Internet: [http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serielegislativa/08 Legislacion Accid Enfer Tra bajo nov2010.pdf](http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serielegislativa/08%20Legislacion%20Accid%20Enfer%20Tra%20bajo%20nov2010.pdf)

⁴⁷ PRATS, Alberto y ADROVER Matamalas. Patología discal lumbar [en línea]. Barcelona: Scribd, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.scribd.com/doc/57415893/Dolor-de-Espalda-Laboral>.

síndrome del desfiladero torácico, cefaleas, dolor lumbar, síndrome postcontusión cerebral o lesiones vasculares (síndrome de wallenberg⁴⁸).

Figura 6. Espondiloartrosis o artrosis lumbar



Fuente: CUERVO, Alejandro. Escuela Aragonesa de Naturismo y Terapias Alternativas [en línea]. Barcelona: Terapias, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://terapias.typepad.com/terapiasmanuales/2010/01/espondiloartrosis-o-artrosis-lumbar.html>.

5.3.7.3 Calcificación de los discos intervertebrales. La calcificación de disco es un dato que se nota en estudios de imágenes, en el momento de una operación, o en la autopsia. No es un diagnóstico ni una enfermedad. Ocurre cuando los discos intervertebrales que están entre los huesos de la columna vertebral muestran depósitos de calcio en el núcleo pulposo, en el anillo externo, o en la placa de cartílago que está cerca del disco (condrocalcinosis). Los depósitos son un signo de cambios degenerativos en la estructura del disco, y por lo general no causan síntomas⁴⁹.

⁴⁸ MILLER, Mark. Ortopedia y Traumatología [en línea]. Barcelona: Cirugía articular, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.cirugiaarticular.com/columna/esguince_cervical/.

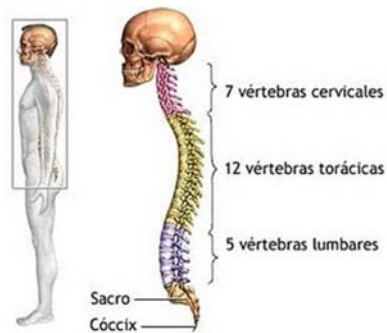
⁴⁹ Disco intervertebral [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Disco_intervertebral#Calcificaci.C3.B3n_del_Disco.

Figura 7. Calcificación del ligamento longitudinal posterior



Fuente: MDHealthResource. Medical Topics. Calcificación de disco [en línea]. Barcelona: Mdhealthresource.com. s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.mdhealthresource.com/disability-guidelines/disc-calcification>.

Figura 8. Esquema general de la columna vertebral



Fuente: Generalidades sobre la columna vertebral [en línea]. Suiza, 2011, [consultado 14 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: http://www.columna.cl/index_archivos/Page346.htm.

5.3.7.4 Enfermedades producidas por exposición a vibraciones. La exposición a las vibraciones no es solamente algo molesto, causa graves problemas médicos tales como dolor de espalda, dolor de cabeza, mareos, trastornos vasculares, también cervicalgias o dorsolumbalgias, por la espondiloartrosis de columna. “Ésta se produce por los pequeños microtraumatismos repetidos y calcificaciones de los discos intervertebrales. Los riesgos que producen las vibraciones dependerá del tiempo de exposición y la frecuencia de la vibración. Los efectos ocupacionales de las vibraciones en la salud son resultado de los períodos prolongados de contacto entre el colaborador y la superficie que vibra⁵⁰.

⁵⁰ ROSTAGNO, Hugo Francisco. ¿Son peligrosas las vibraciones? [en línea]. Valencia, España: Estructplan, 2009, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.estructplan.com.ar/Articulos/imprimirss.asp?IDArticulo=2217>.

Las vibraciones que afectan al cuerpo entero, pueden tener efectos perjudiciales sobre la columna vertebral, provocando o agravando lesiones de los discos intervertebrales, lumbalgias, pinzamientos, lumbociáticas y lesiones raquídeas menores. Aunque en sus primeras etapas estos efectos son reversibles, pueden dar lugar a lesiones crónicas o incapacitantes si se da alta exposición a vibraciones en un tiempo prolongado. Las exposiciones más comunes a vibraciones de cuerpo entero suelen darse en vehículos todoterreno, incluyendo maquinaria de movimiento de tierras, camiones industriales y tractores⁵¹.

5.3.7.5 Actividades y maquinaria generadoras de vibraciones. Para evaluar la exposición a la vibración y sus repercusiones es primordial enfatizar que enfermedades osteo-articulares o agioneuróticas son provocadas por las vibraciones mecánicas, de acuerdo a la Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente de Madrid, afirmando que “son aquellas que resultan después de trabajos o actividades repetitivas con herramientas portátiles y máquinas fijas para machacar, perforar, remachar, apisonar, martillar, apuntalar, prensar, pulir, trocear, etc. Estas actividades son comunes en los sectores, agrícolas, viales, y de construcción”⁵².

5.3.8 Medidas preventivas. Las medidas preventivas se establecen en dos grupos: generales o específicas. Los dos grupos están encaminados a tomar medidas preventivas ocupacionales, con el fin de disminuir o si es posible eliminar el factor de exposición a la vibración que en este caso es el principal factor de estudio.

Las medidas preventivas generales se llevan a cabo cuando, por medio de un análisis al puesto de trabajo del colaborador, se identifica la existencia de un riesgo. Por ley todo colaborador debe conocer que si considera que está expuesto a un riesgo, en este caso por vibraciones mecánicas, ya sea porque sobrepasa los límites de los que se ha hablado anteriormente, o el tiempo de exposición es exagerado, tendrá derecho a recibir la oportuna intervención, apoyado con un proceso de monitoreo, para no exponer de ningún modo su salud.

Las medidas preventivas específicas, se materializan cuando se detectan los riesgos a los que el empleado esté expuesto, específicamente los emitidos por la

⁵¹ *Ibíd.*, pág. 20.

⁵² SECRETARÍA DE SALUD LABORAL Y MEDIO AMBIENTE DE UGT-MADRID. Manual de enfermedades profesionales [en línea]. Madrid, España: Fspmadridugt, 2007. [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.fspmadridugt.org/secretarias/Salud%20laboral/documentacion/manuales%20de%20prevencion/MANUAL%20DE%20ENFERMEDADES%20PROFESIONALES.pdf>.

exposición a vibraciones mecánicas, superando los límites de exposición, y teniendo en cuenta todas las variables que influyen en la toma de estas medidas. Es aquí donde el empleador deberá poner su mayor esfuerzo en reformar las condiciones a las que está expuesto el colaborador. Puede ser más fácil de este modo, ya que cuando actúe directamente sobre este factor de riesgo, tendrá localizado los puntos que afectan al colaborador. Sabiendo esto, puede generar medidas de intervención como las capacitaciones, revisar el estado de la máquina en donde labora el colaborador, observar la ergonomía del puesto, entre otros factores que pueden ayudar a reducir esta exposición directa del colaborador, lo que permitirá una mayor productividad y una mejor calidad de vida⁵³.

5.3.8.1 Mantenimiento. Las medidas que puede implementar el empleador en el momento de hacer un análisis de riesgos y querer disminuir esta exposición, lo puede lograr mediante el mantenimiento, éste va dirigido principalmente a las máquinas, pero es una labor que requiere compromiso por parte del colaborador y el empleador.

En la actualidad, se conocen diversos tipos de mantenimiento en este caso se expondrá tres, que son muy importantes y que sirven como una de las medidas para reducir el impacto de la vibración mecánica, estos son⁵⁴:

Mantenimiento correctivo: este se aplica, cuando se presenta la falla, e inmediatamente se toman acciones sobre este. Este mantenimiento es el que todo empleador, querría descartar porque además de que puede resultar muy costoso, puede generar un paro total en el proceso⁵⁵.

Mantenimiento preventivo: es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento⁵⁶.

Mantenimiento predictivo: este mantenimiento se realiza con técnicas y equipos de avanzada, generando un monitoreo en la empresa lo que ofrece un adelanto en el suceso que puede presentar una falla o un paro en el proceso⁵⁷.

⁵³ SÁNCHEZ RIVERO, José; PALOMINO MÁRQUEZ, Teresa y SÁNCHEZ BARRIGA, Juan María. El coordinador de Seguridad y Salud. España: Editorial FC, 2006. p. 272.

⁵⁴ FLORÍA, Mateo; GONZÁLEZ, Agustín. Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales. 5º Edición. España: Editorial FC, 2006. p. 316.

⁵⁵ *Ibíd.*, p. 217

⁵⁶ *Ibíd.*, p. 266

⁵⁷ *Ibíd.*, p. 316

El mantenimiento es una parte fundamental, en este estudio, porque a veces muchas de las vibraciones que no son las adecuadas o permisibles para el ser humano (en este caso para el colaborador), son generadas por el mal uso o por un inadecuado mantenimiento en los equipos.

5.4 MARCO LEGAL

La reciente Ley 1562, aprobada el 11 de julio de 2012. “POR LA CUAL SE MODIFICA EL SISTEMA DE RIESGOS LABORALES Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES EN MATERIA DE SALUD OCUPACIONAL”, define el Sistema General de Riesgos Laborales, “Como el conjunto de entidades públicas y privadas, normas y procedimientos, destinados a prevenir, proteger y atender a los colaboradores de los efectos de las enfermedades y accidentes que puedan ocurrir como ocasión o como consecuencia del trabajo que desarrollan⁵⁸”.

En esta ley, en el Artículo 11, segundo punto se decreta que la ARL, del 92% del total de la cotización, destinara como mínimo el 10%, a:

- a)** Desarrollo de programas regulares de prevención y control de riesgos laborales y de rehabilitación integral en las empresas afiliadas.

- b)** Apoyo, asesoría y desarrollo de campañas en sus empresas afiliadas para el desarrollo de actividades para el control de los riesgos, el desarrollo de los sistemas de vigilancia epidemiológica y la evaluación y formulación de ajustes al plan de trabajo Los dos objetivos principales de esta obligación son: El monitoreo permanente de las condiciones de trabajo, salud, y el control afectivo del riesgo.

- c)** Deben desarrollar programas, campañas, crear o implementar mecanismos y acciones para prevenir los daños secundarios y secuelas en caso de incapacidad permanente parcial e invalidez para lograr la rehabilitación integral, procesos de readaptación y reubicación laboral.

- d)** Diseño y asesoría en la implementación de áreas, puesto de trabajo, maquinaria, equipos y herramientas para los procesos de reinserción laboral, con el objeto de intervenir y evitar los accidentes de trabajo y enfermedades laborales.

⁵⁸ COLOMBIA. Ley 1562 de 2012, Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional [en línea]. Bogotá: Presidencia de la República, 2011, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/ley156211072012.pdf>.

e) Suministrar asesoría técnica para la realización de estudios evaluativos de higiene ocupacional o industrial, diseño e instalación de métodos de control de ingeniería, según el grado de riesgo, para reducir la exposición de los colaboradores a niveles permisibles⁵⁹.

El Artículo 4, de la Ley 1562, define enfermedad laboral, la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgos inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el colaborador se ha visto obligado a trabajar⁶⁰. En caso en que una enfermedad laboral no figure en la tabla de enfermedades laborales, pero se demuestre la relación de causalidad con los factores de riesgos ocupacionales, será reconocida como enfermedad laboral.

Entre las obligaciones del empleador, se encuentran⁶¹:

- Procurar cuidado integral de la salud
- Informar estado de salud
- Cumplir normas y programas de salud ocupacional
- Participar en la prevención de riesgos laborales a través del Copaso o actividades ocupacionales que proponga la empresa.

Según el Artículo 56, Decreto 1295/94, se definen como obligaciones del empleador, hacia sus colaboradores las siguientes:

- Obligación de la afiliación a un sistema de seguridad social
- Cumplimiento disposiciones de salud ocupacional
- Identificación de los riesgos en la empresa: panorama de riesgos
- Elementos de protección personal
- Transmisión de la información al empleado⁶².

⁵⁹ *Ibíd.*, p. 9.

⁶⁰ *Ibíd.*, p. 86

⁶¹ *Ibíd.*, p. 88

⁶² SEGURO SOCIAL, Protección laboral. Normas, Jurisprudencia y Doctrina del Sistema general de Riesgos Profesionales [en línea]. Bogotá, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: http://www.iss.gov.co/portal/LEGISLACIONVPR/CodigoARPOctubre_WEB.pdf.

En Colombia, existe la Ley 9 del 24 de enero de 1979, por la cual se dictan Medidas Sanitarias. El congreso de Colombia decreta⁶³:

TITULO III SALUD OCUPACIONAL

Objeto

Artículo 80, para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones la presente Ley establece normas tendientes a⁶⁴:

- a) Prevenir todo daño para la salud de las personas, derivado de las condiciones de trabajo.
- b) Proteger a la persona contra los riesgos relacionados con agentes físicos, químicos, biológicos, orgánicos, mecánicos y otros que pueden afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo.
- c) Eliminar o controlar los agentes nocivos para la salud en los lugares de trabajo
- d) Proteger la salud de los colaboradores y de la población contra los riesgos causados por las radiaciones.
- e) Proteger a los colaboradores y a la población contra los riesgos para la salud provenientes de la producción, almacenamiento, transporte, expendio, uso o disposición de sustancias peligrosas para la salud pública.

Disposiciones generales

Artículo 81, la salud de los trabajadores es una condición indispensable para el desarrollo socio-económico del país; su preservación y conservación son actividades de interés social y sanitario en las que participan el Gobierno y los particulares.

⁶³ Secretaria General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Ley 9 de 1979. Medidas Sanitarias [en línea]. Bogotá, 1979, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Centro%20de%20Zoonosis/Ley%209%20del%2024%20de%20Enero%20de%201979.pdf>

⁶⁴ *Ibíd.*, p. 7.

Artículo 82, las disposiciones del presente título son aplicables en todo lugar de trabajo y a toda clase de trabajo, cualquiera que sea la forma jurídica de su organización o prestación, regulan las acciones destinadas a promover y proteger la salud de las personas⁶⁵.

Todos los empleadores, contratistas y trabajadores quedarán sujetos a las disposiciones del presente título y sus reglamentaciones.

Parágrafo. Los contratistas que empleen trabajadores por este solo hecho, adquieren el carácter de empleadores para los efectos de este título y sus reglamentaciones.

Otros artículos de interés de la ley 9 (enero 24 de 1979) son:

Artículo 106, “el Ministerio de Salud determinará los niveles ruido, vibración y cambios de presión a que puedan estar expuestos los trabajadores”⁶⁶.

Artículo 112, “todas las maquinarias, equipos y herramientas deberán ser diseñados, contruidos, instalados, mantenidos y operados de manera que se eviten las posibles causas de accidentes y enfermedad”⁶⁷.

La Resolución 02400 (mayo 22 de 1979), precisa las obligaciones de los empleadores y trabajadores en materia de salud ocupacional y riesgos profesionales, las condiciones de los espacios de trabajo, constituyéndose en el estatuto de seguridad industrial⁶⁸:

Artículo 93, “en los lugares de trabajo en donde se produzcan vibraciones por el uso de aparatos, equipos, herramientas, etc., que den origen en los trabajadores a síntomas de alteraciones vasomotoras, alteraciones en los huesos y articulaciones, signos clínicos neurológicos, etc., se deberán tener en cuenta los siguientes métodos para su control:

⁶⁵ *Ibíd.*, p. 8

⁶⁶ *Ibíd.*, p. 10

⁶⁷ *Ibíd.*, p. 11

⁶⁸ Ministerio de trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 [en línea]. Bogotá, 1979. [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>.

a. Se mejorarán los diseños de las herramientas, máquinas, equipos, aparatos productoras de vibraciones (forma, soporte, peso, etc.) o se suprimirá su uso en cuanto sea posible.

b. Se entrenará al personal sobre la manera correcta en su utilización y manejo para evitar esfuerzos inútiles o mal dirigidos.

c. Se hará selección del personal, rechazando para tales trabajos a sujetos deficientes.

d. Se reducirá la jornada de trabajo o se rotará al personal expuesto a las vibraciones para prevenir las lesiones”.

Artículo 95, “las máquinas-herramientas, que originen trepidaciones, tales como martillos neumáticos, apisonadoras, remachadoras, compactadoras, trituradoras de mandíbula o similares, deberán estar provistas de horquillas u otros dispositivos amortiguadores y al trabajador que las utilice se le proveerá de equipo de protección personal para su atenuación”.

Artículo 96. Numeral 16, establece que “el anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos, vibraciones o trepidaciones, se realizará con las técnicas más eficaces, a fin de lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico⁶⁹”

La ley colombiana establece las enfermedades profesionales clasificándolas dentro del marco del Artículo 1 del Decreto 2566 de 2009, en su numeral 30, 31 y 37, los cuales dictaminan⁷⁰:

El numeral 30, establece que las “enfermedades por vibración: trabajos con herramientas portátiles y máquinas fijas para machacar, perforar, remachar, aplanar, martillar, apuntar, prensar, o por exposición a cuerpo entero⁷¹”.

El numeral 37, establece “otras lecciones osteo-musculares y ligamentosas: trabajos que requiere sobre esfuerzo físico movimiento repetitivo y/o posiciones”.⁷²

⁶⁹ *Ibíd.*, p. 25

⁷⁰ Ministerio de Protección Social. República de Colombia. Principales reformas al decreto 1295 de 1994 [en línea]. Bogotá, 1994, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.saludocupacional.com.co/memoriasPDF/Medicina%20del%20Trabajo/Legislacion%20y%20Desarrollo%20Normativo.pdf>

⁷¹ *Ibíd.*, p. 49

⁷² *Ibíd.*, p. 50

Decreto 614 de 1984, que condiciona la obligatoriedad y permanencia de los programas de salud ocupacional en todas las actividades laborales, determinando la necesidad de establecer programas de tipo preventivo⁷³.

Resolución 1016 de 1989, por la cual se condicionó la obligatoriedad de todos los empleadores de organizar y garantizar el funcionamiento de los programas de salud ocupacional, tendientes a minimizar los riesgos referentes a las actividades⁷⁴.

Específicamente para la construcción:

La Resolución 2413 de 1979, en la cual se presentan los presupuestos mínimos en materia de seguridad e higiene que deben tener las empresas del sector constructor y debe ser complementada con el Sistema de Riesgos Profesionales establecido a partir de la Ley 100 de 1993⁷⁵.

Norma ISO 2631

Hace algunos años entraron en vigencia diferentes normas que atienden la revisión y control de las vibraciones que sufren los trabajadores expuestos a máquinas que generan vibraciones.

Es por esto que se presta especial atención a la exposición prolongada a la vibración transmitida a cuerpo entero, la cual se basa en cálculos de exposición diaria A(8), definida como la aceleración continua para un período de 8 horas. Esta se obtiene con el mayor de los valores ponderados, según los tres ejes ortogonales (1.4awx, 1.4awy, 1awz, para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5, 6 y 7, el anexo A y el B de la norma ISO 2631-1 (1997)⁷⁶.

La exposición a las vibraciones de cuerpo completo pueden causar daños físicos permanentes o incluso lesiones en el sistema nervioso; también puede afectar la

⁷³ CAMACOL. Cámara Colombiana de la Construcción. El empleo en el sector de la construcción. [en línea]. Colombia, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/ArtPres_20080130042103_0.pdf.

⁷⁴ *Ibíd.*, p. 9.

⁷⁵ *Ibíd.*, p. 10

⁷⁶ ISO 2631. INTERNATIONAL STANDARD. 2 ed. Colombia, 1997. Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration.

presión sanguínea y el sistema urológico. Los síntomas más comunes que aparecen tras un período corto de exposición son: fatiga, insomnio, dolor de cabeza y temblores.

Para poder prevenir estos síntomas, la norma ISO 2631 define métodos de cuantificación de vibraciones de cuerpo entero en relación con:

- La salud humana y el bienestar
- La probabilidad de percepción de las vibraciones
- La incidencia del “malestar en el transporte”⁷⁷.

Objeto y campo de aplicación:

- Se definen los métodos para la medición de vibraciones de cuerpo entero periódicas, aleatorias y transitorias.

- En el ámbito de aplicación, se consideran los siguientes límites:

0, 5 Hz a 80 Hz para la salud, el confort y la percepción

0,1 Hz a 0,5 Hz para la cinetosis (trastornos provocados por el movimiento)

- Se aplica a movimientos transmitidos al cuerpo humano en su conjunto.
- No se aplica en la evaluación de choques de magnitud extrema tal como ocurre en los accidentes de vehículos.
- Su campo de aplicación se centra en las vibraciones transmitidas al cuerpo humano por superficies sólidas en un rango de frecuencias de 1 a 80 Hz, para las vibraciones periódicas, aleatorias, o no periódicas de espectro de frecuencia continua

Los materiales de fabricación también resultan fundamentales, donde los motores deben estar preparados para no variar su nivel de prestación a lo largo del tiempo

⁷⁷ Ibíd.,

y si lo hiciera, el proveedor deberá informar el tiempo de vida útil de los mismos. Las máquinas deberán estar fabricadas en materiales de alta durabilidad y que permita el uso intensivo sin deformación, permitiendo la transmisión correcta de vibraciones al colaborador sin afectar su salud.

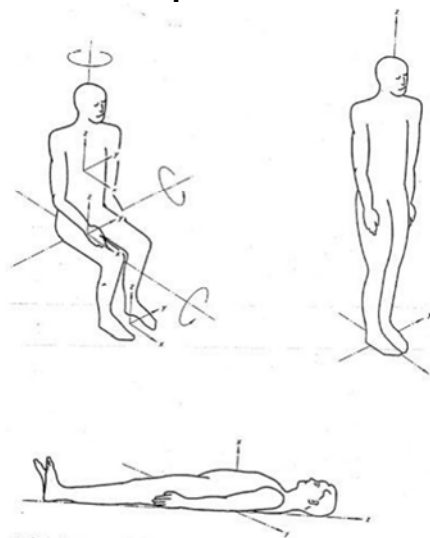
Incluye tres anexos informativos relativos a las consecuencias de la exposición de las vibraciones, y recomendaciones simples y de aplicación general, para definir los mejores métodos y de esta forma lograr una correcta medición de la incidencia de la vibración en el colaborador.

Medición de las vibraciones

El parámetro a medir es la aceleración, pudiéndose obtener la velocidad para vibraciones de muy baja frecuencia e intensidad. Esta medición se realiza, de acuerdo a un sistema de coordenadas cuyo origen es el punto donde se considera que la vibración entra en el cuerpo humano (Véase Figura 5).

La duración de la medición debe ser suficientemente larga para que sea representativa, y debe quedar constancia de su valor. La aceleración de traslación se expresa en m/s^2 mientras que la aceleración de rotación se expresa en rad/s^2 .

Figura 9. Ejes basicéntricos del cuerpo humano



Fuente: Instructivo para la aplicación del D.S N° 594/99 del MINISAL, Título IV, Párrafo 3°. AGENTES FISICOS –VIBRACIONES [en línea] Chile, [consultado 5 de Noviembre de 2012]. Disponible en Internet: http://www.ispch.cl/salud_ocup/doc/instructivo_Vibraciones.pdf.

Para la evaluación de las vibraciones, la fórmula para hallar el valor total de la vibración Aeq de forma manual, a la que está sometido el colaborador es:

$$Aeq_{ti} = \sqrt{(1,4 Aeq_x)^2 + (1,4 Aeq_y)^2 + (Aeq_z)^2} \quad , \quad \text{Ecuación 1}$$

Siendo Aeq_x , Aeq_y , Aeq_z las aceleraciones medidas en cada uno de los tres ejes ortogonales.

Debe medirse el valor eficaz ponderado de la aceleración, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$a_w = \left(\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right)^{\frac{1}{2}} \quad , \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde $a_w(t)$ es la aceleración ponderada en traslación o en rotación en función del tiempo (variación temporal) en m/s^2 ó rad/s^2 . T es la duración de la medida en seg.

La manera como las vibraciones afectan la salud, el confort, la percepción y la cinetosis (trastornos provocados por el movimiento) dependen del contenido frecuencial de la vibración. Son necesarias ponderaciones diferentes para cada uno de los ejes.

Principales

W_k para el eje z
 W_d para los ejes x e y
 W_f para la cinetosis

Complementarias

W_c para mediciones en respaldos de asientos
 W_e para mediciones de vibración en rotación

W_j para mediciones de vibración en la cabeza de una persona tendida

Los filtros de ponderación, se pueden encontrar en los anexos que proporciona la Norma ISO 2631, para configurar el monitor del equipo de medición de QUEST Technologies, la norma establece que en el eje X, Y se debe colocar en el canal de salida W_d , de esta forma el acelerómetro podrá calcular la exposición a la vibración, y en el eje Z con W_k .

5.5 MARCO CONTEXTUAL

5.5.1 PINUR INGENIEROS LTDA. Proyectos de Infraestructura y Urbanismo Ingenieros Ltda. PINUR es una empresa reconocida en el campo de la construcción de obras de civiles de infraestructura y urbanismo, que se caracteriza por la honestidad de sus socios, el respeto por las personas, la salud de sus trabajadores y el medio ambiente, el compromiso de fomentar el trabajo en las zonas donde ejecuta obras y una posición firme de rechazo al trabajo infantil.

Es el resultado de la actividad empresarial iniciada por sus fundadores dos ingenieros civiles, especializados en vías con una experiencia de más de 20 años, quienes decidieron constituirse como empresa para brindar un mejor servicio, dentro de una estructura mucho más sólida desde el punto de vista, técnico, administrativo y financiero.

Los clientes de los socios han pasado a ser clientes de la empresa y actualmente cuenta con importantes obras de urbanismo en Cali, con empresas constructoras de reconocido prestigio en la ciudad como también empresas del sector industrial, como ingenios y termoeléctricas. PINUR busca posicionarse en el mercado del suroccidente colombiano y establecer relaciones de largo plazo con los clientes, brindando soluciones integrales que les permitan satisfacer todas sus expectativas.

Política de Seguridad y Salud Ocupacional

PINUR INGENIEROS LTDA., declara su compromiso con el cumplimiento de la normatividad vigente en materia de salud ocupacional y ambiente, y los requisitos exigidos por las partes interesadas, con el diseño e implementación de un Sistema de Seguridad, Salud Ocupacional y Ambiente, SSOA, para velar por la salud de sus trabajadores, el cuidado del medio ambiente, prevenir los accidentes, los

daños a la propiedad e impactos socio-ambientales, y cumplir con los requerimientos de los clientes en esta materia y de todos aquellos que intervienen en la ejecución de sus procesos, a través del mejoramiento continuo .

Bajo el liderazgo de la Gerencia, PINUR INGENIEROS LTDA., se compromete a suministrar los recursos humanos, tecnológicos, financieros y físicos necesarios para el desarrollo del Sistema SSOA, con el fin de mantener bajo control los riesgos que se generen para las personas y el medio ambiente; así mismo, procura que sus contratistas, subcontratistas y proveedores de materiales y servicios conozcan y se adhieran a esta política y las normas que la empresa suscriba en materia de seguridad, salud ocupacional y gestión ambiental.”

Objetivos

- Ser una empresa reconocida en el campo de la construcción de obras de infraestructura y urbanismo, con énfasis en vías.
- Satisfacer las necesidades de los clientes a través de la prestación de servicios integrales y de excelente calidad en construcción.
- Participar en el crecimiento y desarrollo del país mediante la ejecución de las obras de infraestructura requerida por los urbanizadores y en general todas aquellas obras que hacen parte de nuestra especialidad.
- Dar estricto cumplimiento a las disposiciones legales en materia de salud ocupacional y seguridad industrial, facilitando a los trabajadores los recursos que sean necesarios para reducir la probabilidad de que ocurran accidentes de trabajo y/o enfermedades profesionales⁷⁸.

5.5.2 AMEZQUITA NARANJO. Es una empresa dedicada al diseño y ejecución de:

- **Proyectos de infraestructura:** vías terrestres de comunicación, puentes, diques de contención, reservorios, construcción de redes de acueducto y alcantarillado, plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), plantas de tratamiento de

⁷⁸ PINUR. Página institucional [en línea]. Colombia: el autor, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.pinuringenierosltda.com/home.htm>.

agua potable, canales de aguas lluvias, distritos de riegos, construcción y sellado de rellenos sanitarios.

- **Soluciones industriales y ambientales:** manejo de materias primas de la industria, construcción y mantenimiento de todo tipo lagunas para el pre-tratamiento y tratamiento de residuos industriales, manejo de patios de disposición final de residuos sólidos de la industria papelera.

Misión

Es una empresa dedicada a la ejecución de obras de infraestructura, soluciones Industriales y ambientales, satisfaciendo los requerimientos de nuestros clientes y el desarrollo integral de nuestros colaboradores, teniendo como valores fundamentales la calidad en el servicio y el respeto por la comunidad donde desarrollamos nuestros proyectos.

Visión

En el año 2015 seremos una empresa que ha construido un mejor país mediante el desarrollo de nuestra misión y valores corporativos

Valores corporativos

Servicio: realizar proyectos que sirvan y beneficien a la sociedad, a los clientes y a los colaboradores.

Compromiso: manifestar permanentemente disposición de servicio y sentido de pertenencia con la empresa, ejerciendo el liderazgo preciso y suficiente para dar cumplimiento a los objetivos de la organización.

Crecimiento: crecer de manera pujante y controlada construyendo progreso.

Calidad de vida: orientar todo el esfuerzo de la organización hacia la realización laboral y personal de cada uno de nuestros colaboradores.

Política de Calidad

Nuestro compromiso en AMEZQUITA NARANJO INGENIERÍA, es brindar los recursos necesarios para entregar a satisfacción de los clientes, proyectos que cumplan con las especificaciones técnicas y los requisitos contractuales; mediante el empleo de una filosofía de calidad integral, mejora continua de procesos y con personal competente capaz de alcanzar altos niveles de productividad y rentabilidad del negocio.

Objetivos de calidad:

- Incrementar el patrimonio de la empresa.
- Garantizar la satisfacción del cliente.
- Incrementar la participación de la compañía en el mercado⁷⁹.

⁷⁹ AMEZQUITA NARANJO. Óp., cit., Disponible en Internet: <http://www.amezquitانارانجو.com/>.

6. METODOLOGÍA

Para realizar las mediciones la Norma ISO 2631 propuso algunos métodos para tomar datos lo más exactos posibles, es por esto que hay que tener en cuenta ciertas condiciones a la hora de proceder a la toma de medida de las vibraciones.

Para empezar a evaluar la exposición se tuvieron en cuenta las frecuencias comprendidas entre 0,5 y 80 Hz en este caso para cuerpo completo. Para esto, se definieron para las vibraciones al cuerpo entero los sistemas de coordenadas, cuyas características son:

Vibraciones en cuerpo entero

Eje x: dirección espalda-pecho. Sentido positivo: hacia el frente

Eje y: dirección hombro –hombro. Sentido positivo: hacia hombro izquierdo

Eje z: dirección pies –cabeza. Sentido positivo: hacia la cabeza

De acuerdo con lo establecido en la Norma ISO 2631-1 la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas debe hacerse determinando el valor del parámetro A(8), que representa el valor de la exposición diaria normalizado para un periodo de 8 horas, y comparando el valor obtenido con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite que vienen fijados de la siguiente forma:

Cuadro 5. Valores límites de exposición

Vibraciones	Valor que da lugar a una acción	Valor límite
Transmitidas al cuerpo entero	0,5 m/s ²	1,15 m/s ²

Debe aclararse que estos límites no están dados por la norma propiamente dicha, si no por un decreto que es el Decreto 1311/2005 del 4 de noviembre el cual establece los valores límites y los valores de acción para toda la jornada laboral. Se fija que el valor límite para la exposición a las vibraciones refiriéndose al sistema cuerpo entero no puede sobrepasar el valor de 1,15 m/s² como valor ponderado para laborar 8 horas diarias reduciendo de esta manera la exposición al riesgo y mejorando la protección de los trabajadores expuestos.

Ahora bien, en Colombia no existen valores límites definidos para las exposiciones a vibraciones por parte del Ministerio de Salud, el cual decreta que deben ser tomados o basados en la NTC 2631; para realizar las mediciones y comparaciones propias de esta investigación fue necesario emplear los límites establecidos por el Ministerio de Seguridad e Higiene en el Trabajo del Gobierno de España (Decreto 1311/2005).

Siguiendo con lo expresado en el cuadro No. 5, se observa que de esta comparación pueden derivarse tres situaciones:

- A (8) es inferior al valor que da lugar a una acción.
- A (8) está comprendido entre el valor de acción y el valor límite.
- A (8) es superior al valor límite.

Las cuales expresan que el valor resultante puede ser inferior al límite, dentro del rango permisible o superior a éste.

Para calcularlo se hace por medio de un equipo medidor de vibraciones, el cual mide el valor de la aceleración de la vibración. Para lograr una adecuada medición hay que hacer un número de mediciones que sea representativo de la exposición a vibraciones a lo largo del día, cada una de las cuales debe tener una duración de por lo menos tres minutos.

Para realizar el cálculo del valor de A(8) se debe tomar en cuenta el número de fuentes de vibración, es decir cuando es una y cuando son varias fuentes.

6.1 EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO CON UNA SOLO FUENTE DE VIBRACIÓN

En el caso de las vibraciones transmitidas a cuerpo entero, se toma el máximo de los valores $1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz} .

Una vez conocidos los valores eficaces de la aceleración ponderados en frecuencia a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} , se calcula las exposiciones diarias en cada eje mediante las expresiones:

$$A_x(8) = 1,4a_{wx} \sqrt{\frac{T_e}{8}}$$

$$A_y(8) = 1,4a_{wy} \sqrt{\frac{T_e}{8}}$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_e}{8}}$$

Se toma como valor diario de la exposición el máximo de estos tres valores para compararlo con los valores de referencia; si el valor exige que se tomen medidas de acción, se deberá verificar y revisar la evaluación de los riesgos para cumplir con lo establecido para la reducción de la exposición a la vibración por parte del colaborador.

6.2 EXPOSICIÓN A VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO CON VARIAS FUENTES DE VIBRACIÓN

Conocidos los valores a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} correspondientes a cada una de las fuentes de exposición, se determinan los valores $A(8)$, asociadas a cada una de ellas. Una vez calculados dichos valores se determina la exposición global en cada eje de la siguiente forma:

$$A_x(8) = \sqrt{A_{X,1}^2(8) + A_{X,2}^2(8) + \dots + A_{X,n}^2(8)}$$

Así, para cada uno de los ejes y se toma el valor máximo, que será el valor de la exposición diaria, y se determina si está dentro del límite, fuera de él o si hay que tomar acciones correctivas.

Así mismo, es necesario utilizar dos métodos para determinar los límites de exposición a que están expuestos los colaboradores en las empresas analizadas, el método básico y el método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia, los cuales se explican a continuación.

Método de Evaluación Básico

Debe medirse el valor eficaz ponderado de la aceleración, de acuerdo con la siguiente expresión:

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

Método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia

Es más sensible a los picos que el método de evaluación básico ya que usa como base para el promedio la cuarta potencia en lugar de la segunda potencia del histórico del tiempo de la aceleración.

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}}$$

$a_w(t)$ es la aceleración instantánea ponderada en frecuencia
T es la duración de la medición

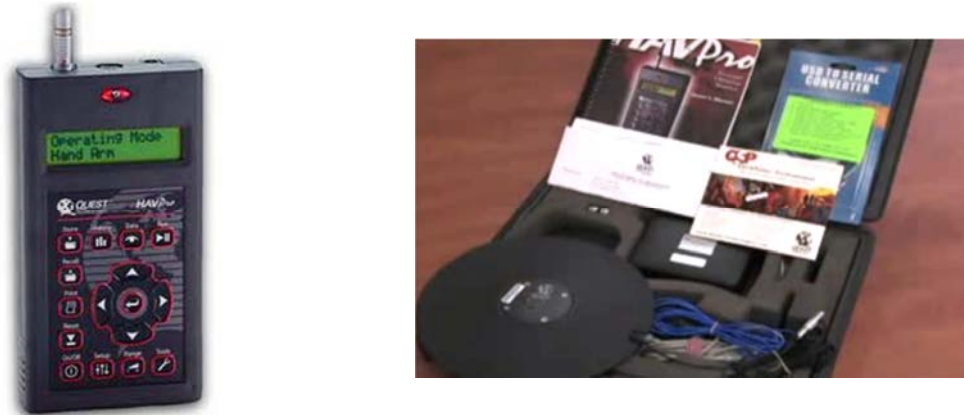
6.3 MEDIOS PARA LA REALIZACION DE LA MEDICION

6.3.1 El equipo de medición. El equipo de medición que se utilizó para registrar las medidas de las vibraciones emitidas por máquinas de la construcción en cuerpo entero fue el *HAVpro* el cual posee las siguientes características:

HAVPro: proporciona la posibilidad de monitorear la exposición de los trabajadores asociada con estos riesgos y suministra los datos necesarios para evitar algún tipo de lesión en el futuro. El *HAVPro* se conforma a los últimos requisitos de los estándares de medición de vibraciones humanas (ISO 8047).

El *HAVPro* es configurable para los modos de medición en extremidades y cuerpo entero, en los ejes X, Y y Z, los suma y proporciona el extenso rango de mediciones asociados con las medidas tomadas.

Figura 10. Medidor de vibraciones QUEST HAVPro



Fuente: HAVPro Hand/Arm Whole Body Vibration Meter [en línea]. Suiza, 2010, [consultado 7 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.columna.cl/index_archivos/Page346.htm<http://www.youtube.com/watch?v=ESr0NqPBfoA>

El equipo consta de:

Almohadilla base triaxial

En el centro de la almohadilla se encuentran los ejes de medición para el correcto acondicionamiento en el puesto que se va a medir, permitiendo fácilmente la identificación del modo de la dirección de los ejes en el cuerpo del colaborador.

Figura 11. Almohadilla base triaxial

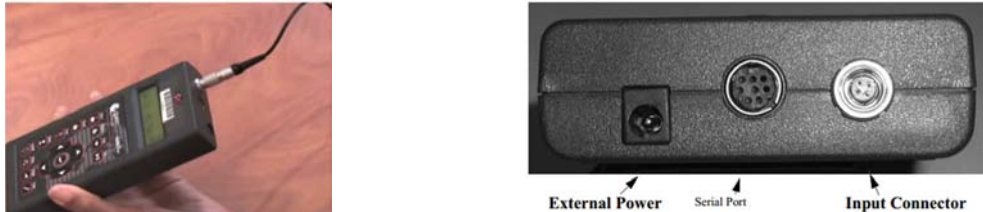


Fuente: HAVPro Hand/Arm Whole Body Vibration Meter [en línea]. Suiza, 2010, [consultado 7 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.columna.cl/index_archivos/Page346.htm<http://www.youtube.com/watch?v=ESr0NqPBfoA>

Cable para sensor acelerómetro

El cable para sensor acelerómetro se adaptaba al cable de la almohadilla triaxial, cuando ya se conectaban, el cable para sensor acelerómetro se introducía en el medidor.

Figura 12. Cable para sensor acelerómetro conectado al monitor



Fuente: HAVPro Human Vibration Meter. QUEST Technologies [en línea]. Estados Unidos: 3M. s.f., [consultado 7 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSufSevTzxtUo82vm8_BevUqevTSevTSevTSeSSSSSS--&fn=HAVPro_Manual.pdf.

Cable para descargar los datos en el PC

Este cable se utiliza en el último paso de la medición que es descargar los datos, cuando se conecta, por medio del software que viene con el equipo se observan los resultados obtenidos de cada una de las mediciones, y se procede a guardarlos en pdf.

Figura 13. Proceso para descargar la Información en el Software QuestSuite Professional



Fuente: HAVPro Hand/Arm Whole Body Vibration Meter [en línea]. Suiza, 2010, [consultado 7 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.columna.cl/index_archivos/Page346.htm<http://www.youtube.com/watch?v=ESr0NqPBfoA>

El software permite la visualización y análisis de la evolución temporal de las vibraciones cuerpo entero.

6.3.2 Configuración del medidor de vibraciones. La configuración del monitor consta de los siguientes pasos:

- En el botón Tools, se configura la fecha, el acelerómetro que en este caso se ha puesto ICP, las unidades m/s².
- En el botón Setup, se configura la vibración que es cuerpo entero, el promedio de la toma de datos en el intervalo de tiempo seleccionado, para esta investigación se utilizó una medición de tres minutos y el intervalo de cada cinco segundos. En la opción Autostore se coloca on y la ponderación de los ejes se configura de acuerdo a la norma ISO 2631, la cual especifica que para el eje X y Y es un canal de salida Wd y para Z Wk.

Figura 14. Modelo de la pantalla del monitor para medir vibraciones



Fuente: HAVPro Human Vibration Meter. QUEST Technologies [en línea]. Estados Unidos: 3M. s.f., [consultado 7 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://multimedia.3m.com/mws/mediawebservlet?mwsId=SSSSSufSevTsZxtUo82vm8_BevUqevTS_evTSevTSeSSSSSS--&fn=HAVPro_Manual.pdf.

6.4 MEDICIONES REALIZADAS

En una primera instancia se realizó la identificación de las empresas de acuerdo al tipo de maquinaria e intensidad de vibraciones. Para esto la Aseguradora de Riesgos Laborales COLMENA vida y riesgos profesionales, facilitó las empresas que tiene contrato con ella y que tenían estas características, para realizar el estudio en mención. Al realizar el contacto con ellas, se explicaba la metodología que se iba a implementar, y de ahí se esperaba si la empresa aceptaba o no.

Al tener la lista de las empresas que cumplían con las características antes mencionadas, se acordó una cita en la cual fue necesario tener acceso a las máquinas que emitían las vibraciones y por supuesto, elegir un horario en el que las máquinas estuvieran en funcionamiento y se pudiera tener contacto con los colaboradores; esto se tenía que hacer sin perturbar el horario laboral del empleado, teniendo en cuenta que las mediciones fueran tomadas correctamente.

Al llegar a la empresa se realizó la identificación del lugar de trabajo, para recolectar los datos o mediciones a través del medidor de vibraciones HAVPro, al tener el objetivo de la máquina definido, se habla con el colaborador y se le explica el procedimiento que se va a hacer. Después de esto, se observa qué tipo de medida hay que hacer si es en el asiento, en el espaldar o en los pies.

Al establecer el sitio donde se va a proceder a la medición, se ubica la almohadilla triaxial ya sea en el asiento, el espaldar o en los pies. Cuando ya se tiene ubicado se acomoda la almohadilla, teniendo cuidado de definir correctamente los ejes x, y, z. Después se le pide al colaborador que ejecute su actividad normalmente y sin omitir ningún paso. Esto se logra ya que el medidor no causa ninguna molestia al colaborador que está apoyando el proceso de medición, también es importante que realicen la actividad con las herramientas y equipos que les brinda la empresa para su protección, como los tapa oídos, gafas, sillas y tapabocas, botas, entre otros.

Cuando se termina la medición se realiza una breve entrevista al colaborador, para indagar sobre su edad, tiempo que hace que realiza la actividad, el horario de trabajo, entre otros el cual se anexará para cada una de las mediciones realizadas.

Cuadro 6. Ficha técnica de la empresa

DATOS DE LA EMPRESA	
Razón Social	
Obra	
Nit	

Cuadro 7. Ficha técnica del colaborador

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre Completo	
Cargo	
Edad	
Teléfono	
Hace cuanto realiza la actividad	
Cedula	

Cuadro 8. Descripción especialidad del colaborador

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	
Herramientas y equipos que maneja	
Riesgos presentes	
Condiciones de Salud (Sufre alguna enfermedad)	
Equipos de protección (Si los utiliza)	

También se realiza el seguimiento a la máquina, se pregunta la serie el modelo, entre otros.

Cuadro 9. Ficha técnica de la máquina

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	
Marca	
Referencia o tipo	
Año (fabricación)	
Tiempo de uso (antigüedad)	
Tipo de mantenimiento	
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	
Tipo suelo	

Nota: las mediciones realizadas se efectuaron bajo condiciones normales de trabajo y con la maquinaria en buen estado de mantenimiento.

6.4.1 Selección de la muestra. Debido a que la ARL es la encargada de facilitar los contactos en las empresas para obtener el visto bueno y dar vía libre a la realización de la investigación, se pudo identificar fácilmente las principales empresas que tiene y que su riesgo de mayor exposición son las vibraciones. Para este estudio se escogió las empresas que pertenecen al sector de la construcción, ya que este es el enfoque de la investigación.

6.4.2 Estrategia de muestreo:

- Especificaciones técnicas de las máquinas o equipos que operan los colaboradores, tales como tipo de máquina, año de fabricación, marca y modelo, potencia, peso, valores de vibración.
- Especificaciones técnicas de los colaboradores: hace cuanto labora con máquinas que emiten vibraciones, los turnos que realiza, equipos de protección que utiliza a la hora de ejercer la actividad.
- Monitoreo directo: para que la medición sea exitosa hay que vigilar las condiciones de medida de las vibraciones, tales como organizar correctamente el equipo en el puesto del colaborador, verificar que el ambiente sea propicio para la toma de medidas, asegurar que la vibración que se mida sirva en el estudio; esto depende de una correcta identificación desde el inicio, que se logró con la ayuda de los asesores integrales de servicio, que son parte de la ARL y son los encargados de hacer los monitoreos sobre las condiciones de las empresas.

6.4.3 Análisis de la evidencia. Para realizar el análisis a los datos obtenidos con el equipo de medición de vibraciones, se utilizan los datos EAV* y ELV** (nivel de acción: tiempo en que la persona puede permanecer laborando en las condiciones que se encuentra) lo que determina un rango de exposición; esto para el método básico X, Y 1,4 factor de la suma y para el método VDV (valor dosis de vibración) el cual es un método más estricto.

Se compararon los datos obtenidos en ambos métodos y se procedió a realizar las recomendaciones necesarias para cada caso.

* EAV: el mínimo tiempo de exposición a la vibración permitido (medido en horas).

** ELV: el máximo tiempo de exposición a la vibración permitido (medido en horas).

7. ANÁLISIS DE PUESTOS DE TRABAJO

Para iniciar el análisis de puesto de trabajo se plantea examinar los equipos o máquinas que presentan vibraciones, tales como: motoniveladora, vibrocompactador, minicargador, cargador, demoledor, trituradora, entre otros.

Se estableció el área de medición; se habla con el colaborador que está directamente encargado de la máquina, para explicarle el proceso a realizar. Cabe anotar que las condiciones donde permanecen las máquinas o equipos, varían de acuerdo con varios factores, como son:

La empresa: dependiendo de su actividad. Como ya se sabe todos los equipos que se utilizaron en este estudio son específicamente los empleados en el sector de la construcción; sin embargo existen algunas empresas que por ejemplo, su actividad principal es hacer cemento, otras alquilan equipos con su respectivo colaborador para obras que ya están especificadas, que pueden ser la construcción de una carretera o construir algo en algún ingenio, por ejemplo. Lo que significa que no todos los equipos o máquinas están en el mismo ambiente para la toma de medidas y puede variar el sitio donde se ejerce la actividad laboral.

El terreno: las máquinas no siempre están en un espacio “ideal”, ni tampoco el colaborador. En algunas empresas se encontraron montículos de tierra en donde el colaborador estaba expuesto a caídas. Las máquinas que están en movimiento, en algunas ocasiones no se encontraban en terrenos normales. Otras están en condiciones extremas, pero siempre en buenas condiciones para lograr las mediciones.

7.1 PINUR INGENIEROS LTDA

PINUR ó Proyectos de Infraestructura y Urbanismo Ingenieros Ltda. es una empresa reconocida en el campo de la construcción de obras de civiles de infraestructura y urbanismo⁸⁰.

⁸⁰ PINUR Ingenieros Ltda. [en línea]. Colombia: el autor, s.f., [consultado 8 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.pinuringenierosltda.com/servicios.htm>

⁸⁰ Ibíd., p. 9.

Líneas de Servicio:

Obras en la industria: cimentaciones industriales, bases en concreto para motores, turbinas y molinos, tanques en concreto, bodegas, torres, pavimentos rígidos y flexibles, canales en concreto, pisos industriales, construcciones nuevas y remodelaciones. Cuentan con amplia experiencia en el sector de los ingenios azucareros, zonas francas y la industria en general.

Pisos industriales: pisos gran panel, pisos superplanos, pisos planos, pisos con fibras metálicas y macro sintéticas, pisos arquitectónicos, pavimentos especiales.

Obras de infraestructura: urbanismos, redes, movimiento de tierras, pavimentos rígidos y flexibles, puentes, polideportivos, ciclo rutas y aeropuertos.

Edificaciones: construcción de instituciones educativas urbanas y rurales y construcciones en general.

Interventorías: realizan interventorías en obras civiles.

7.1.1 Área de transformado de los materiales. Esta empresa generalmente siempre está realizando alguna obra, lo que indica que el ambiente de trabajo cambia constantemente. Una de las mediciones que se realizaron en una obra de esta empresa fue la desarrollada en Agecolda, organización dedicada al alquiler de equipos de logística. Las instalaciones de trabajo eran buenas, las máquinas que se encontraban en ese momento eran una motoniveladora, minicargador, vibrocompactador y un demoledor. Estas máquinas estaban haciendo el acabado del piso externo de la empresa, empezando desde barro y dejándolo ya en cemento y en condiciones ideales para la empresa.

7.1.2 Equipos ó herramientas. Las máquinas con las que cuenta la empresa Pinur tienen muchos años de uso pero aún están en capacidad de realizar su labor; el problema es que los colaboradores no cuentan con un puesto ideal dentro de las máquinas, debido a la exposición y a que en la mayoría, los asientos no se encuentran en una buena condición, como se observará más adelante.

7.1.2.1 Motoniveladora. Es una máquina de construcción que cuenta con una larga hoja metálica empleada para nivelar terrenos. Generalmente presentan tres secciones: la cabina y el motor se encuentran situados en la parte posterior, sobre los dos ejes tractores, y la tercera sección se localiza en la parte frontal de la máquina, estando localizada la hoja niveladora entre el eje frontal, y los dos ejes traseros. La principal finalidad de la motoniveladora es nivelar terrenos, y refinar taludes⁸¹.

Figura 15. Motoniveladora John Deere



Ficha técnica del colaborador

Cuadro 10. Ficha técnica colaborador motoniveladora

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre Completo	Luis Fernando Rincón Ramírez
Cargo	Colaborador motoniveladora
Edad	34 años
Teléfono	3117308909
Hace cuanto realiza la actividad	15 años
Cedula	94518899

⁸¹ Lista de maquinaria de construcción [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 8 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Motoniveladora>.

Cuadro 11. Descripción especialidad colaborador motoniveladora

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Conservación de vías, nivelaciones, rellenos en roca muerta
Herramientas y equipos que maneja	Motoniveladora
Riesgos presentes	Químicos ACPM, deshidratación por el sol (dolor de cabeza), el ruido de la máquina y de la obra
Condiciones de salud (sufrir alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Tapabocas, protector auditivo, gafas, botas

Cuadro 12. Ficha técnica motoniveladora

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Motoniveladora
Marca	John Deere
Referencia o tipo	570 B
Año (fabricación)	1991
Tiempo de uso (antigüedad)	22 años
Tipo de mantenimiento	Preventivo, correctivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Cada 250 horas->cambio de aceite
Tipo suelo	Altibajos, rocoso, piedra, grava, tierra

(Ver Figura 16, página siguiente).

Esta máquina cuenta actualmente con el siguiente asiento:

Figura 16. Asiento motoniveladora



Resultados motoniveladora

El resultado obtenido por el medidor de vibraciones fue:

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 20.7 hrs ELV: 82.7 hrs

El método básico nos indica que el colaborador puede permanecer en un rango de 20,7 horas hasta 82,7 horas, expuesto a esta vibración.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.0 hrs **ELV:** 0.0 hrs

Por otro lado el método valor dosis permisible arroja que la persona no podría permanecer a esta exposición, ya que la vibración es demasiada para el periodo de trabajo establecido.

- **Para espalda:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 18.9 hrs **ELV:** 75.5 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.0 hrs **ELV:** 1.0 hrs

Como lo indica la Norma ISO 2631, la medida se realizó en las dos partes expuestas a la vibración estando en un vehículo, para este caso la medida también se realizó en la espalda. Los resultados para la espalda fueron que el rango en que la persona puede permanecer sometido a esta vibración es de 18,9 horas hasta 75,5 horas, en el método básico.

En cambio en el método de valor dosis de vibración, la persona sólo podría permanecer hasta 1 hora expuesta.

7.1.2.2 Vibrocompactador. Es un equipo que consta de ruedas y rodillo compactador, el cual mediante fuerza centrífuga ejerce gran presión sobre el suelo, es utilizado en la compactación de suelos y estabilización de terrenos⁸².

⁸² Equipos de Construcción [en línea]. Colombia: Contratos, s.f., [consultado 8 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.contratos.gov.co/archivospuc1/2010/DA/115004002/10-1-53356/DA PROCESO 10-1-53356 115004002 1645862.pdf>.

Figura 17. Vibrocompactador Dynapac



Ficha técnica del colaborador

Cuadro 13. Ficha técnica colaborador vibrocompactador

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre completo	Wilton Almendra Velazco
Cargo	Colaborador vibrocompactador
Edad	39 años
Teléfono	3136927532
Hace cuanto realiza la actividad	Año y medio. 1 año con el vibrocompactador
Cedula	944277252

(Ver Cuadro 14, página siguiente).

Cuadro 14. Descripción especialidad colaborador vibrocompactador

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Conservación de vías, nivelaciones, rellenos en roca muerta
Herramientas y equipos que maneja	Vibrocompactador
Riesgos presentes	Químicos ACPM, deshidratación por el sol (dolor de cabeza), el ruido de la máquina y de la obra
Condiciones de salud (sufrir alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Tapabocas, protector auditivo, gafas, botas

Cuadro 15. Ficha técnica vibrocompactador

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Vibrocompactador
Marca	DYNAPAC CA 15 7 toneladas
Referencia o tipo	41-DYN-01
Año (fabricación)	1985
Tiempo de uso (antigüedad)	20 años
Tipo de mantenimiento	Preventivo, correctivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Cada 250 horas cambio de aceite
Tipo suelo	Altibajos, rocoso, piedra, grava, tierra

(Ver Figura 18, página siguiente).

Esta máquina actualmente cuenta con el siguiente asiento:

Figura 18. Asiento vibrocompactador



Resultados

El resultado obtenido por el medidor de vibraciones fue:

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 75.3 hrs **ELV:** 301.0 hrs

El método básico indica que el colaborador puede permanecer en un rango de 75,3 horas hasta 301,0 horas, expuesto a esta vibración.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.9 hrs **ELV:** 26.3 hrs

Por otro lado, el método valor dosis permisible arroja que la persona podría permanecer bajo esta vibración, en un rango de 0,9 horas hasta 26,3 horas.

- **Para espalda:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 125.2 hrs **ELV:** 500.8 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 3.6 hrs **ELV:** 102.3 hrs

Como lo indica la Norma ISO 2631, la medida se realizó en las dos partes expuestas a la vibración estando en un vehículo, para este caso la medida también se realizó en la espalda. Los resultados para la espalda fueron que el rango en que la persona puede permanecer sometido a esta vibración es de 125,2 horas hasta 500,8 horas, en el método básico.

Por otro lado, el método de valor dosis de vibración indica que la persona sólo podría permanecer en un rango de 3,6 horas hasta 102,3 horas.

7.1.2.3 Minicargador. Equipo de trabajo de gran movilidad que se utiliza para la carga de material granular o similar a través de una pala.

(Ver Figura 19, página siguiente).

Figura 19. Minicargador Bobcat 863



Ficha técnica del colaborador

Cuadro 16. Ficha técnica colaborador minicargador

FICHA TÉCNICO DEL COLABORADOR	
Nombre completo	Rigoberto Valencia Caicedo
Cargo	Colaborador minicompactador
Edad	41 años
Teléfono	3206128285
Hace cuanto realiza la actividad	18 años. 4 años con el minicompactador
Cedula	47384484

(Ver Cuadro 17, página siguiente).

Cuadro 17. Descripción especialidad colaborador minicargador

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Conservación de vías, nivelaciones, rellenos en roca muerta
Herramientas y equipos que maneja	Minicargador
Riesgos presentes	Químicos ACPM, deshidratación por el sol (dolor de cabeza), el ruido de la máquina y de la obra
Condiciones de salud (sufrir alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Tapabocas, protector auditivo, gafas, botas

Cuadro 18. Ficha técnica minicargador

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Minicargador
Marca	BOBCAT
Referencia o tipo	863
Año (fabricación)	1985
Tiempo de uso (antigüedad)	15 años
Tipo de mantenimiento	Preventivo, correctivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Cada 200 horas o 100 horas. Cambio de aceite
Tipo suelo	Altibajos, rocoso, piedra, grava, tierra, arena

(Ver Figura 20, página siguiente).

Esta máquina cuenta actualmente con el siguiente asiento:

Figura 20. Asiento minicargador



Resultados

El resultado obtenido por el medidor de vibraciones fue:

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 15.3 hrs **ELV:** 61.1 hrs

El método básico nos indica que el colaborador puede permanecer en un rango de 15,3 horas hasta 61,1 horas, expuesto a esta vibración.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.0 hrs **ELV:** 0.8 hrs

Por otro lado, el método valor dosis permisible arroja que la persona no podría permanecer a esta exposición mucho tiempo, indica que máximo 0,8 horas.

- **Para espalda:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 48.8 hrs **ELV:** 195.2 hrs

El método básico indica que el colaborador puede permanecer en un rango de 48,8 horas hasta 195,2 horas, expuesto a esta vibración.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.9 hrs **ELV:** 25.4 hrs

Por otro lado el método valor dosis permisible arroja que la persona podría permanecer en un rango de 0,9 horas hasta 25,4 horas.

7.1.2.4 Demoledor. Maquinaria empleada en la demolición pesada a piso y demolición de asfalto en carreteras e instalación de tuberías.

Figura 21. Demoledor Hilti



Ficha técnica del colaborador

Cuadro 19. Ficha técnica colaborador demoledor

FICHA TÉCNICO DEL COLABORADOR	
Nombre Completo	Diego Fernando Girón
Cargo	Colaborador demoledor
Edad	27 años
Teléfono	No tiene
Hace cuanto realiza la actividad	3 Meses
Cedula	11444987453

Cuadro 20. Descripción especialidad colaborador demoledor

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Quebrar sustancias duras como roca, ladrillo, acero
Herramientas y equipos que maneja	Demoledor
Riesgos presentes	Químicos ACPM, deshidratación por el sol (dolor de cabeza), el ruido de la máquina y de la obra
Condiciones de Salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Tapabocas, protector auditivo, gafas, botas

Cuadro 21. Ficha técnica demoledor

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Demoledor
Marca	HILTI
Referencia o tipo	TE 3000-AVR
Año (fabricación)	2012
Tiempo de uso (antigüedad)	1 año
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Cada 250 horas. Cambio de aceite
Tipo suelo	Altibajos, rocoso, piedra, grava, tierra

Resultados

Para medir la vibración producida por el demoledor Hilti, se realizó la medición en la base de los pies, esto se logró colocando la almohadilla triaxial debajo de los pies del colaborador y ubicando sus pies lado a lado de la almohadilla, con la precaución de no apoyar encima del sensor y no causar daños irreparables en el equipo de medición.

Los resultados obtenidos por el medidor de vibraciones fueron:

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 13.7 hrs **ELV:** 54.7 hrs

El método básico indica que el colaborador puede permanecer en un rango de 13,7 horas hasta 54,7 horas, expuesto a esta vibración.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.0 hrs **ELV:** 1.1 hrs

Por otro lado el método valor dosis permisible arroja que la persona no podría permanecer mucho tiempo a la exposición de la vibración ocasionada, debido a que este método presenta un rango muy estrecho de 1.1 horas como máximo.

7.2 AMEZQUITA NARANJO

La empresa Amézquita Naranjo⁸³, cuenta con una línea que es **Amézquita Naranjo Mezclas y Agregados**, en la que se encuentran productos resultantes de la trituración de crudo de los ríos Palo, Pance y Cauca, los cuales presentan una consistencia dura y de color azul a gris. Con estos materiales se producen gravas, arena triturada, subbase granular, base granular y mezcla asfáltica densa en caliente.

⁸³ AMEZQUITA NARANJO. Óp., cit. Disponible en Internet: <http://www.amezquitnaranjo.com/>.

Así mismo, existe otra línea que es **maquinaria y equipo**, dedicada al diseño y ejecución de proyectos de infraestructura, y soluciones industriales y ambientales, como vías terrestres de comunicación, puentes, diques de contención, reservorios, construcción de redes de acueducto y alcantarillado, entre otros.

Todos estos productos cumplen con las especificaciones exigidas por INVIAS 2007, y son ideales para la elaboración de mezcla asfáltica, concreto hidráulico, morteros, usados como filtros drenantes, estructuras de pavimento, rellenos, entre otras.

7.2.1 Área de transformado de materiales. Las instalaciones son cómodas y permite que sus colaboradores puedan desarrollar de la mejor manera las operaciones que están fuertemente relacionadas con sus procesos de manufactura.

7.2.2 Equipos o herramientas. Los equipos son empleados en las operaciones descritas anteriormente; esta investigación se centró principalmente en mezclas y agregados, que es toda la parte de producción del asfalto y maquinaria y equipo que es la distribución del mismo.

7.2.2.1 Planta asfalto (tolva y cabina de mando). En la planta de asfalto se realizaron dos mediciones, una de ellas al colaborador encargado de manejar electrónicamente la distribución del material (cabina de mando) y otra, al personal que se encuentra en la parte superior y ayuda para que el material depositado en la tolva no se vaya a regar (tolva).

Figura 22. Planta de asfalto Terex Magnum120



Figura 23. Planta de asfalto Terex Magnum120 (parte anterior)



Figura 24. Planta de asfalto Terex Magnum120 (parte posterior)



El primer análisis se realizó al colaborador ubicado en la parte de superior, como se puede observar en la Figura 23, exactamente donde se observa el círculo rojo. En esta misma figura se puede observar al empleado con su herramienta de trabajo que es una pala.

La medida obtenida fue tomada en la tolva (círculo rojo, Figura 24); las piedras que se pueden observar sirven como base sedimentadora para sostener el cargador que sube hasta el sitio ubicado en el círculo rojo de la figura anterior, hacia el lugar donde se encuentra el colaborador. La vibración generada por la planta se podía sentir sobre la tolva, en donde está parado el colaborador, así que la medida fue tomada en la base de los pies.

Ficha técnica del colaborador

Cuadro 22. Ficha técnica colaborador tolva (planta asfalto)

FICHA TÉCNICO DEL COLABORADOR	
Nombre Completo	John Mario Martínez
Cargo	Colaborador tolva
Edad	20 años
Teléfono	No tiene
Hace cuanto realiza la actividad	1 año
Cedula	1112475534

Cuadro 23. Descripción especialidad colaborador tolva

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Supervisar que el material que traiga el cargador se vaya directamente hacia la tolva y no se riegue
Herramientas y equipos que maneja	Pala
Riesgos presentes	Ruido, caídas, algún accidente ocasionado por el cargador
Condiciones de salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Guantes, botas

Cuadro 24. Ficha técnica planta asfalto

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Planta de asfalto
Marca	TEREX
Referencia o tipo	MAGNUM 120
Año (fabricación)	2012
Tiempo de uso (antigüedad)	1 año
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Depende de la parte a la que se le realizara el mantenimiento (cintas dosificadoras, vibradores, aletas de acero, mezclador externo rotativo)
Tipo suelo	Plano (cemento)

Resultado planta de asfalto (tolva)

Los resultados obtenidos en la parte superior de la planta de asfalto al colaborador encargado de la tolva fueron los siguientes:

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 44.0 hrs **ELV:** 176.1 hrs

El método básico nos indica que el colaborador puede permanecer en un rango de 44 horas hasta 176,1 horas, expuesto a esta vibración.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.5 hrs **ELV:** 13.6 hrs

El segundo método valor dosis permisible nos indica que la persona podría permanecer expuesto a esta exposición en un rango de 0,5 horas hasta 13,6 horas.

7.2.2.2 Planta de asfalto-cabina de mando (parte de adelante). Como se observó anteriormente la planta cuenta con una cabina en la parte de abajo, ahí es monitoreado el proceso electrónicamente.

Figura 25. Cabina de mando



Ficha Técnica colaborador

Cuadro 25. Ficha técnica colaborador cabina de mando

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre Completo	Holmes Valencia
Cargo	Colaborador cabina de mando
Edad	39
Teléfono	3015672349
Hace cuanto realiza la actividad	1 año
Cedula	1112475534

Cuadro 26. Descripción especialidad colaborador cabina de mando

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Control de los dosificadores, control de carga de camiones, almacenamiento de líquidos en tanques, supervisar el diagnóstico automático de fallas
Herramientas y equipos que maneja	Computador dell, monitor lcd, panel de mando y fuerza integrados a la cabina
Riesgos presentes	Físico ninguno.
Condiciones de salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Guantes, botas y casco

Cuadro 27. Ficha técnica planta de asfalto

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Planta de asfalto
Marca	TEREX
Referencia o tipo	MAGNUM 120
Año (fabricación)	2012
Tiempo de uso (antigüedad)	1 año
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Depende de la parte a la que se le realizara el mantenimiento (cintas dosificadoras, vibradores, aletas de acero, mezclador externo rotativo)
Tipo suelo	Plano (cemento)

(Ver Figura 26, página siguiente).

Figura 26. Asiento cabina de mando (parte interior)



Resultados

Los resultados obtenidos con base en los dos métodos que propone el medidor de vibraciones, en la cabina de mando en la planta de asfalto fueron:

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 156.3 hrs **ELV:** 625.3 hrs

El método básico indica que el colaborador puede permanecer expuesto a esta vibración en un rango de 156.3 horas y 625.3 horas.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 2.1 hrs **ELV:** 60.5 hrs

En cambio para el método de valor dosis permisible se obtuvo un rango de 2.1 horas y 60,5 horas

7.2.2.3 Cargador Volvo L70f

Figura 27. Cargador Volvo L70f



Ficha técnica del colaborador

Cuadro 28. Ficha técnica colaborador cargador Volvo L70F

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre completo	Libardo Ortiz Villegas
Cargo	Colaborador cargador
Edad	37 años
Teléfono	3129084567
Hace cuanto realiza la actividad	12 años
Cedula	10490550

(Ver Cuadro 29, página siguiente).

Cuadro 29. Descripción especialidad colaborador cargador

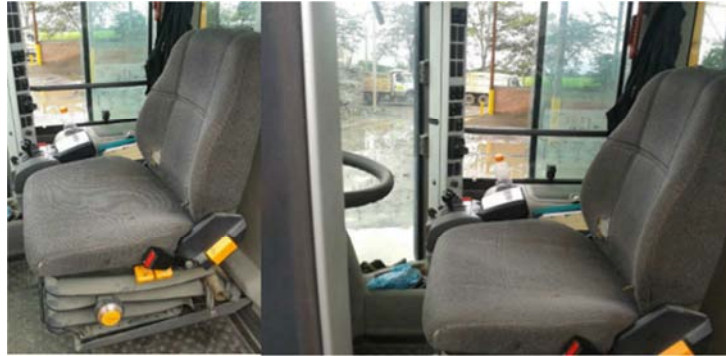
DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Transportar todo tipo de piedras para la elaboración del asfalto, cargar las volquetas con el material necesario, limpiar espacios (transportándolos de una parte a otra)
Herramientas y equipos que maneja	Cargador
Riesgos presentes	Ruido, material particulado
Condiciones de salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Guantes, botas, casco, gafas, uniforme

Cuadro 30. Ficha técnica cargador

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Cargador
Marca	Volvo
Referencia O tipo	L70f (v71456)
Año (fabricación)	2007
Tiempo de uso (antigüedad)	5 años
Tipo de mantenimiento	Preventivo, correctivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Preventivo cada mes(revisión de aceite, combustible)
Tipo suelo	Rocoso, plano, arenoso

(Ver Figura 28, página siguiente).

Figura 28. Asiento cargador



Resultados

El resultado obtenido por el medidor de vibraciones fue:

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma).

EAV: 43.1 hrs ELV: 172.3 hrs

El método básico indica que la persona puede permanecer en este nivel de acción a la exposición de la vibración en un rango de 43.1 hasta 172.3 horas.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.4 hrs ELV: 12.4 hrs

Por otro lado, el método de valor dosis de vibración arroja que la persona podría permanecer a esta exposición en un rango de tiempo que va desde 0,4 horas hasta 12,4 horas.

- **Para espalda:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 44.3 hrs ELV: 176.2 hrs

Para la vibración en la espalda se puede determinar con relación al método básico que la persona puede permanecer en un rango de 44,3 horas hasta 176.2 horas expuesto a esta vibración.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.4 hrs ELV: 12.3 hrs

7.2.2.4 Cargador SDLG 936

Figura 29. Cargador SDLG 936



Ficha técnica del colaborador

Cuadro 31. Ficha técnica colaborador cargador

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre Completo	Marco Aurelio Echeverría
Cargo	Colaborador cargador
Edad	30
Teléfono	315679835
Hace cuanto realiza la actividad	12 años
Cedula	10837596

Cuadro 32. Descripción especialidad colaborador

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Transportar todo tipo de piedras para la elaboración del asfalto, cargar las volquetas con el material necesario, limpiar espacios (transportándolos de una parte a otra)
Herramientas y equipos que maneja	Cargador
Riesgos presentes	Ruido, material particulado
Condiciones de salud (sufrir alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Guantes, botas, casco, gafas, uniforme

Cuadro 33. Ficha técnica cargador

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Cargador
Marca	SDLG
Referencia Otipo	936
Año (fabricación)	2010
Tiempo de uso (antigüedad)	2 años
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Preventivo cada mes (revisión de aceite, combustible)
Tipo suelo	Rocoso, plano, arenoso

Figura 30. Asiento cargador



Resultados

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 35.5 hrs **ELV:** 142.2 hrs

Para el asiento del cargador de marca DLGS 936, los resultados obtenidos para el método básico fue que la persona puede estar expuesta a esta vibración en un rango que va desde 35.5 horas hasta 142.2 horas.

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.3 hrs **ELV:** 9.3 hrs

Con relación al método valor dosis de vibración se obtuvo que la persona solo podría permanecer en un rango que va desde 0,3 horas hasta 9,3.

- **Para espalda:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 36.7 hrs **ELV:** 146.9 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.3 hrs **ELV:** 9.2 hrs

De igual modo, la medición hecha en la zona de la espalda, indica que por el método básico la persona solo podría estar expuesta en un rango de 36.7 horas hasta 146.9 horas. Por otro lado el método VDV disminuye este rango dejando en una exposición mínima de 0,3 horas hasta 9,2 horas.

7.2.2.5 Planta de triturado

La planta de trituración móvil está compuesta por una trituradora de mandíbulas y un alimentador. Amezquita cuentan con la unidad primaria, la cual realiza una reducción simple del material.

Figura 31. Planta de triturado Samyoung



En la planta de triturado se tomaron dos medidas que es equivalente a los dos colaboradores que están a cargo de esta planta. Los dos círculos rojos indican la posición de cada uno de los colaboradores. El que se encuentra en la parte superior vigila como la máquina es alimentada por el material, y el de la parte inferior supervisa que el material no se amontone para llegar a la siguiente planta como se muestra en la Figura 31.

(Ver Figura 32, página siguiente).

Figura 32. Planta de triturado Samyoung (parte posterior)



Primero se realizaron las medidas para el colaborador de la parte superior, exactamente donde indica el círculo rojo.

Cuadro 34. Ficha técnica del colaborador

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre Completo	Libardo Inestrosa
Cargo	Colaborador planta triturado
Edad	43 años
Teléfono	315679835
Hace cuanto realiza la actividad	23 años
Cedula	98575915

Cuadro 35. Descripción especialidad colaborador planta trituradora

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Supervisar que el material particulado caiga justo en la tolva y no se presente atoramientos.
Herramientas y equipos que maneja	Planta de trituración
Riesgos presentes	Ruido, material particulado, vibración
Condiciones de salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Guantes, botas, casco, uniforme

Cuadro 36. Ficha técnica planta de trituración

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Planta de trituración unidad primaria
Marca	Samyoung
Referencia o tipo	SYPJ-4430 tipo: QH-1042
Año (fabricación)	2011
Tiempo de uso (antigüedad)	1 año
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Preventivo cada mes (revisión de aceite, combustible)
Tipo suelo	Plano

Figura 33. Asiento planta de trituración (parte arriba)



Resultados

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 301.8 hrs ELV: 1.207.3 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 10.3 hrs ELV: 292.6 hrs

Para la medición en la parte del asiento se obtuvo que por el método básico la persona pueda estar expuesta bastante tiempo, el rango va desde 301,8 horas hasta 1207,3 horas.

- **Para espalda:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 151.7 hrs **ELV:** 606.9 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 2.6 hrs **ELV:** 73.1 hrs

Para la zona de la espalda se obtuvo, por el método básico, un rango desde 151,7 horas hasta 606,9 horas. Por otro lado, el método VDV nos indica un rango que va desde 2,6 horas hasta 73.1 horas, expuesto a la vibración en la que se encuentra laborando actualmente el operador.

Nota: el turno de este colaborador puede comenzar desde las 7:00 am y transcurre hasta las 5:00 pm y en algunas ocasiones hasta las 10:00 pm. El colaborador manifiesta dolencia en las rodillas al finalizar la jornada y propone un descansador para apoyar el brazo, debido a que constantemente mueve los controles del panel que tiene la planta. Los valores obtenidos son demasiado flexibles, esto puede ser porque la planta no se encontraba en su máxima vibración o por ser una planta nueva tiene muy buena amortiguación lo que no permite medir en su máximo trabajo la vibración que emite y que es percibida por el colaborador. Para esta máquina se recomendaría hacer una nueva medición en una jornada que sea bastante crítica.

7.2.2.6 Planta trituradora (parte baja)

(Ver Figura 34, página siguiente).

Figura 34. Parte baja – planta trituradora



Cuadro 37. Ficha técnica colaborador

FICHA TÉCNICO DEL COLABORADOR	
Nombre completo	Eduardo Góngora
Cargo	Colaborador planta triturado-parte baja
Edad	38 años
Teléfono	3017865432
Hace cuanto realiza la actividad	21 años
Cedula	965437829

Cuadro 38. Descripción de la especialidad del colaborador

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Supervisar que el material particulado caiga justo en la tolva y no se presente atoramientos.
Herramientas y equipos que maneja	Planta de trituración
Riesgos presentes	Ruido, material particulado, vibración
Condiciones de salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Guantes, botas, casco, uniforme

Cuadro 39. Ficha técnica de planta de trituración

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Planta de trituración unidad primaria
Marca	Samyoung
Referencia o tipo	SYPJ-4430 tipo: QH-1042
Año (fabricación)	2011
Tiempo de uso (antigüedad)	1 año
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Preventivo cada mes (revisión de aceite, combustible)
Tipo suelo	Plano

Nota: en la parte inferior el colaborador no tiene ningún tipo de asiento, se mantiene de pie y a veces rota con el colaborador de la parte superior.

Resultados

- **En los pies:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 1.288.4 hrs **ELV:** 5.153.6 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 174.2 hrs **ELV:** 4.941.7 hrs

La medida tomada al operador que se encuentra en la parte inferior de la trituradora, presenta una menor exposición a la vibración, es por eso que los niveles que se obtuvieron con el medidor de vibraciones, da rangos que van en el método básico de 1288 horas hasta 5153 horas y en el método VDV desde 174 horas hasta 4900 horas.

(Ver Figura 35, página siguiente).

7.2.2.7 Zaranda

Figura 35. Zaranda (parte posterior)



En la parte de la zaranda se encontraron dos operadores que están a cargo del material particulado; el círculo rojo en la Figura No. 35 indica en que sitio está ubicada la zaranda, vista desde la parte posterior. Los colaboradores se rotan en turnos de cinco horas; sólo se realizó la medida a uno de ellos (el señor Willington Trujillo), el que se encontraba en turno en ese momento de realizar las mediciones (ver figura 36, página siguiente).

Figura 36. Colaborador parte de adelante de la zaranda



Cuadro 40. Ficha técnica colaborador zaranda

FICHA TÉCNICA DEL COLABORADOR	
Nombre completo	Willington Trujillo
Cargo	Colaborador zaranda
Edad	37 años
Teléfono	No tiene
Hace cuanto realiza la actividad	13 meses
Cedula	16834940

Cuadro 41. Descripción especialidad colaborador zaranda

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Supervisar que el material particulado caiga justo en la trituradora y que el material que está listo se mueva coordinadamente con la máquina
Herramientas y equipos que maneja	Zaranda
Riesgos presentes	Ruido, material particulado, vibración
Condiciones de salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Guantes, botas, casco, uniforme

Cuadro 42. Ficha técnica zaranda

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Zaranda
Marca	TEREX
Referencia o tipo	Simplicity txw616t
Año (fabricación)	2011
Tiempo de uso (antigüedad)	1 año
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Preventivo cada mes(revisión de aceite, combustible)
Tipo suelo	Plano

Nota: ninguno de los dos colaboradores que supervisan la zaranda, cuentan con asientos, los turnos deben hacerse de pie.

Resultados

- **En los pies:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 1.491.2 hrs **ELV:** 5.964.9 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 704.6 hrs **ELV:** 19.981.9 hrs

Para ambos métodos se tiene que el colaborador de la zaranda podría estar expuesto en un rango para nada limitado a esta vibración, como podemos observar en ambos rangos obtenidos.

(Ver Figura 37, página siguiente).

7.2.2.8 Volqueta Kenworth

Figura 37. Volqueta Kenworth



Cuadro 43. Ficha técnica conductor volqueta

FICHA TÉCNICO DEL COLABORADOR	
Nombre completo	Carlos Alberto Ruiz
Cargo	Conductor
Edad	40 años
Teléfono	3128722879
Hace cuanto realiza la actividad	14 años
Cedula	16831126

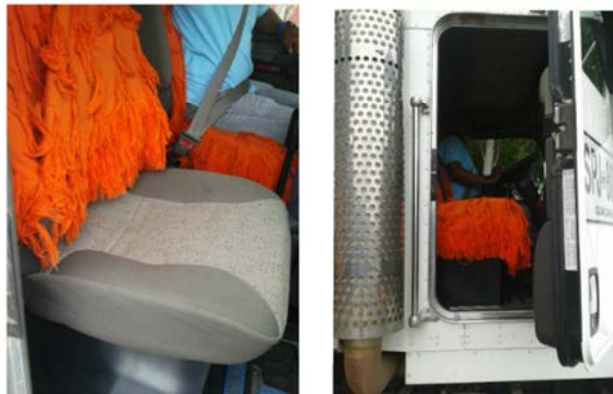
Cuadro 44. Descripción especialidad conductor volqueta

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Conducir el material particulado ya procesado en la volqueta a diferentes obras
Herramientas y equipos que maneja	Volqueta
Riesgos presentes	Ruido, material particulado, vibración
Condiciones de salud (sufre alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Uniforme

Cuadro 45. Ficha técnica volqueta

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Volqueta
Marca	Kenworth
Referencia o tipo	T800
Año (fabricación)	2010
Tiempo de uso (antigüedad)	2 años
Tipo de mantenimiento	Preventivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Preventivo cada mes(revisión de aceite, combustible)
Tipo suelo	Plano, rocoso, con montículos

Figura 38. Asiento volqueta



Resultados:

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 39.4 hrs **ELV:** 157.6 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 5.1 hrs **ELV:** 145.5 hrs

Los resultados obtenidos para el asiento indican un rango de 39,4 horas hasta 157,6 horas en el método básico. En cambio en el método VDV el rango se contempla desde 5,1 horas hasta 145,5 horas.

7.2.2.9 Volqueta dobletroque Internacional

Figura 39. Volqueta dobletroque Internacional



Cuadro 46. Ficha técnica conductor volqueta

FICHA TÉCNICO DEL COLABORADOR	
Nombre completo	Manuel Jiménez
Cargo	Conductor
Edad	40 años
Teléfono	3156748976
Hace cuanto realiza la actividad	12 años
Cedula	15987654

Cuadro 47. Descripción especialidad conductor volqueta

DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIALIDAD DEL COLABORADOR	
Tareas que realiza	Conducir el material particulado ya procesado en la volqueta a diferentes obras
Herramientas y equipos que maneja	Volqueta
Riesgos presentes	Ruido, material particulado, vibración
Condiciones de salud (sufrir alguna enfermedad)	No
Equipos de protección (si los utiliza)	Uniforme

Cuadro 48. Ficha técnica volqueta

FICHA TÉCNICA DE MÁQUINA	
Máquina	Volqueta dobletroque
Marca	International
Referencia o tipo	7400
Año (fabricación)	2006
Tiempo de uso (antigüedad)	6 años
Tipo de mantenimiento	Preventivo , correctivo
Cada cuanto se le realiza mantenimiento	Preventivo cada mes(revisión de aceite, combustible)
Tipo suelo	Plano, rocoso, con montículos

Figura 40. Asiento volqueta



Resultados

- **Para asiento:**

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método básico - X, Y 1.4 factor de la suma)

EAV: 39.4 hrs ELV: 157.6 hrs

El tiempo para llegar a los valores de exposición (método VDV)

EAV: 0.3 hrs ELV: 8.0 hrs

Para la segunda volqueta, sitio en el cual se realizó la medición, se obtuvo a través del método básico, un rango de exposición entre 39,4 horas hasta 157,6 horas; y, continuando con el segundo método que proporciona el medidor de vibraciones, se obtuvo un rango que va desde 0,3 horas hasta 8 horas de exposición.

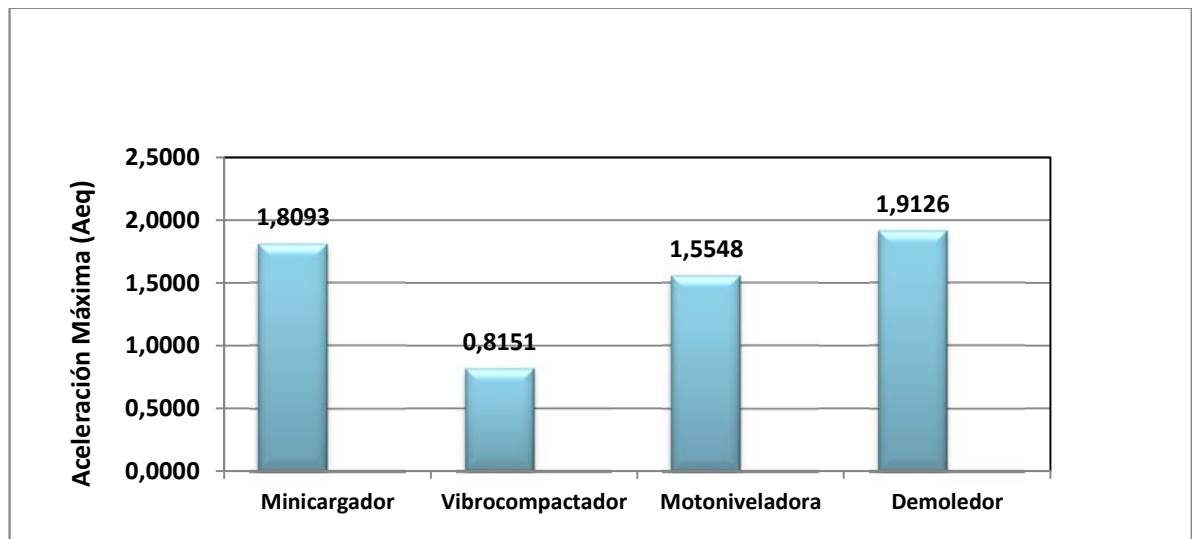
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Luego de obtener los resultados de mediciones de las vibraciones en cada uno de los equipos seleccionados para cada una de las empresas consideradas, se procede a realizar el análisis de los mismos, con el fin de identificar los niveles de vibración existentes, y de esta forma establecer los posibles efectos biomecánicos en los colaboradores de este sector y determinar mecanismos de control que permitan reducir las vibraciones a las que están expuestos los colaboradores de las empresas.

8.1 PINUR INGENIEROS

Se evaluaron cuatro máquinas empleadas en el sector de la construcción, el estudio se realizó en la obra que estaba ubicada en la empresa Agecolda que es un centro integrado de servicios, allí la empresa estaba haciendo el suelo para la entrada de vehículos particulares, esto se logró gracias a estas cuatro máquinas que permitieron la construcción del mismo.

Figura 41. Aceleración máxima por máquina (m/s²)



Como se observa en la figura anterior, para la empresa Pinur Ingenieros Ltda. la máquina que posee mayor aceleración es el demoledor Hilti, seguido del minicargador y la motoniveladora, estos equipos tienen niveles de vibración fuera del rango establecido en el Decreto 1311/2005 (0.5 m/s² – 1.15 m/s²); en último

orden se encuentra el vibrocompactador, que no presenta una aceleración máxima identificable como en los otros equipos, lo que indica que la vibración está dentro de los límites de exposición permitidos, de acuerdo a la normativa mencionada en la metodología.

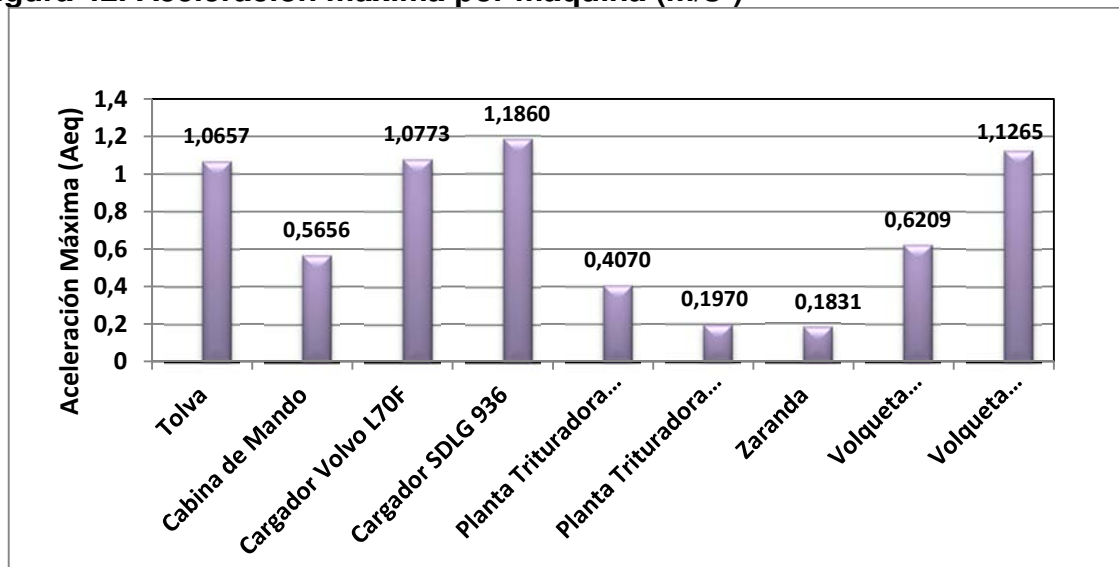
La máquina demoledora representa mayor nivel de vibración para el colaborador que la maneja, debido a que el contacto es más directo y la recepción es mayor; por lo que para poder amortiguar o disminuir esta vibración, se recomendaría mayor elementos de protección por parte de la empresa y definir una técnica adecuada para el uso en actividad laboral.

La segunda máquina que presente el siguiente nivel de vibración más elevado, el minicargador, presenta además deficiencia en su estructura, debido a la antigüedad del equipo; por lo que la amortiguación es menor y el colaborador está expuesto tanto a la vibración, como al material particulado.

En cuando a la motoniveladora, la vibración se siente mucho por la hoja niveladora que es la que genera la vibración cuando está en funcionamiento; por lo que se recomendaría adaptación ergonómica al puesto, pues no es acorde al trabajador que realiza la actividad diaria, lo que ayudaría a asentar la misma y si es posible, un balanceo de máquinas rotativas, esto se puede lograr adicionando o removiendo material según sea el caso.

8.2 GRUPO EMPRESARIAL AMEZQUITA NARANJO

Figura 42. Aceleración máxima por máquina (m/s^2)



Con los datos obtenidos en la empresa Amezquita Naranjo se graficaron las aceleraciones máximas; al observar el resultado se pudo determinar que la máquina que tienen mayor nivel de vibración es el cargador SDLG 936, que debido a su actividad, transportar de un lado a otro material para la planta de asfalto o para colocar material particulado dentro de las volquetas, es una fuente de vibración. La siguiente aceleración más alta es la presentada por la volqueta dobletrouque, como indicó el medidor de vibraciones, debido al estado del vehículo ya que es “antiguo” y no presenta las condiciones mínimas para amortiguar la vibración, lo que sí sucede con un modelo más reciente.

Se observa que los dos cargadores tienen una aceleración muy alta comparada con las otras máquinas analizadas; esto podría ser causado por el trabajo continuo y arduo dentro de la planta, porque están en constante funcionamiento y se utilizan en las diferentes actividades que se generan a la hora de la producción y transporte de asfalto.

En la planta de asfalto que posee dos sitios de medición (cabina de mando y tolva), se realizaron igualmente dos mediciones en las que se observó una diferencia de la aceleración de casi la mitad, sabiendo que las dos hacen parte de esta planta y están ubicadas relativamente cerca. Esto puede deberse a que la cabina genera una vibración menor que la tolva porque su arquitectura y diseño permiten su amortiguación; por el contrario la tolva al estar en un lugar más superficial, como lo es en la parte superior presenta menor estabilidad, lo que genera mayor vibración por no tener el mismo sistema de amortización de la cabina.

La planta trituradora no genera mucha vibración como se puede observar, como se dijo anteriormente el colaborador debido a su extensa jornada laboral, presenta dolores en las rodillas y en su brazo a la hora de maniobrar el control de mando, por lo cual se recomendaría un ajuste ergonómico en su puesto de trabajo.

Se determinó que la maquinaria de Amezquita Naranjo está dentro de los siguientes niveles permitidos de exposiciones a vibraciones ($0.5 \text{ m/s}^2 - 1.15 \text{ m/s}^2$):

Dentro del límite: planta de asfalto (cabina de mando y tolva), cargador Volvo y las volquetas.

Por encima del límite: cargador SDLG 936.

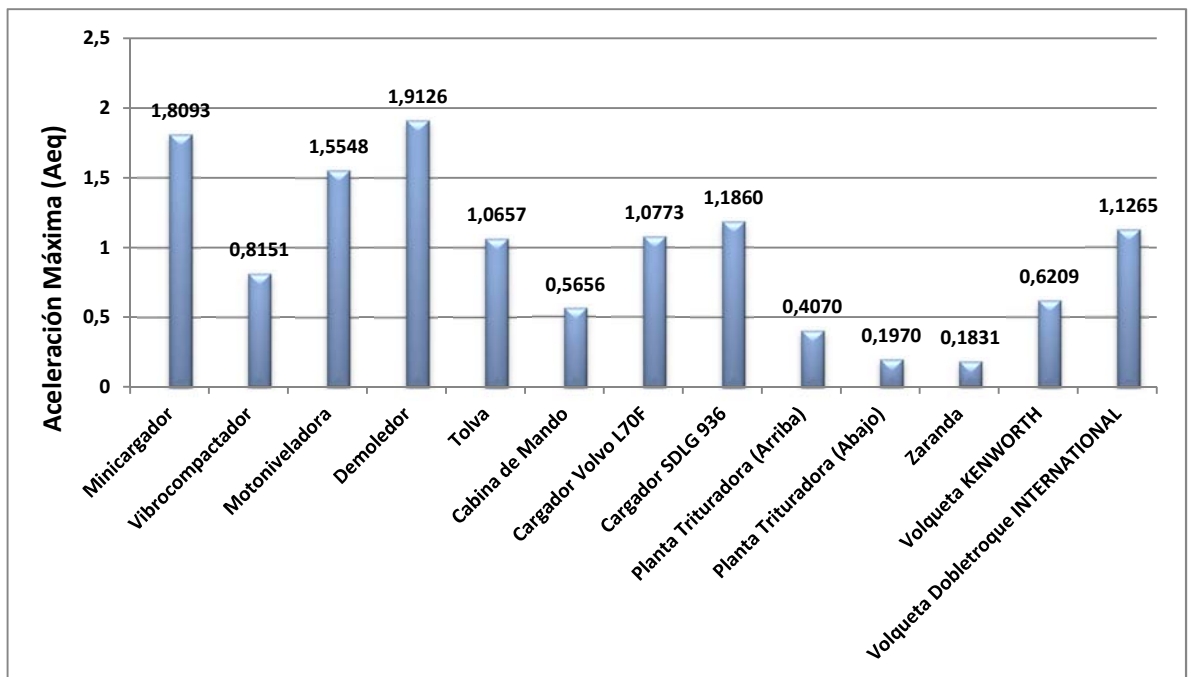
Por debajo del límite: planta trituradora (parte superior e inferior) y la zaranda.

8.3 RELACIÓN NIVELES DE VIBRACIÓN Y ANTIGÜEDAD DEL EQUIPO

Cuadro 49. Comparación aceleración máxima (m/s²) Vs. Antigüedad del equipo

Maquinas	Aeq (m/s ²)	Año de Fabricación
Motoniveladora	1,5548	1985
Vibrocompactador	0,8151	1985
Minicargador	1,8093	1991
Volqueta Dobletroque INTERNATIONAL	1,1265	2006
Cargador Volvo L70F	1,0773	2007
Cargador SDLG 936	1,1860	2010
Volqueta KENWORTH	0,6209	2010
Planta Trituradora (Arriba)	0,4070	2011
Planta Trituradora (Abajo)	0,1970	2011
Zaranda	0,1831	2011
Demolador	1,9126	2012
Planta de Asfalto (Tolva)	1,0657	2012
Planta de Asfalto (Cabina de Mando)	0,5656	2012

Figura 43. Comparación aceleración máxima (m/s²)



Las máquinas que al final del estudio presentan la mayor aceleración son en primer lugar el demolidor, le sigue el minicargador, luego la motoniveladora, la volqueta dobletroque y por último el cargador SDLG 936, mirando principalmente las que presentaron mayor vibración en las dos empresas en la que se realizó la medición.

En el Cuadro 50, se puede observar que las máquinas que presentan mayor vibración son las que tienen mayor antigüedad, esto exceptuando al Vibrocompactador que aunque su fecha de fabricación es de 1985, la aceleración que presenta el vehículo es muy poca debido a la gravedad que utiliza para realizar su función primaria que es aplanar y nivelar terrenos. También, puede que no haya presentado una alta vibración por que las condiciones del terreno no eran tan críticas, debido a que su función en la obra Agecolda era nivelar el asfalto, lo que no representa una fuerza muy notable por la máquina.

Los métodos de control que se proponen para disminuir el impacto y la exposición de la vibración en los colaboradores de cada una de las máquinas utilizadas para esta investigación, se pueden observar en el Cuadro 51.

Cuadro 50. Métodos de control por tipo de máquina

MAQUINAS	MÉTODOS DE CONTROL
Motoniveladora	Realizar un ajuste biomecánico del puesto, lo que implicaría diseñar un asiento con materiales adecuados para amortiguar el peso del trabajador y la vibración que emite la máquina (ergonomía), esto se puede lograr colocando debajo del asiento soportes elásticos, también se podría reforzar con mangos absorbentes de vibraciones en las empuñaduras del puesto de mando. El colaborador de esta máquina actualmente no cuenta con equipo de protección "ideal" para laborar, para este caso se puede utilizar como medida de precaución suplementaria guantes y cinturones que aislen la transmisión de vibraciones.
Vibrocompactador	Según los datos obtenidos no presenta una aceleración que signifique riesgo para el colaborador, pero de todas formas la aceleración que presenta se puede disminuir con los elementos de seguridad como guantes, cinturones, tapa oídos y las botas (actualmente cuenta con este elemento). También se podría establecer un estudio del terreno y de esta forma las irregularidades del mismo no ayuden a que se aumente la vibración.

Cuadro 51. (Continuación).

MAQUINAS	MÉTODOS DE CONTROL
Minicargador	Para esta máquina lo ideal es utilizar guantes anti-vibración y modificar el puesto, esto por medio del uso de aislantes de vibraciones como elementos elásticos en el asiento de la máquina. El minicargador es una de las máquina que presenta un alta vibración, por lo que se propone realizar algunas modificaciones en la máquina, como por ejemplo cambiando la posición de las masas móviles, corrigiendo los puntos de cargue y las uniones entre los elementos móviles, acompañado de los implementos de protección diarios.
Demoledor	Esta máquina fue una de las que mayor aceleración presentó en comparación a todas, por esto es necesario disminuir el tiempo de exposición, establecer una rotación de lugares de trabajo, generar un sistema de pausas activas durante la jornada laboral y la más importante, reducir la vibración entre la máquina y el elemento que vaya a ser transformado, esto mediante cambios de posición e identificando puntos de unión que no generen tanto impacto en el colaborador, de la mano de los implementos de protección.
Planta asfalto (tolva)	Como el elemento de trabajo del colaborador es la pala, se recomendaría el cambio de los guantes con que cuenta actualmente, por unos anti-vibración. También la rotación con otros puestos de trabajo y generar puntos de apoyo para que la exposición sea menor.
Planta asfalto (cabina de mando)	Lo que se propone para este puesto son pausas activas, debido a que la vibración que genera la máquina en la cabina de mando no es mucha. Los elementos de protección se deben usar siempre como lo hace actualmente el colaborador. El puesto debería ser modificado ya que el material no ayuda a amortiguar la vibración, por esto se podría utilizar algún elemento elástico que permita la disminución a la exposición.
Cargador (Volvo L70f)	El colaborador manifestó haber tenido que ajustar los tornillos del asiento, debido a que se zafaban durante la ejecución de las actividades diarias. Para esto es necesario realizar revisiones periódicas en cada sitio de trabajo, para detectar y corregir estas anomalías. Además podría emplearse un material como soportes elásticos que aisle la vibración entre el asiento y el colaborador, para aumentar su confort.

Cuadro 51. (Continuación).

MAQUINAS	MÉTODOS DE CONTROL
Cargador (SDLG 936)	Igual que el cargador Volvo, la principal intervención para aislar la vibración sería en el puesto del colaborador, con ayuda de soportes elásticos. El colaborador de esta máquina actualmente no cuenta con equipo de protección "ideal" para laborar, para este caso se puede utilizar como medida de precaución suplementaria guantes y cinturones que aislen la transmisión de vibraciones.
Planta de triturado (Arriba)	El inconveniente que se presenta en este puesto de trabajo es a nivel ergonómico, pues el colaborador no cuenta con un puesto ideal para ejercer su función. Por medio de soportes elásticos en el asiento y que la base del mismo sea absorbente a la vibración utilizando materiales especializados para esto, se puede generar un asiento ideal para aislar de forma adecuada la vibración que se presente.
Planta de triturado (Abajo)	Por estar por debajo de los límites permitidos de vibración, no se requiere de medidas de control diferentes a las ya empleadas por la empresa, puesto que el colaborador que está laborando en este sitio posee los elementos de protección necesarios.
Zaranda	Debido a que el colaborador siempre mantiene de pie y justo en la parte vibratoria de la máquina como se pudo apreciar, es necesario contar con una base con soporte elástico donde se pueda reducir la vibración, aunque esto no reduce la vibración original, impide que esta sea transmitida al cuerpo entero. Como el empleado se sostiene de allí, se recomienda como método de control suplementario guantes anti-vibración y pausas activas.
Volqueta Kenworth	Por ser de modelo reciente no presenta tanta vibración. Los viajes del colaborador pueden ser dentro de la empresa o fuera de ella, es por esto que se hace necesaria la capacitación en pausas activas y generar un soporte elástico para el asiento.
Volqueta International	El modelo de esta volqueta es relativamente antiguo, es por esto que la vibración en este vehículo es más alta. Para disminuir la vibración se propone la rotación con otro vehículo, generar soportes elásticos, guantes anti-vibración y muy importante el uso de las botas. Si la vibración persiste, se necesitaría realizar modificaciones a la máquina para reducir su nivel de vibración, esto se puede lograr a través del balanceo de las masas, lo que permite una menor vibración, ya que esto se puede originar por fabricación imprecisa, desgaste, condiciones de carga, etc.

9. CONCLUSIONES

Con las mediciones realizadas no se puede comprobar que los efectos biomecánicos se generan por la exposición a la vibración, debido a que ningún colaborador de los que se le realizaron las mediciones presenta alguna enfermedad o síntoma, pero no queda descartado que el colaborador llegue a presentar alguna enfermedad en un futuro por la labor que desempeña.

Ninguno de los trabajadores en las dos empresas manifestó algún tipo de dolencia o malestar en su horario laboral a excepción del colaborador de la planta de trituración como se menciona en este ítem (dolor en rodillas y malestar general).

En general los resultados obtenidos demuestran que los niveles de vibración más altos en cuerpo entero provienen de las máquinas más antiguas, exceptuando el vibrocompactador que como se explicó no alcanza una aceleración que perturbe al colaborador. El eje dominante en todas las medidas fue el Z, esto se debe que es en donde el cuerpo recibe el mayor nivel de vibración, y por lo que los colaboradores al final de la jornada pueden presentar molestias principalmente en la espalda baja y glúteos/ caderas. En la empresa Pinur los asientos que poseen las máquinas no son los suficientemente ergonómicos para soportar el peso de los colaboradores y la vibración que genera la máquina. Por otro lado en Amezquita se observó un desarrollo tecnológico más avanzado que la empresa anterior lo que permite que el colaborador no presente molestias al finalizar la jornada.

Las posturas de trabajo también pueden influir en la aparición de molestias, debido a que no existe supervisión directa por parte de alguien experto en el tema, el colaborador puede pensar que está laborando en la forma correcta en que se debe hacer, haciendo de esto un hábito y un riesgo a futuro.

Los elementos de protección que brinda la empresa a los empleados se tornan decisivos a la hora de medir la vibración, debido a que si cuenta con buenos elementos para desarrollar la actividad, la exposición a la vibración reducirá, lo que hará que el colaborador este en la zona de confort que se debe encontrar para operar correctamente la máquina.

Las máquinas que presentaron la mayor vibración (de las dos empresas), son las que se deberían intervenir pensando en que en un futuro esta exposición no genere ninguno de las molestias y enfermedades mencionadas en el marco teórico. Esto determina que los métodos de control deben estar centrados

principalmente en el aspecto ergonómico, así como en las pausas activas; el uso de implementos antivibración como son los guantes y cinturones; la implementación de turnos menos extensos y de mayor rotación para los colaboradores.

El estudio comprobó que en la empresa Amezquita Naranjo las máquinas son nuevas y son más eficientes en la trituración de las piedras como es el caso de la planta de trituración y la de asfalto, y se observó que en la actualidad los fabricantes de estos equipos le dan importancia al confort de las personas que los manejan, ya que cuentan con elementos para genera mayor capacidad de amortiguar la vibración que pueden generar estos motores en el funcionamiento de la máquina.

Las dos empresas analizadas a pesar de pertenecer al sector de la construcción, tienen características muy diferentes en cuanto a equipos y la utilización de los mismos. En una de ellas los colaboradores están siempre bajo las mismas condiciones de trabajo; mientras que en la otra (PINUR), la maquinaria es colocada en diferentes sitios, al igual que los colaboradores que las manejan, lo que puede afectar los niveles de exposición a vibraciones de cuerpo entero, determinando que es muy variable e influyen otros factores que no es posible involucrarlos en esta investigación.

10. RECOMENDACIONES

- Las empresas deben tener un código de seguridad para que los colaboradores estén protegidos cuando están expuestos a estas máquinas que emiten vibraciones, es por ello que se debe fundamentar en un asesor profesional en salud ocupacional que le permita hacer un análisis de los peligros y riesgos a los que están expuestos y como se puede disminuir el impacto en la salud de los colaboradores.
- Es necesario que las empresas capaciten a sus empleados y supervisores en cuanto a la forma en que operan los equipos y los posibles riesgos que tienen al estar expuestos a diferentes niveles de vibración de acuerdo al sitio de trabajo en que se encuentran. Así mismo deben conocer las medidas de control que posee la empresa para prevenir y corregir las molestias que se puedan generar por la situación antes descrita.
- Las empresas deben implementar revisiones periódicas que incluyan mediciones de los niveles de vibración a los que están expuestos sus colaboradores. Esto con el fin de detectar posibles efectos biomecánicos que sólo es posible detectar a través de estas mediciones periódicas.
- Se recomienda que las personas que laboran con estas máquinas cuenten con todos los elementos de protección necesarios, ya que esto permite reducir el impacto sobre el cuerpo del colaborador.
- Se recomienda a la empresa PINUR realizar modificaciones en las máquinas debido a la antigüedad que presentan. Lo ideal sería el cambio de éstas; sin embargo por razones económicas se puede optar por lo anteriormente expuesto.
- El puesto más crítico en la empresa Amezquita Naranjo, es en la planta de trituración, el colaborador de la parte superior, ya que no cuenta con un puesto que satisfaga las características ergonómicas del mismo, que le permita ejercer su actividad sin presentar molestias en el transcurso y al finalizar la jornada de trabajo; por lo que es indispensable diseñar este ambiente o sitio de trabajo para que a futuro no se presenten molestias mayores; porque a pesar de que las mediciones no arrojaron niveles críticos, este fue el único colaborador que se quejó de alguna molestia debida a la exposición de la vibración en su sitio de trabajo. Igualmente, se observó que los otros colaboradores de la planta trituradora y de la zaranda, tienen que estar de pie, por lo cual se recomienda pausas activas y diseñar un área dentro de la planta que le permita descansar el cuerpo durante la jornada.

- Se recomienda realizar la reestructuración de los turnos de trabajo, para que sean más cortos y de mayor rotación, disminuyendo así los tiempos de exposición a los mayores niveles de vibración.
- Las empresas están obligadas a seguir las pautas dictadas por el Sistema General de Riesgos Laborales, específicamente lo contemplado para las ARL. Así mismo las diferentes regulaciones tendientes a proteger la salud de los colaboradores en cada uno de los sitios de trabajo en que se encuentre.
- El Estado colombiano debería estudiar la posibilidad de conformar un ente de control que esté regido por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, para regular las actividades que conlleven a este tipo de riesgo (exposición a niveles de vibración, límites de riesgo) para los colaboradores, estableciendo los límites permitidos de acuerdo a las características de los equipos, de las labores y por supuesto de los colaboradores involucrados.

BIBLIOGRAFÍA

AMEZQUITA NARANJO [en línea]. Colombia: el autor, s.f., [consultado enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.amezquitananranjo.com/>.

ASEPEYO [en línea]. España: el autor, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.asepeyo.es/Homease.nsf/SP/informacioncorporativa/Principal/informacioncorporativa1SP.htm>.

Biomecánica [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Biomec%C3%A1nica>.

BOTTA, Néstor. Legislación sobre accidentes de trabajo [en línea]. Argentina: Red Proteger, 2010, [consultado 19 enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.redproteger.com.ar/editorialredproteger/serielegislativa/08_Legislacion_Accid_Enfer_Trabajo_nov2010.pdf

CAMACOL. Cámara Colombiana de la Construcción. El empleo en el sector de la construcción. [en línea]. Colombia, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/ArtPres_20080130042103_0.pdf.

CANAL DE PANAMA. 1410SAL250 Norma de higiene para sitios donde se generan vibraciones [en línea]. Panamá: Pancanal, 2006, [consultado 14 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.pancanal.com/esp/legal/reglamentos/security/industrial/250sp.pdf>.

CANO ALFARO, María G. Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo sobre el confort, percepción y mareo producido por el movimiento [en línea]. [Citado 15 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/.../NTP/.../784%20.pdf

Cinetosis [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cinetosis>.

COLOMBIA. Ley 1562 de 2012, Por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional [en línea]. Bogotá: Presidencia de la República, 2011, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/ley156211072012.pdf>.

Columna vertebral lumbar [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Columna_vertеbral#Regi.C3.B3n_lumbar.

COMAC SPA. vibraciones [en línea]. Italia: Comac, 2008, [consultado 14 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.comac.it/seguridad/vibraciones.html>.

Comunidad Autónoma [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Comunidad_aut%C3%B3noma.

CUERVO, Alejandro. Escuela Aragonesa de Naturismo y Terapias Alternativas [en línea]. Barcelona: Terapias, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://terapias.typepad.com/terapiasmanuales/2010/01/espondiloartrosis-o-artrosis-lumbar.html>.

Cultura Física, Anatomía [en línea]. Colombia: Blogspot, s.f., [consultado 14 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://evelyn-thenote.blogspot.com/>.

Diccionario de Arquitectura y Construcción [en línea]. Argentina: parro.com, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-vibraci%F3n+por+resonancia>.

Disco intervertebral [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Disco_intervertebral#Calcificaci.C3.B3n_del_Disco

Efectos biomecánicos [en línea]. España: Universidad Complutense de Madrid, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.uclm.es/profesorado/xaguado/ASIGNATURAS/BMD/4-Apuntes/Clase2%BA-07.pdf>.

Electromiografía [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Electromiograf%C3%ADa>.

Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Riesgos generales. Documento OIT. España. Editorial tomo 2. 1998. p 50.12 [en línea] España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2010, [consultado 4 de noviembre de 2012]. Disponible también en Internet: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Encicloped>

Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Riesgos generales. Documento OIT. España. Editorial tomo 2. 1998. p 50.12 [en línea] España: Instituto Nacional

de Seguridad e Higiene en el trabajo, 2010, [consultado 4 de noviembre de 2012]. Disponible también en Internet: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>

Enfermedades osteomusculares [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://es.wikipedia.org/wiki/Enfermedad_profesional#Enfermedades_osteomusculares.

FLORÍA, Mateo; GONZÁLEZ, Agustín. Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales. 5° Edición. España: Editorial FC, 2006. p. 316.

Generalidades sobre la columna vertebral [en línea]. Suiza, 2011, [consultado 14 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: http://www.columna.cl/index_archivos/Page346.htm.

GRIFFIN, Michael. Vibraciones. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo [en línea]. España: INSHT, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>.

Guía de Aplicaciones [en línea]. Argentina: Siafa, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.siafa.com.ar/GuiadeAplicacionesVI-410.pdf>.

Guía Práctica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con las Vibraciones Mecánicas [en línea] España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2005, [consultado 04 de noviembre de 2012]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/normativa/guiastecnicas/ficheros/vibraciones.pdf>.

HAVPro Hand/Arm Whole Body Vibration Meter [en línea]. Suiza, 2010, [consultado 7 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.columna.cl/index_archivos/Page346.htm<http://www.youtube.com/watch?v=ESr0NqPBfoA>

HAVPro Human Vibration Meter. QUEST Technologies [en línea]. Estados Unidos: 3M. s.f., [consultado 7 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSufSevTsZxtUo82vm8_BevUgevTSevTSevTSeSSSSSS--&fn=HAVPro_Manual.pdf.

IGLESIAS TRASERA, Josep. Contribución de la ergonomía en la prevención de enfermedades profesionales causadas por agentes físicos. En: ASPEYO [en línea]. Bilbao, España, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet:

<http://www.ladep.es/ficheros/documentos/Contribuci%F3n%20de%20la%20ergonom%EDa%20en%20la%20prevenci%F3n.pdf>.

Ingeniería Laboral & Ambiental S.A. Vibraciones en puesto de trabajo [en línea]. Argentina: Ilacba, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.ilacba.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=230&Itemid=274.

El Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales [en línea]. España: el autor, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://maps.google.es/maps/ms?t=h&ie=UTF8&source=embed&oe=UTF8&msa=0&msid=116015830193701159193.00045596165d60592170c>.

INSTITUTO DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL. Monografías técnicas sobre seguridad y salud en el trabajo. 2º Edición revisada. Núm. 4 [en línea]. Murcia, España: Consejería de trabajo y Política Social, 2006, [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet:

http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CCUQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.carm.es%2Fweb%2Fintegra.servilets.Blob%3FARCHIVO%3DMT-04.pdf%26TABLA%3DARCHIVOS%26CAMPOCLAVE%3DIDARCHIVO%26VALORCLAVE%3D11425%26CAMPOIMAGEN%3DARCHIVO%26IDTIPO%3D60%26RASTRO%3Dc721%24m3507%2C3671&ei=cbiWUPTsGY_o8QSK2YDABA&usq=A FQjCNEExquAHln6pxL09z9gKesS566P6Qg&sig2=DPBV_7wPjGVrXg92lxS71g.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. Estudio del nivel de exposición a vibraciones mecánicas en diferentes puestos de trabajo [en línea]. España: OECT, s.f., [consultado 13 de marzo de 2012]. Disponible en Internet:

<http://www.oect.es/Observatorio/Contenidos/InformesPropios/Desarrollados/Ficheros/Resumen%20Estudio%20Exposici%C3%B3n%20Vibraciones%20Mec%C3%A1nicas.pdf>.

_____. [en línea]. España: el autor, s.f., [consultado 15 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/>.

_____. [en línea]. España: INSHT s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnnextoid=d8388dd6caa62110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=75164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>.

Instructivo para la aplicación del D.S N° 594/99 del MINISAL, Título IV, Párrafo 3°. AGENTES FISICOS –VIBRACIONES [en línea] Chile, [consultado 5 de Noviembre de 2012]. Disponible en Internet: http://www.ispch.cl/salud_ocup/doc/instructivo_Vibraciones.pdf.

ISO 2631. INTERNATIONAL STANDARD. 2 ed. Colombia, 1997. Mechanical vibration and shock-Evaluation of human exposure to whole-body vibration.

Lista de maquinaria de construcción [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 8 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Motoniveladora>.

MANCERA RUIZ, Juan. Seguridad y Salud en el trabajo [en línea]. Bogotá, Colombia: Mancera, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.manceras.com.co/artvibraciones.pdf>.

MDHealthResource. Medical Topics. Calcificación de disco [en línea]. Barcelona: Mdhealthresource.com. s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.mdhealthresource.com/disability-guidelines/disc-calcification>.

Mediciones [en línea]. España: CIDEAC, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esofisicaquimica/impresos/quincena2.pdf>.

MÉNDEZ, Faustino. Higiene industrial. Manual para la formación del especialista. 11 ed. España: LEX NOVA, 2009. p. 357.

MILLER, Mark. Ortopedia y Traumatología [en línea]. Barcelona: Cirugia articular, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.cirurgiaarticular.com/columna/esguince_cervical/.

Ministerio de Protección Social. República de Colombia. Principales reformas al decreto 1295 de 1994 [en línea]. Bogotá, 1994, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.saludocupacional.com.co/memoriasPDF/Medicina%20del%20Trabajo/Legislacion%20y%20Desarrollo%20Normativo.pdf>

Ministerio de trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 [en línea]. Bogotá, 1979. [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.ilo.org/dyn/travail/docs/1509/industrial%20safety%20statute.pdf>.

MONDELO, Pedro R y BARRAU BOMBARDO, Pedro. Ergonomía 3. Diseños de puestos de trabajos. Barcelona, Edición UPC, 1998. Página 212, volumen 3.

Peligros geológicos [en línea]. OAS, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/ch16.htm>.

PICHARDO VILLALON, Germán y JIMENEZ PANIAGUA Mauricio. Vibraciones y salud en el trabajo [en línea]. Texas, s.f., [consultado 13 de marzo de 2012]. Disponible en Internet: http://exposicionesvirtuales.com/so_images/7597/vibraciones.pdf

PINUR INGENIEROS LTDA. [en línea]. Colombia: el autor, s.f., [consultado 8 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.pinuringenieroslt.com/servicios.htm>.

PRATS, Alberto y ADROVER Matamalas. Patología discal lumbar [en línea]. Barcelona: Scribd, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.scribd.com/doc/57415893/Dolor-de-Espalda-Laboral>.

QUERELLE y CIA. LTDA. Movimiento [en línea]. Chile: Profesornelinea.com, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Movimiento_Concepto.html.

ROSTAGNO, Hugo Francisco. ¿Son peligrosas las vibraciones? [en línea]. Valencia, España: Estructplan, 2009, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.estructplan.com.ar/Articulos/imprimirss.asp?IDArticulo=2217>.

Salud ocupacional [en línea]. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.utp.edu.co/~cpsy/PagDerecha.htm>.

SÁNCHEZ RIVERO, José; PALOMINO MÁRQUEZ, Teresa y SÁNCHEZ BARRIGA, Juan María. El coordinador de Seguridad y Salud. España: Editorial FC, 2006. 655 p.

SANTURIO DÍAZ, José María. Exposición a vibraciones globales en maquinaria de obra Pública. Estudio de situación [en línea]. España: IAPRL, 2003, [consultado 15 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: http://iaprl.asturias.es/export/sites/default/es/instituto/riesgos_laborales/higiene/proyectos/expos_a_vibraciones.pdf.

SECRETARÍA DE SALUD LABORAL Y MEDIO AMBIENTE DE UGT-MADRID. Manual de enfermedades profesionales [en línea]. Madrid, España: Fspmadridugt, 2007. [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.fspmadridugt.org/secretarias/Salud%20laboral/documentacion/manuale>

[s%20de%20prevencion/MANUAL%20DE%20ENFERMEDADES%20PROPFESIO NALES.pdf.](#)

Secretaria General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Ley 9 de 1979. Medidas Sanitarias [en línea]. Bogotá, 1979, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.saludcapital.gov.co/Documentos%20Centro%20de%20Zoonosis/Ley%209%20del%2024%20de%20Enero%20de%201979.pdf>

Seguridad [en línea]. Colombia: Mapfre, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.mapfre.com/fundacion/html/revistas/seguridad/n117/articulo2.html>.

SEGURO SOCIAL, Protección laboral. Normas, Jurisprudencia y Doctrina del Sistema general de Riesgos Profesionales [en línea]. Bogotá, 2007, [consultado 9 de septiembre de 2011]. Disponible en Internet: <http://www.iss.gov.co/portal/LEGISLACIONVPR/LCodigoARPOctubre WEB.pdf>.

SUAREZ SALAS, Saúl. Vibraciones [en línea]. Bogotá, Colombia: Slideshare, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.slideshare.net/saulsalas/4-vibracion-presentation#btnNext>

VÁSQUEZ, Alejandro. Física, Cinemática [en línea]. Colombia: física.com, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://fisicacom.host22.com/CINEMATICA.HTML>.

Vibraciones. Clasificación y efectos de la exposición [en línea]. España: uhu, s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.uhu.es/servicio.prevencion/menuservicio/info/higiene/vibraciones.pdf>.

Vibraciones. Clasificación y efectos de la exposición [en línea]. Argentina: estrucplan.com. s.f., [consultado 19 de enero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/00101.asp>

Vibraciones mecánicas [en línea]. Colombia: Buenastareas.com, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Definiciones-Vibraciones-Mecanicas/2248282.html>.

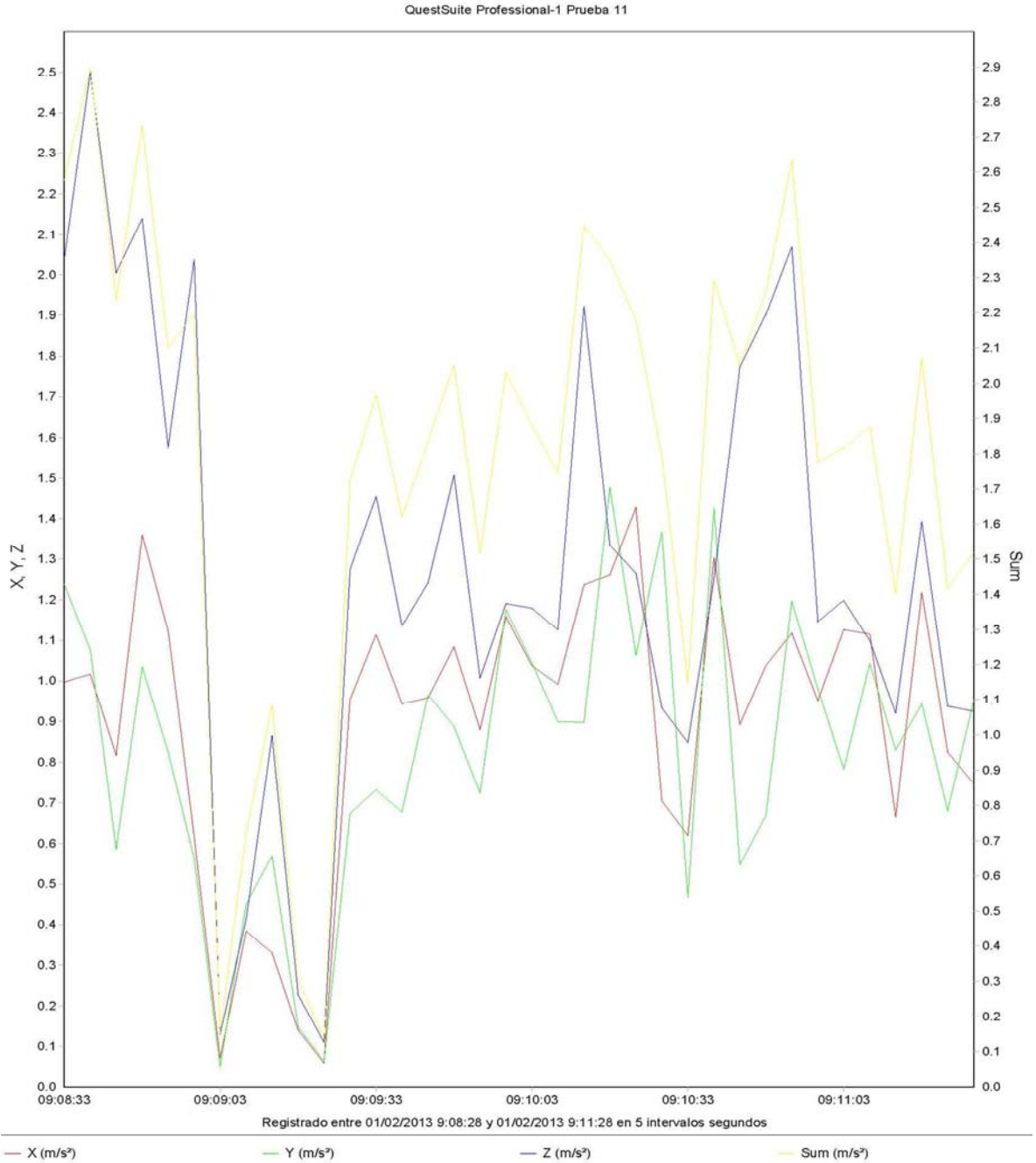
TLV [en línea]. España: lenntech, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://www.lenntech.es/periodica/salud/efectos-salud.htm#ixzz2LgFHUC6L>.

Traumatismo [en línea]. Florida: Wikimedia Foundation, s.f., [consultado 22 de febrero de 2013]. Disponible en Internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Traumatismo>.

VILLALON, Germán y JIMÉNEZ PANIAGUA Mauricio. Vibraciones y salud en el trabajo [en línea]. Texas: exposicionesvirtuales.com, s.f., [consultado 13 de marzo de 2012]. Disponible en Internet: http://exposicionesvirtuales.com/so_images/7597/vibraciones.pdf.

ANEXOS

Anexo A. Mediciones efectuadas empresa PINUR. Demoledor Hilti



Resumen de datos para la Prueba #11

Prueba iniciada: 01/02/2013 9:08:28
Prueba finalizada: 01/02/2013 9:11:28
Tiempo de ejecución: 00:03:00

Eje X

Amin:	0.0587 m/s ²	Aeq:	0.9615 m/s ²
Amax:	1.4277 m/s ²	Amp:	6.0041 m/s ²
CFmp:	6.2445	VDV:	5.3081 m/s ^(7/4)

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 27.6 hrs ELV: 110.4 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 0.1 hrs ELV: 3.2 hrs

Eje Y

Amin:	0.0491 m/s ²	Aeq:	0.8937 m/s ²
Amax:	1.4768 m/s ²	Amp:	5.2014 m/s ²
CFmp:	5.8200	VDV:	4.9809 m/s ^(7/4)

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 31.9 hrs ELV: 127.8 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 0.1 hrs ELV: 4.1 hrs

Eje Z

Amin:	0.1098 m/s ²	Aeq:	1.3990 m/s ²
Amax:	2.5006 m/s ²	Amp:	10.8047 m/s ²
CFmp:	7.7233	VDV:	8.4795 m/s ^(7/4)

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 25.5 hrs ELV: 102.2 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 0.1 hrs ELV: 1.9 hrs

Suma

Amin:	0.1391 m/s ²	Aeq:	1.9126 m/s ²
Amax:	2.8982 m/s ²	Amp:	10.7755 m/s ²
CFmp:	5.6339	VDV:	9.7220 m/s ^(7/4)

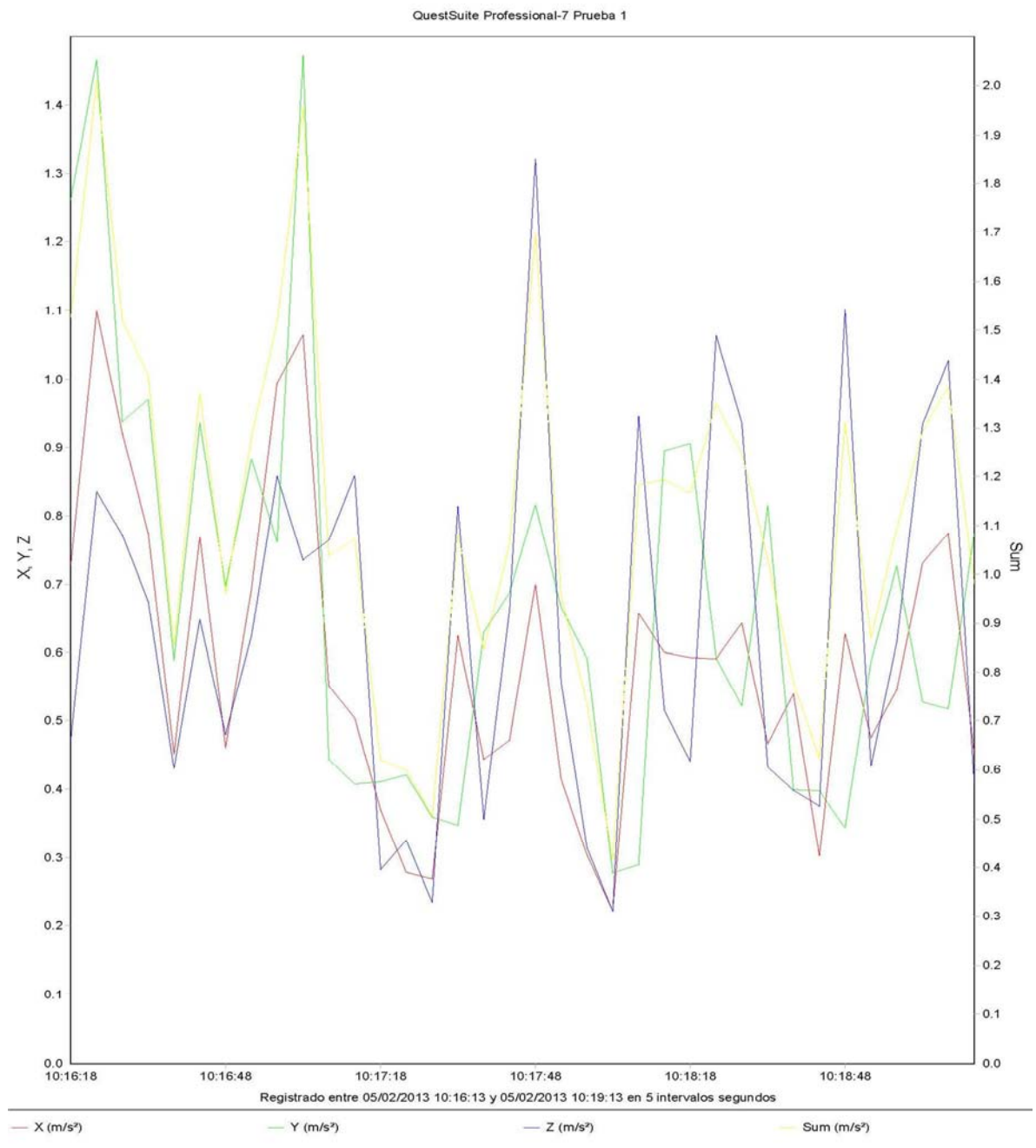
El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 13.7 hrs ELV: 54.7 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 0.0 hrs ELV: 1.1 hrs

Información de programación para la Prueba #1

Modo de operación:	Todo el cuerpo	Tiempo de almacenamiento (hh:mm):	00:03
Promediar:	5 seg	Almacenamiento automático:	Encendido
2do. Historial:	Ninguno	Integración:	Ninguno
Acelerómetro:	ICP		

Anexo B. Mediciones efectuadas en la empresa Amezquita. Cargador SDLG 936



Resumen de datos para la Prueba #1

Prueba iniciada: 05/02/2013 10:16:13
Prueba finalizada: 05/02/2013 10:19:13
Tiempo de ejecución: 00:03:00

Eje X

Amin: 0.2228 m/s² Aeq: 0.6243 m/s²
Amax: 1.0994 m/s² Amp: 3.3274 m/s²
CFmp: 5.3297 VDV: 3.3139 m/s²(7/4)

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 65.5 hrs ELV: 261.8 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 0.7 hrs ELV: 21.0 hrs

Eje Y

Amin: 0.2775 m/s² Aeq: 0.7384 m/s²
Amax: 1.4728 m/s² Amp: 3.9355 m/s²
CFmp: 5.3297 VDV: 4.1602 m/s²(7/4)

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 46.8 hrs ELV: 187.1 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 0.3 hrs ELV: 8.5 hrs

Eje Z

Amin: 0.2222 m/s² Aeq: 0.6920 m/s²
Amax: 1.3217 m/s² Amp: 6.5475 m/s²
CFmp: 9.4623 VDV: 4.0600 m/s²(7/4)

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 104.4 hrs ELV: 417.7 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 1.3 hrs ELV: 35.8 hrs

Suma

Amin: 0.4182 m/s² Aeq: 1.1860 m/s²
Amax: 2.0081 m/s² Amp: 6.5298 m/s²
CFmp: 5.5057 VDV: 5.6799 m/s²(7/4)

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposición (Metodo Basico - X,Y 1.4 factor de la suma)
EAV: 35.5 hrs ELV: 142.2 hrs

El Tiempo Para Llegar A Los Valores De Exposicion (Metodo VDV)
EAV: 0.3 hrs ELV: 9.3 hrs

Información de programación para la Prueba #1

Modo de operación:	Todo el cuerpo	Tiempo de almacenamiento (hh:mm):	00:03
Promediar:	5 seg	Almacenamiento automático:	Encendido
2do. Historial:	Ninguno	Integración:	Ninguno
Acelerómetro:	ICP		