
Tecnológico de Costa Rica – Universidad Nacional
Maestría en Salud Ocupacional con énfasis en Higiene Ambiental

Control de vibraciones de cuerpo entero en conductores de maquinaria pesada en la actividad piñera de la empresa Upala Agrícola durante el periodo de enero a noviembre de 2020.

Trabajo Final de Graduación para optar al grado de Maestría en
Salud Ocupacional con énfasis en Higiene Ambiental

Postulante:
Alberto Ramírez López

Tutor:
Máster Francisco Paniagua

Julio, 2021



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Unidad Interna de Posgrado
Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental
Maestría en Salud Ocupacional

TEC-MSO-ATFG -01- 2021

**ACTA DE PRESENTACIÓN PÚBLICA DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
DE MAESTRÍA**

(documento 2)

Sesión del Tribunal Examinador de la presentación pública de trabajo final de graduación celebrada a las 17:00 horas, del 20 de Julio del 2021 bajo modalidad virtual, por medio de la plataforma TEAMS, con base en las condiciones de excepcionalidad producto de las instrucciones de Rectoría comunicadas mediante oficio RR-123-2021, sobre las disposiciones especiales durante la emergencia nacional producto del Covid-19 y la alerta sanitaria emitida por el Ministerio de Salud, con el objeto de recibir el informe de la sustentante:

Alberto Ramírez López	Carné 200969979
-----------------------	-----------------

Quién se acoge a la Normativa de Trabajos Finales de Graduación en Posgrado y al Reglamento de la Maestría en Salud Ocupacional, bajo la modalidad profesional, para optar al grado de Master en Salud Ocupacional con Énfasis en Higiene Ambiental con el trabajo de graduación titulado: “Control de vibraciones de cuerpo entero en conductores de maquinaria pesada en la actividad piñera de la empresa Upala Agrícola durante el periodo de enero a noviembre de 2020”.

Están presentes los siguientes miembros del Tribunal Examinador:

Grado académico	Nombre completo	Puesto
MSO	Alfonso Navarro Garro	Representante de la UIP (preside)
M.Sc.	Francisco Paniagua	Profesor tutor
M.Sc.	Jorge Chaves	Profesor lector

Una vez realizada la presentación del Trabajo final de graduación y realizada la deliberación correspondiente, se le asigna una nota de 90 con la inclusión de las observaciones descritas en el documento 1, por lo que el Presidente del Tribunal Examinador declara a la persona sustentante Alberto Ramírez López, acreedor al grado de Master en Salud Ocupacional con Énfasis en Higiene Ambiental.

Se da lectura al acta que firman los miembros del Tribunal Examinador y la persona sustentante, a las 18:40 horas del 20 de julio del 2021

FRANCISCO OLIVER
PANIAGUA
BARRANTES (FIRMA)
Digitally signed by
FRANCISCO OLIVER
PANIAGUA BARRANTES
(FIRMA)
Date: 2021.07.20 18:41:08
-06'00'

M.Sc. Francisco Paniagua
Tutor

RAFAEL ALFONSO
NAVARRO GARRO
(FIRMA)
Digitally signed by
RAFAEL ALFONSO
NAVARRO GARRO (FIRMA)
Date: 2021.07.20 18:42:07

M.S.O. Alfonso Navarro
Representante UIP

TEC | Tecnología
de Costa Rica
Firmado digitalmente
por JORGE CHAVES
ARCE (FIRMA)
Fecha: 2021.07.20
18:46:15 -06'00'

M.Sc. Jorge Chaves
Miembro del Comité Asesor

ALBERTO
RAMIREZ
LOPEZ (FIRMA)
Firmado digitalmente
por ALBERTO RAMIREZ
LOPEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.07.20
18:51:08 -06'00'

Alberto Ramírez López
Sustentante

AGRADECIMIENTOS

Al finalizar este proyecto de graduación, quiero agradecer infinitamente al Dios todopoderoso, por haberme dado la vida, la sabiduría, la ciencia, el conocimiento y la paciencia, por haberme permitido terminar con éxito esta etapa como profesional.

A mis hijos por ser el motor de la inspiración en todo mi esfuerzo.

A mi tutor, Francisco Paniagua, por su apoyo y orientación durante el desarrollo de proyecto de investigación, a las coordinadoras de esta maestría por su colaboración en momento claves para poder concluir con éxito esta etapa académica, de igual manera a los Ingenieros; Jorge Chaves y Alfonso Navarro por su colaboración en momento claves.

Una mención especial a la Empresa Upala Agrícola, en especial a señor David Villegas y señorita Lorna Vanessa, así como a todos los trabajadores que muy gentilmente me prestaron su ayuda en los momentos del desarrollo de las investigaciones de campo.

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a mi madre, Mónica López, que siempre me apoyó en todas las etapas de mi vida, aunque no está conmigo, sé que estaría muy alegre por este logro académico, por eso es que te digo: *Mami*, gracias por tus consejos y ayuda.

A mi Padre, Gonzalo, que me enseñó a trabajar con esfuerzo, sabiendo que todo en esta vida cuesta, pero tiene su paga.

RESUMEN

El presente proyecto se trata de un estudio transversal, de tipo exploratorio-descriptivo, basado en la evaluación cuantitativa de la magnitud de aceleración a vibraciones de cuerpo entero (VCE), en conductores de maquinaria pesada de la industria piñera Upala Agrícola S.A, ubicada en zona norte del país.

Las VCE emitidas por este tipo de maquinaria, ocurren cuando la energía mecánica es transmitida por la fuente generadora a través de asientos, palancas, carcasas, frenado, motor, entre otras partes, al entrar en contacto con alguna parte del cuerpo, como glúteos, plantas de los pies, espalda, cuello, los cuales pueden desencadenar lesiones y enfermedades laborales asociadas, como: lesiones de la columna vertebral (lumbalgias, cervicalgias), dolores en las extremidades superiores e inferiores. Zhen Zhou & Michael J. Griffin (2014)

El estudio consta de un capítulo teórico sobre las generalidades de vibraciones de cuerpo entero, como insumo para comprender el desarrollo del tema de estudio, posteriormente se realizaron las evaluaciones de campo, y luego se generó la propuesta, para el control del riesgo ocupacional derivado por la exposición a las VCE, en los conductores de maquinaria pesada (tractores de rueda, oruga, retroexcavadoras, camiones, entre otros), en la empresa Upala Agrícola S.A.

Para lograr el propósito trazado se definieron como objetivos: 1) Evaluar los niveles de la aceleración equivalente ponderada (A_{eq}) de las VCE, con base en la norma INTE/ISO-2631-1-2018. 2) Valorar preliminarmente las condiciones y medio ambiente de trabajo (CyMAT) y el tiempo de exposición, que influyen como riesgo y confort. 3) Proponer un programa de control ocupacional y vigilancia de la salud, para la exposición a las vibraciones de cuerpo entero, en los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola.

La metodología del proyecto consistió en realizar un taller con la población participante, donde se brinda información y se recolecta datos de importancia para el proyecto, mediante la aplicación del cuestionario nórdico y otros preestablecidos.

Las e se realizaron con un vibrómetro marca Cirrus, modelo CV:31A, configurado para medir las vibraciones de cuerpo entero en parámetros de aceleración ponderada de

vibraciones (R.M.S.), y valor de dosis de vibraciones (VDV), conforme lo establece la norma INTE/ISO 2631-1-2018. Obtenidos los datos se procedió al estudio estadístico mediante el software denominado CV31A_Software_V3.1xlsm, a través de tablas y gráficos en Microsoft Excel.

Los resultados obtenidos muestran que del total de la población de estudio el 67% se encuentra por encima de los valores de límites permisibles establecidos por la norma INTE/ISO 2631-1-2018, tanto en los parámetros de R.M.S. como el VDV en una jornada de ocho horas. De igual manera en las opiniones dada por los trabajadores un 64% de trabajadores indico experimentar molestias de espalda y cuello con valores de 46% y 25% respectivamente.

En conclusión, se puede indicar que las VCE, son un factor de riesgo a considerar para prevenir efectos adversos en la salud de los trabajadores, las cuales se deben tener muy presente en las organizaciones agrícolas donde se tiene flotillas de maquinaria pesada. Así mismo se recomienda a los entes estatales, encargados de velar por la salud ocupacional, controlar que en las empresas cuenten dentro de los planes de Salud Ocupacional, programas de control de vibraciones.

Palabras Claves: vibraciones mecánicas, vibraciones de cuerpo entero, aceleraciones, maquinaria pesada, conductores, actividad agrícola pinera.

SUMMARY

The present project is a transversal study, of an exploratory-descriptive type, based on the quantitative evaluation of the magnitude of acceleration to whole body vibrations (VCE), in drivers of heavy machinery of the pineapple industry Upala Agrícola, located in the northern part of the country.

The VCE emitted by this type of machinery occurs when the mechanical energy is transmitted by the generating source through seats, levers, casings, brakes, engine, among other parts, when it comes into contact with some part of the body, such as buttocks, soles of the feet, back, neck, which can trigger injuries and associated

occupational diseases, such as: spinal injuries (back pain, cervical pain), pain in the upper and lower extremities. Zhen Zhou & Michael J. Griffin (2014).

The study consists of a theoretical chapter on the generalities of whole-body vibrations, as input to understand the development of the subject of study, then field evaluations were conducted, and then the proposal was generated, for the control of occupational risk arising from exposure to ECV, in drivers of heavy machinery (wheeled tractors, caterpillar, backhoe loaders, trucks, among others), in the company Upala Agrícola S.A.

In order to achieve the outlined purpose, the following objectives were defined: 1) Evaluate the levels of the weighted equivalent acceleration (A_{eq}) of the ECVs, based on the INTE/ISO-2361-1-2018 standard. 2) Preliminarily assess the working conditions and environment (CyMAT) and exposure time, which influence as risk and comfort. 3) Propose an occupational control and health surveillance program for exposure to whole-body vibration in heavy machinery drivers of the Upala Agrícola company.

The methodology of the project consisted of conducting a workshop with the participating population, where information was provided and data of importance for the project was collected through the application of the Nordic questionnaire and other pre-established questionnaires.

The evaluations and measurements were performed with a Cirrus brand vibrometer, model CV:31A, configured to measure whole body vibrations in parameters of weighted vibration acceleration (R.M.S.), and vibration dose value (VDV), as established by the INTE/ISO 2631-1-2018 standard. Once the data were obtained, we proceeded to the statistical study using the software called CV31A_Software_V3.1.xlsm, through tables and graphs in Microsoft Excel.

The results obtained show that of the total study population, 67% is above the permissible limit values established by the INTE/ISO 2631-1-2018 standard, both in the parameters of R.M.S. and VDV in an eight-hour workday. Similarly, in the opinions given by workers, 64% of workers indicated experiencing back and neck discomfort with values of 46% and 25% respectively.

In conclusion, it can be indicated that VCE are a risk factor to be considered to prevent adverse effects on the health of workers, which should be considered in agricultural

organizations where there are fleets of heavy machinery. Likewise, it is recommended to the state entities in charge of occupational health to control that companies include vibration control programs in their occupational health plans.

Keywords: mechanical vibrations, whole body vibrations, accelerations, heavy machinery, drivers, pineapple agricultural activity.

Tabla de Contenido

Capítulo 1.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	11
A. Identificación de la empresa.....	11
1. Misión, Visión, Valores.....	11
2. Antecedentes históricos.....	12
3. Ubicación geográfica.....	12
4. Población trabajadora.....	12
5. Estructura organizacional.....	13
6. Producto y mercado.....	13
6.1 Producto.....	13
6.2 Mercado.....	14
7. Proceso productivo.....	14
8. Permisos y certificaciones.....	14
B. Justificación del problema.....	15
C. Objetivos.....	17
1. Objetivo general.....	17
2. Objetivos específicos.....	17
D. Consideraciones éticas.....	18
Capítulo 2.....	19
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19
A. Historia de vibraciones mecánicas.....	20
B. Legislación vinculante.....	20
1. Norma ISO 2631.....	20
2. Decreto R.D. 1311/2005.....	21
3. La Norma Británica 6841.....	21
4. INTE/ISO 2631-1:2018 Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero.....	21
C. Generalidades de las Vibraciones Mecánicas.....	22

1.	¿Qué son las vibraciones?	22
2.	Movimiento oscilatorio.....	23
3.	Definiciones y unidades de las vibraciones.....	24
4.	Vibraciones de Cuerpo Entero (VCE).....	27
5.	Cálculo de Aceleración A (8).....	28
6.	Cálculo del tiempo de exposición.....	30
7.	Analizador de las vibraciones.....	31
8.	Mecanismo de acción y efectos a la salud	32
D.	Cultivo de piña	35
E.	Maquinaria utilizada	36
1.	Maquinaria agrícola	36
2.	Maquinaria pesada	36
	Capítulo 3.....	38
	METODOLOGÍA.....	38
A.	Diseño y tipo de estudio	38
B.	Población y muestra de estudio	39
1.	Población	39
2.	Muestra	39
3.	Criterios de inclusión y exclusión	39
4.	Cantidad de participantes.....	40
C.	Métodos y técnicas de recolección de información	40
1.	Revisión bibliográfica	40
1.	Guías de campos	41
2.	Entrevistas semiestructuradas	41
B.	Equipo para la medición cuantitativa.....	41
1.	Descripción de equipo.....	42
2.	Medición.....	42
D.	Descripción del sitio y etapas de estudio	43
E.	Plan para el análisis (estadístico) de los datos	43

F. Alcance y limitaciones.....	44
G. Definición de variables	45
Capítulo IV.....	47
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	47
A. Datos generales	47
1. Población de estudio	47
2. Características de la maquinaria pesada	50
3. Condiciones y medio ambiente de trabajo	52
B. Resultados de las evaluaciones	53
Capítulo V.....	77
A CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
1. Conclusiones	77
2. Recomendaciones	79
Capítulo VI.....	80
ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN	80
Tabla de contenido Alternativa de solución.....	82
1. Generalidades del programa de control.....	83
2. Procedimientos específicos de control	90
3. Parte final.....	109
Bibliografía	111
ANEXOS Y APENDICES	114

Tabla de Figuras

Figura 1. Organigrama Upala Agrícola	13
Figura 2. Sistema Vibratorio masa-resorte	23
Figura 3. Modelo mecánico modificado	24
Figura 4. Desplazamiento de las vibraciones	25
Figura 5. Valor pico-pico, valor pico, RMS y media	26
Figura 6. Trabajador expuesto a VCE	27
Figura 7. Ejes basicéntricos de cuerpo humano, norma ISO-2631	28
Figura 8. Kit de medición de vibración.....	32
Figura 9. Diferencia conceptual entre transmisibilidad e impedancia	33
Figura 10. Tractor con Aspersor de Agroquímicos	37
Figura 11. Ubicación del acelerómetro en el asiento del conductor	42
Figura 15. Colocación del acelerómetro	54
Figura 16. Vibrómetro Cirrus	56

Tablas y cuadros

Tabla 1. Patogenia de las vibraciones.....	34
Tabla 2. Datos de los conductores en estudio (nombre, edad, años de labor con maquinaria pesada, Upala Agrícola 2020)	48
Tabla 3. Características y condiciones de la maquinaria.....	50
Tabla 4. Descripciones detalladas de cada una de las labores	51
Tabla 5. Factores de riesgos asociados a las CyMAT de los conductores.....	52
Tabla 6. Criterios tomados para las evaluaciones de campo de las VCE	55
Tabla 7. Criterio de clasificación para exposición a la aceleración ponderada (R.M.S.) .	57
Tabla 8. Criterio de clasificación para exposición al Valor Dosis de Vibración (VDV)	57
Tabla 9. Valores de aceleración ponderada (m/s^2) r.m.s de exposición diaria A(8)	59
Tabla 10. Resumen de la magnitud del nivel aceleración ponderada (R.M.S.) diaria a vibraciones A (8) en m/s^2	61

Tabla 11. Valores estadísticos de las evaluaciones de la aceleración ponderada R.M.S. (m/s^2).....	62
Tabla 12. Evaluaciones del Valor Dosis de Vibración (VDV) $m/s^{1,75}$	63
Tabla 13. Evaluaciones del Valor Dosis de Vibración (VDV) $m/s^{1,75}$	65
Tabla 14. Conductores con molestias de traumatismo músculo esquelético	70
Tabla 15. Porcentaje de acciones realizadas por conductores afectados por traumatismo músculo esquelético	72
Tabla 16. Opinión de conductores respecto a las VCE en relación con la maquinaria ...	73

Tabla de Gráficos

Gráfico 1. Edad de los conductores de maquinaria pesada, Upala Agrícola.....	47
Gráfico 2. Tiempo laborado con maquinaria pesada, dentro y fuera de Upala Agrícola.	49
Gráfico 3. Valores de aceleración ponderada diaria A (8) en R.M.S. según nivel de riesgo.....	66
Gráfico 4. Magnitud de aceleración ponderada diaria A (8) R.M.S. por conductor.....	67
Gráfico 5. Evaluaciones del valor Dosis de Vibración diaria (VDV), según peligrosidad	68
Gráfico 6. Magnitud Valor Dosis Vibración diaria VDV ($m/s^{1,75}$) por conductor	69
Gráfico 7. Traumatismos musculoesqueléticos en los conductores, según parte del cuerpo afectada	71
Gráfico 8. Porcentaje de afectación según parte del cuerpo por la exposición VCE	71
Gráfico 9. Estado de asiento de la maquinaria, según opinión de los conductores.....	73
Gráfico 10. Dispersión de las evaluaciones VDV $m/s^{1,75}$ en la población de estudio	74

Anexos Apéndices y anexos

Apéndice 1. Cuestionario de entrevista a conductores de maquinaria pesada.....	116
Apéndice 2. Lista de verificación de condiciones mecánicas de la maquinaria.....	118
Apéndice 3. Valoración de condiciones y medios ambientes de trabajo.....	119
Apéndice 4 Consentimiento informado	121
Anexo 1, Cuestionario nórdico aplicado.....	122
Anexo 2. Croquis de lotes en fincas de Upala Agrícola.....	124
Anexo 3. Fotografías.....	125

Anexo 4. Ejemplos resueltos de exposiciones diarias.....	126
--	-----

Acrónimos

Aeq. Aceleración equivalente ponderada

CANAPEP. Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña

CyMAT. Condiciones y medio ambiente de trabajo

ISO. Organización Internacional de Normalización

INTE. Instituto de Normas Técnicas

INTECO. Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

TME. Traumatismos musculo esqueléticos

RMS. Root Meter Square (raíz media cuadrática)

SO. Salud Ocupacional

VCE. Vibración de cuerpo entero

VDV. Valor dosis de vibración

UPA. Upala Agrícola

Capítulo 1.

1. INTRODUCCIÓN

A. Identificación de la empresa

Nombre de empresa: Upala Agrícola S.A de Costa Rica.

Dirección: La actividad agrícola industrial del cultivo de piña se desarrolla en Costa Rica en la provincia de Alajuela, en el cantón de Upala, en la localidad de Chimurria Abajo (San Rafael). En el apartado tres (ubicación geográfica) se amplía información.

Tipo de actividad: se trata de una empresa agroindustrial dedicada al cultivo y cosecha de piña fresca para la exportación a mercados internacionales. Su actividad se lleva a cabo, tomando en cuenta la protección al ambiente, la salud de los trabajadores, el apoyo a las comunidades vecinas, y el cumplimiento con altos estándares de calidad e inocuidad

1. Misión, Visión, Valores

1.1 Misión

Ser una empresa productora, procesadora y comercializadora de piña fresca, que busca un mejoramiento continuo en sus procesos para proporcionar a nuestros clientes un producto con los más altos estándares de calidad e inocuidad. Hacemos esto dentro de un marco de desarrollo sostenible, apoyando a las comunidades vecinas, protegiendo al ambiente y a nuestro personal.

1.2 Visión

Ser una empresa con liderazgo en la producción y comercialización de piña fresca, utilizando prácticas agrícolas sostenibles y satisfaciendo los requerimientos de nuestros clientes.

1.3 Valores empresarial

- Responsabilidad
- Honestidad

- Respeto
- Solidaridad
- Trabajo en equipo
- Compromiso

2. Antecedentes históricos

Upala Agrícola inicia operaciones en Zona Norte de Costa Rica en el año 2012, en los cantones de Upala, Guatuso y Los Chiles. Se encuentra catalogada, según datos de PROCOMER, entre las 14 principales empresas agroexportadoras del país.

Se ha destacado en la zona por su filosofía empresarial, que ha incorporado la responsabilidad social corporativa como una estrategia de negocio, en proyectos de educación, infraestructura, reparación de caminos y patrocinios al deporte, en diferentes comunidades del cantón de Upala.

3. Ubicación geográfica

Upala Agrícola se ubica en el país de Costa Rica en la zona norte de la provincia de Alajuela, específicamente en el cantón diez (Upala), distrito Central (Upala), en la comunidad de Chimurria abajo. Sobre la carretera Guatuso-Upala, de la entrada al refugio nacional Caño Negro 3.0 km norte y 3,2 km este. Ahí se encuentra la sede administrativa y la planta de proceso, pero dispone de fincas, bodegas y talleres en comunidades de los cantones de Guatuso y Los Chiles.

4. Población trabajadora

Se dispone de una población trabajadora de más de 900 colaboradores entre hombres y mujeres debidamente capacitados en todas las actividades desarrolladas.

5. Estructura organizacional

La empresa Upala Agrícola S.A. se encuentra organizada de la siguiente forma.

5.1 Organigrama empresarial 2020

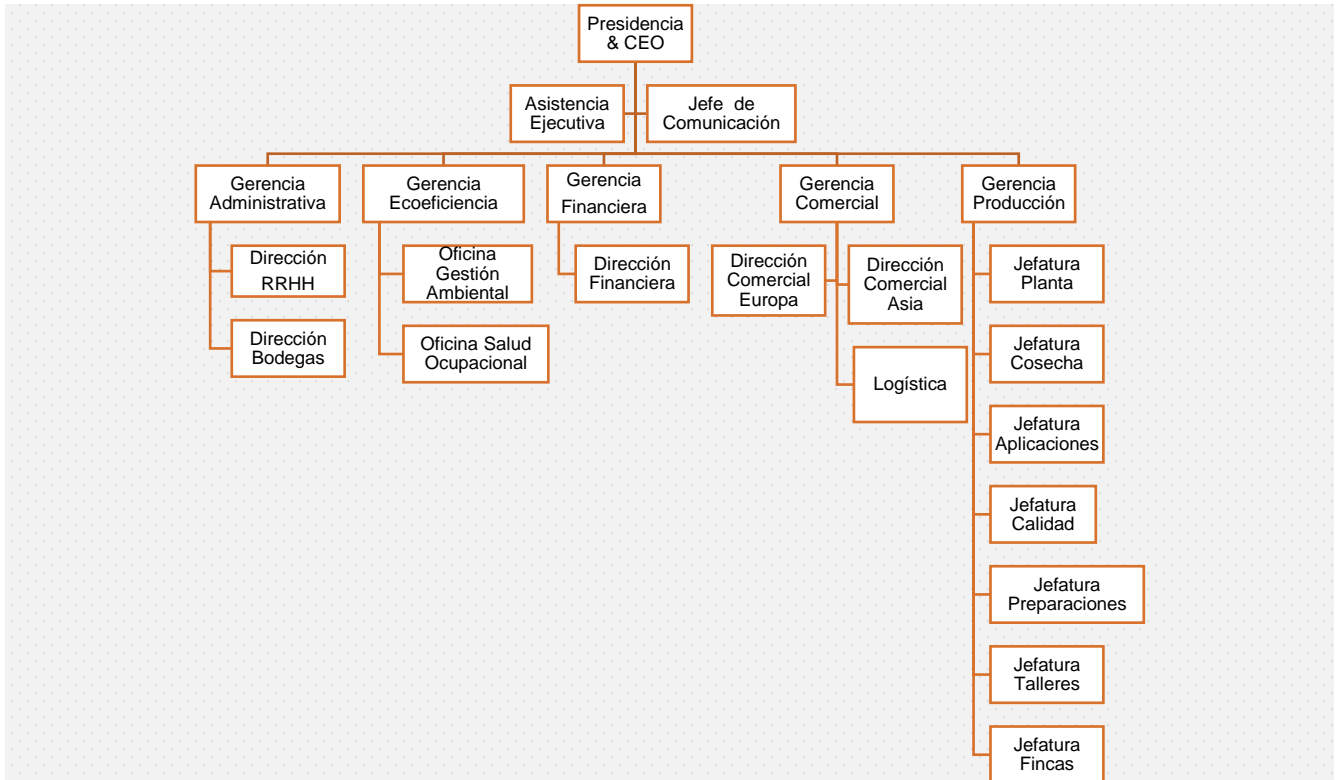


Figura 1. Organigrama Upala Agrícola
Fuente. Upala Agrícola

6. Producto y mercado

6.1 Producto

Producción de piña fresca en su variedad *MD2 GOLD*, conocida como Piña Dorada o *Golden Pineapple*, la cual se caracteriza por su dulzura, aroma, jugosidad y por un color amarillo cremoso en su interior.

Se producen piña en tamaños que se clasifican del 5 al 10, de acuerdo con su peso. La fruta se vende en presentación con corona o sin corona.

El proceso de empaque se realiza en una planta, la cual cuenta con calibradores de peso para clasificar la fruta, con sistemas de frío en área de empaque, túneles de preenfriado y cámaras de almacenamiento, donde se preserva el producto mientras llega el momento de que las cargas sean despachadas a su destino. Se vende en cadenas de supermercados, ya sea en presentación natural, o bien en presentaciones que facilitan a los clientes su consumo.

6.2 Mercado

La cartera comercial se encuentra en los Estados Unidos y Canadá, así como en países de Europa como: España, Reino Unido, Holanda, Francia, Alemania, Grecia e Italia, entre otros. Frecuentemente se realizan estudios de nuevos mercados emergentes.

Como parte de la estrategia de mercado se busca mantener un contacto directo con el consumidor final, para lo cual se ha desarrollado una marca propia denominada UPALA GOLD, que tiene presencia en mercados de Turquía, España y Francia, principalmente.

7. Proceso productivo

Upala Agrícola es una empresa agroindustrial que cuenta con más de 2.000 hectáreas dedicadas a la producción y exportación de piña fresca, distribuidas en las comunidades de San Jorge, Chimurria, Colonia Puntarenas, San Luis, Vera Cruz, Mónico, entre otras, ubicadas en los cantones de Upala, Los Chiles y Guatuso (ver anexo 3 de fincas).

Cuenta con estructuras físicas como: planta empacadora y de proceso, bodegas (de materiales e insumos agrícolas), sodas-comedores, salas de capacitación, oficinas, talleres, etc. con aproximadamente 5000 metros cuadrados.

8. Permisos y certificaciones

Como parte del compromiso con la excelencia y la producción responsable y sostenible, entre las que figura el cumplimiento de las normas y exigencias a nivel nacional e internacional para la producción de piña, se dispone de certificaciones con los más altos estándares de calidad e inocuidad como son los siguientes:

- *GLOBALGAP*
- *BRITISH RETAIL CONSORTIUM (BRC)*
- *ISO 14001*
- *PRIMUS LABS - HARVEST CREW*
- *RAINFOREST ALLIANCE*

B. Justificación del problema

La Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña (CANAPEP), indica que, en Costa Rica, existen aproximadamente 45.000 hectáreas del cultivo de piña sembradas por productores asociados. Por su parte cantones como: San Carlos, Los Chiles, Guatuso, y Upala, cuentan con 24.653 hectáreas, lo que equivale al 56% del área cultivada, lo que la convierte en la principal actividad económica y, por ende, la que emplea la mayor cantidad de trabajadores en esta región (CANAPEP, 2017).

Dentro de las actividades agroindustrial de Upala Agrícola se tiene: la preparación de terreno, la siembra, la fertilización, el mantenimiento, la cosecha, el empaque y el transporte de la fruta, en las cuales se hace uso de equipos y maquinaria móviles pesadas como: tractores de rueda, tractores de oruga, cosechadoras, retroexcavadoras, camiones transportadores, montacargas, entre otros. Maquinaria que son operados por conductores, con jornadas de trabajo entre ocho y doce horas diarias, llegando a trabajar hasta setenta horas semanales aproximadamente.

Factores de trabajo como: la demanda de fruta en época de zafra (maduración) o de siembra, la distancia de recorrido dentro o fuera de la finca entre 50 y hasta 100 kilómetros por día, recorrido por caminos en mal estado, maquinaria con condiciones mecánicas deficientes, en otros factores, hace que los riesgos ocupacionales aumenten, entre ellos el derivado por la transmisibilidad de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero.

La transmisión de la vibración de cuerpo entero, generada por este tipo de maquinaria, ocurre cuando la energía es transmitida por la fuente generadora a través de los asientos, las palancas, las carcasas y el frenado, y hacen contacto con alguna parte del cuerpo,

como: glúteos, plantas de los pies, espalda, cuello, etc., (Griffin, 2012) lo cual puede desencadenar lesiones y enfermedades laborales asociadas, entre ellas: lesiones de la columna vertebral, (lumbalgias, cervicalgias) dolores en las extremidades superiores e inferiores, (Instituto de Seguridad y Salud Laboral, 2011).

Por su parte registros de la Oficina de Salud Ocupacional y del consultorio médico de Upala Agrícola, refieren ausentismo por incapacidades y visitas médicas, debido a dolores agudos de la columna baja y cuello en un 25% de trabajadores de campo en los que se incluyen los conductores de maquinaria agrícola pesada.

En el año 2019, algunos conductores de maquinaria pesada tuvieron que ser incapacitados por problemas lumbares y accidentes en carretera. De ahí que la oficina de Salud Ocupacional dentro de sus planes de seguridad y salud ocupacional se propuso como meta, establecer programas de higiene ocupacional en diferentes ámbitos, de manera que prevengan las quejas y el ausentismo de los trabajadores por accidentes, enfermedades, y visitan frecuentes a los centros médicos.

Así mismo el Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1967), menciona que “*Todo patrono debe adoptar y poner en práctica en los centros de trabajo, medidas de seguridad e higiene ocupacional adecuadas para proteger la vida, la salud, y la integridad corporal de los trabajadores*”, especialmente en lo relativo a medidas y técnicas adecuadas, del impacto del ruido y de las vibraciones que puedan perjudicar a los trabajadores.

Por tanto, la justificación de este estudio se basa en los siguientes aspectos:

- El compromiso de cumplimiento de la oficina de Salud Ocupacional de Upala Agrícola, con los trabajadores y el Ministerio de Salud, en establecer un estudio de VCE, en los conductores de maquinaria pesada, en pro de prevenir a futuro la salud de trabajadores.
- La escasez de estudios técnicos, enfocados a los riesgos higiénicos ocupacionales derivados de las VCE, en sector agrícola piñero costarricense, y su impacto en la salud de los conductores de maquinaria agrícola pesada, justifica la necesidad de realización de este tipo de investigación, de manera que sean de apoyo para estudios futuros.

Preguntas de la Investigación

De conformidad con los enunciados de la justificación del problema, se tratará de encontrar las respuestas a las siguientes preguntas:

¿Cuáles son los niveles de aceleración de las VCE, a los que se exponen los trabajadores de maquinaria pesada en la empresa Upala Agrícola?

¿Qué controles se deben implementar para la minimizar los riesgos de exposición a las vibraciones cuerpo entero en los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola?

C. Objetivos

1. Objetivo general

Diseñar un programa para el control de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero a que están expuestos los conductores de maquinaria agrícola pesada, de la empresa Upala Agrícola S.A.

2. Objetivos específicos

1. Evaluar los niveles de la aceleración equivalente ponderada (A_{eq}) de las VCE, a que están expuestos los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola, con base en la norma INTE/ISO-2361-1-2018
2. Valorar preliminarmente las condiciones y medio ambiente de trabajo (CyMAT) y su relación con las VCE, que influyen como riesgo y confort en los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola.
3. Proponer un programa de control ocupacional y vigilancia de la salud, para la exposición a las vibraciones de cuerpo entero, en los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola.

D. Consideraciones éticas

1. Reclutamiento de participantes: como parte de la coordinación para desarrollar este estudio, la oficina de Salud Ocupacional de empresa Upala Agrícola, brindó una lista de la cantidad de maquinaria que dispone en sus diferentes actividades agrícolas y de los trabajadores que la conducen.
2. Consentimiento informado: al trabajador participante en este estudio se le entregó una copia de estas consideraciones éticas y firmó una boleta donde dio su consentimiento para formar parte del estudio. Además, se le explicó en detalle la metodología de la investigación, los equipos a utilizar y los pasos que se seguirán. Unido a lo anterior se les comunicó a los colaboradores que si en algún momento no deseaban seguir participando podrán desistir sin ninguna represalia.
3. Beneficios para el participante: los resultados del estudio ayudarán a los trabajadores participantes a saber si la exposición a las vibraciones mecánicas de cuerpo entero representa un riesgo para la salud y así exigir sus patronos mejorar las condiciones inseguras y de igual forma corregir sus actos inseguros.
4. Descripción de riesgos: la participación en el estudio no representa un riesgo adicional a los que actualmente se exponen los trabajadores.
6. Criterios para retiro de participantes: a el trabajador se le dio el derecho de negarse a participar en la investigación sin que esto le afectará en nada en su trabajo, dicho aspecto se hizo de su conocimiento previo al estudio.
7. Protocolo para resguardar la privacidad: la información que brinden los trabajadores, a través de los cuestionarios o encuesta, es de carácter confidencial y en los resultados obtenidos se mostraran de forma general.
8. Uso de muestras biológicas del participante: por los objetivos y tipo de estudio no se requiere tomar muestras biológicas de ningún tipo.
9. Procedimiento de comunicación de resultados a participantes: una vez finalizado el estudio se contactará con los representantes de la empresa y se brindará la información a todos los trabajadores.

10. Otras consideraciones: por tratarse de un estudio de tipo ocupacional, no aplican criterios de sensibilidad de género, etnia o poblaciones vulnerables.

Capítulo 2.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El proceso productivo de la actividad piñera hace uso de maquinaria pesada, en donde su operador se encuentra expuesto a diferentes niveles de vibraciones mecánicas, que en su vida laboral puede incidir en su salud.

Según Donati et al. (2008), los trabajadores expuestos a vibraciones mecánicas son hombres; conductores de máquinas móviles pesadas, conductores de tractores agrícolas, herramientas manuales o personas que trabajan cerca de máquinas estacionarias y se concentra en los sectores de construcción (63%), manufactura y minería (44%) y agricultura (38%)

En Costa Rica la Ley 6727 “Riesgos del Trabajo”, en el artículo 224 inciso 261, 236 y 265, hacen referencia a un porcentaje degenerativo entre el 5 y 10% de funcionalidad fisiológica por contractura muscular persistente, rigidez y dolor, con cambios leves por factores preexistentes en la columna lumbar baja, (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, 1982). Sin embargo, estos episodios muchas veces no se relacionan directamente con la exposición a las vibraciones mecánicas por falta de conocimiento y controles regulatorios.

Datos estadísticos del Consejo de Salud Ocupacional (MTSS) (2017), refiere que la actividad económica agrícola, ocupa el primer lugar de accidentes y lesiones ocupacionales. Sin embargo no existe estudios epidemiológicos del origen de los efectos crónicos productos de traumatismos músculos esqueléticos, que bien pueden estar relacionados con las vibraciones mecánicas de cuerpo entero, para casos ocurridos en conductores de maquinaria pesada.

Debido a lo anterior, en este capítulo, se presenta una revisión bibliográfica generalizada, de manera técnica y conceptual de las vibraciones mecánicas que tienen inferencia en el cuerpo entero de los trabajadores, y que es necesaria para entender y evaluar los

riesgos ocupacionales relacionados con la temática y el propósito de este proyecto de grado.

A. Historia de vibraciones mecánicas

Según lo indicado por Rao (2012) en 1902 Frahm, realiza un estudio relacionado con vibración torsional en el diseño de hélice de buques de vapor, adicionando un sistema de resorte y masa para eliminar las vibraciones del sistema principal y posteriormente, Aurel Stodola (1859-1943) desarrolló un método para mejorar la vibración de las vigas, placas y membranas de todos los propulsores y turbina de los buques.

De igual manera, señala que, en últimos 40 años, los investigadores se han enfocado en diversos sistemas de ingenierías, para estudiar las vibraciones mecánicas no lineales, considerando que son estas las que inciden en la teoría de la perturbación vibratoria, por lo que dentro de sus estudios han tomado en cuenta al ser humano como parte integral del sistema, ya que la transmisión de sus movimientos vibratorios provoca molestias a la salud y pérdida de productividad.

B. Legislación vinculante

Considerando que la legislación costarricense en materia de vibraciones de cuerpo entero es escasa, difusa y desactualizada, para el desarrollo de este proyecto, se consideró importante los criterios teóricos, metodológicos y legales de las siguientes normas y reglamentos vigentes.

1. Norma ISO 2631

Es una norma preparada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), específicamente por el Comité Técnico ISO/TC 108, y está enfocada en vibraciones y choques mecánicos, mediante la evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero, en busca del reconocimiento de la respuesta fisiológica y patológica humana y emite directrices y recomendaciones cuantitativas y cualitativas sobre los efectos a la salud por causa de la exposición a dosis-respuesta de las vibraciones. (Comité Técnico AEC/CTN 81, 2008)

El propósito de la norma es definir métodos de cuantificación de las vibraciones de cuerpo entero en relación con:

- Salud humana y el bienestar.
- La probabilidad de percepción de las vibraciones.
- Incidencia del movimiento.

2. Decreto R.D. 1311/2005

Reglamento técnico de la legislación de España referente a las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativa a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones), que establece valores límite de exposición y niveles de acción ante las vibraciones de cuerpo entero. En el artículo 4 este decreto expresa *“El empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores”*.

3. La Norma Británica 6841

Ofrece orientación sobre los procedimientos de actuación en caso de valores altos de nivel de aceleración y de dosis vibratoria que causan malestar intenso, dolor y lesiones a los trabajadores.

4. INTE/ISO 2631-1:2018 Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero.

Norma costarricense que hace referencia a criterios técnicos de seguridad e higiene ocupacional, para la medición de vibraciones de cuerpo entero según tipo de exposición (periódica, aleatoria y transitoria). Dispone de anexos informativos que proporcionan una guía sobre los posibles efectos de las vibraciones sobre la salud, el bienestar, la percepción y mareo por el movimiento. Considera como intervalos de frecuencia de 0,5 Hz a 80 Hz para salud, bienestar y percepción, y de 0,1 Hz a 0,5 Hz, no abarcan los efectos potenciales sobre el comportamiento humano, como el choque de vehículos.

C. Generalidades de las Vibraciones Mecánicas

De acuerdo con la norma INTE/ISO 2631-1 del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, (2018):

La vibración es a menudo compleja, contiene muchas frecuencias, ocurre en varias direcciones y varía con el tiempo. Los efectos de las vibraciones pueden ser múltiples. La exposición a vibraciones de cuerpo entero causa una distribución compleja de movimientos y fuerzas oscilatorias dentro del cuerpo. Pueden darse grandes variaciones entre sujetos, en relación con los efectos biológicos. Las vibraciones de cuerpo entero pueden causar sensaciones (por ejemplo, malestar e irritación) influir en las aptitudes del comportamiento humano o presentar un riesgo para la seguridad y la salud (por ejemplo, un daño patológico o un cambio fisiológico) (p.6).

1. ¿Qué son las vibraciones?

Son movimientos oscilantes que efectúa una partícula energética alrededor de un punto fijo. Este movimiento puede ser regular o aleatorio en alguna dirección, frecuencia y/o intensidad (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT), 2014). Por tanto cualquier oscilación que se repite en un intervalo de tiempo, por ejemplo el vaivén de un péndulo o el movimiento de una cuerda se considera una vibración.

Desde la perspectiva de estudio de la higiene ocupacional, se define como “cualquier movimiento oscilatorio o fuerza mecánica oscilante, continua o intermitente, que afecta al hombre en el trabajo a través de estructuras y receptores distintos al oído”(Ideara, 2014).

Por lo general, las vibraciones mecánicas en actividades agrícolas pueden ocurrir por problemas mecánicos por ejemplo: desequilibrio de los elementos rotativos, desalineaciones de acoplamientos, engranajes desgastados, neumáticos inadecuados, rodamientos por terrenos irregulares, fuerzas aerodinámicas e hidráulicas de la maquinaria utilizada, entre otras.

Según Singiresu (2012) dependiendo de la oscilación hay dos tipos de vibraciones: la libre y la forzada.

- Vibraciones libres: el sistema oscila por acción de las fuerzas internas.
- Vibraciones forzadas: son las originadas por la acción de las fuerzas externas.

2. Movimiento oscilatorio

Según lo expuesto por Singiresu, S. (RAO 2012), este movimiento oscilatorio va a estar compuesto por tres elementos básicos, tal y como se visualiza en figura 2.

- Un elemento que permite conservar la energía cinética (masa o inercia).
- Un segundo que permite almacenar o impulsar la energía potencial (resorte o muelle), y
- Otro medio por el cual la energía se pierde (amortiguador).

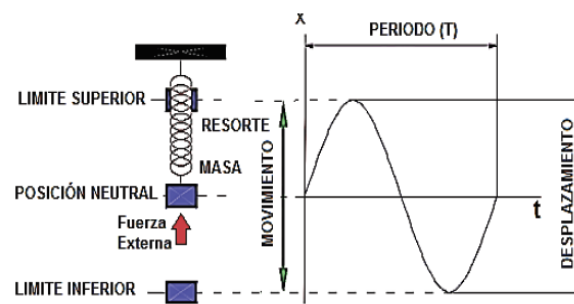


Figura 2. Sistema Vibratorio masa-resorte
Fuente. Tandalla (2011)

De igual manera; Pérez, Téllez, Sánchez, & Tenorio, (2015) en la revista de Ciencias de la Salud, citando a (Henaó, 2012) definen como movimiento oscilatorio. “*fuerzas que puedan ser oscilatorias en magnitud o dirección, o fuerzas que se aplican o liberan energía de repente, y pueden ser movimiento armónico, simple o puede ser extremadamente complejo*”, que al entrar en contacto con alguna parte del cuerpo humano, le transmite la energía generada por la vibración y esta, una vez absorbida por el cuerpo, puede producir diversos efectos en la salud, dependiendo del nivel de la aceleración, el tipo de frecuencia y el tiempo de exposición en el trabajador expuesto.

En relación con este intercambio de energía, la biomecánica de las vibraciones del cuerpo humano deben analizarse desde un enfoque multidisciplinario, en donde interviene

biodinámica, física, ingeniería, anatomía y fisiología, tal y como se muestra en la figura siguiente (3).

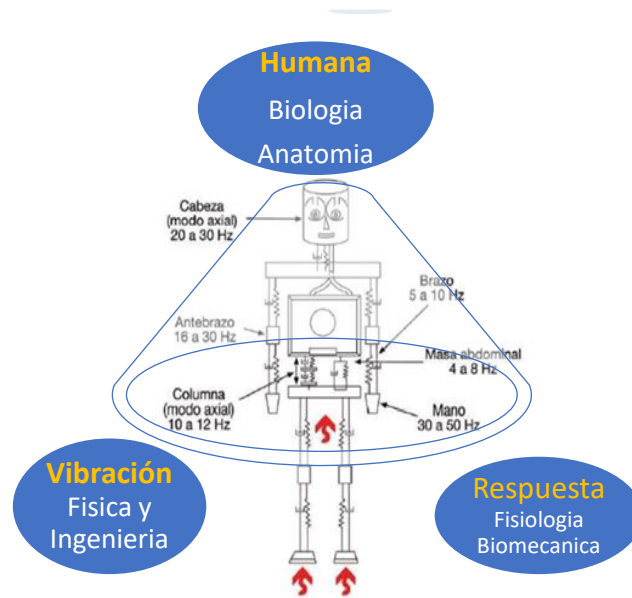


Figura 3. Modelo mecánico modificado
Fuente. (Gualotuña, 2016)

3. Definiciones y unidades de las vibraciones

Intensidad: se determina como los movimientos o desplazamientos expresados en m/s, o determinados por la aceleración y se expresa en m/s^2 .

Magnitud: Se mide en función del desplazamiento producido por la vibración, y por tratarse de un movimiento, también puede medirse en términos de velocidad o aceleración. De estas tres posibilidades se ha convenido utilizar la aceleración, ya que es el parámetro más fácil de medir. Las unidades utilizadas son los m/s^2

Aceleración: es la variación de velocidad en relación con la magnitud y el tiempo de un cuerpo en movimiento y se obtiene de la segunda derivada del desplazamiento o la primera derivada de la velocidad y se expresa en mm/s^2 .

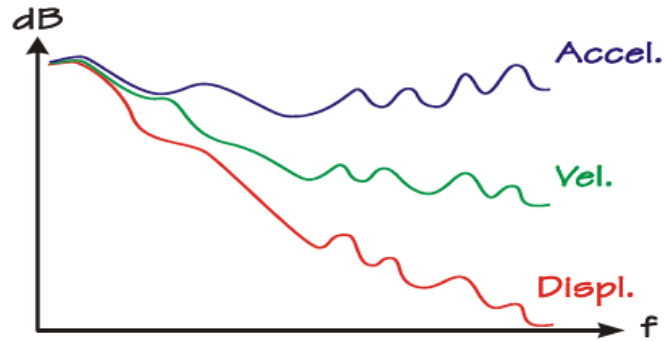


Figura 4. Desplazamiento de las vibraciones
Fuente. Consejería de Educación y Empleo (Junta de Extremadura) (2012)

Frecuencia: es el número de ciclos (veces) que el objeto vibra por segundo. Su unidad de medida es el hercio (Hz). Las vibraciones producidas por las máquinas, generalmente, no tienen una frecuencia determinada, sino que son una mezcla de vibraciones de diferentes frecuencias (Ideara S., 2014).

Formula de medida : $f = \frac{1}{T}$

Periodo (T): es el tiempo requerido para que el sistema efectúe un ciclo completo, es decir, cuánto se demora un cuerpo en volver a su posición original con las condiciones iniciales; está expresado en minutos y segundos.

Se designa por: $T = \frac{1}{F} [Se_9]$

Amplitud (A): es el desplazamiento de la onda a partir de la referencia 0 y su medida puede representarse como: pico-pico o *root meter square* (RMS), [raíz media cuadrática] (Gualotuña, 2016).

- Valor pico (media onda) = Valor equivalente.
- Valor RMS = Valor eficaz.
- Valor RMS = 0.707 Valor equivalente.

El valor de pico a pico indica la distancia entre el máximo y el mínimo valor alcanzado por la señal. Es un parámetro importante para aplicaciones en las que el desplazamiento

vibratorio de una parte de la máquina es crítico, y se obtiene por tensiones o por rozamientos.

El valor de pico es el máximo que alcanza la curva sin tener en cuenta el resto de la señal. Es particularmente útil para medir el nivel de los golpes de las vibraciones de corta duración.

El valor medio de la señal tiene en cuenta toda la señal y su interés práctico es muy reducido, puesto que no guarda relación alguna con ninguna cantidad física de utilidad. Su expresión viene dada por:

$$\text{Valor medio} = \frac{1}{T} \int_0^T |x(t)| dt$$

El valor RMS es la medida más relevante de la amplitud (ver figura 5), porque promedia la señal y proporciona un valor que está directamente relacionado con el contenido energético de la vibración, por tanto con su capacidad destructiva y se expresa por la siguiente ecuación.

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

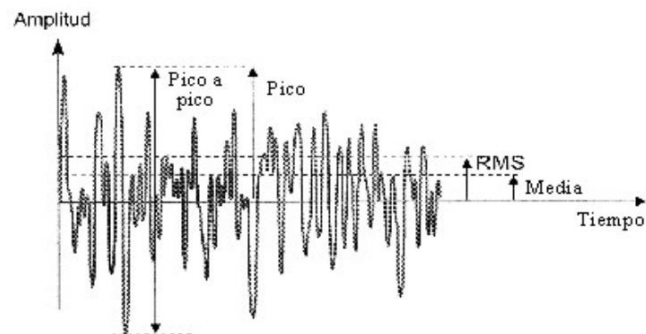


Figura 5. Valor pico-pico, valor pico, RMS y media
Fuente. (Palomino, 2007)

En función de su frecuencia, las vibraciones se clasifican en:

1. Frecuencias muy bajas = 1 Hz
2. Frecuencias bajas = 2 a 20 Hz
3. Frecuencias altas = > 20 a 1000 Hz

4. Vibraciones de Cuerpo Entero (VCE)

Son aquellas vibraciones que se producen cuando gran parte del peso del cuerpo humano descansa sobre una superficie vibrante. Se transmiten generalmente a través de los asientos o de plataformas vibrantes (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2014). Representan riesgos crónicos para la salud de los trabajadores, tales como: lumbalgias, lesiones de la columna vertebral, cuello, entre otras partes del cuerpo, tal y como se visualiza en la Figura 6.



Figura 6. Trabajador expuesto a VCE
Fuente. Tomas propias en visita de campo

Dirección: dependiendo de la incidencia de los efectos al cuerpo humano, las vibraciones de cuerpo entero (VCE) se clasifican para una mejor medición y análisis en tres direcciones lineales y tres rotacionales, y va a depender del tipo de postura que el trabajador adopte (Ideara, 2014).

1. Ejes lineales, designados como eje X (longitudinal), eje Y (lateral) y el eje Z (vertical).
2. Ejes rotacionales: en los ejes X, Y, Z se designan como rx (balanceo), ry (cabeceo) y rz (deriva), respectivamente como se detalla en la siguiente figura.

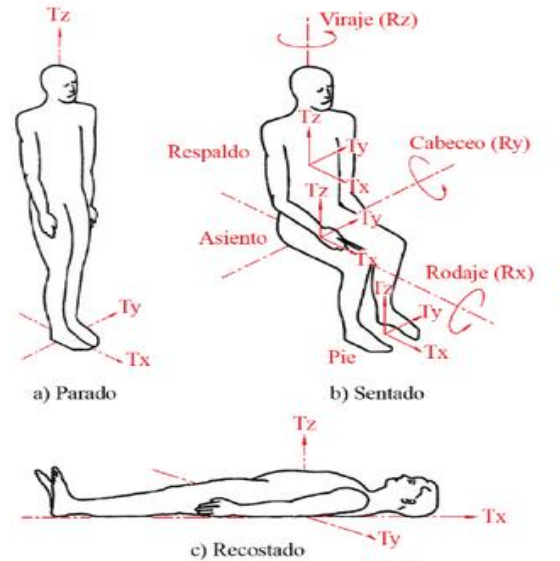


Figura 7. Ejes basicéntricos de cuerpo humano, norma ISO-2631
Fuente. <https://images.app.goo.gl/qAbkgkanYhXUPcQD8>

Como consecuencias de las vibraciones, la INTE/ISO 2631-1:2018, ha establecido valores límites y de acción para la prevención:

- a. El valor límite de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas se fija en $1,15 \text{ m/s}^2$.
- b. El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas que da lugar a una acción se fija en $0,5 \text{ m/s}^2$.

5. Cálculo de Aceleración A (8)

Una vez que se dispone del valor de la aceleración (valor eficaz) y del tiempo de exposición, se determina el valor de la exposición diaria a vibraciones normalizada para un periodo de ocho horas A (8). Como parte del cálculo, debe considerarse si la exposición a la vibración proviene de una sola fuente o de varias fuentes (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2011).

- a. Vibraciones de cuerpo entero con una sola fuente.

Para la evaluación de este tipo de exposición, se utilizan las siguientes expresiones:

$$A_y(8) = 1.4wx \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_y(8) = 1.4wy \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_z(8) = awz \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

Donde:

- T_{exp} = duración diaria a la exposición.
- T_0 = es la duración de referencia de ocho horas.

Paso 1: se determinan los tres valores de la aceleración eficaz ponderada a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} , mediante los datos obtenidos por el fabricante o de las medidas realizadas.

Paso 2: determinar las exposiciones diarias en las tres direcciones x, y, z.

b. Valoración de vibraciones con varias fuentes:

Paso 1: se determinan los tres valores de aceleración eficaz ponderada en las frecuencias: a_{wx} , a_{wy} y a_{wz} de cada fuente, de conformidad con la ecuación anterior.

Paso 2: para cada vehículo o tarea se determinan las exposiciones diarias parciales en las tres direcciones «x», «y» y «z» es decir de los valores de: $A_{x.i}(8)$, $A_{y.i}(8)$, $A_{z.i}(8)$.

Paso 3: se determina la exposición diaria global a las vibraciones para cada uno de los ejes de dirección.

Paso 4: la exposición diaria del conductor a las vibraciones de cuerpo completo es el valor $A(8)$ más elevado de las tres direcciones.

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

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

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

6. Cálculo del tiempo de exposición

Para la evaluación de la vibración de cuerpo entero es sumamente importante determinar exposición diaria real total a la que se expone el trabajador, es decir, no se deben considerar los tiempos en espera, descarga, o fuera de la maquinaria pesada, si este no está con el motor encendido.

La exposición diaria de las vibraciones se puede evaluar de dos formas o de ambas, según la norma ISO 2631-1:1997, al que remite el Real Decreto 1311/2005 de la España.

- a. **Exposición diaria a las vibraciones A (8)**, es la aceleración continua equivalente normalizada para una jornada de ocho horas y se basa en promedio del valor eficaz, medida en m/s^2 . Dicho de otra forma, es la magnitud de vibración expresada de la raíz cuadrática media (R.M.S.) en términos de la aceleración ponderada en frecuencia.
- b. **Valor de la dosis de vibración (VDV)** es una dosis acumulativa basada es en la raíz cuadrada de la aceleración y su unidad son los metros por segundo elevado a 1,75 ($m/s^{1.75}$). Debe normalizarse a una dosis equivalente con un tiempo de exposición de ocho horas, utilizando la siguiente ecuación (Carrillo, 2014).

$$VDV_{(8)} = k_i VDV \left[\frac{T \text{ exp}}{T \text{ med}} \right]^{1/4}$$

Donde:

VDV: Dosis de Vibración normalizada a ocho horas ($m/s^{1.75}$).

K_i : Factor adimensional dependiente del eje de medición, correspondiente con $R_x = K_y = 1.4$ y $k_z = 1$ para cuerpo entero.

VDV: Dosis de vibración parcial asociada al tiempo de medición.

T_{med} ($m/s^{1.75}$)

T_{exp} : Tiempo de exposición efectivo (horas).

T_{med} : Tiempo de medición de la exposición (horas).

Paso 1: determinar los tres VDV ponderados en frecuencia VDV_x , VDV_y , VDV_z .

Paso 2: determinar las exposiciones diarias en las tres direcciones «x», «y» y «z»

Paso 3. el valor más elevado entre VDV_x , $VDV_{exp,y}$ y $VDV_{exp,z}$ es el VDV diario.

El VDV, brinda una mejor indicación de los riesgos de vibraciones que incluyen choques y golpes.

Incertidumbre K: valor que representa la incertidumbre de la medida del valor. Se expresa en m/s^2 .

7. Analizador de las vibraciones

El análisis de las vibraciones se realiza por medio de un instrumento conocido como vibrómetro, está diseñado de manera que permite el procesamiento, almacenamiento y registro de datos.

El vibrómetro dispone de un filtro convertidor de la frecuencia vibratoria (Hz) por medio de una señal eléctrica a un valor de aceleración medido en m/s^2 .

Su principal accesorio es el acelerómetro que es un transductor que detecta el movimiento de una superficie produciendo una señal eléctrica análoga al movimiento de impactos o vibración (Benítez, 2012), tal y como se muestra en la figura 8. La confiabilidad de la señal capturada depende del modo de acoplamiento del acelerómetro a la superficie de la fuente de movimiento (asiento, respaldar, plataforma, etc.) y debe colocarse de manera ortogonal con respecto al plano de los ejes basicéntricos.



Figura 8. Kit de medición de vibración

Fuente. Ramos (2014)

8. Mecanismo de acción y efectos a la salud

Como parte del mecanismo de acción del cuerpo humano, es importante indicar que este, al igual que cualquier estructura mecánica responde a dos tipos de respuesta mecánica, la transmisibilidad y la impedancia (Huerta, 2015).

Transmisibilidad (Tr):

Según (Ringegni & Martínez, 2018) citando a Masfield, (2005) la transmisibilidad es el cociente entre la amplitud de la fuerza transmitida y la de la fuerza de excitación, es decir relación de la vibración medida entre dos puntos, normalmente el punto de conducción y un punto remoto.

Impedancia:

Es la fuerza que se requiere para que el cuerpo se mueva a cada frecuencia, esta depende de la masa corporal y suele presentarse a los 5 Hz. e incide considerablemente en la forma en que se transmite la vibración a través de los asientos (Griffin, 2012), es decir es el punto de contacto, tal y como se muestra en la siguiente figura.

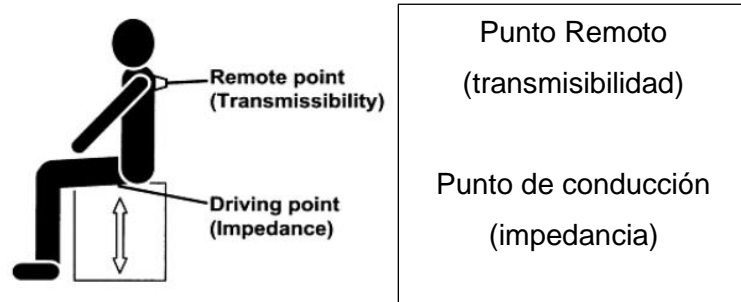
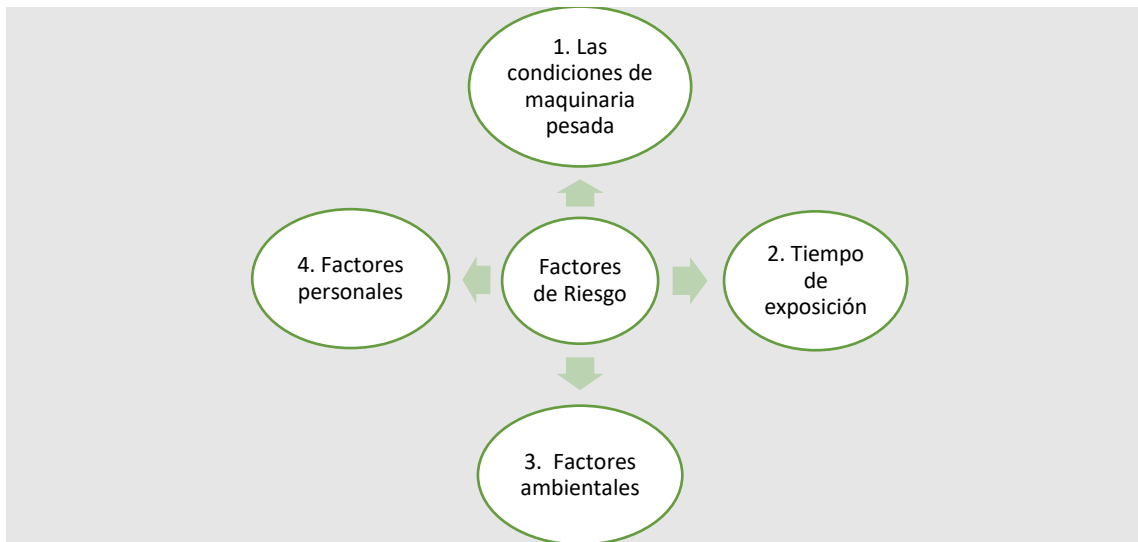


Figura 9. Diferencia conceptual entre transmisibilidad e impedancia
Fuente. Masfield, (2005)

Factores que influyen en el de vibraciones de cuerpo entero

La condiciones y medios ambiente de trabajo, que influyen en la generación del riesgo por exposición a VCE como operador de maquinaria pesada en sector agrícola, se puede clasificar en 4 grupos.



Fuente. (Organización empresarial de logística y transporte, 2018)

1. Las condiciones de la maquinaria pesada

- Mantenimiento inadecuado de la maquinaria (ruedas, asiento, sistema de amortiguación y suspensión y otros aspectos).
- Condiciones del suelo o de carretera por donde transitan u operan las maquinarias.
- Velocidad en que opera las maquinarias.

- Posturas adoptadas producto de puesto o exigencias de trabajo y de la condición de la cabina.
2. Tiempo de exposición: se refiere a las horas en que se expone los trabajadores conduciendo, siendo un factor desencadenante de la probabilidad de sufrir efectos en la salud.
 3. Factores ambientales: comprende los riesgos derivados de condiciones termo-higrométricas, ruido, vibraciones, contaminantes químicos, riesgos locativos entre otros, propios de las condiciones del ambiente laboral.
 4. Factores personales: en este grupo se refiere a las condiciones intrínsecas propias de cuerpo de los trabajadores como; peso, talla, edad, sexo, experiencia y maniobras propias de manejo.

Efectos sobre la salud

La exposición a las VCE está asociada a diferentes patologías dependiendo de los factores antes indicados y del nivel de aceleraciones. En las cuales se pueden citar: problemas vasculares, osteoarticulares, musculoesquelético, efectos sobre el sistema nervioso y el sistema digestivo (Instituto Navarro de Salud Laboral, 2011).

Tabla 1. Patogenia de las vibraciones

Tipo de Frecuencias	Ejemplos de actividades	Efectos a la salud
Muy baja	Movimiento oscilatorio lento (trenes, barcos o aviones)	Consecuencias en el oído medio que causan alteraciones en el equilibrio (mareos, náuseas o vómitos).

De baja frecuencias	Vibraciones producidas por: <ul style="list-style-type: none"> • Carretillas elevadoras • Excavadoras • Maquinaria y vehículos de obras públicas • Vehículos de transporte urbano • Tractores agrícolas • Cosechadoras • Otras maquinarias agrícolas 	<ul style="list-style-type: none"> • Dolores lumbares (discopatías dorso lumbares, ciática) • Dolores cervicales (cuello y hombros) • Agravación de lesiones raquídeas • Consecuencias en el aparato digestivo (hemorroides, diarreas, dolores abdominales) • Disminución de agudeza visual
De alta frecuencia 20-1.000 Hz	Máquinas neumáticas y rotatorias: <ul style="list-style-type: none"> • Martillos neumáticos • Moledoras, Pulidoras • Lijadoras, Motosierras • Motoguarrañas 	

Fuente. Ideara, SL. 2014.

Vigilancia de la salud

De acuerdo con lo expuesto por Instituto Navarro de Salud Laboral (2009), como parte del control a la exposición a las vibraciones de cuerpo entero es necesario establecer un programa de vigilancia de la salud en los trabajadores cuando existan:

- Trabajadores expuestos de forma continua a valores superiores de los niveles de acción de 0.5 m/s^2 .
- Trabajadores expuestos ocasionalmente a los niveles de acción y represente un riesgo en relación con la frecuencia e intensidad de la exposición.
- Trabajadores con traumatismos músculo esqueléticos y dolencias lumbares.

D. Cultivo de piña

Según Jiménez (1999), citado por Esquivel (2008), la piña es una planta que pertenece a la familia de bromeliáceas y su nombre científico es *Ananás Comosus*, es una planta

de tipo herbácea, perenne, con semillas estériles y se reproduce por propagación vegetativa, pero cuando se siembra con propósitos comerciales se altera este sistema tomando los hijos para replantarlos y renovar las plantaciones después de una, dos o hasta tres cosechas.

E. Maquinaria utilizada

1. Maquinaria agrícola

Ortiz-Cañavate (2003), citado por Juan Bosco Loor Sabando (2015), define maquinaria agrícola como una serie de máquinas y equipos que se utilizan en diferentes actividades y labores agrícolas. Y es aquella maquinaria que tiene autonomía de funcionamiento, la cual está integrada por un motor de combustión y determinados mecanismos de transmisión que le permiten moverse o transportarse por el campo cuando ejecuta un trabajo. (p.43)

2. Maquinaria pesada

De igual manera Juan Bosco Loor Sabando, (2015) citando a Ortiz-Cañavate (2003), menciona que la maquinaria pesada, son aquellas máquinas que son usadas en actividades de movimientos de tierra, transportar materiales como tierra, piedra, arena, hormigón, levantar objetos pesados y otros, en actividades de construcción de edificios, carreteras, túneles, minerías y agricultura.(p.45)

En concordancia con las anteriores definiciones, Upala Agrícola dispone de ambos tipos de maquinaria, tales como: tractores de rueda y oruga, retroexcavadoras, montacargas, backhoe, camiones pesados, con capacidad entre 130 y 250 caballos de fuerza (HP) (Esquivel, 2008). Es decir son equipos pesados considerados como tractores grandes y muy grandes, que hacen que se generen vibraciones con niveles de aceleración importante.

Las maquinarias se utilizan en actividades de preparación del suelo, como subsolador, rastra rompedora y afinadora, palín mecánico, encamadora y también se adicionan

equipos de aspersión de agroquímicos, cosechadora de fruta, tratadora de semilla, tanquetas y carretas, tal y como se muestra en la figura siguiente y más específicamente en el anexo 3 (fotografías)



Figura 10. Tractor con Aspersor de Agroquímicos
<http://www.masseyferguson.com.br/campoabierto/pdf/campoabierto110.pdf>

Los tractores agrícolas al igual que cualquier tipo de maquinaria pesada, están compuestos de muchos elementos y partes mecánicas, que pueden incidir directa o indirectamente con la generación de las vibraciones de cuerpo entero.

De ahí que Borjas, (2013) establece la importancia en disponer de un programa de mantenimiento preventivo y predictivo, de manera que minimice el riesgo en los conductores por consecuencias de:

- Desalineamiento
- Desbalanceo
- Resonancia
- Solturas mecánicas
- Llantas con cauchos dañados
- Problemas en las bombas
- Anormalidades en los engranajes
- Problemas eléctricos asociados con motores

- Problemas de poleas y bandas
- Asiento sin sistemas de ajuste y amortiguamiento
- Carencias de soportes en los brazos hidráulicos que son los que facilitan las maniobras con equipos enganchados al permitir la elevación y descenso de estos
- La presión en el sistema de toma de fuerza. Se trata de un eje que transmite movimiento a los equipos enganchados al tractor.

Capítulo 3

METODOLOGÍA

En este apartado se presenta la metodología aplicada para el desarrollo del proyecto, en el cual se procede a indicar el diseño de la investigación, el tipo de estudio, la población y muestra, además de las técnicas e instrumentos de recolección de la información y los medios para el procesamiento de datos.

A. Diseño y tipo de estudio

Se trata de un estudio exploratorio - observacional de alcance correlacional, de acuerdo con lo indicado por (Hernandez, R. Fernández, C. Baptista, 2010). Ya que este estudio está enfocado a relacionar el nivel de riesgo ocupacional con la exposición a las vibraciones mecánicas de cuerpo entero, transmitida por maquinaria agrícola y pesada que se utiliza en la agroindustria de Upala Agrícola.

De igual manera se cataloga como un proyecto con diseño mixto, ya que según Bernal (2010), este tipo de enfoque hace énfasis en la medición, descripción e interpretación de los resultados obtenidos en las evaluaciones en un tiempo determinado, para posteriormente emitir recomendaciones de mejora.

B. Población y muestra de estudio

1. Población

Según (López, P & Fachelli, 2018) definen población como “*conjunto total de elementos que constituyen el ámbito de interés analítico y sobre el que queremos inferir las conclusiones de nuestro análisis, y conclusiones de naturaleza estadística, sustantiva o teórica*”. (p.17). De igual manera Hernandez, R. Fernández, C. Baptista, (2010), definen población como el “*conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones*”.

En concordancia con las anteriores definiciones, la población para llevar a cabo este estudio se determinó en veinte conductores y veinte maquinarias agrícola pesada, entre ellas: tractores de rueda, tractores de oruga, retroexcavadoras, montacargas, backhoe y camiones pesados todos de la empresa Upala Agrícola S.A.

Sin embargo las evaluaciones se realizaron en diecinueve, debido a que, en las fechas de evaluaciones una se encontraba en reparación mecánica.

2. Muestra

Para desarrollar este estudio no se seleccionó ninguna muestra, ya que se tomó en consideración el 100% de los trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo entero, es decir, el universo total de la población.

Dentro de las principales características es que es un grupo homogéneo de trabajadores varones, conductores de maquinaria pesada con exposición a vibración, pero de diferentes tipos, ya que en Upala Agrícola se dispone de tractores, camiones, montacargas, retroexcavadoras, entre otras maquinarias.

3. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión son: conductores con más de un año de laborar con maquinaria agrícola o maquinaria pesada, que voluntariamente quieran participar en este estudio y que firmen el consentimiento para su inclusión.

Como factores o criterios de exclusión son:

- Trabajadores que por su decisión personal no deseen formar parte del proyecto.
- Trabajadores que tengan menos de un mes de laborar para la empresa.

4. Cantidad de participantes

Con fin de que el estudio sea representativo para toda la empresa Upala Agrícola, se hicieron evaluaciones en 19 maquinarias (tractores, retroexcavadoras, montacargas, y camiones de carga pesada) operadas por 19 conductores que corresponde a un 95% de la población prevista, nombrados con el puesto de operario de maquinaria pesada.

C. Métodos y técnicas de recolección de información

1. Revisión bibliográfica

Consistió en la revisión sistemática y exhaustiva de diferentes fuentes bibliográficas primarias y secundarias (libros, páginas web, revistas, artículos científicos, normas, leyes y reglamentos), sobre temas relacionados con las vibraciones mecánicas y sus efectos o traumatismos músculo esqueléticos, ya que de aquí depende la base de este estudio.

Entre las principales se detallan:

- Norma ISO 2631-1:1997
- Norma UNE/ISO 2631-1-2008
- Decreto R.D. 1311/2005 (legislación española)
- La Norma Británica 6841
- Directiva 2002/44/CE
- INTE/ISO 2631-1:2018 (norma nacional)
- Artículos científicos recuperados;
 - *Scientific Electronic Library Online (Scielo)*
 - *PubMed*
- Bases de datos y repositorios académicos
 - Tecnológico de Costa Rica
 - Universidad Técnica Nacional
 - Universidad Nacional de Costa Rica
 - Universidad Austral de Chile

1. Guías de campos

Con el fin de disponer de instrumentos para anotar todos aquellos datos necesarios, como condiciones de exposición, medidas seguridad, lecturas de tipo ambiental, entre otras, se diseñaron guías específicas para utilizarlas como instrumento de campo.

Primero: guía observacional de condiciones laborales que incluirá: tipo de maquinaria, (marca, modelo y antigüedad) condiciones y características (mantenimiento), topografía, condiciones de confort, equipo de protección personal, entre otros aspectos. (Ver apéndice 3. Lista de verificación de condiciones mecánicas de la maquinaria)

Un segundo instrumento para la recolección de datos referente al trabajador y su historia clínica laboral, (exámenes de preexposición periódicos) licencias de operador, jornadas trabajo y otros. (apéndice 1. Cuestionario de entrevista a conductores de maquinaria pesada).

2. Entrevistas semiestructuradas

Se realizarán entrevistas cortas semiestructuradas a trabajadores y empleadores para conocer su valoración del riesgo concebido (ver anexos 1 y 2), ya que permiten, durante la entrevista, cierto grado de flexibilidad, tanto en el formato como en el orden y los términos de realización según el tipo de trabajador (Bernal, 2010).

También se aplicará el Cuestionario Nórdico de Kuorinka, que se trata de una herramienta enfocada a detectar y analizar síntomas iniciales de traumatismos músculo esqueléticos en la población expuesta, antes de consultar al médico (Kuorinka, B. Jonsson, A. Kilbom, H. Vinterberg, F. Biering-Sørensen & Andersson.1987).

B. Equipo para la medición cuantitativa

Para llevar a cabo la medición cuantitativa se hizo uso de un monitor de vibraciones de cuerpo entero, con capacidad de almacenar el índice de Aceleración Ponderada en Frecuencia ($A_{eq} \text{ m/s}^2$), y el Valor Dosis de Vibración normalizada a ocho horas $VDV(\text{m/s}^{1.75})$, cumpliendo con las exigencias establecida en la norma ISO 8041-1: 2017.

1. Descripción de equipo

- Vibrómetro, marca Cirrus, modelo CV:31 A, serie número: 162034.
- Certificado de calibración número; 55387 con vencimiento el 25 de mayo 2021.
- Dispone de funciones de medición y análisis de exposición a la vibración humana, aceleración, velocidad y desplazamiento.
- El CV:31A cumple los requisitos para vibrómetros para evaluaciones en humanos conforme a la ISO 8041-:2017.
- Acelerómetro triaxial conforme a la ISO 5349, ISO 2631 y la Directiva 2002/44/CE.

2. Medición

El tiempo en cada una de las evaluaciones de VCE, estará comprendida entre tres (3) y cinco (5) minutos de Aeq por cada parámetro de medición, y se valoran condiciones reales de exposición presente durante la jornada de trabajo, tal y como lo establece la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España, ya que la norma nacional no lo tiene establecido.

Se coloca el acelerómetro triaxial en el asiento de la maquinaria pesada donde se sienta el conductor (ver figura 11), conectado en los canales 1, 2 y 3, es decir, las direcciones X, Y, Z, respectivamente, conforme lo recomienda la norma INTE/ISO 2631-1-2018, que menciona “La duración de la medición debe ser lo suficiente como para asegurar una precisión estadística razonable y que la vibración sea típica de las exposiciones que están siendo evaluadas” (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2018).

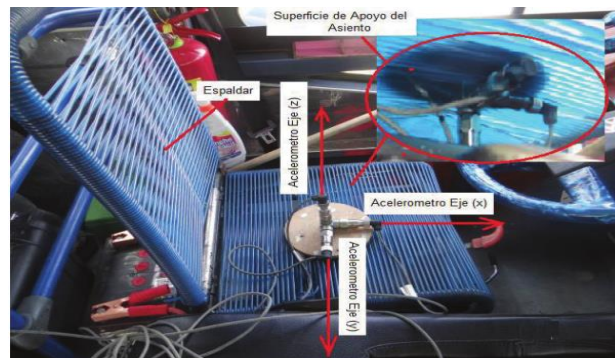


Figura 11. Ubicación del acelerómetro en el asiento del conductor

Fuente. (Gualotuña, 2016)

Los valores obtenidos en cada uno de los ejes (X, Y, Z) se comparan con valores de los límites establecidos en la INTE/ISO 2631-1-2018, para un periodo de exposición de ocho horas. El resultado final de la aceleración eficaz ponderada R.M.S o VDV, se obtiene del tiempo de medición (minutos), multiplicado por la duración de la jornada de exposición (horas) mediante el Software CV31A-1.xlsm.

D. Descripción del sitio y etapas de estudio

El presente proyecto se llevó a cabo en la empresa Upala Agrícola, específicamente en líneas y campos de producción que cuentan con actividades que hacen uso de maquinaria pesada (tractores y camiones) y que generan vibraciones mecánicas de cuerpo entero. Y se desarrolló en tres etapas:

1. Un taller con la población de participantes, donde se recolecto la información y datos de importancia para el proyecto, mediante la aplicación del cuestionario nórdico y otros preestablecidos.
2. Como segunda etapa, sé realizó las evaluaciones de campo, mediante el uso de un vibrómetro marca Cirrus. (ver sección B.1 de este capítulo).
3. Por último se desarrolla la propuesta de control de vibraciones de cuerpo entero.

E. Plan para el análisis (estadístico) de los datos

Una vez realizadas las investigaciones y las evaluaciones de campo mediante el uso del acelerómetro, la información obtenida de conformidad con las variables de estudio se agrupa en hojas de registros en *Microsoft Excel* y se presenta en tablas estadísticas a través de cuadros y gráficos.

De igual manera el vibrómetro usado permite la descarga de datos a través de un software específico compatible con *Microsoft Excel*, lo cual permite la tabulación y cruce de variables, correlación y regresión de análisis de gestión.

F. Alcance y limitaciones

1 Alcance

- Se evalúan las exposiciones a vibración de cuerpo entero a las que están expuesto todos los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola, a través de la determinación de la magnitud de aceleración equivalente ponderada en frecuencia (Aeq).
- El estudio determina solamente el riesgo higiénico en la etapa de reconocimiento y evaluación, sin poder comprobar la implementación práctica de la etapa de control, ya que esta sería posterior a la presentación de este estudio.
- El plan de control de VCE y los riesgos encontrados se darán a conocer, en conjunto con la Oficina de Salud Ocupacional y se pondrá en marcha el sistema de monitoreo de control sanitario de vibraciones cuerpo entero conforme lo establece la norma INTE/ISO-2631-1.2018.
- Las evaluaciones comprenden, los tractores de rueda, oruga y camiones de carga pesada, que transportan la piña dentro de la finca de Upala Agrícola.

2 Limitaciones

- La percepción del riesgo a las vibraciones de cuerpo entero, que puedan tener algunos conductores referentes al efecto agudo o crónico de su exposición ocupacional, por el desconocimiento de sus afectaciones en su salud.
- La respuesta dada en los cuestionarios por parte de los trabajadores puede que afecte la exactitud del estudio a causa de apreciaciones subjetivas o no recordar eventos o experiencias sucedidas.
- Deficiente registro de la historia clínica de trabajadores a nivel de empresa Upala Agrícola (incapacidades, dolores frecuentes y otros).
- La no realización de exámenes de médicos, relacionados a la exposición de vibraciones de cuerpo entero, limita la profundidad de análisis del riesgo asociado.
- La escasez de estudios técnicos, enfocados a los riesgos higiénicos ocupacionales derivados de las VCE, en sector agrícola piñero costarricense, limita su análisis y revisión bibliográfica.

G. Definición de variables

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Definición instrumental	Indicador de medición
<p>1. Evaluar los niveles de la aceleración equivalente ponderada (Aeq) de las VCE, a que están expuestos los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola, con base en la norma INTE/ISO 2631-1:2018</p>	<p>Niveles de vibración de cuerpo entero</p>	<p>Es la variación de los niveles vibratorios en relación con la velocidad, el tiempo y la aceleración de un cuerpo en movimiento y se obtiene de la segunda derivada del desplazamiento o la primera derivada de la velocidad, expresada en m/s^2 cuando es medida en R.M.S, o en $m/s^{1.75}$ en VDV.</p>	<p>Se refiere al nivel o valor de aceleración ponderada en frecuencia "Aeq" dada por el acelerómetro en los tres ejes de medición (X, Y, Z).</p>	<p>Valor obtenido de la aceleración equivalente en frecuencia en R.M.S o VDV en ocho horas de exposición. su comparación con las normas: ISO-2631-1-1997 y la INTE/ISO 2631-1:2018</p>

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Definición instrumental	Indicador de medición
<p>2. Valorar preliminarmente las condiciones y medio ambiente de trabajo (CyMAT) y el tiempo de exposición, que influyen como riesgo y confort en los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola.</p>	<p>Valoración de las condiciones y medio de trabajo, con la exposición a vibraciones.</p>	<p>Evaluación de los factores de riesgo del medio ambiente de trabajo (físicos, químicos, biológicos, tecnológicos, higiénicos, seguridad, locativos, etc.) a los que están expuestos los conductores de maquinaria pesada en sector piñero.</p>	<p>Evaluación de riesgos mediante inspección y valoración, basada el criterio técnico profesional y con ayuda de guías de chequeo en el campo.</p>	<p>Resultados obtenidos del índice térmico, de las posturas adoptadas, del estado condición de (maquinaria, asientos) Afectaciones de salud) Clasificación de factores de.</p>
<p>3. Proponer un programa de control ocupacional y vigilancia de la salud, para la exposición a las vibraciones de cuerpo entero, en los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola.</p>	<p>3.1 Análisis de los riesgos asociados 3.2 Creación de los medidas y procedimientos de control del riesgo VCE</p>	<p>Definición de las variables del programa de Higiene Ocupacional en VCE de manera que contemple grado de peligrosidad, criterios de evaluación y procedimientos de organización, detección, seguimiento y vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos de la empresa Upala Agrícola.</p>	<p>Criterios de Norma INTE/ISO 2631-1:2018</p>	<p>Propuesta elaborada y presentada a empresa Upala Agrícola</p>

Capítulo IV.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

A. Datos generales

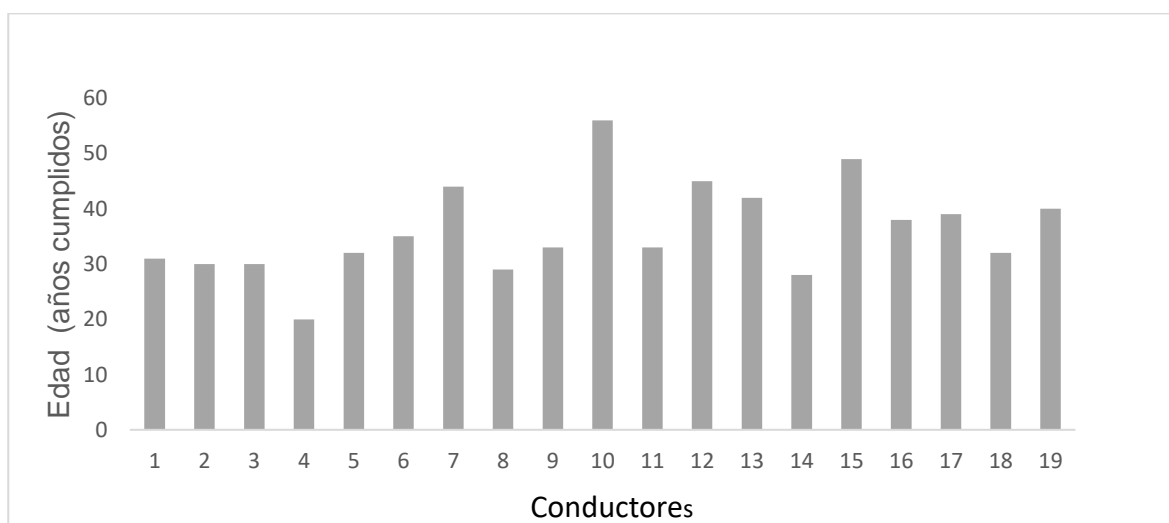
Upala Agrícola es una empresa del sector piñero que cuenta con más de 850 trabajadores actualmente. Para efecto de este estudio se consideró el puesto de diecinueve conductores de maquinaria agrícola y pesada, que se describen de la siguiente manera.

1. Población de estudio

Los trabajadores que formaron parte del estudio se consideran como un grupo homogéneo, ya que todos son conductores profesionales de, tractores de rueda, tractores de oruga, retroexcavadoras, montacargas, backhoe y camiones pesados, y cuentan con licencias de conductor tipo B4, D1, D2, D3, de acuerdo con la Ley de Tránsito por Vías Públicas Terrestres y Seguridad Vial (N° 9078).

Su horario de trabajo se encuentra en un rango de 8 a 12 horas diarias, y por su tipo de labor, su exposición a los diferentes agentes y factores de riesgos son similares. Ver tabla 5 (Factores de riesgos asociados a las CyMAT de los conductores). Y cumplen con el criterio de inclusión indicado en capítulo 3, sesión B.3.

Gráfico 1. Edad de los conductores de maquinaria pesada, Upala Agrícola



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Datos de los conductores en estudio (nombre, edad, años de labor con maquinaria pesada, Upala Agrícola 2020)

Número	Equipo	Operario	Edad	Años labor	
				C/MP (¹)	UP (²)
C1	Mini draga #102	Solano López German	31	7	7
C2	Mini draga #104	Rodríguez Cruz José Andrés	30	6	6
C3	Tractor #240	Reyes Espinoza Danier	30	10	7
C4	Tractor de oruga (rentado)	Trujillo Sequeira Brandon	20	4	0
C5	Retroexcavadora 210G	Artavia Arce Marlon	32	10	0
C6	Tractor #259	Vega Ortiz Edwin	35	6	6
C7	Camión M5	Sanabria Villalobos Norbert	44	10	4
C8	Tractor #243	Araya Álvarez German	29	3	5
C9	<i>Backhoe</i> #91	Torres Rojas Ronny	33	18	11
C10	Tractor #250	Altamirano Martínez Nicolás	56	15	10
C11	Tractor #237	Sánchez Ordoñez Erar	33	18	11
C12	Banda cosechadora, 201	Pilarte López César	45	11	13
C13	Tractor #201	Arias Arias Guillermo	42	9	11
C14	Cosechadora #4304	Ramírez Caldera Ben Antony	28	6	9
C15	Telehandler	García Ortiz René	49	11	7
C16	Montacargas de planta #44	Espinoza Martínez Juan Pablo	38	7	5
C17	Tractor #203	Potoy Pedroza Robin	39	13	14
C18	Tractor #222	Muñoz Alemán Luis Gabelo	32	3	3
C19	Camión de fruta C161600	Castillo Chavarría José Luis	40	10	6

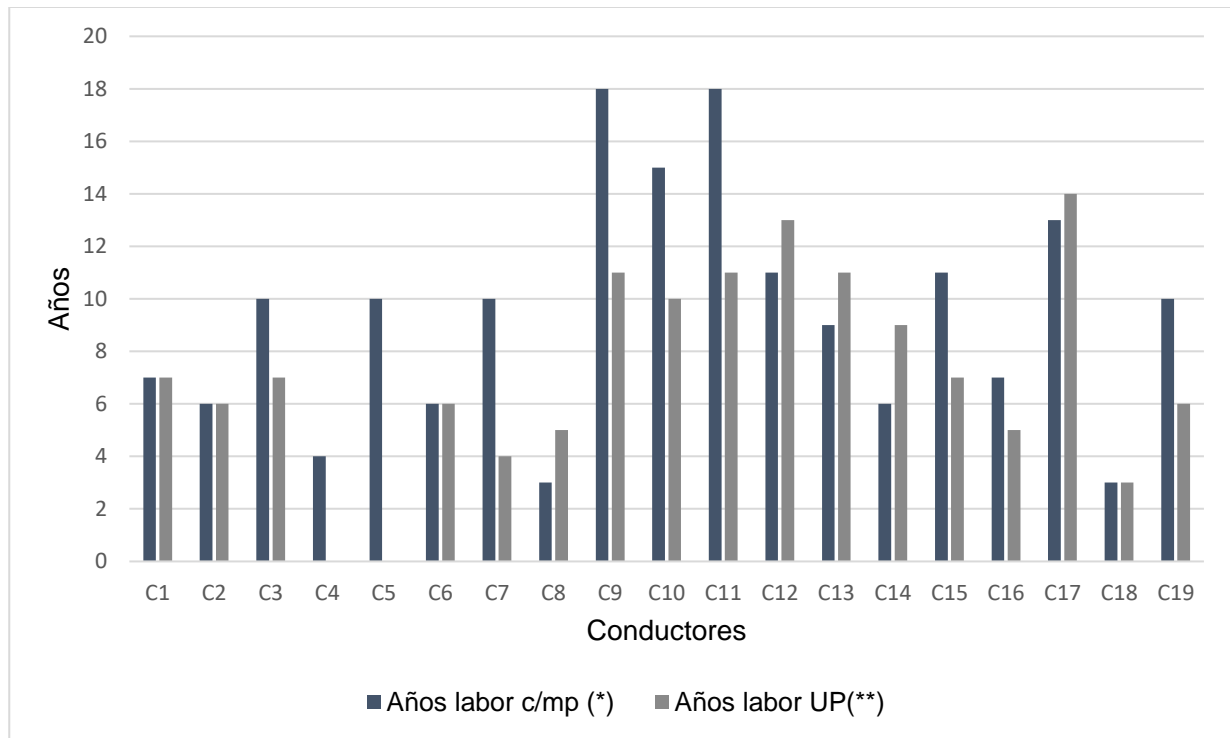
Nota: ¹ C/MP= años de labor con maquinaria pesada,

² UP= años de labor en Upala Agrícola

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo con la tabla anterior podemos resumir que la edad de los trabajadores se encuentra entre 20 y 56 años edad. Por su parte los años de labor se explican en el grafico siguiente.

Gráfico 2. Tiempo laborado con maquinaria pesada, dentro y fuera de Upala Agrícola.



Fuente. Elaboración propia.

El gráfico anterior indica que del total de los conductores, el 84% de estos cuentan con más de tres (3) años de labor con maquinaria pesada. De igual manera todos los operarios tienen más de tres años de trabajar para la empresa Upala Agrícola.

El conductor con código C18, es el que tiene menos años de trabajar con maquinaria pesada (3 años) y todos estos ha laborado con la empresa Upala Agrícola.

De igual manera el gráfico refleja que existe dos trabajadores que tienen más de 18 años de labor con maquinaria pesada.

Así mismo lo conductores C4 y C5 únicamente han trabajado para Upala Agrícola.

2. Características de la maquinaria pesada

Características y condiciones principales de la maquinaria que formó parte de este estudio. Información que se recopiló mediante ficha de chequeo aplicada (ver apéndice 2. Lista de verificación de condiciones mecánicas de la maquinaria)

Tabla 3. Características y condiciones de la maquinaria

Maquinaria (tipo, placa o cód.)	Marca	Accesorio de trabajo	Condiciones		
			Asiento	Llantas	Estado
Mini draga 102	Caterpillar	Ninguno	2	NA	3
Mini draga 104	Caterpillar	Ninguno	2	NA	1
Tractor 240	John Deere	Subsoladora	1	1	1
Tractor de oruga	CASE	Ninguno	2	NA	
Retroexcavadora	210G motor 119kW	Ninguno	1	NA	1
Tractor 259	John Deere	Carreta	2	2	1
Camión M5		Tanqueta de agua	1	1	1
Tractor 243	John Deere	<i>Spray Boom</i>	1	1	1
<i>Backhoe</i> 91	Caterpillar	Ninguno	2	2	1
Tractor 250	John Deere	Cosechadora	2	2	1
Tractor #237	John Deere	Cosechadora	2	1	1
Cosechadora, 201	NA	Banda de cosecha	3	2	3
Tractor 201	John Deere	Cosechadora	2	3	3
Cosechadora 4304	NA	Banda de cosecha	3	3	2
Telehandler	JBC 506C	Ninguno	1	1	1
Montacarga 44	Nissan 55 HP	Ninguno	1	1	1
Tractor 203	John Deere	Banda cosechadora	2	1	1
Tractor 222	John Deere	Tanque agua	3	2	1
Camión de fruta C161600	Freightliner	Bines de carga	2	1	1

Nota: 1. Buena, 2 Regular, 3. Deficiente
Fuente. Elaboración propia

Tabla 4. Descripciones detalladas de cada una de las labores

Puesto	Actividades principales	Cantidad de conductores
Operador de tractor en el transporte de fruta	<ul style="list-style-type: none"> • Recorrido con carretas de la planta de proceso a los lotes de cosecha. • Transporte por calles piedra y tierra hasta la planta empacadora o plantel de carga de camiones en campo. 	05
Operador de camión	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de tanqueta de agua (llena o vacía) para aplicación de agroquímicos. • Transporte de bines por calles de piedra y tierra de larga distancia. 	02
Operador de tractor con cosechadora	<ul style="list-style-type: none"> • Conducción del tractor con la cosechadora de fruta pegada. • Verificación del recorrido de la banda donde se coloca la fruta cosechada. • Movimiento por caminos con desnivel, barro. 	03
Operador maquinista de cosechadora	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación del recorrido de la banda donde se coloca la fruta cosechada. • Movimientos y choques bruscos de la máquina cuándo se hacen cambios de carretas. 	03
Operador de Mini <i>Backhoe</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Traslado al sitio a realizar la tarea, de retroexcavación de zangas u otras acciones en la preparación de terreno. 	02
Operador de <i>Backhoe</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Traslado por calles internas (tierra y piedra) reparación de caminos, y preparación de terrenos, zanjeo. 	1
Operador de tractor con <i>Spray Boom</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aspersión de agroquímicos en sobre los cultivos y traslado de por caminos internos y externos. • Movimiento de las astas de boquillas aspersión. 	1
Operador tractor de oruga	<ul style="list-style-type: none"> • Reparación de caminos, preparación de terrenos para la siembra. 	1
Operador de retroexcavadora	<ul style="list-style-type: none"> • Zanjeo profundo en terrenos para la preparación del cultivo y otras acciones como cargado de materiales a vagonetas. 	1

Fuente. Elaboración propia

3. Condiciones y medio ambiente de trabajo

En este apartado se detallan los siguientes factores de riesgo más comunes como parte de las condiciones y medio ambiente de trabajo a las que se exponen los conductores de la maquinaria pesada, descritas en la tabla anterior. Cabe indicar que esta valoración se hace en condiciones normales de operación, pero no son evaluadas de forma individual para cada uno de conductores según la maquinaria.

Tabla 5. Factores de riesgos asociados a las CyMAT de los conductores

Agente	Condiciones y Medio Ambiente	
	Factores de riesgo	Características o condiciones
Físicos	Ruido	Niveles de intensidad ruido, producto de la presión sonora de los automotores y maquinaria pesada, que basada en tablas mencionan rango entre 80 -100 dBA Variable que se puede considerar en un estudio futuro.
	Temperatura	Índice calor con nivel en III y IV en ciertas horas o temporadas, según lo establece el Decreto 39147-S-TSS, cuando se labora con tractores sin cabinas climatizadas, aspecto considerado por la humedad relativa y la temperatura ambiente.
	Vibraciones	Magnitud de aceleración de vibraciones de cuerpo entero superiores a los establecido como aceptable.
Químicos	Polvo particulado	Material particulado producto de la generación de polvo de la tierra o de productos químicos.
	Neblinas	Aspersión de agroquímicos (grado bajo ya que se usan en equipo de protección personal y el tractor con cabina climatizada y cerrada).
	Humos y gases	Productos de combustión de hidrocarburos de maquinaria pesada.
	Posturas	Posturas de sentado en sillas inapropiadas (sin respaldar, asientos rotos sin

Ergonómicos (disergonómicos)		amortiguación, y carentes de dispositivos de ajustes).
	Movimientos	Torsión de cuello y tronco (espalda baja).
	Carga estática	Postura incómoda, jornadas de trabajo entre 8 y 12 horas diarias.
		Asientos no apropiados (banda de maquinaria cosechadora).
Mecánicos	Maquinaria en movimiento	Velocidad de la maquinaria. Partes en movimientos de ruedas, poleas, banda, carreta. Contacto con superficie motor.
Locativos	Topografía del terreno	Irregularidad de los terrenos.
	Condiciones del terreno	Lodo a nivel de rutas, accesos a lotes.
	Escalera	Escalerillas de acceso a tractores y maquinaria, resbaladizas.
	Asientos	Asientos desvanecidos, rotos, sin amortiguamientos, sin respaldo.

Nota: CyMAT/ Condiciones y medio ambiente de trabajo (ver fichas de inspección en el apéndice 1 y 2 aplicado)

Fuente. Elaboración propia.

B. Resultados de las evaluaciones

En Costa Rica la norma técnica INTE/ISO-2631-2018 establece que el intervalo de frecuencia considerado para la salud, bienestar y percepción es de 0.5 Hz a 80 Hz, referenciada por la curva de sensibilidad humana a vibraciones. Es decir por los valores de la aceleración ponderada en frecuencia (W), para una determinada dirección de exposición.

Para esto se establecen criterios de medición, en los ejes basicéntricos (X, Y, Z), de la siguiente forma:

- W_k = Exposición de cuerpo entero en posición de sentado para el eje Z.

- W_d = Exposición de cuerpo entero en posición de sentado para los ejes X, Y.

Los criterios antes indicados fueron programados en el vibrómetro, colocando el traductor del acelerómetro en el asiento de cada una de las maquinarias que se evaluaron y bajo la tuberosidad isquiática de la pelvis de cada conductor en contacto.

El acelerómetro se sujeta con una faja al asiento, para evitar que este se mueva cuando la maquina está en movimiento o sea movido por operador de maquinaria.



Figura 12. Colocación del acelerómetro
Fuente. *Elaboración propia*

1. Duración de la medición

Según la norma INTE/ISO-2631 (2018) en la sección 5.5 “la duración de las mediciones debe ser lo suficiente para asegurar el análisis estadístico de las vibraciones que se están evaluando. De igual manera establece que para obtener un nivel de confianza de un 90% se requiere una duración mínima de 108 segundos”, (p.12).

Reglamentaciones de países europeos y latinos, siguiendo recomendaciones del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (2005) indican que se debe realizar una medición con una duración mínimas de 3 minutos, durante diferentes horas de la jornada laboral y, posteriormente, determinar el valor ponderado de magnitud, mediante la siguiente formula.

$$a_w = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N a_{wj}^2 \cdot t_j}{T}}$$

donde:

- $a^2 w_j$ es el valor medido de la aceleración para la muestra j
- t_j = es la duración de dicha medición (muestra j)
- $T = \sum_{j=1}^N t_j$ es la duración total de las mediciones cada uno de los ejes

Para efecto de este estudio se realizaron las evaluaciones considerando el criterio técnico y las recomendaciones indicadas anteriormente, tanto por la norma INTE/ISO-2631, y del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, las cuales se indica en la siguiente tabla.

Tabla 6. Criterios tomados para las evaluaciones de campo de las VCE

Cantidad de muestreos por maquinaria	Duración en minutos	Ponderación de la medición en frecuencia (W)	Parámetros finales de evaluación
4	3 por cada maquina	W_k y W_d	RMS y VDV

RMS = Valor cuadrático medio de aceleración ponderada (m/s^2)

VDV= El valor dosis de vibración en periodo de tiempo

De igual manera y conforme la norma costarricense INTE/ISO-2631-1-2018, dispone que para la evaluación del valor total de la aceleración ponderada (R.M.S.) en frecuencia, cuando no existe un eje predominante, se debe aplicar la siguiente ecuación.

$$a_v = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- a_{wx} , a_{wy} , a_{wz} son las aceleraciones R.M.S. ponderadas en los ejes ortogonales. k_x , k_y , k_z = Factores de multiplicación.
- Para la posición de sentado según la norma INTE/ISO 2631-1-2018, estos factores se programan en el vibrómetro usado (ver figura 16) de la siguiente manera:
 - eje X: W_d , $k = 1,4$
 - eje Y: W_d , $k = 1,4$
 - eje Z: W_k , $k = 1$

Para una mejor comprensión de la programación de estos parámetros, se puede ver ejemplos resueltos en el anexo 4, de la guía sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones en el trabajo) de Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas 2008, ISBN 978-92-79-07534-6

2. Equipo de medición

En el desarrollo de este trabajo se utilizó el siguiente equipo de medición:

- Vibrómetro, marca Cirrus, modelo CV.31 A, serie número: 162034
- Certificado de calibración número; 55387 con vencimiento el 25 de mayo 2021.
- Dispone de funciones de medición y análisis de exposición en modo de vibración humana, aceleración, velocidad y desplazamiento.
- El CV.31A cumple los requisitos para vibrómetros conforme a la ISO 8041, (mediciones en humanos).
- Acelerómetro triaxial conforme a la ISO 5349, ISO 2631 y la Directiva 2002/44/CE.

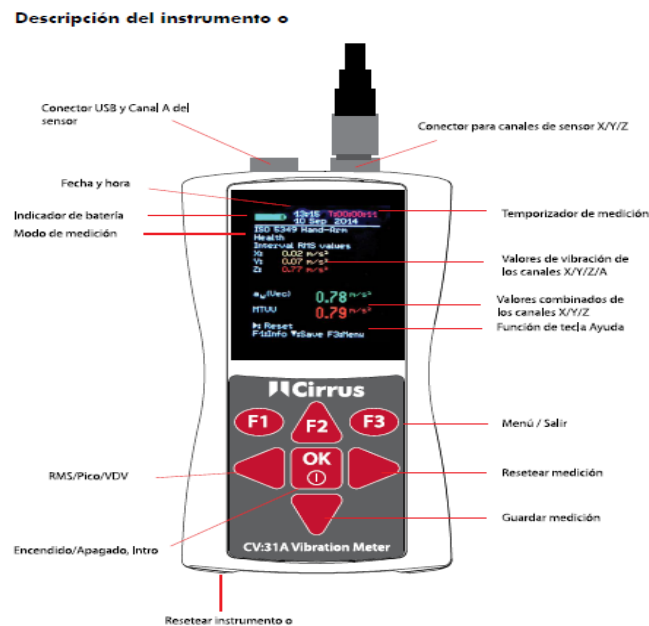


Figura 13. Vibrómetro Cirrus
Fuente: Manual usuario del vibrómetro CV:31A

3. Valores límites permisibles (TLV)

Para Costa Rica no existe una ley o un reglamento específico, como sí existe en países como Gran Bretaña, España, Alemania y Chile.

A nivel país se dispone de la norma INTE/ISO 2631-2018, donde se establecen valores de acción a la exposición y límite máximo a la exposición de la vibración de cuerpo entero, mismo que se expusieron a detalle en apartado teórico.

Para efecto de este proyecto y de conformidad con el *software* CV31A, del vibrómetro, marca Cirrus, se procede a establecer el siguiente criterio de nivel de riesgo y control, de acuerdo con el valor de exposición a las VCE.

Para la codificación de los colores se toma como guía, lo establecido en la norma ISO 10816 (Saavedra, 2014), y el modelo de la matriz de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos (IPER), de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS).

Tabla 7. Criterio de clasificación para exposición a la aceleración ponderada (R.M.S.)

Valor	Nivel de riesgo	Control
$A_{eq}(8) \leq 0,5 \text{ m/s}^2$	Bajo	Ninguno
$0,5 \text{ m/s}^2 < A_{eq}(8) \leq 0,813 \text{ m/s}^2$	Moderado	Valor de nivel acción
$0,813 \text{ m/s}^2 > A_{eq}(8) > 1,15 \text{ m/s}^2$	Alto	Valor importante acción
$A_{eq}(8) \geq 1,15 \text{ m/s}^2$	Crítico	Valor límite de exposición

Fuente. Elaboración propia, adaptación de la norma ISO/INTE-2631-2018.

Tabla 8. Criterio de clasificación para exposición al Valor Dosis de Vibración (VDV)

Valor	Nivel de riesgo	Control
$VDV(8) > 9,1 \text{ m/s}^{1,75}$	Bajo	Ninguno
$9,1 \text{ m/s}^{1,75} \geq VDV(8) < 17,1 \text{ m/s}^{1,75}$	Moderado	Valor de nivel acción
$> 17,1 \text{ m/s}^{1,75} < VDV(8) < 21 \text{ m/s}^{1,75}$	Importante	Valor importante de acción
$VDV(8) > 21 \text{ m/s}^{1,75}$	Crítico	Valor límite de exposición

Fuente. Elaboración propia, adaptación de la norma ISO/INTE-2631-2018.

Nivel de Riesgo	Acciones de gestión
Riesgo Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> • No se necesita mejorar la acción preventiva. • Se deben realizar inspecciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Riesgo Moderado	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere de esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas a mediano plazo y de bajo costo. • Las medidas para reducir el riesgo deben implementarse en un periodo determinado.
Riesgo Importante	<ul style="list-style-type: none"> • Para realizar el trabajo se debe proporcionar EPP adecuado. Requiere de recursos considerables para controlar el riesgo. • Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe corregirse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Riesgo Intolerable	<ul style="list-style-type: none"> • No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. • Se debe proporcionar y utilizar EPP adecuado, (guantes vibratorios, cinturón lumbar, incluyendo la vestimenta y las instrucciones para la utilización y el mantenimiento del EPP).

Fuente. Elaboración propia

4. Evaluaciones de campos

Tabla 9. Valores de aceleración ponderada (m/s^2) r.m.s de exposición diaria A(8)

Conductor	Maquinaria	Cantidad Actividad	Factor cresta	Tiempo medición (minutos)	Duración Jornada (Ti)		Aceleración (IRMS)			Suma Vector	Max. RMS	Exposiciones parciales		
					h	min	awx	awy	awz	Aw(vec)	MTVV	A (8)x	A (8)y	A (8)z
							m/s^2	m/s^2	m/s^2	m/s^2	m/s^2	m/s^2	m/s^2	m/s^2
C1	Mini-draga 102	A 1	8.5	3	1	00	1,55	0,24	0,69	1,71	0,12	0,39	0,06	0,17
		A 2		3	7	00	0,87	0,22	0,42	0,99	0,11	0,82	0,21	0,39
C2	Mini-draga 104	A 1	8.6	3	0	30	0,42	0,15	0,20	0,48	0,10	0,11	0,04	0,05
		A 2		3	7	00	0,42	0,29	0,22	0,55	0,09	0,39	0,27	0,20
		A 3		3	0	30	0,54	0,53	0,28	0,80	0,09	0,13	0,13	0,07
C3	Tractor 240	A 1	4.2	2	7	00	0,92	0,89	0,26	1,30	0,14	0,23	0,22	0,07
		A 2		2	0	30	0,60	0,42	0,15	0,74	0,11	0,15	0,11	0,04
		A 2		2	0	30	0,46	0,43	0,15	0,64	0,08	0,43	0,41	0,14
C4	Tractor oruga CASE 649	A 1	12.2	2	7	00	22,86	37,05	34,28	55,41	0,11	4,04	6,55	6,06
		A 2		2	0	30	0,51	0,49	0,65	0,96	0,10	0,49	0,46	0,62
		A 3		2	0	30	0,56	0,54	0,75	1,08	0,13	0,17	0,17	0,23
C5	Retroexcavadora Deere 210G	A 1	11.3	4	8	00	4,26	8,42	3,62	10,10	0,07	4,26	8,42	3,62
C6	Tractor rueda 259	A 1	4.6	3	3	00	0,23	0,31	0,18	0,43	0,06	0,22	0,29	0,17
		A 2		2	2	00	0,27	0,41	0,22	0,53	0,07	0,07	0,10	0,05
		A 3		3	3	00	0,40	0,62	0,28	0,78	0,11	0,10	0,15	0,07
C7	Camión con tanqueta agua M5	A 1	8.2	3	6	00	0,79	1,00	0,73	1,46	0,33	0,69	0,86	0,63
		A 2		2	1	30	0,67	1,20	0,98	1,68	0,17	0,29	0,52	0,43
		A 3		3	0	30	0,59	0,85	0,73	1,27	0,12	0,15	0,21	0,18
C8	Tractor con <i>Spray Boom</i> 243	A 1	5.5	3	4	00	0,22	0,34	0,17	0,43	0,05	0,16	0,24	0,12
		A 2		3	4	00	0,29	0,39	0,19	0,51	0,07	0,21	0,27	0,13

“Continuación...”

**Tabla 9. Evaluaciones de aceleración ponderada (m/s²) R.M.S.
...continuación.**

Conductor	Maquinaria	Cantidad Actividad	Factor cresta	Tiempo medición (minutos)	Duración Jornada (Ti)		Aceleración (IRMS)			Suma Vector	Max. RMS	Exposiciones parciales		
					h	min	awx	awy	awz	Aw(vec)	MTVV	A (8)x	A (8)y	A (8)z
							m/s ²	m/s ²	m/s ²	m/s ²	0,0	0,00	m/s ²	m/s ²
C9	Backhoe Oruga 91	A 1		3	4	00	0,63	0,45	0,33	0,84	0,15	0,45	0,32	0,23
		A 2	9.6	3	4	00	0,7	0,6	0,4	1,0	0,1	0,48	0,46	0,27
C10	Tractor con cosechadora 250	A 1		3	4	00	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,08	0,08	0,09
		A 2	4.9	3	4	00	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,10	0,11	0,07
C11	Tractor 237 Cosechadora	A 1	4.5	3	7	30	0,10	0,14	0,10	0,19	0,04	0,10	0,13	0,10
		A 2		3	0	30	0,16	0,19	0,54	0,58	0,08	0,04	0,05	0,13
C12	Tractor y Banda de Cosechadora	A 1	5.1	3	7	30	6,16	13,04	5,19	15,32	0,03	5,97	12,62	5,03
		A 2		3	0	30	0,20	0,23	0,16	0,34	0,09	0,05	0,06	0,04
C13	Tractor 201	A 1	6.1	3	7	30	4,86	10,61	6,17	13,19	0,06	4,71	10,27	5,97
		A 2		3	0	30	2,93	4,02	3,43	6,04	0,04	0,73	1,00	0,86
C14	Banda Cosechadora	A 1	4.3	3	7	0	1,76	2,69	1,25	3,44	0,08	1,65	2,52	1,16
C15	Telehandler	A 1	9.0	3	7	0	0,58	0,46	0,49	0,88	0,14	0,54	0,43	0,46
C16	Montacarga de planta #44	A 1			7	15	0,49	0,34	0,24	0,63	0,14	0,46	0,32	0,23
		A 2	7.5	3	0	45	0,51	0,42	0,32	0,73	0,12	0,16	0,13	0,10
C17	Tractor con cosechadora	A 1		3	7	30	0,09	0,10	0,21	0,24	0,04	0,09	0,09	0,20
		A2	5.2		0	30	0,14	0,17	0,20	0,29	0,08	0,03	0,04	0,05
C18	Tractor 222 C/ tanqueta de agua	A 1		3	4	0	5,54	10,94	4,33	13,00	0,09	3,92	7,74	3,06
		A 2	6.4	3	3	0	0,63	0,77	0,61	1,16	0,16	0,39	0,47	0,37
		A 3		3	1	0	0,67	0,92	0,67	1,31	0,13	0,24	0,33	0,24
C19	Camión C161600	A 1		2	4	0	13,97	23,89	7,36	28,63	0,21	9,88	16,90	5,20
		A2	6.0	2	3	0	1,04	0,98	0,68	1,57	0,32	0,64	0,60	0,41
		A3		2	1	0	1,14	1,13	0,86	1,82	0,26	0,40	0,40	0,30

Fuente. Elaboración propia

Tabla 10. Resumen de la magnitud del nivel aceleración ponderada (R.M.S.) diaria a vibraciones A (8) en m/s²

Conductor	R.M.S.	Nivel de Riesgo
C1	0,90 m/s ²	Importante
C2	0,43 m/s ²	Bajo
C3	0,51 m/s ²	Moderado
C4	0,66 m/s ²	Moderado
C5	8,42 m/s ²	Crítico
C6	0,35 m/s ²	Bajo
C7	1,03 m/s ²	Importante
C8	0,36 m/s ²	Bajo
C9	0,66 m/s ²	Moderado
C10	0,13 m/s ²	Bajo
C11	0,16 m/s ²	Bajo
C12	1,55 m/s ²	Crítico
C13	4,02 m/s ²	Crítico
C14	2,52 m/s ²	Crítico
C15	0,54 m/s ²	Moderado
C16	0,49 m/s ²	Bajo
C17	7,76 m/s ²	Crítico
C18	1,57 m/s ²	Crítico
C19	0,85 m/s ²	Importante

Fuente. Elaboración propia

Esta tabla nos demuestra el riesgo, según el valor de aceleración obtenido en RMS, donde se visualiza que el nivel de riesgo crítico se da en seis conductores al igual que el nivel de riesgo bajo, seguido del riesgo moderado y el importante en cuatro y dos trabajadores respectivamente.

Tabla 11. Valores estadísticos de los datos de estudio de la aceleración ponderada R.M.S. (m/s²)

Estadísticos evaluados	Valores
Media	1,73
Error típico	0,56
Mediana	0,66
Desviación estándar	2,43
Rango	8,29
Mínimo	0,13
Máximo	8,42
Cuenta	19,00

Fuente. Elaboración propia

Esta tabla nos demuestra los valores estadísticos de RMS, donde tenemos una media aritmética de 1.73 m/s², es decir el promedio de los valores obtenidos, predominando un nivel de riesgo crítico según la tabla 7. (Criterio de clasificación para exposición a la aceleración ponderada (R.M.S.)), esto debido a que hay unas maquinarias con un nivel de R.M.S muy alto. por su parte el valor central (mediana) es 0.66 m/s², es decir el valor que mas se repite en las mediciones.

Por su parte la desviación estándar nos refiere la dispersión de datos con respecto al promedio, donde se muestra que las vibraciones R.M.S se dispersan 2,43 m/s² con respecto al promedio de los valores obtenidos.

Error típico que es 0,56 determina el grado en que la estimación de una muestra puede variar con respecto al parámetro de una población y se refiere a cuánto puede desviarse de la media. Para este caso el tenemos una media aritmética de 1,73 m/s², valor que puede aumentar o disminuir en 0.56 m/s².

Tabla 12. Evaluaciones del Valor Dosis de Vibración (VDV) $m/s^{1,75}$

Conductor.	Maquinaria	F. Cresta	Actividad	Jornada		VDV			Max	Max abs.	VDV diario parcial		
				h	min	X	Y	Z	XYZ	XYZ	X	Y	Z
						m/s ^{1,75}			m/s ^{1,75}		m/s ^{1,75}		
C1	Mini-draga 102	8.5	A 1	00	30	2,60	1,19	2,10	0,26	0,26	5,11	2,35	4,13
			A 2	07	30	2,54	1,54	2,34	0,25	0,30	8,89	5,40	8,19
C2	Mini draga	8.6	A 1	00	30	1,24	1,03	0,93	0,12	0,22	2,45	2,03	1,82
			A 2	07	00	1,24	0,97	1,05	0,12	0,22	4,74	3,70	4,01
			A 3	00	30	1,35	1,23	1,14	0,14	0,27	2,66	2,42	2,23
C3	Tractor 240	4.2	A 1	00	30	1,84	1,61	1,05	0,18	0,18	3,62	3,17	2,07
			A 2	07	15	1,56	1,47	0,73	0,16	0,25	5,99	5,66	2,78
			A 3	00	15	1,11	1,38	1,02	0,14	0,20	1,83	2,29	1,68
C4	Tractor oruga CASE 649	12.2	A 1	00	30	1,09	1,33	1,72	0,17	0,19	2,14	2,62	3,39
			A 2	07	30	0,95	1,08	2,48	0,25	0,28	3,67	4,19	9,60
C5	Retroexcavadora Deere 210G	11.3	A 1	08	00	4,00	3,56	6,04	0,60	0,67	15,76	14,00	23,75
C6	Tractor rueda 259	4.6	A 1	00	30	0,93	1,34	0,97	0,13	0,17	2,17	3,14	2,26
			A 2	07	00	0,84	1,04	0,93	0,10	0,14	3,19	3,96	3,52
			A 3	00	30	1,07	1,85	1,03	0,19	0,21	2,10	3,65	2,02
C7	Camión con tanqueta agua M5	8.2	A 1	01	00	1,98	2,51	3,54	0,35	0,38	5,50	7,00	9,84
			A 2	06	00	1,98	3,13	4,31	0,43	0,43	8,61	13,62	18,78
			A 3	01	00	1,65	2,84	3,09	0,31	0,32	4,59	7,89	8,59
C8	Tractor Spray Boom 243	5.5	A 1	08	00	1,20	2,00	1,31	0,20	0,21	4,70	7,89	5,17
C9	Backhoe Oruga 91	9.6	A 1	01	00	1,88	1,60	1,75	0,19	0,23	4,39	3,75	4,10

"Continuación..."

Tabla 12. Evaluaciones del Valor Dosis de Vibración (VDV) $m/s^{1,75}$
 ‘...continuación...’

Conductor	Maquinaria	F. Cresta	Actividad	Jornada		VDV			Max	Max abs.	VDV diario parcial		
				h	min	X	Y	Z	XYZ	XYZ	X	Y	Z
						$m/s^{1,75}$			$m/s^{1,75}$		$m/s^{1,75}$		
C10	Tractor 250 con cosechadora	4.9	A 1	07	30	0,5	0,6	0,5	0,1	0,1	1,8	2,2	1,8
C11	Tractor 237 cosechadora	7.5	A 1	01	30	0,4	0,5	0,5	0,1	0,1	1,3	1,6	1,4
			A 2	00	30	0,58	0,83	1,65	0,17	0,20	1,15	1,64	3,25
C12	Tractor y banda de Cosechadora	5.2	A 1	08	30	0,41	0,48	0,51	0,05	0,07	1,62	1,92	2,03
			A 1	07	00	0,23	0,31	1,04	0,10	0,12	0,86	1,18	3,97
C13	Tractor 201	6.4	A 2	00	30	0,56	0,81	1,12	0,11	0,19	1,11	1,60	2,19
			A 3	00	30	0,28	0,34	1,37	0,14	0,14	0,54	0,67	2,70
C14	Banda cosechadora	4.2	A 1	08	00	0,89	0,89	1,29	0,13	0,14	3,50	3,51	5,09
C15	Telehandler	6.0	A 1	07	30	1,75	1,25	2,36	0,24	0,29	6,77	4,85	9,14
C16	Montacarga de planta #44	7.5	A 1	07	30	1,36	2,39	2,01	0,24	0,31	5,28	9,27	7,79
			A 2	00	30	1,81	1,41	3,58	0,36	0,44	3,56	2,78	7,04
C17	Tractor con cosechadora	5.2	A 1	07	30	0,41	0,47	0,77	0,08	0,10	1,60	1,82	2,97
			A 2	00	30	0,56	0,81	0,88	0,09	0,20	1,11	1,60	1,72
C18	Tractor 222 C/ tanqueta	5.7	A 1	07	30	1,21	0,95	0,90	0,12	0,22	4,67	3,68	3,47
			A 2	00	30	0,92	1,22	1,12	0,12	0,21	1,81	2,40	2,19
C19	Camión C161600	6.4	A 1	08	00	2,25	2,65	3,32	0,33	0,34	8,01	9,41	11,80
			A 2	07	00	3,09	3,23	2,84	0,32	0,37	11,77	12,28	10,80

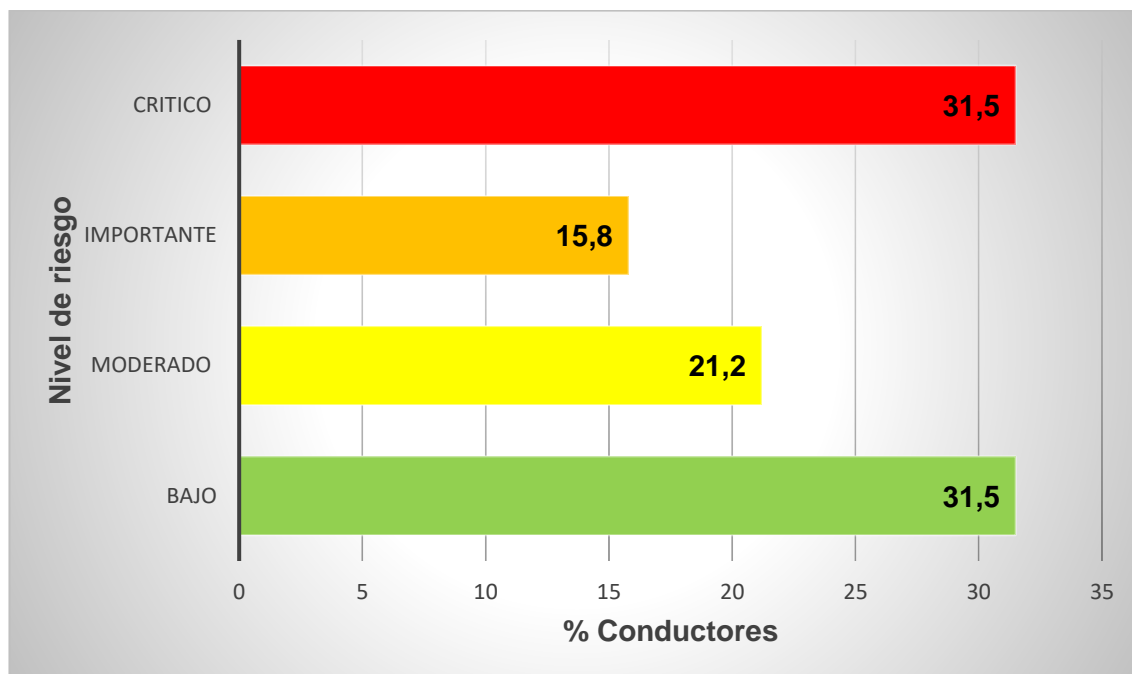
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Evaluaciones del Valor Dosis de Vibración (VDV) $m/s^{1,75}$

Persona	VDV	Nivel de Riesgo
C1	9,12 $m/s^{1,75}$	Moderado
C2	5,74 $m/s^{1,75}$	Bajo
C3	6,20 $m/s^{1,75}$	Bajo
C4	9,64 $m/s^{1,75}$	Moderado
C5	23,75 $m/s^{1,75}$	Critico
C6	4,78 $m/s^{1,75}$	Bajo
C7	19,32 $m/s^{1,75}$	Crítico
C8	7,89 $m/s^{1,75}$	Bajo
C9	11,31 $m/s^{1,75}$	Moderado
C10	2,34 $m/s^{1,75}$	Bajo
C11	6,19 $m/s^{1,75}$	Bajo
C12	2,03 $m/s^{1,75}$	Bajo
C13	4,25 $m/s^{1,75}$	Bajo
C14	5,09 $m/s^{1,75}$	Bajo
C15	9,14 $m/s^{1,75}$	Moderado
C16	9,29 $m/s^{1,75}$	Moderado
C17	3,05 $m/s^{1,75}$	Bajo
C18	4,69 $m/s^{1,75}$	Bajo
C19	13,48 $m/s^{1,75}$	Moderado

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Valores de aceleración ponderada diaria A (8) en R.M.S. según nivel de riesgo.

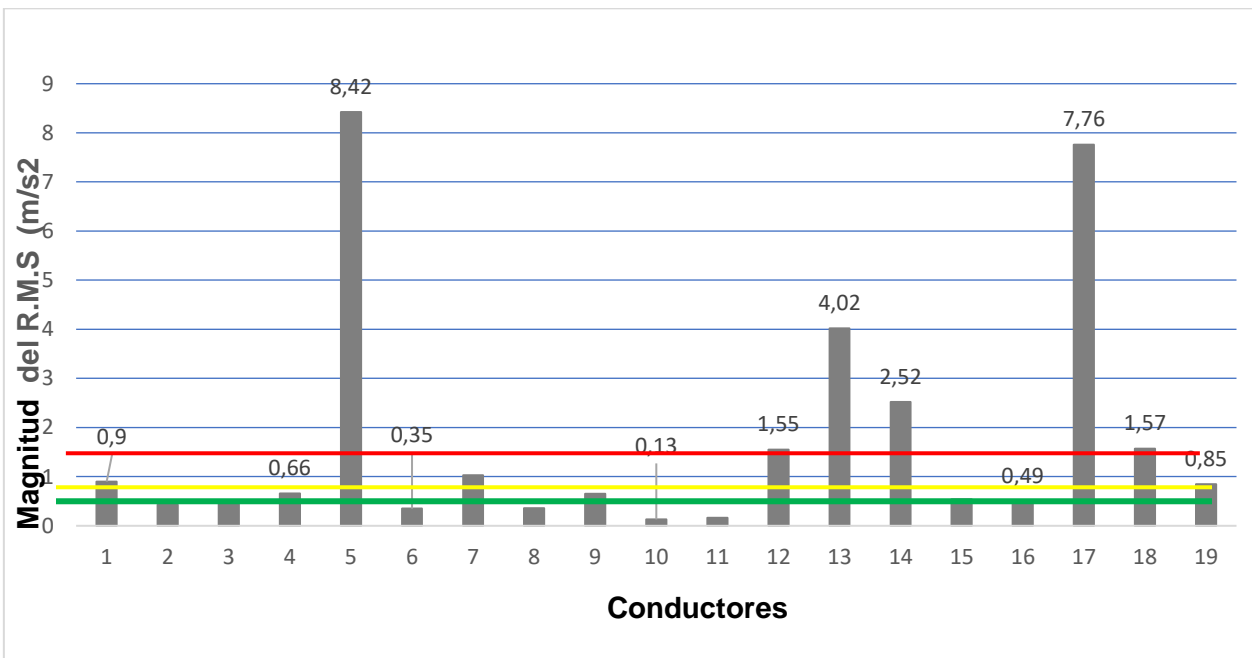


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico indica que del total de la población, un 31,5% de los conductores se encuentra en un nivel de riesgo crítico, es decir se encuentra por encima del límite $A_{eq}(8) \geq 1,15 \text{ m/s}^2$ que establece la norma INTE/ISO 2631-2018. Sin embargo, el mismo también nos refleja que 31.5% se encuentra por debajo del nivel de riesgo ($A_{eq}(8) \leq 0,5 \text{ m/s}^2$).

Así mismo un 15.8 % y 21.2% se exponen a un riesgo de atención importante y de riesgo moderado, respectivamente.

Gráfico 4. Magnitud de aceleración ponderada diaria A (8) R.M.S. por conductor

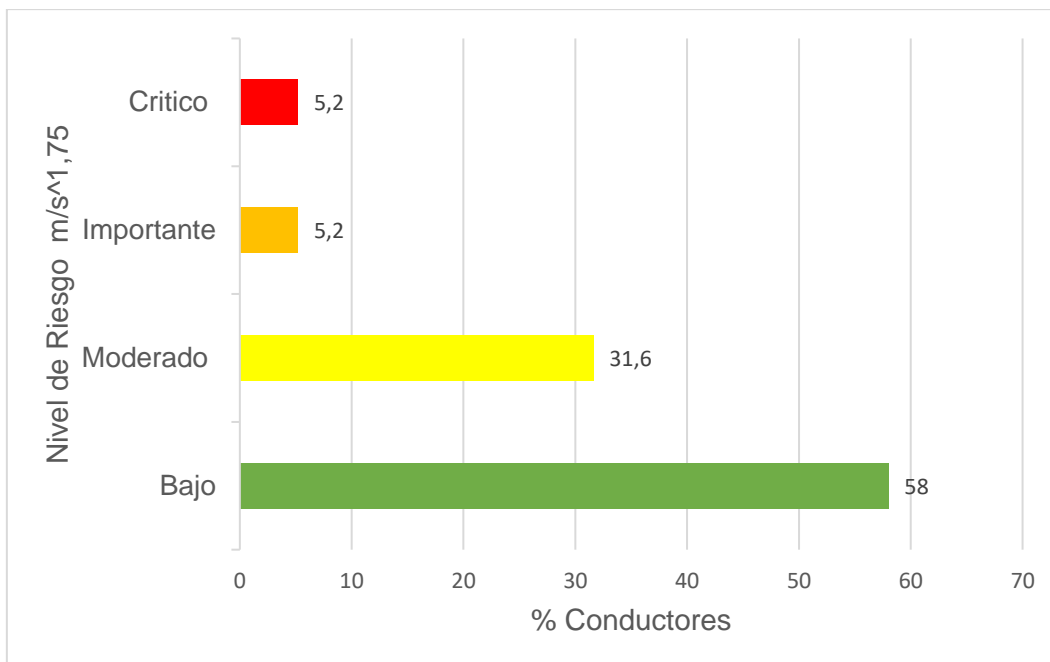


Nota: Crítico — Moderado — Bajo —

Fuente. Elaboración propia

Este gráfico resume los datos del nivel de magnitud de aceleración ponderada en una jornada diaria A (8). En el podemos visualizar que valores son variados y van desde 0,13 m/s² para el conductor código C10, hasta un nivel de 8,42 m/s² para el de mayor nivel de aceleración y corresponde al conductor C5.

Gráfico 5. Evaluaciones del valor Dosis de Vibración diaria (VDV), según peligrosidad

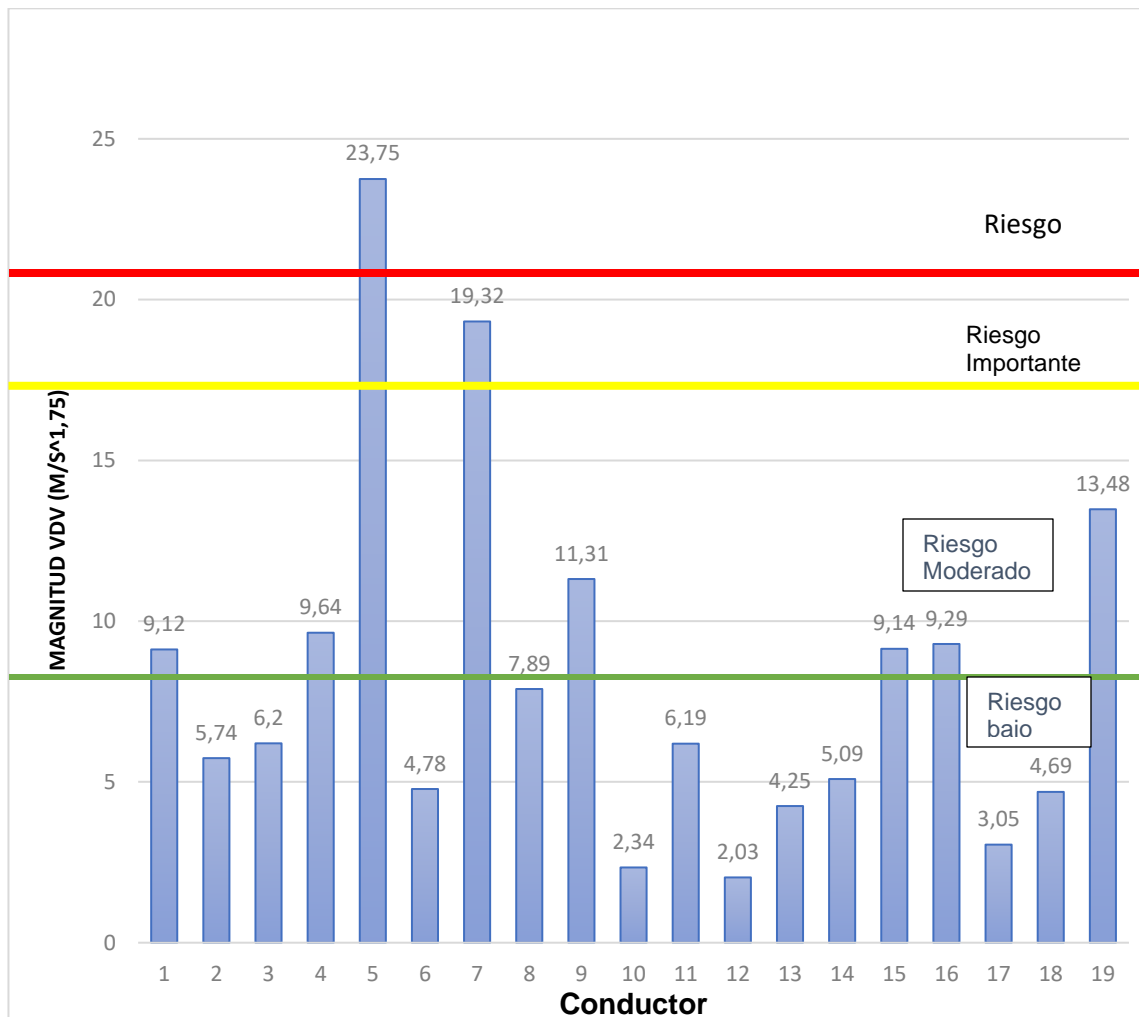


Fuente. Elaboración propia

La medición de VDV es un parámetro de medida que brinda una mejor indicación de los riesgos de vibraciones que incluyen choques y golpes de una forma acumulativa en tiempo.

El gráfico demuestra que solo un 5,2% (1 conductores), se encuentra por encima del límite de exposición, que es $21 \text{ m/s}^{1,75}$ según la norma INTE/ISO 2631-2108 y se trata del conductor C5 con un valor de $23,75 \text{ m/s}^{1,75}$ que conduce la Retroexcavadora 210G. De igual manera el grafico representa que un 58% de los conductores están por debajo del nivel de riesgo de exposición que $\text{VDV} (8) > 9,1 \text{ m/s}^{1,75}$.

Gráfico 6. Magnitud Valor Dosis de Vibración diaria VDV (m/s^{1,75}) por conductor



Fuente. Elaboración propia

Estos datos refieren a que los conductores C5 y C7 son los que se exponen a niveles críticos de vibraciones acumulativas durante su jornada de trabajo con magnitudes de $23.75\text{m/s}^{1,75}$, en la retroexcavadora 210G y $19.32\text{m/s}^{1,75}$ en camión M5, respectivamente

5. Afectación a la salud

Con el fin de conocer la percepción del riesgo y aspectos relacionados con la salud de los trabajadores, se aplicó el cuestionario nórdico estandarizado, con modificaciones propias, como herramienta diagnóstica para el reconocimiento preliminar de vigilancia sanitaria de signos y síntomas relacionados con traumatismos músculo esqueléticos en los conductores de maquinaria pesada.

Como parte de las preguntas del cuestionario aplicado, se presentan tablas y gráficos según las respuestas dadas por los conductores.

- a. Molestias en el cuello, los hombros, dolor dorsal o lumbar, los codos o los antebrazos. Ante esta pregunta se obtuvo la siguiente respuesta.

Tabla 14. Conductores con molestias de traumatismo músculo esquelético

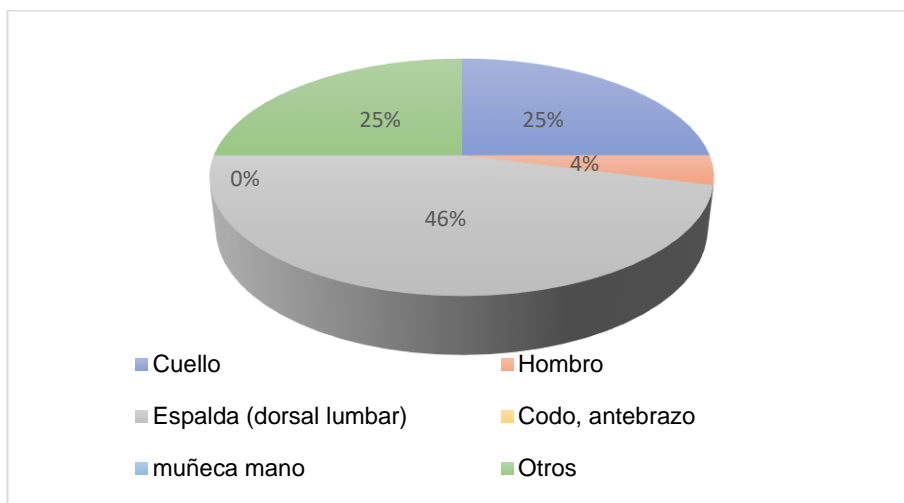
Condición	Conductores			
	SÍ	Porcentaje	NO	Porcentaje
Con molestias	13	68%	6	32%

Fuente. Elaboración propia. Cuestionario nórdico aplicado.

Como ampliación a la información de este cuadro, cabe indicar que de la población de estudio que fueron 19 conductores, el 68% que respondió en el cuestionario, indicó padecer afectaciones en alguna parte de su cuerpo, entre ellas dolor de la espalda baja, cuello y otras.

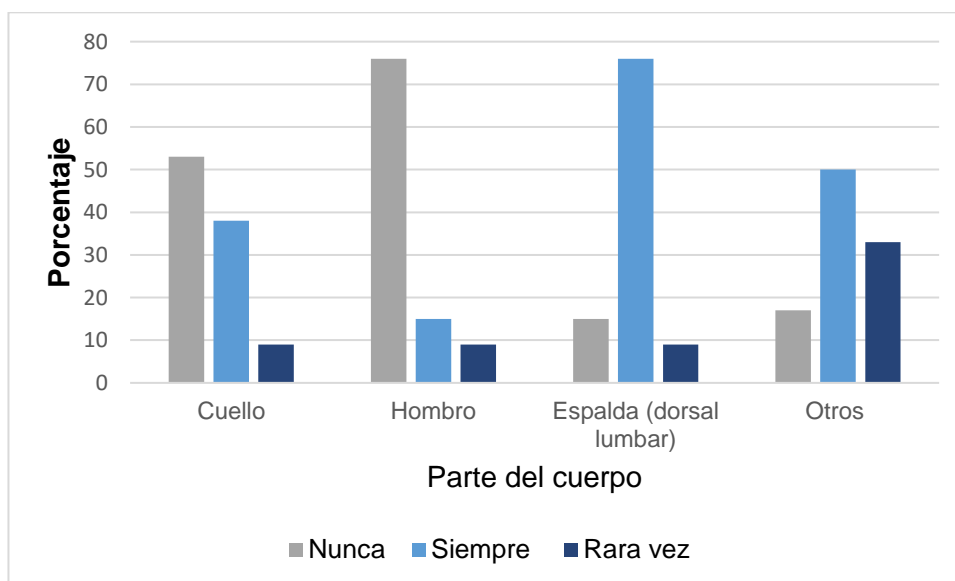
b. Cuáles son las partes del cuerpo que presenta mayor dolencia y con qué frecuencia.

Gráfico 7. Traumatismos musculoesqueléticos en los conductores, según parte del cuerpo afectada



Fuente. Elaboración propia, cuestionario nórdico aplicado.

Gráfico 8. Porcentaje de afectación según parte del cuerpo por la exposición VCE



Nota: VCE/ Vibraciones de cuerpo entero

Fuente: Elaboración propia, cuestionario nórdico aplicado.

- c. En seguimiento a la pregunta anterior, se consultó a los trece (13) conductores que indicaron experimentar de molestias de salud, qué acción han realizado para mejorar sus afectaciones traumáticas.

Tabla 15. Porcentaje de acciones realizadas por conductores afectados por traumatismo músculo esquelético

Acciones realizadas	Conductores			
	Sí	%	No	%
Cambiar de puesto de trabajo	0	0	13	100
Recibir tratamiento médico	3	23	10	77
Tomar algún analgésico	8	61,5	5	38,5
Incapacidad de trabajo	2	15	11	85

Fuente. Elaboración propia

De conformidad con la tabla anterior podemos ver los TME son de alta consideración, sin embargo, solamente dos trabajadores correspondientes a los que respondieron haber sufrido afectación por la exposición a las VCE, refieren haberse incapacitado por esa consecuencia de salud.

De igual manera podemos observar que un 61,5% de los trabajadores, son tratados con analgésico (ácido acetilsalicílico, paracetamol, ibuprofeno) adquiridos en comercios locales.

- d. En relación con los signos y síntomas relacionados con las molestias indicadas, se les consulto. ¿Consideran que las molestias de salud pueden derivarse a las vibraciones de cuerpo entero emitidas por la maquinaria que conduce?

Ante esta consulta se obtuvo la siguiente respuesta, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 16. Opinión de conductores respecto a las VCE en relación con la maquinaria

Opinión	Cantidad	Porcentaje
Sí	7	37
No	8	42
No sabe	4	21
Total	19	100

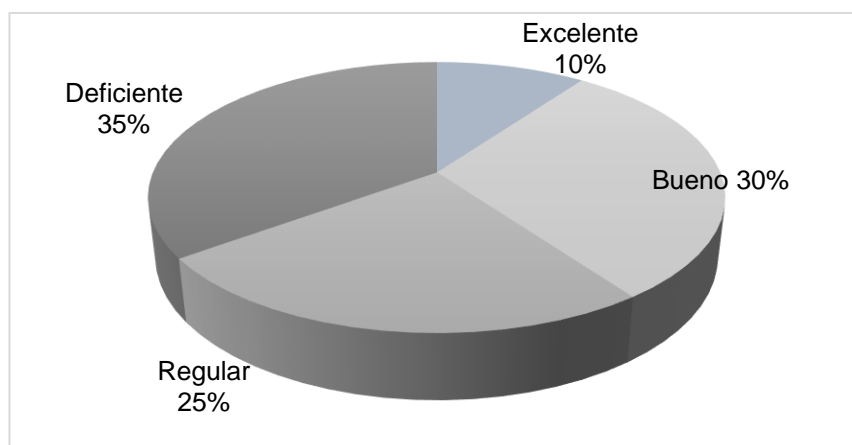
Nota: VCE/ Vibración de cuerpo entero

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 15, nos indica que un 37% de los conductores, mencionó que sus afectaciones (signos y síntomas) tienen relación directa con su trabajo, y especialmente porque la maquinaria que operan no cuenta asientos apropiados que puedan amortiguar las vibraciones mecánicas, ya que carecen de sistema de amortiguación apropiada, el asiento se encuentra desvanecido, roto, y su ajuste se encuentra dañado.

e. En seguimiento a pregunta anterior, se consultó a los conductores, cómo consideran las condiciones del asiento de la maquinaria que conducen, y se obtuvo la siguiente información:

Gráfico 9. Estado de asiento de la maquinaria usada, según opinión de los conductores

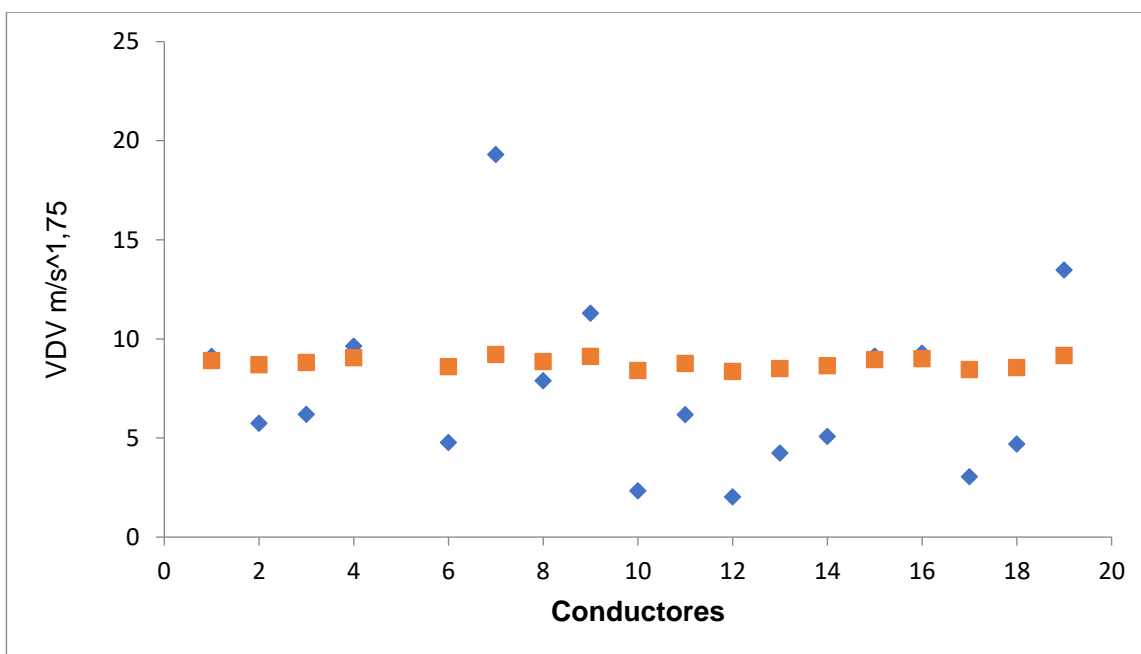


Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 9, nos demuestra que un 35% de los asientos de la maquinaria agrícola y maquinaria pesada se encuentra en condición de estado deficiente, y solamente un 30% se encuentra en estado bueno o aceptable de funcionamiento.

Con respecto a lo indicado en este gráfico, se hizo comparación con los datos de inspección de campo, evaluados mediante el cuestionario del apéndice 2. (Lista de verificación de condiciones mecánicas de la maquinaria) y apéndice 3. (Instrumento de valoración de condiciones y medios ambientes de trabajo) y determino resultados similares.

Gráfico 10. Dispersión de las evaluaciones VDV $m/s^{1,75}$ en la población de estudio



Fuente: Análisis propio. Alberto R. L.

Este gráfico refiere que los valores VDV $m/s^{1,75}$ en cada uno de los conductores es disperso, es decir los valores a que se exponen los conductores no mantienen similitud, y varían según el tipo de maquinaria que conducen, el desplazamiento o terreno de trabajo y de la actividad que se esté desarrollando. De ahí que los valores de dosis de vibración son muy diferentes.

6. Análisis de los resultados

De conformidad con los valores de cada uno de los ejes (X, Y, Z), obtenido mediante el Software CV31A-1.xlsm, las evaluaciones de aceleración ponderada (R.M.S. m/s^2), se muestran en las tablas 9 y 10. De igual manera las evaluaciones del valor dosis de vibración (VDV) en tablas 11, 12. En ellas se muestra el valor del factor cresta de cada una de las maquinarias evaluadas predominan valores por debajo de $9 m/s^2$, sin embargo, existen algunas con valores (cresta) por encima de $9m/s^2$.

Por tanto, aprovechando que el vibrómetro usado permite la integración de valor máximo de vibración transitoria (MTVV), y de combinaciones de las vibraciones en más de una dirección es decir de los vectores X, Y, Z, las tablas demuestran valores similares, aunque predomina levemente los valores del eje "Y".

La tabla 10 resume la valoración obtenida de aceleración ponderada (R.M.S.) diaria a vibraciones de cuerpo entero para una jornada de ocho horas, tal y como lo establece la INTE/ISO 2631-1-2018

Y en apoyo a esta tabla los gráficos 3 y 4, reflejan que el 31,5% (6) de los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola, se encuentran por debajo del valor de acción, es decir con riesgo bajo. De igual manera nos demuestra que también existe una cantidad igual de conductores (seis) que se encuentran por encima del límite de exposición (riesgo crítico), seguido por cinco conductores con riesgo moderado. Por tanto cabe indicar que se requieren de acciones de control para prevenir efectos futuros en la salud de los trabajadores.

El gráfico 4, muestra los valores de aceleración ponderada (R.M.S.) diaria a vibraciones A (8), para cada uno de los conductores, donde nos indica que los conductores con los códigos: C5, C17, C13, se encuentran expuestos a $8,42m/s^2$, $7.76m/s^2$ y $4.02m/s^2$ respectivamente, encontrándose por encima de $A_{eq} (8) \geq 1,15 m/s^2$ valor límite de exposición crítico de exposición a vibración de cuerpo entero.

Por su parte el gráfico 5 se refiere al valor dosis vibratorio (VDV), y este nos indica que solo un 5.2% (1 conductor), se encuentra por encima del límite crítico de exposición que

es $21 \text{ m/s}^{1,75}$, pero un 58% de los conductores están por debajo del valor de acción, aspecto que se considera muy positivo para la salud de los trabajadores.

La tabla 12, en concordancia con el gráfico 6, indican el nivel de magnitud del valor dosis de vibración (VDV) para cada uno de los conductores. y refleja que los conductores C5, C7 son los que exponen a niveles críticos de vibraciones acumulativas durante su jornada de trabajo con magnitudes de $23.75 \text{ m/s}^{1,75}$ en conductor del retroexcavador código 210G, por la fuerza que se requiere al tener que realizar movimientos de tierra, seguido por el conductor del camión M5 (transportador de tanquetas de agua) con $19.32 \text{ m/s}^{1,75}$. ya que sus actividades requieren desplazamiento por carrera de piedra en malas condiciones (con huecos, piedras sueltas, zanjas).

La tabla 13, refiere que el 68% de conductores ha experimento traumatismo músculo esquelético en alguna parte de su cuerpo y en consecuencia el gráfico 7 muestra que el cuello (con 25%) y la columna baja (con 46%) son las partes más afectadas. Ante estos datos cabe indicar que, de acuerdo con las condiciones y medios de trabajo, los conductores realizan movimientos de tronco y cuello, ya que necesitan estar observando su trabajo.

En relación con los datos del párrafo anterior el gráfico 8, muestra que los trabajadores reportan sentir siempre afectaciones de cuello, espalda y otras partes del cuerpo, entre ella, las rodillas.

Ante la consecuencia de las afectaciones de salud frecuentemente, la tabla 14, indica que el 61,5% de los conductores afectados lo tratan con analgésicos.

La tabla 15 muestra la opinión de operarios respecto a las afectaciones de las VCE, en relación con la exposición de la maquinaria pesada que conducen. Donde el 37% de los trabajadores indicaron que sí está directamente relacionada, ya que mucha maquinaria cuenta con malos sistemas de suspensión y los asientos están en mal estado. Sin embargo, el 42% indicó que no cree que las afectaciones se deban a las vibraciones, sino al ritmo de trabajo.

En cuanto a la valoración de las condiciones del asiento de la maquinaria, el gráfico 9 refleja que el 35% de los asientos se encuentra en estado deficiente, según la opinión

de los conductores, condición corroborada mediante la observación de campo realizada en cada una de la maquinaria de estudio, mediante guías de chequeo (ver apéndice 2 y 3).

Capítulo V.

A CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Conclusiones

Una vez realizadas las mediciones, la evaluación de VCE en los conductores de maquinaria pesada de la empresa Upala Agrícola, y efectuados el análisis de los resultados de las aceleraciones ponderadas (Aeq), tanto en R.M.S. o VDV, de conformidad con los objetivos uno y dos propuesto, se concluye lo siguiente:

- a. Un alto porcentaje de los conductores, se encuentran expuestos a niveles de vibración mecánica, por encima del valor de acción y del límite de exposición de riesgo crítico.
- b. Existen niveles de magnitudes para las ocho horas Aeq (8) de hasta 8,42 m/s², es decir un nivel muy por encima del límite de exposición que es de Aeq (8) $\geq 1,15$ m/s².
- c. La magnitud de los niveles de la vibración de cuerpo entero puede variar, dependiendo de las condiciones ambientales, ya que los equipos pesados suelen ejercer más potencia en su motor, cuando el terreno se encuentra resbaloso, inclinado o con lodo.
- d. De las diecinueve maquinaria evaluadas, no todas cuentan con condiciones de apropiadas y de confort, no omitiendo manifestar, que algunos tractores agrícolas son modelo reciente (2017-2018) y cuentan con cabinas modernas climatizadas y con excelente sistema de suspensión. Pero existen tractores agrícolas y maquinaria pesada de modelos más antiguos (2011-2013) lo cual carecen de condiciones mecánicas apropiadas y ergonómicas.

- e. En cuanto a la magnitud del valor dosis de vibración (VDV), solo el 5,2% (1 conductores), se encuentra por encima del límite de exposición, que es 21 m/s^{1,75} según la norma INTE/ISO 2631-2108, se encuentra por encima del límite de exposición que es 21 m/s^{1,75} aspecto que se considera positivo.
- f. La carencia de un programa ergonómico, a nivel de toda la organización, hace que no se evalúen las condiciones en que se encuentran los puestos de trabajos en las cabinas de las bandas cosechadoras y algunos tractores. Aspecto que fue corroborado en las visitas de campo y en entrevista realizada a los trabajadores y al encargado de Salud Ocupacional mediante los cuestionarios 1, 2, 3. (ver apartado de anexos y apéndices)
- g. El mantenimiento preventivo actual, no considera el estado de los asientos y los sistemas de amortiguamientos del asiento en la maquinaria agrícola y en la maquinaria pesada, tal y como se puede evidenciar en las guías de chequeo del apéndice 2, y en las bitácoras de mantenimiento observado en el taller mecánico.
- h. Los trabajadores que refieren frecuentemente molestias en el cuerpo son los que cuentan con mayor edad, y tienen más cinco años de labor en el puesto.
- i. Datos como que un 68% de conductores ha experimentado traumatismo músculo esquelético en alguna parte de su cuerpo, demuestra la necesidad de contar con un programa de control de vibraciones de cuerpo entero.

De igual manera se concluye que los aspectos antes mencionados, tienen relación indirecta con las condiciones y medio ambiente de trabajo, establecido en el objetivo tres del proyecto, ya que las VCE aumentan o disminuyen conforme se mejora o se incrementan los riesgos indicados en la tabla 5. Factores de riesgos asociados a las CyMAT de los conductores, evaluados preliminarmente mediante el Instrumento de valoración de condiciones y medios ambientes de trabajo. (ver apéndice 3)

Por todo lo anterior cabe indicar que estos niveles de aceleración ponderada podrían disminuir o aumentar dependiendo de la condición del asiento, la suspensión de la

maquinaria pesada, y del mantenimiento preventivo y correctivo en la maquinaria. Por tanto se hace necesario un programa de control ingenieril y administrativo, enfocado al mejoramiento de los asientos y en algunos otros factores condicionantes de riesgo, en pro de la prevención de las vibraciones de cuerpo entero.

2. Recomendaciones

En relación con los aspectos concluidos, se justifica el diseño de la propuesta de un programa de control de exposición a las VCE, en los conductores de maquinaria pesada, tal y como se establece en el objetivo tres de este proyecto. A fin de mejorar aquellas condiciones en la maquinaria pesada, que sobrepasaron los niveles de magnitud permisibles, o los valores de control de acción ante los límites de exposición.

- a. Entre las principales recomendaciones, la empresa Upala Agrícola: debe iniciar en un corto plazo (2meses), el mejoramiento de los asientos con sistemas amortiguadores en todas aquellas casetas o cabinas de supervisión de las maquinas cosechadoras, de manera que se cumpla con aspectos de diseño apropiados y disponer de asientos ajustables, ya que al estar en desplazamiento y movimiento al momento de la cosecha, el trabajador recibe niveles de magnitud de vibración por encima de los límites de acción establecido por la norma INTE/ISO-2631-1-2018.
- b. Así mismo se sugiere el cambio o mejoramiento en todos aquellos asientos que se encuentran en mal estado, de manera que estos (asientos) dispongan de sistemas de ajuste y amortiguamiento en buen estado, a nivel del respaldo y asiento con dimensiones mínimas de 44 cm ancho x 48 cm de profundidad con una altura del respaldo 27 cm.
- c. Considerando que el riesgo de las vibraciones de cuerpo entero, en maquinaria pesada se encuentra íntimamente relacionadas con el nivel de intensidad de ruido generado, se recomienda considerar esta variable en estudios futuros.

- d. De igual manera se recomienda, controlar que los conductores de maquinaria pesada mantengan su índice de masa corporal (IMC) dentro del rango normal de 18.5 – 24.9. Ya que de lo contrario podría representar un gran aumento del riesgo cardiovascular producto del sobrepeso y de las VCE.
- e. Se recomienda a la Oficina de Salud Ocupacional, brindar los equipos de protección personal necesario para los operadores de maquinaria pesada, entre ellos: guantes antivibratorios, protectores auditivos entre otros y proveer los asientos de la maquinaria pesada con sistemas de ajustes deficientes de un dispositivo de soporte de tracción lumbar en el asiento.

Capítulo VI.

ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Como parte de cumplimiento del propósito general de este proyecto, el cual trata de “Diseñar un programa para el control de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero a las que están expuestos los conductores de maquinaria pesada, de la empresa Agrícola Upala S.A.” Se presenta la propuesta del programa de control de exposición a vibraciones, el cual queda a criterio y aprobación de la empresa Upala Agrícola para su implementación y puesta en práctica.

La propuesta se presenta formato ajustado a la estructura de los procedimientos establecido por la Norma ISO 9001:2008.



Programa para el control de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero
a las que están expuestos los conductores de maquinaria pesada,
de la empresa Agrícola Upala S.A.

Elaborado por:

Alberto Ramírez López, estudiante investigador

Revisado por:

David Villegas

José Barrientos

Upala Agrícola, Gerencia de Ecoeficiencia

Upala, Alajuela 2021.



Tabla de contenido Alternativa de solución

Contenido	Página
I. Generalidades al diseño del programa	88
II. Procedimientos específicos de control	95
PCVE-01- Procedimiento de mantenimiento preventivo en la maquinaria pesada	95
PCVE-02 Procedimiento Control de vibraciones a través del asiento de la maquinaria.	99
PCVE-03- Vigilancia sanitaria por exposición a vibraciones de cuerpo entero	103
PCVE-04- Procedimiento de capacitación en vibraciones de cuerpo entero (VCE)	106
PCVE-05 Procedimiento de evaluación y seguimiento del programa de control vibraciones de cuerpo entero	111
III. Parte final	114

1. Generalidades del programa de control

1. Introducción

Upala Agrícola, empresa dedicada a la producción e industrialización de piña para la exportación internacional, hace uso en sus diferentes actividades, de maquinaria pesada como parte de sus procesos productivos, entre ellos: tractores de oruga, camiones retroexcavadoras, tractores de rueda provisto de accesorios como cosechadoras, *sprayboom*, rastreadoras, trituradoras, carretas de bines, entre otros tipos accesorios y maquinaria que son operados por trabajadores durante largas jornadas, expuestos a diferentes tipos de riesgos ocupacionales, entre ellos el derivado por vibraciones mecánicas de cuerpo entero (VCE). Este tipo de riesgo vibratorio puede ocasionar que a mediano o largo plazo que los conductores presenten efectos negativos en su salud.

De conformidad con los resultados de la investigación realizada, se tiene que existen niveles de aceleración de vibraciones por encima del valor de acción y por encima del límite de exposición de riesgo crítico, ambos grupos respectivamente representan el 70% de la población.

Por tanto, disponer de un programa puesto en práctica de control de vibraciones de cuerpo entero es importante para prevenir daños a la salud de los conductores.

2. Objetivos

2.1 General

Controlar la exposición a vibraciones de cuerpo entero en los conductores de maquinaria pesada de empresa Upala Agrícola S.A.

2.2 Específicos

2.2.1 Establecer mejoras ingenieriles en la maquinaria y puestos de trabajos que representan riesgo vibratorio, ante la exposición de vibraciones de cuerpo entero.

2.2.2 Diseñar procedimientos organizativos de evaluaciones de los riesgos físicos derivado de las vibraciones.

2.2.3 Monitorear el riesgo de vibraciones de cuerpo entero, mediante un programa de atención a la salud de trabajadores.

3. Alcance

Este programa abarcará todas las actividades y labores de las diferentes áreas y fincas de la empresa Upala Agrícola S.A., donde se utilice maquinaria agrícola pesada que genere vibraciones de cuerpo entero.

De igual manera será de acatamiento obligatorio para los jefes, operadores, supervisores de aquellas actividades con exposición a vibraciones de cuerpo entero.

4. Limitaciones

Carencia de conocimiento profesional en materia de vibraciones de cuerpo entero por parte del personal de la empresa Upala Agrícola S.A. y de la disponibilidad de equipo para las mediciones. Ante esta limitante se coordinará con la Universidad Técnica Nacional, mediante convenio establecido.

5. Meta

Como parte de la meta trazadas se tiene:

- 5.1. Incorporar el tema de riesgo de vibraciones de cuerpo entero en las capacitaciones de los programas de plan de Salud Ocupacional.
- 5.2. Capacitar al 100% de los trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo, es decir, a los operados de maquinaria pesada al final del 2021.
- 5.3. Disminuir los niveles de aceleración ponderada para jornadas de A (8) a niveles establecidos por la norma INTE-ISO 2631.

6. Referencias

- 6.1. Norma INTE/ISO-2361-1-2018 como indicador para el diseño de la propuesta de control ocupacional y vigilancia en la salud de los trabajadores.

- 6.2. Reglamento Técnico de la legislación de España, como referente técnico para definir las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativa a la exposición ante las vibraciones de cuerpo entero.
- 6.3. La política de sostenibilidad de Upala Agrícola S.A. en sus apartados de compromiso y cumplimiento laboral y ambiental.

7. Compromiso gerencial.

7.1. Política de Sostenibilidad

Upala Agrícola procederá a incorporar todo lo concerniente a este programa a la declaración de política existe en “Sostenibilidad empresarial”, con el fin de minimizar el riesgo producto de las exposiciones a vibraciones de cuerpo entero en los conductores de maquinaria pesada.

El programa será monitoreado y supervisado por la gerencia de Ecoeficiencia en la oficina de Salud Ocupacional y Gestión Ambiental.

7.2. Recursos Disponibles

7.2.1. Operativos

Para el desarrollo operativo de este programa, Upala Agrícola dispondrá de acciones y gestiones transversales en el desarrollo de sus actividades y tareas el siguiente personal:

- Presidencia de la finca (PF)
- Gerencia de Ecoeficiencia
 - Salud Ocupacional (SO)
 - Gestión Ambiental (GA)
- Gerencia de producción
 - Jefatura de fincas (JF)
 - Jefatura de taller (JT)

- Gerencia Administrativa
 - Recursos Humanos (RH)
 - Medico de empresa (ME)
- Operarios conductores (OC)

7.2.2. Económicos

Los costos económicos serán considerados de manera interna en cada una de las gerencias involucradas, según su actividad desarrollada.

8. Responsabilidades

Con el fin de que este programa de control a vibraciones de cuerpo entero a las que se encuentran expuestos los conductores de maquinaria pesada se cumpla de la mejor forma Upala Agrícola ha definido las siguientes responsabilidades de carácter obligatorio.

En la tabla siguiente, se detalla las responsabilidades, gestiones y actividades de los actores responsables, involucrados en el desarrollo de este programa.

Tabla 1. Responsabilidades de los involucrados en programa VCE.

Gestiones y actividades	Actores responsables							
	PF	SO	GA	JF	JT	RH	ME	OC
Creación y aprobación de los lineamientos del programa.	X	X		X				
Gestión del presupuesto para actividades específicas relacionadas con el desarrollo adecuado del programa.		X						
Aprobación del presupuesto relacionado con el programa.	X			X			X	
Incorporación del programa al plan general de salud ocupacional de empresa Upala Agrícola.		X	X				X	
Gestionar el tiempo disponible para que los conductores participen en las capacitaciones.		X		X	X	X		
Motivar a los conductores de maquinaria pesada a participar en las capacitaciones.		X	X					X
Implementación y seguimiento del desarrollo apropiado del programa VCE.		X		X	X		X	
Participar activamente en las capacitaciones y en el desarrollo apropiado del programa.		X	X	X				X

Gestiones y actividades	Actores responsables							
	PF	SO	GA	JF	JT	RH	ME	OC
Realizar las compras y mejoras que el programa de control VCE demande.	X	X		X	X	X		X
Llevar los registros de todas las actividades que se realizan y que tengan relación con el programa.		X						
Dar seguimiento y evaluación al programa de vibraciones cuerpo entero.		X						
Coordinar con la Universidad Técnica Nacional para futuras evaluaciones de VCE.		X						
Establecer un plan de vigilancia de la salud para los conductores de maquinaria pesada.							X	X
Establecer una ficha de historia clínica para trabajadores de nuevo ingreso como conductores de maquinaria pesada.						X	X	X

Notas: (PF) Presidencia de finca / (SO) Salud Ocupacional / (GA) Gestión Ambiental / (JF) Jefatura de fincas

(JT) Jefatura de taller / (RH) Recursos Humanos / (ME) Médico de empresa/ (OC) Operarios conductores

Fuente. Elaboración propia en coordinación con Upala Agrícola.

9. Implementación

9.1. Fases Implementación


Este programa se llevará a cabo en dos fases:

- a. Sensibilización y comunicación.
- b. Puesta en práctica y realización de mejoras.

9.2. Etapas

Etapas	Actividades	Tiempo de cumplimiento
1. Sensibilización y comunicación	- Presentación del trabajo de la investigación y de la propuesta de control a la empresa Upala Agrícola.	Mayo 2021
	- Sensibilización de los actores y de los responsables propuestos.	Mayo 2021
	- Planificación de las fechas y los temas de la capacitación.	
	- Aprobación del presupuesto del programa.	Criterio de presidencia
2. Puesta en práctica y realización de mejoras	- Capacitación en los temas de control, medidas y acciones a seguir para evitar efectos derivados de las vibraciones de cuerpo entero.	Coordinación con oficina de SO
	<ul style="list-style-type: none"> - Realización de las mejoras ingenieriles relacionadas con diseño de cambios de asientos que se encuentran en mal estado. - Evaluar y analizar los resultados obtenidos, después de implementado el programa. 	

2. Procedimientos específicos de control

	Elaborado por. Alberto Ramírez López	Código: PCVE-01
	Aplicado por:	
Revisión No 1 Fecha:	PCVE-01-Procedimiento de mantenimiento preventivo en maquinaria pesada	Pág. 1 de 4 Versión 1

PCVE-01-Procedimiento de mantenimiento preventivo en la maquinaria pesada

A. Propósito

Disponer de un procedimiento que permita realizar el control y el mantenimiento preventivo en la maquinaria pesada de Upala Agrícola de manera que se minimice la magnitud de la exposición a las vibraciones de cuerpo entero (VCE).

B. Alcance

El alcance de este procedimiento es de acatamiento obligatorio para todas las fincas que disponen de maquinaria pesada (camiones, tractores, montacargas, etc.), de la empresa Upala Agrícola.

C. Responsables

1. Jefe de Mantenimiento

Será el responsable realizar y supervisar que se le realice el mantenimiento preventivo y correctivo de todas las maquinarias pesadas.

Registrar en una bitácora el mantenimiento realizado a cada una de la maquinaria.

2. Gerente de Finca

Será el responsable de autorizar que sus colaboradores dispongan del tiempo para realizar los reportes de todo lo relacionado con el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria pesada, además de ser el encargado de realizar un informe con los registros obtenidos y velar por que se realice el mantenimiento en los tiempos definidos.

3. Conductores de maquinaria

Reportar a la jefatura inmediata los defectos o las mejoras que considera que pueden minimizar las vibraciones de cuerpo entero.

D. Documentación aplicada

Se procederá a la aplicación de las siguientes hojas de registro:


- PCVE-01-1 Hoja de registro de mantenimiento preventivo de los tractores, camiones y montacargas.
- PCVE-01-2 Hoja de informe integral del estado de la maquinaria.

E. Mantenimiento


Consiste en todas las acciones y reparaciones que se realizan en la maquinaria pesada, para lo cual se detalla el procedimiento a seguir.

1. Descripción del Procedimiento:


- Establecer un control de las horas de trabajo de cada uno de los equipos pesados o su equivalente en kilómetros de corrido.
- Los vehículos, montacargas y tractores deben realizárseles chequeos preventivos y correctivos cada 500 horas.
- Dentro de los chequeos debe revisarse: las suspensiones, las ballestas, el estado de los asientos, las llantas (estado y presión), de manera que sí minimice el nivel de las vibraciones cuerpo entero.
- Los encargados de taller deben mantener un registro debidamente documentado mediante el formulario PCVE-01-1.
- La oficina de Salud Ocupacional debe revisar periódicamente los informes que se encuentran en el taller de mantenimiento, de manera que se corrobore si se está cumpliendo con los chequeos periódicos de mantenimiento relacionados con la prevención de las vibraciones mecánicas de los automotores pesados.

	Elaborado por. Alberto Ramírez López	Código:
	Aplicado por:	PCVE-01
Fecha:	PCVE-01-1 Hoja de registro de mantenimiento preventivo de los tractores, camiones y montacargas	Pág. 1

Acciones por verificar	Diagnóstico encontrado	Acciones correctivas
Revisión general del sistema de arranque.		
Revisión de balanceo, alineamiento.		
Revisión del sistema eléctrico.		
Revisión de sistema hidráulico de todas maquinarias y los accesorios (<i>Sprayboom</i> , carretas, palas, embragues).		
Verificación de condición de los asientos.		
Verificación de suspensión y rodamiento, ejes torcidos.		
Verificación del sistema de frenado.		
Verificación de alumbrado.		
Verificación defecto de eje torcidos, transmisiones por correa, holgura.		

	Elaborado por. Alberto Ramírez López		Código: PCVE-01
	Aplicado por:		
Fecha:	PCVE-01-Hoja de informe integral del estado de la maquinaria		Pág. 1
Código de la maquinaria	Fecha del mantenimiento	Observaciones	

----- Fin del procedimiento-----

	Elaborado por. Alberto Ramírez López	Código: PCVE-02
	Aplicado por:	
Fecha:	PCVE-02 Procedimiento de Control de Vibraciones a través del asiento de maquinaria	Pág. 1-4
		Versión-1

PCVE-02 Procedimiento Control de Vibraciones a través del asiento de la maquinaria.

A. Propósito

Proveer a toda la maquinaria pesada y de plataforma de las cosechadoras de asientos confortables que cumplan las condiciones ergonómicas a fin de amortiguar y minimizar las vibraciones de cuerpo entero en conductores.

B. Alcance

Los asientos que a continuación se detallan, son los recomendados y aplican para todas aquellas maquinarias en las que se deben reemplazar o proveer de asientos.

C. Responsables

1. Las jefaturas de la finca son los responsables de coordinar con gerencia financiera y presidencia de Upala Agrícola la aprobación del presupuesto para gestionar la adquisición de los asientos de reemplazo.
2. De igual manera serán los responsables de velar que se realice el mantenimiento y se cumplan con todas las acciones de este protocolo.
3. La jefatura del taller en coordinación con sus colaboradores, serán los encargados de realizar las instalaciones de los asientos en las maquinarias pesada. Y deberán realizar el mantenimiento periódico de conformidad con el procedimiento de PCVE-01-1 (Hoja de registro de mantenimiento preventivo de los tractores, camiones y montacargas).
4. La Oficina de Salud Ocupacional será la encargada de investigar y actualizar las cotizaciones con los proveedores, de manera que los asientos que se adquieran cuenten con las mejoras condiciones ergonómicas y se ajusten a las características de la maquinaria pesada.

D. Documentación aplicada


Se procederá a la aplicación de las siguientes hojas de registro:

- PCVE-02-1. Hoja de inspección de los asientos de los tractores, camiones y montacargas.

D. Descripción de los asientos

Los asientos son los dispositivos más importantes en la prevención y la mitigación del nivel de aceleración de las vibraciones de cuerpo entero a las que se exponen los conductores de maquinaria pesada. Estos deben brindar el mejor confort a los operarios, por lo tanto, dispondrán de características ergonómicas y amortiguadora de vibraciones. Los asientos contarán con su respectivo cinturón sujetador, de manera que brinden seguridad y se cumpla con ley nacional de tránsito y las normas de seguridad ocupacional

Tabla 1. Recomendaciones y características de los asientos.


Opciones	Características	Precio aproximado
<p>Tipo 2</p>  <p>1</p>	<p>Asiento tractor KAB 11/P1 PVC</p> <p>Asiento suspensión mecánica de muelles, reglaje de peso, limitador de altura. Guía de anclaje universal. Indicador de carga.</p>	<p>\$ 625,90</p>

<p>2.</p> 	<p>Asiento tractor KAB XH2/U5 PVC</p> <p>Asiento suspensión mecánica de barra de torsión, limitador de altura, reglaje de peso. Apoyabrazos. Guía de anclaje universal.</p>	<p>\$ 860,20</p>
<p>3.</p> 	<p>Asiento tractor GRM63 (210) neumático PVC</p> <p>Asiento con respaldo abatible y reclinable, apoyacabezas y reposabrazos regulables.</p> <p>Guía de anclaje universal. Suspensión mecánica aire (200). Suspensión neumática (210).</p>	<p>\$ 750</p>
<p>4.</p> 	<p>WP2005-EN</p> <p>Cinturón de seguridad 2 puntos retráctil enrollable</p>	<p>\$ 42</p>

Fuente. <http://www.casamayorlibrada.com>

	Elaborado por. Alberto Ramírez López			Código: PCVE-02-1
	Aplicado por:			
Fecha:	PCVE-02-1. Hoja de inspección de los asientos de los tractores, camiones y montacargas			Pág. 4-4
Código de la maquinaria				Observaciones
Aspectos de verificación	Condiciones			
	B	R	M	
Ajuste de asiento.				
Ajuste del respaldar.				
El ajuste con respecto al volante y pedales.				
Tapizado del asiento.				
Dispone de suspensión (mecánica, neumática).				
Ajuste del cinturón de seguridad con respecto al trabajador y asiento.				
Condición de los descansabrazos.				
Diseños ergonómicos.				
Observaciones técnicas.	A criterio del encargado de jefatura de taller y del profesional de Salud Ocupacional, si las condiciones de los asientos no pueden repararse inmediatamente o corto plazo, deben ser cambiados por asiento nuevos.			

----- Fin del procedimiento-----

	Elaborado por. Alberto Ramírez López	Código: PCVE-03
	Aplicado por:	
Fecha:	Vigilancia sanitaria por exposición a vibraciones de cuerpo entero	Páginas, 1 de 4
		Versión .1

PCVE-03- Vigilancia Sanitaria por exposición a vibraciones de cuerpo entero

A. Propósito

Prevenir los primeros signos y síntomas que se presentan en la salud de los trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo entero, antes de que produzca una lesión de tipo musculoesquelética irreversible y crónica.

B. Alcance

Este procedimiento aplica para todos los conductores de maquinaria pesada de Upala Agrícola S.A.

C. Responsables

1. Médico de empresa

- 1.1 Será el responsable de realizar y coordinar todo lo relacionado con los exámenes de salud, y control sanitario de los trabajadores expuestos a vibraciones de cuerpo entero.
- 1.2 Custodiar los expedientes de todos los trabajadores.
- 1.3 Analizar los resultados de los exámenes médicos, clínicos y de laboratorio.
- 1.4 Coordinar con la oficina de salud ocupacional, todo lo concerniente con las afectaciones de salud y con los riesgos ocupacionales, productos de la exposición a vibraciones de cuerpo entero.
- 1.5 Prestar atención oportuna a los síntomas y signos que se presenten en los trabajadores relacionados con los trastornos vasculares y musculoesqueléticos.
- 1.6 Coordinar con la Oficina de Recursos Humanos, todo lo referente al ausentismo relacionado con incapacidades laborales.

2. Oficina de Salud Ocupacional

- 2.1 Realizar periódicamente las inspecciones de seguridad e higiene ocupacional, aplicando los formularios respectivos.
- 2.2 Aplicar encuestas higiénicas relacionadas con los riesgos asociados a la exposición de vibraciones de cuerpo entero.
- 2.3 Llevar la supervisión de la vigilancia médica, en coordinación con el médico de empresa y el centro médico del control sanitario, al que asisten los operadores expuestos.
- 2.4 Motivar y controlar a los conductores que ya se realizaron los exámenes y los que todavía no los realizan.

3. Centro médico de referencia

- 3.1 Upala Agrícola dispondrá de un Centro Médico de referencia para coordinar todo lo relacionado con la vigilancia sanitaria de los trabajadores
- 3.2 El centro médico confeccionará y mantendrá actualizados los expedientes de los conductores de maquinaria pesada, con la información que le brinda el Médico de empresa y la Oficina de Salud Ocupacional.
- 3.3 El control sanitario de los trabajadores se clasificará en dos grupos: los que tienen lesiones traumáticas diagnosticadas y los que refieren molestias esporádicas, a nivel de espalda, cuello y hombros.
- 3.4 La vigilancia de la salud constara de:
 - 3.4.1 Historia clínica detallada.
 - 3.4.2 Examen físico: exploración física, palpación del dolor, movilidad.
 - 3.4.3 Exámenes médicos específicos tales como: radiografía de columna vertebral, resonancia magnética (según indicación médica).

4. Conductores de maquinaria pesada

- 4.1 Asistir a las citas que se establezcan por parte del médico de empresa o del centro médico.

- 4.2 Colaborar con el profesional de Salud Ocupacional en todo lo relacionado con investigación de factores de riesgos asociados la exposición a las vibraciones de cuerpo entero.
- 4.3 Debe coordinar con el médico de empresa las citas para el análisis de los resultados.
- 4.4 Los conductores de máquinas pesadas deben informar cualquier lesión, dolor u afectación de espalda, cuello, hombro.


Tabla 2. Estudios recomendados de vigilancia médica periódica

Grado de riesgo	Diagnóstico de enfermedad	Estudios complementarios	Observaciones
Medio y alto	Alteración en la columna	<ul style="list-style-type: none"> • Maniobra de Lasègue • Radiografía de columna • TAC y/o RMN 	Descartar: <ul style="list-style-type: none"> • Patología previa • Enfermedad degenerativa
	Alteraciones oftalmológicas	<ul style="list-style-type: none"> • Videonistagmografía • Electronistagmografía 	Descartar: <ul style="list-style-type: none"> • Patología cerebrovascular • Enfermedades del laberinto

Nota: TAC: tomografía axial computarizada; RMN: resonancia magnética nuclear

Fuente: Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo, NTP 963

----- Fin del procedimiento-----

	Elaborado por. Alberto Ramírez López	Código: PCVE-04
	Aplicado por:	
Fecha:	PCVE-04 Procedimiento de capacitación en vibraciones de cuerpo entero	Páginas 1- 5
		Versión 1

PCVE-04- Procedimiento de Capacitación en vibraciones de cuerpo entero (VCE)

A. Propósito

Capacitar a los trabajadores conductores de maquinarias pesada, jefaturas y personal involucrado en temas relacionados con las vibraciones de cuerpo entero.

B. Objetivos

- 1.1 Dar a conocer los efectos en la salud por exposición a estos agentes físicos derivados de las vibraciones mecánicas.
- 1.2 Brindar técnicas de prevención, mitigación y reducción de las vibraciones de la aceleración de las vibraciones.

C. Alcance

Este procedimiento abarca todos los conductores de maquinaria pesada y operarios de montacargas de Upala Agrícola, sean estos trabajadores fijos o subcontratos, además de cualquier otro tipo de colaborador que la Oficina de Salud Ocupacional considere.

D. Meta

- Capacitar al 100% de los trabajadores conductores de maquinaria pesada de Upala Agrícola durante el año 2021.
- Disminuir ausentismos por consecuencias de incapacidades relacionadas con traumatismo músculo esqueléticos.

E. Responsables

1. Oficina de Salud Ocupacional

- 1.1. Será la responsable de gestionar el presupuesto que se requiere para desarrollar la capacitación.
- 1.2. Crear el cronograma definitivo para llevar cabo las capacitaciones.
- 1.3. Coordinar la capacitación por medio del convenio Upala Agrícola- Universidad Técnica Nacional (UTN).
- 1.4. Dar aviso y solicitar a las diferentes gerencias y jefaturas el permiso de los trabajadores que asistirán a la capacitación.
- 1.5. Realizar los preparativos y la logística necesaria para desarrollar la capacitación.

2. Médico de empresa

- 2.1. Brindar el apoyo necesario a la Oficina de Salud Ocupacional y al capacitador externo, en aspectos relacionados con medicina de trabajo enfocada a la exposición de vibraciones de cuerpo entero.
- 2.2. Ser parte del grupo capacitador en caso necesario.

3. Gerencias de fincas

- 3.1. Brindar el permiso respectivo a los conductores de maquinaria, según solicitud de la Oficina de Salud Ocupacional.
- 3.2. Verificar que los conductores de maquinaria pesado o personal a su cargo participen en la capacitación realizada.
- 3.3. En caso de que un colaborador solicitado no pueda ir a la capacitación por diferentes motivos, debe informar a la Oficina de Salud Ocupacional.

4. Conductores y otros trabajadores


- 4.1. Será responsabilidad de los trabajadores asistir y participar activamente a las capacitaciones que se convoquen.

5.4. Programación de la capacitación


Actividades y contenidos	Metodología	Recursos	Fecha y hora
Bienvenida y motivación Presentación del curso.			8:30 – 8:45 a.m.
1. Análisis del conocimiento de los aprendientes.	Pretest		8:50– 9:15 a.m.
2. Tiempo de refrigerio.			9:15 - 9:40 a.m.
3 Generalidades de Salud Ocupacional con énfasis en vibraciones.	Preguntas y repuestas, lluvias de ideas, presentación magistral, análisis de casos.	<i>Video beam</i> , pizarra, marcadores, computadora.	9:45 a.m. 10:30 a.m.
4 Conceptualización de las vibraciones. 5 Transmisión de las vibraciones. 6 Exposición a las vibraciones. 7 Control de las vibraciones. 8 Papel de operador en el control de las vibraciones	Reconocimientos de riesgos VCE	<i>Video beam</i> , pizarra, marcadores, Computadora	10:30 a.m. 12:00 m.d.
9 Criterios de seguridad en transporte y conducción de maquinaria pesada.	Preguntas y repuestas, lluvias de ideas, presentación magistral, análisis de casos.	<i>Video beam</i> , pizarra, marcadores, Computadora	
1. Equipos de protección personal.	Preguntas y repuestas, lluvias de ideas, presentación magistral, análisis de casos.	<i>Video beam</i> , pizarra, marcadores, Computadora	1:00 p.m. a 1:45 p.m.
2. Exámenes de médicos y de laboratorio en VCE.	Preguntas y repuestas, lluvias de ideas, presentación magistral, análisis de casos.	<i>Video beam</i> , pizarra, marcadores, Computadora	1:45 p.m. a 2:45 p.m.
3. Responsabilidad patronal y de los trabajadores.	Preguntas y repuestas, lluvias de ideas, presentación magistral, análisis de casos.	Práctica de pregunta y respuesta	3:00 p.m. a 4:00 p.m.

5.5. Evaluación de las capacitaciones

1-Al finalizar la capacitación se procederá, por medio del siguiente formulario, a realizar la evaluación de esta, la cual consiste en que las personas participantes opinen sobre los temas tratados y rol del instructor.

Tema:		 Upala Agrícola		
Fecha				
Capacitador:		Duración		
Instrucciones: Proceda a completar el siguiente formulario marcando con una X la opción que considere más acertada, según su respuesta.				
Consideración al Capacitador: _____				
Factores de evaluación	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
Dominio y claridad en el tema				
Puntualidad				
Manejo y empatía con el grupo				
Evacuación de dudas y respuesta				
Objetivos alcanzados: con la capacitación recibida considera que:				
Adquirió conocimientos nuevos		SÍ ()	NO ()	
Considera importante la capacitación expuesta		SÍ ()	NO ()	
Considera que los objetivos de capacitación se pueden cumplir		SÍ ()	NO ()	
Esta dispuesto a poner en práctica lo enseñado en la capacitación.		SÍ ()	NO ()	
Aspectos relacionados con logística y los materiales				
Factores de evaluación	Exc.	Bueno	Regular	Defic.
Los medios audiovisuales utilizados				
La sala o lugar de capacitación				
El material didáctico				
El apoyo de empresa para recibir la capacitación				

----- Fin del procedimiento-----

	Elaborado por. Alberto Ramírez López	Código: PCVE-05
	Aplicado por:	
Fecha:	PCVE-05 Procedimiento de evaluación y seguimiento del programa de control vibraciones de cuerpo entero	Páginas. 1 de 3

PCVE-05 Procedimiento de evaluación y seguimiento del programa de control vibraciones de cuerpo entero

A. Propósito

Disponer de una herramienta con instrucciones básicas de evaluación y control del cumplimiento del programa de vibraciones de cuerpo entero en Upala Agrícola.

B. Alcance

Aplica para todos los procedimientos establecido en este programa de control de vibraciones de cuerpo entero de Upala Agrícola.

C. Responsables

1. Oficina de Salud Ocupacional

- 1.1. Será la responsable de supervisar cada seis meses que el programa se está ejecutando, de conformidad con las herramientas y recomendaciones expuesta en cada uno de los procedimientos y las capacitaciones realizadas.
- 1.2. Coordinar con los diferentes departamentos o gerencias todo lo relacionado con el buen funcionamiento y control del programa VCE.
- 1.3. Hacer los ajustes necesarios en las mejoras continuas del programa.

D. Meta

1. Dar a conocer el programa VCE a todas jefaturas involucradas.
2. Mejorar las condiciones ingenieriles en los asientos de las maquinarias con deficiencia para el 2021.
3. Poner en práctica el programa de VCE en todas las fincas de la empresa.

4. Capacitar al 100% de los conductores de maquinaria pesada, durante el año 2021.

E. Evaluación de la implementación

Como parte de la evaluación del programa de control de vibraciones de cuerpo entero de Upala Agrícola, se hace necesario realizar la medición de los controles y acciones realizadas por los diferentes responsables, a continuación se detallan:

1. Controles de aspectos ingenieriles:

Considerando que los controles de ingeniería se enfocan en minimizar la fuente del peligro desde su causa, se estará procediendo a la verificación y evaluación de los cambios y mejoras que se han realizado o se realizan en equipos y maquinaria pesada que representan riesgo por exposición a vibraciones de cuerpo entero.

Para su evaluación se inspeccionarán las mejoras realizadas y se corroborará si se llevan los controles establecidos de los mantenimientos preventivos y correctivos de acuerdo con PCVE-01-2 Hoja de informe integral del estado de la maquinaria.

2. Controles Administrativos

Como parte de los controles administrativos, se tiene la evaluación de la organización del trabajo, las capacitaciones realizadas y los controles de vigilancia en la salud de los conductores de maquinaria pesada.

Para la evaluación de estos se procederá a corroborar las bitácoras y registros que se tengan de las visitas de inspección realizadas, las capacitaciones y los controles de vigilancia de la salud que se han realizado a los conductores, de acuerdo con las hojas de registros siguientes:

- PCVE-04-1 – Capacitaciones (impartidas y recibidas).
- Registros de conductores atendidos.
- Registro de conductores referenciados a centro salud (médico, laboratorios).

F. Seguimiento

Para medir el cumplimiento del programa se realizarán auditorías internas y se procederá a contabilizar los ítems de cumplimientos establecidos en las diferentes hojas de chequeos o formularios de acuerdo con los siguientes indicadores.

1. Revisiones de mantenimiento programadas X 100 = % de cumplimiento
Revisiones de mantenimientos realizadas.
2. Capacitaciones programadas X 100 = % de cumplimiento
Capacitaciones realizadas.
3. Controles médicos propuestos X 100 = % de cumplimiento
Controles médicos realizados.

Como parte del seguimiento, se tiene establecido realizar auditorías internas semestrales por parte de la Oficina de Salud Ocupacional, la cual consistirá en diseñar una hoja chequeo de puntos de cumplimiento para cada uno de los tres grandes indicadores antes descritos y determinar su porcentaje de cumplimiento.

Determinado el porcentaje de cumplimiento según las metas propuestas se indicarán a los respectivas gerencias o jefaturas las acciones y oportunidades de mejoras a realizar.

La gerencia o jefatura involucrada una vez realizada la mejora informará a la oficina de Salud Ocupacional para que esta proceda con la respectiva valoración.

----- Fin del procedimiento-----

3. Parte final

Como parte final de esta alternativa de solución del programa para el control de las vibraciones mecánicas de cuerpo entero a las que están expuestos los conductores de maquinaria pesada, de la empresa Agrícola Upala S.A., se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones.

1. Conclusiones

- El programa propuesto permite que se controle la exposición a vibraciones de cuerpo entero, siempre que se pongan en práctica los procedimientos propuestos y se realicen las mejoras indicadas, ya que esto permitiría la disminución del impacto negativo de los niveles de aceleración ponderada (R.M.S.) evidenciada en la etapa de investigación de este proyecto.
- El programa de control se enfoca en acciones realizables de tipo ingenieril y organizativos que, si se aplican de conformidad a lo establecido, benefician la salud y la integridad de los conductores de maquinaria pesada.
- Los controles sanitarios de vigilancia médica son sumamente importantes para prevenir efectos a largo plazo en los trabajadores.
- La evaluación y seguimiento de los procedimientos propuestos se hacen necesarios para valorar la efectividad del programa e identificar oportunidades de mejoras.

2. Recomendaciones

- Se recomienda a Upala Agrícola, como empresa de vanguardia en el sector piñero de Costa Rica y, específicamente, a la Oficina Salud Ocupacional, fomentar el trabajo en conjunto entre gerencias y jefaturas implicadas, para que se puedan obtener resultados positivos.
- Es sumamente importante contar con el apoyo de las gerencias involucradas y la presidencia de la organización, de manera que se cuente con el presupuesto fijo para las evaluaciones de las vibraciones, capacitaciones y la vigilancia médica.

- Implementar controles médicos sanitarios enfocados en vibraciones de cuerpo por medio de examen preempleo, que permitan llevar un control del estado de salud de los operadores antes y después de su contratación.
- Se recomienda guardar registros de todos los apartados del programa al menos durante cinco años.
- Se recomienda que este programa se incluya como un subprograma más, del plan global de salud ocupacional y ambiente, según lo tiene establecido en su declaración y compromiso de las políticas empresariales.
- Establecer por medio de la capacitación y motivación una cultura preventiva en los conductores y jefaturas de maquinaria pesada en cumplir con los lineamientos de este programa.

Bibliografía

- Benítez, N. A. (2012). *Medición y análisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort*. Instituto Politécnico Nacional.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera Ed; E. Pearson). Colombia.
- Borjas, A. (2013). *Estudio de la influencia de las vibraciones de baja magnitud sobre las osteopatías en el ser humano*. Retrieved from http://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1764/IME_174.pdf?sequence=1
- Carrillo, Alfonso. (Fundación Científica y Tecnológica, A. (2014). *Proyecto de Investigación P0168-2014 Evaluación de la exposición a vibración de cuerpo entero que contiene múltiples choques según ISO2631-5 : 2004 y comparación con evaluación según ISO2631-1 : 1997 , Directiva 2002 / 44 / CE y legislación* (pp. 1–33). pp. 1–33. Chile.
- Comite Tecnico AEC/CTN 81. (2008). *Norma UNE-ISO-2631-1. Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero*.
- Consejería de Educación y Empleo (Junta de Extremadura). (2012). *Fichas de prevención: Vibraciones Mecánicas*. 1–9.
- Esquivel, K. (2008). *Factores a considerar durante el establecimiento y manejo de una plantación comercial de piña (Ananas comosus) (L) Merr. para exportación*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Griffin, M. J. (2013). Vibraciones. In *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. OIT*. Retrieved from <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>
- Gualotuña, E. (2016). *Medición y Analisis de Vibraciones Mecánicas en un Bus de Transporte de Pasajeros y sus Efetos en la Salud y el Confort mediante la Norma ISO-2631*. Escuela Politecnica Nacional.

- Hernandez, R. Fernández, C. Baptista, M. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta edición).
- Huerta, (INSHT). (2015). *NTP963 Vibraciones: Vigilancia de la salud en trabajadores expuestos*.
- Ideara, S. (2014). Vibraciones mecánicas. Factores relacionados con la fuente y medidas de control. *Confederación de Empresarios de Pontevedra (CEP) y La Fundación Para La Prevención de Riesgos Laborales*, p. 11. España.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, (INTECO). (2018). Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales *INTE/ISO 2631-1:2018*. (506), 1–42.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (INSHT). (2011). *NTP 839. Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo*.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). (2014). *Aspectos ergonómicos de las vibraciones*.
- Instituto Navarro de Salud Laboral. *Disposiciones mínimas de seguridad y salud de los trabajadores relativas a la exposición a vibraciones mecánicas*. (2009).
- Kuorinka, B. Jonsson, A. Kilbom, H. Vinterberg, F. Biering---Sørensen, G., & Andersson, K. J. (1987). *Cuestionario Nórdico de Kuorinka*. 18, 1–7. Retrieved from <http://salmed.com.ve/blog/wp-content/uploads/2014/06/cuestionario-nordico-kuorinka.pdf>
- López, P & Fachelli, S. (2018). *Metodología de la Investigación Social Cuantitativa*. <https://doi.org/10.1344/reyd2018.17.13>
- Organización empresarial de logística y transporte. (2018). *Exposición a vibraciones en el sector de la logística y transporte*. Madrid , España.
- Palomino, E. (2007). *Elementos de medición y análisis de vibraciones en máquinas rotatorias* (Quinta edición). Habana, Cuba.
- Pérez, M. Téllez, R., Sánchez, J. S., & Tenorio, F. (2015). *Deterioro de la salud por causa de las vibraciones mecánicas en los centros de trabajo de la zona de*

- Tecamachalco. Revista de Ciencias de La Salud*, 7(23), 11–17.
<https://doi.org/10.35429/johs.2020.23.7.11.17>
- Rao, S (2012). *Vibraciones mecánicas* (Quinta; P. Educación, Ed.). México.
- Ringegni, P. L., & Martínez, A. (2018). *Vibraciones transmisibilidad mecánica y mecanismos* (pp. 1–13). pp. 1–13. La Plata, Argentina.
- Saavedra, P. N. (2014). *TUTORIAL SEVERIDAD VIBRATORIA . PARTE I*. 1–52.
- Wilmer Senon Juan Bosco Loor Sabando. (2015). *Estudio de factibilidad para la creación de una escuela de operadores de maquinaria pesada y agrícola en el cantón Quevedo*. (Universidad Técnica Estatal de Quevedo). Retrieved from <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5311/1/T-UTEQ-0093.PDF>

ANEXOS Y APENDICES


Apéndice 4. Cuestionario de entrevista a conductores de maquinaria pesada

Aspectos para valorar	Condición				Observaciones
	SI	NO	NS	NA	
1. ¿Conoce Usted lo qué es un riesgo del trabajo?					
2. ¿Considera que la empresa se preocupa por protegerlos contra los riesgos laborales?					
3. ¿Sabe Usted que son las vibraciones de cuerpo entero?					
4. ¿Cuándo años ha trabajado como conductor de maquinaria pesada?					
5. ¿Ha trabajado con maquinaria pesada en otras empresas?					
6. ¿Ha sufrido algún accidente como conductor de maquinaria pesada?					
7. ¿Se siente cansado, fatigado, adolorido, después de su jornada como conductor?					
8. ¿Qué parte del cuerpo es la más molesta después de su trabajo como conductor?					
9. Ha consultado a algún centro de salud su problema?					
10. Ha sido incapacitado por alguna de sus afectaciones de salud? ¿Cuántos días?					
11. Cuando sufre alguna de afectación de salud, consume algún medicamento? ¿Qué tipo?					
12. Considera Usted que el automotor que conduce (tractor, chapulín, camión) está en buenas condiciones.					
13. ¿Considera la labor de operador de maquinaria pesada como peligrosa?					


14. ¿Considera que el ritmo de trabajo es adecuado?					
15. El asiento de su tractor o camión es confortable (ajustables, reclinables, suave).					
16. ¿Considera que el confort general del tractor o maquinaria que conduce es adecuado?					
17. ¿Considera que las molestias de su salud se deben a las vibraciones de la maquinaria que conduce?					
18. ¿Considera Usted que dependiendo el tipo de terreno o actividad la magnitud de la vibración sea diferentes?					
19. Trabaja horas extras como conductor ¿Cuántas?					
20. Utiliza equipo de protección personal					

Observaciones Generales

Apéndice 5. Lista de verificación de condiciones mecánicas de la maquinaria

		Lista de verificación del estado de la maquinaria agrícola pesada y maquinaria pesada			Fecha;	
Conductor: _____ Mecánico: _____				Tipo Marca Placa o Cod.		
N°	ELEMENTOS POR INSPECCIONAR	A / NA	Estado o condición			
			BUENO	REGULAR	DEFICIENTE	
1	Estructura general del tractor					
2	Neumáticos delanteros					
3	Neumáticos traseros					
4	Barras de dirección					
7	Acoples y mangueras					
8	Freno de estacionamiento					
9	Sistema de frenos					
10	Radiador					
11	Espejos					
12	Cabina					
13	Alarma de retroceso					
14	Luces					
16	Motor					
17	Mangueras					
18	Correas					
19	Sistema eléctrico					
21	Chapa de contacto					
22	Reloj de temperatura					
23	Reloj marcador de aceite					
24	Marcador de combustible					
25	Cinturón de seguridad					
26	Extintor					
27	Embrague					
28	Asiento					
OBSERVACIONES _____						
NOMBRE _____						
CARGO _____						

Apéndice 3. Instrumento de valoración de condiciones y medios ambientes de trabajo.

		Fecha _____			
Conductor: _____		Edad _____		Años de labor _____	
Maquinaria _____		Tipo. _____		Placa _____	
Condiciones de Seguridad aplicadas VCE		Buena	Regular	Defic	Observaciones
1.1	Vías de acceso o trabajo por donde transita la maquinaria				
1.2	Condiciones del terreno (inclinado, plano, húmedo, resbaloso, etc.)				
1.3	Condiciones de la maquinaria (ver apéndice de chequeo maquinaria)				
1.4	Velocidad de recorrido de acuerdo con la actividad realizada.				
2. Condiciones de Higiene Ambiental (observaciones organolépticas por parte evaluador)		Bajo	Medio	Alto	
2.1	Ruido de la maquinaria				
2.2	Iluminación durante la labor según horario de trabajo				
2.3	Contaminantes químicos				
3. Condiciones ambientales					
3.1	Temperatura de exposición				
3.2	Humedad relativa				
3.3	Radiación solar				
3.4	Luvias (se trabaja bajo lluvia)				
4. Condiciones ergonómicas		Buena	Regular	Defic	

4.1	El asiento de maquinaria, (cómodo, ajustable, transpirable, dispone de descansabrazos, respaldar con dimensiones mínimas de 480 x 480 x 292 mm (ancho x profundo x alto)				
4.2	La cabina de maquinaria (cómoda, climatizada, ventanas y puertas)				
4.3	La cabina dispone de espacio para movimientos de brazos, piernas, rodillas.				
4.4	Los mandos de control (palancas, frenos, botoneras, embragues)				
5.	Condiciones relacionadas con carga y condiciones trabajo	Alto	Moderado	Baja	
5.1	Concentración en el trabajo				
5.2	Movimiento de cuello				
5.3	Movimiento de tronco y espalda				
5.4	Tipo de trabajo				
5.5	Jornada de trabajo (indicar horas)				

Observaciones.

Apéndice 4. Consentimiento informado aplicado

Señores trabajadores de la empresa Upala Agrícola S.A

Título del estudio: Control de vibraciones de cuerpo entero en conductores de maquinaria pesada en la actividad piñera de la empresa Upala Agrícola durante el 2020

He leído o escuchado la información sobre este estudio.

He hablado con el investigador y me ha contestado todas mis preguntas en un lenguaje comprensible para mí.

Entiendo que mi participación es voluntaria y que tengo derecho a retirarme cuando así lo desee en cualquier momento, sin que esto me perjudique de ninguna manera.

Participo voluntariamente en el estudio.

Para cualquier pregunta puedo contactar a Alberto Ramírez López al teléfono (506) 8380-4265, correo electrónico: beto1ramirez@gmail.com.

_____	_____	_____
Lugar	Fecha	Hora
_____	_____	_____
Nombre del trabajador(a)	No. cédula o identificación	Firma del trabajador
_____	_____	_____
Nombre del investigador/	No. cédula o identificación	Firma del investigador /

Soy testigo de que este formulario de consentimiento se le ha leído en voz alta al participante, él/ella ha expresado su comprensión del contenido y se le ha dado la oportunidad de hacer preguntas.

_____	_____	_____
Nombre del testigo	No. cédula o identificación	Firma del testigo

Anexo 1. Cuestionario nórdico aplicado

Cuestionario Nórdico de síntomas músculo-tendinosos

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
1. ¿Ha tenido molestias en...?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Izq <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Der	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Izq <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Der <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Ambos	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> Izq <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Der <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Ambos

Si ha contestado NO a la pregunta 1, no conteste más y devuelva la encuesta

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
2. ¿Desde hace cuánto tiempo?					
3. ¿Ha necesitado cambiar de puesto de trabajo?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No
4. ¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No

Si ha contestado NO a la pregunta 4, no conteste más y devuelva la encuesta

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
5. ¿cuánto tiempo ha tenido molestias en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días	<input type="checkbox"/> 1-7 días
	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días	<input type="checkbox"/> 8-30 días
	<input type="checkbox"/> > 30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > 30 días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > días, no seguidos	<input type="checkbox"/> > días, no seguidos
	<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre	<input type="checkbox"/> siempre

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
6. ¿cuánto dura cada episodio?	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora	<input type="checkbox"/> <1 hora
	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas	<input type="checkbox"/> 1 a 24 horas
	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días
	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas
	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
7. ¿cuánto tiempo estas molestias le han impedido hacer su trabajo en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> 0 día	<input type="checkbox"/> 0 día	<input type="checkbox"/> 0 día	<input type="checkbox"/> 0 día	<input type="checkbox"/> 0 día
	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días	<input type="checkbox"/> 1 a 7 días
	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas	<input type="checkbox"/> 1 a 4 semanas
	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes	<input type="checkbox"/> >1 mes

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
8. ¿ha recibido tratamiento por estas molestias en los últimos 12 meses?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
9. ¿ha tenido molestias en los últimos 7 días?	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> Si
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> No

	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
10. Póngale nota a sus molestias entre 0 (sin molestias) y 5 (molestias muy fuertes)	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 1
	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 2
	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 3
	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 4
	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 5

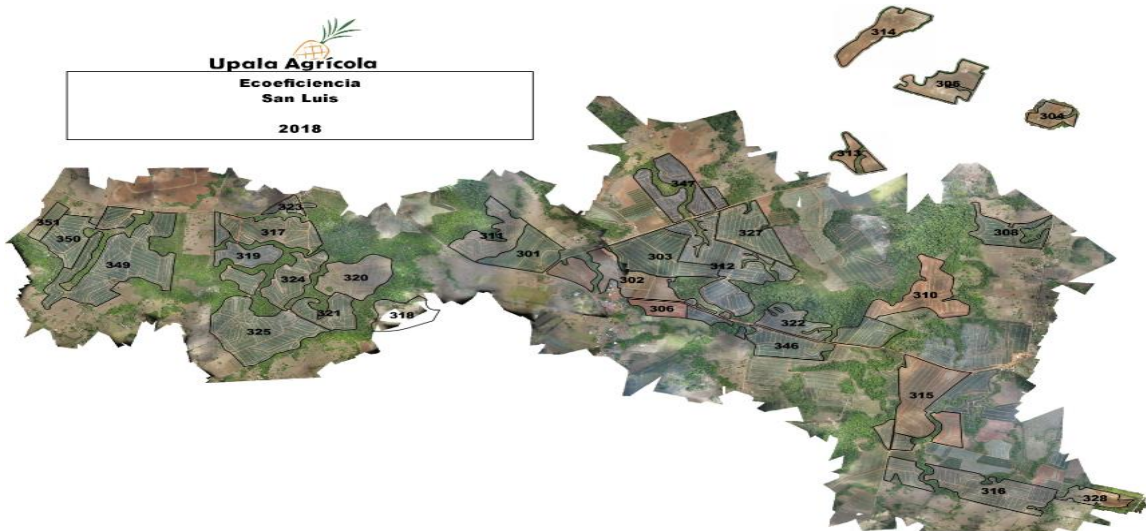
	Cuello	Hombro	Dorsal o lumbar	Codo o antebrazo	Muñeca o mano
11. ¿a qué atribuye estas molestias?					

Puede agregar cualquier comentario de su interés aquí abajo o al reverso de la hoja. Muchas gracias por su cooperación.

Fuente: <https://www.talentpoolconsulting.com/wp-content/uploads/2014/06/cuestionario-nordico-kuorinka.pdf>

Anexo 2. Croquis de lotes en fincas de Upala Agrícola

Para el desarrollo de las diferentes actividades y labores de campo, tales como; mantenimiento de cultivo, preparación de terreno, cosecha, entre otras. Las gerencias de Finca, Productividad y Ecoeficiencia diseñan croquis para una mejor ubicación y control de las tareas por desarrollar, mismo que fueron utilizados en el desplazamiento y ubicación de la maquinaria durante el estudio realizado, algunos de ellos se presentan a continuación



Anexo 3. Fotografías



Fotografía 1. Postura Conductor

Esta fotografía nos demuestra que mayoría de los tractores son de cabina abierta, donde el trabajador está expuesto a condiciones de trabajo poco favorables (ergonómicas, seguridad y ambientales)



Fotografía 3. Retroexcavadora

Por su tipo de actividad accionada por la pala excavadora hace que las vibraciones sean de alta magnitud



Fotografía 2. Telehandler utilizada para cargar los bins de piña a nivel del campo a los camiones, por su tipo de actividad genera movimientos bruscos de vibraciones



Fotografía 4. En esta foto se demuestra un tractor con caucho liso (llanta) aspecto que aumenta el riesgo de las vibraciones y otros tipos de riesgos (mecánicos o de tránsito)

Anexo 4. Ejemplos resueltos de exposiciones diarias

Este anexo es propio de la Guía no vinculante sobre buenas prácticas para la aplicación de la Directiva 2002/44/CE (vibraciones en el trabajo) de Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas 2008, ISBN 978-92-79-07534-6

ANEXO E Ejemplos resueltos de exposiciones diarias

E.1 EXPOSICIÓN DIARIA, $A(8)$, CUANDO HAY UNA SOLA TAREA

Paso 1: Determine los tres valores de aceleración eficaz ponderada en frecuencia a_{wx} , a_{wy} y a_{wz} a partir de los datos del fabricante, de otras fuentes o de medidas.

Paso 2: Determine las exposiciones diarias en las tres direcciones «x», «y» y «z» mediante las fórmulas siguientes:

$$A_j(8) = 1,4 a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_j(8) = 1,4 a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

$$A_j(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}$$

donde:

✓ T_{exp} es la duración diaria de la exposición a las vibraciones y

✓ T_0 es la duración de referencia de ocho horas.

Paso 3: El valor más alto de $A_x(8)$, $A_y(8)$ y $A_z(8)$ constituye la exposición diaria a las vibraciones.

Ejemplo

Un operario maneja una cosechadora forestal durante seis horas y media diarias.

Paso 1: Los valores de vibración del asiento son:

- dirección x: $3 \text{ m/s}^{1/2}$
- dirección y: $5 \text{ m/s}^{1/2}$
- dirección z: $4 \text{ m/s}^{1/2}$

Paso 2: En consecuencia, las exposiciones diarias según las direcciones «x», «y» y «z» son las siguientes:

$$A_x(8) = 1,4 \times 0,2 \sqrt{\frac{6,5}{8}} = 0,25 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(8) = 1,4 \times 0,4 \sqrt{\frac{6,5}{8}} = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(8) = 0,25 \sqrt{\frac{6,5}{8}} = 0,23 \text{ m/s}^2$$

Paso 3: La exposición diaria a las vibraciones, $A(8)$, es el más alto de estos valores. En este caso, el de la dirección «y»: $0,5 \text{ m/s}^2$ (esto es, equivalente al valor de exposición que da lugar a una acción).

E.2 EXPOSICIÓN DIARIA, $A(B)$, CUANDO HAY MÁS DE UNA TAREA

Si una persona está expuesta a más de una fuente de vibraciones (por ejemplo, si opera varias máquinas o actividades diferentes a lo largo del día) se calcula una exposición parcial a las vibraciones a partir de la magnitud y de la duración para cada dirección y para cada exposición. A continuación, se combinan los valores parciales de las vibraciones para obtener el valor global de exposición diaria, $A(B)$, de esa persona para cada dirección. La exposición diaria a las vibraciones equivale al mayor de los valores de las tres direcciones.

Paso 1: Determine los tres valores de aceleración eficaz ponderada en frecuencia a_x , a_y y a_z , para cada tarea o vehículo, partir de los datos del fabricante, de otras fuentes o de mediciones.

Paso 2: Para cada vehículo o tarea, determine las exposiciones diarias parciales en las tres direcciones «x», «y» y «z» mediante las fórmulas siguientes:

$$A_{x, \text{vehículo}}(8) = 1,4 a_x \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}$$

$$A_{y, \text{vehículo}}(8) = 1,4 a_y \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}$$

$$A_{z, \text{vehículo}}(8) = a_z \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}}$$

dónde:

- ✓ T_{exp} es la duración diaria de la exposición a las vibraciones y
- ✓ T_0 es la duración de referencia de ocho horas.

Cada exposición parcial a las vibraciones representa la contribución de una fuente de vibraciones particular (máquina o actividad) a la exposición total diaria del trabajador. Conocer los valores parciales de exposición le ayudará a determinar sus prioridades: en las medidas de control debe darse prioridad a las máquinas, actividades o procesos cuyos valores parciales de exposición a las vibraciones son más elevados.

Paso 3: la exposición diaria global a las vibraciones para cada dirección (i) puede calcularse a partir de los valores parciales de exposición a las vibraciones mediante la fórmula siguiente:

$$A_i(B) = \sqrt{A_{i, \text{vehículo}}(8)^2 + A_{i, \text{vehículo}}(8)^2 + A_{i, \text{vehículo}}(8)^2 + \dots}$$

dónde $A_{x, \text{vehículo}}(8)$, $A_{y, \text{vehículo}}(8)$, $A_{z, \text{vehículo}}(8)$, etc. son los valores parciales de exposición a las vibraciones de las diferentes fuentes de vibraciones.

Paso 4: El valor más alto de $A_x(B)$, $A_y(B)$ y $A_z(B)$ equivale a la exposición diaria a las vibraciones.

Ejemplo

El conductor de un camión de reparto dedica diariamente una hora a cargar la mercancía con una pequeña carretilla elevadora y, a continuación, conduce el camión durante seis horas.

Paso 1: los valores de las vibraciones en el asiento son:

Carretilla elevadora	Camión
✓ Dirección x: 0,5 m/s ²	✓ Dirección x: 0,2 m/s ²
✓ Dirección y: 0,3 m/s ²	✓ Dirección y: 0,3 m/s ²
✓ Dirección z: 0,9 m/s ²	✓ Dirección z: 0,3 m/s ²

Paso 2: las exposiciones diarias en las direcciones «x», «y» y «z» son las siguientes:

Carretilla elevadora
$A_{x, \text{carretilla}}(8) = 1,4 \times 0,5 \sqrt{\frac{1}{8}} = 0,25 \text{ m/s}^2$
$A_{y, \text{carretilla}}(8) = 1,4 \times 0,3 \sqrt{\frac{1}{8}} = 0,15 \text{ m/s}^2$
$A_{z, \text{carretilla}}(8) = 0,9 \sqrt{\frac{1}{8}} = 0,32 \text{ m/s}^2$
Camión de reparto
$A_{x, \text{camión}}(8) = 1,4 \times 0,2 \sqrt{\frac{6}{8}} = 0,24 \text{ m/s}^2$
$A_{y, \text{camión}}(8) = 1,4 \times 0,3 \sqrt{\frac{6}{8}} = 0,36 \text{ m/s}^2$
$A_{z, \text{camión}}(8) = 0,3 \sqrt{\frac{6}{8}} = 0,26 \text{ m/s}^2$

Paso 3: las exposiciones diarias a las vibraciones en cada dirección son las siguientes:

$$A_x(B) = \sqrt{0,25^2 + 0,24^2} = 0,3 \text{ m/s}^2$$

$$A_y(B) = \sqrt{0,15^2 + 0,36^2} = 0,4 \text{ m/s}^2$$

$$A_z(B) = \sqrt{0,32^2 + 0,26^2} = 0,4 \text{ m/s}^2$$

Paso 4: la exposición diaria del conductor a las vibraciones de cuerpo completo es el valor $A(B)$ más elevado de las tres direcciones, en este caso el de la dirección «y», 0,4 m/s², ligeramente inferior al valor de exposición que da lugar a una acción.



E.3 EXPOSICIÓN DIARIA, VDV, CUANDO SÓLO HAY UNA TAREA

Paso 1: Determine los tres VDV ponderados en frecuencia VDV_x , VDV_y y VDV_z . (Nota: la notificación de los VDV no está tan extendida como la de los valores eficaces y no se exige su notificación por parte de los fabricantes, por lo que es más probable que los VDV procedan de datos medidos que de datos publicados).

Paso 2: Determine las exposiciones diarias en las tres direcciones «x», «y» y «z» mediante las fórmulas siguientes:

$$VDV_{exp,x} = 1,4 \times VDV_x \left(\frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4}$$

$$VDV_{exp,y} = 1,4 \times VDV_y \left(\frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4}$$

$$VDV_{exp,z} = VDV_z \left(\frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4}$$

donde:

- ✓ T_{meas} es el periodo de medición, y
- ✓ T_{exp} es la duración diaria de la exposición a las vibraciones.

Paso 3: El valor más elevado entre $VDV_{exp,x}$, $VDV_{exp,y}$ y $VDV_{exp,z}$ es el VDV diario.

Ejemplo

Un operario maneja una cosechadora forestal durante seis horas y media diarias.

Paso 1: El VDV medido en el asiento durante dos horas es el siguiente:

✓ dirección x: $3 \text{ m/s}^{1,75}$

✓ dirección y: $5 \text{ m/s}^{1,75}$

✓ dirección z: $4 \text{ m/s}^{1,75}$

Paso 2: Las exposiciones a VDV en las direcciones «x», «y» y «z» son las siguientes:

$$VDV_{exp,x} = 1,4 \times 3 \left(\frac{6,5}{2} \right)^{1/4} = 5,6 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_{exp,y} = 1,4 \times 5 \left(\frac{6,5}{2} \right)^{1/4} = 9,4 \text{ m/s}^{1,75}$$

$$VDV_{exp,z} = 4 \left(\frac{6,5}{2} \right)^{1/4} = 5,4 \text{ m/s}^{1,75}$$

Paso 3: El VDV equivale al más alto de esos valores, en este caso, el de la dirección «y»: $9,4 \text{ m/s}^{1,75}$, ligeramente superior al VDV que da lugar a una acción.