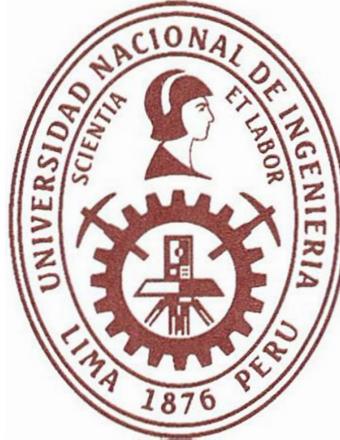


# Universidad Nacional de Ingeniería

## Facultad de Ingeniería Ambiental



### TESIS

#### **Evaluación de la exposición ocupacional a vibraciones de tipo cuerpo entero en operadores de vehículos pesados en una planta de fundición**

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial

Elaborado por

Alexander Albert Montalvo Rimari

 [0009-0009-0552-3760](#)

Asesor

Ing. Jorge Alberto Villena Chávez

 [0000-0003-2564-5158](#)

LIMA – PERÚ

2025

---

Citar/How to cite	Montalvo Rimari [1]
Referencia/Reference	[1] A. Montalvo Rimari, " <i>Evaluación de la exposición ocupacional a vibraciones de tipo cuerpo entero en operadores de vehículos pesados en una planta de fundición</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

---

---

Citar/How to cite	(Montalvo, 2025)
Referencia/Reference	Montalvo, A. (2025). <i>Evaluación de la exposición ocupacional a vibraciones de tipo cuerpo entero en operadores de vehículos pesados en una planta de fundición</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

---

***Dedicatoria***

*Dedico la presente tesis a las personas que siempre estuvieron a mi lado apoyándome en cada logro personal y profesional, sobre todo a mi madre ya que siempre confió en mi durante toda la etapa universitaria y formación profesional.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia por brindarme su apoyo incondicional en todo momento y ser testigo de mis logros profesionales.

A mis amistades y seres queridos cercanos, por sus palabras de motivación y aliento durante toda la etapa de preparación de la presente investigación.

## Resumen

Las exposiciones a vibraciones de tipo cuerpo entero (VCE) generalmente se da en conductores de vehículos, el nivel de exposición dependerá del tiempo, el tipo de asiento de los vehículos, el tipo de carretera y la dirección de las vibraciones. La presente investigación se enfocó en estimar los niveles de riesgo por exposición ocupacional diaria a vibraciones en los operadores de montacargas y cargadores frontales de una planta de fundición durante el año 2021. El estudio fue de tipo cuantitativo no experimental ya que se observaron las condiciones tal cual se encontraron y no se alteraron variables, asimismo el nivel de la investigación fue descriptivo. Se establecieron los siguientes grupos de exposición similar (GES), operador de montacargas y cargador frontal, siendo en total 28 y 12 trabajadores, respectivamente. Siguiendo la estrategia de la Asociación Americana de Higiene Industrial se eligieron 12 operadores de montacargas y 6 de cargadores frontales como muestra para evaluar estadísticamente la exposición a VCE.

Se obtuvo como resultado que los límites superiores de confianza (LSC) de los GES operador de montacargas y cargador frontal se encuentran en la zona de acción con valores de  $0.687 \text{ m/s}^2$  y  $0.861 \text{ m/s}^2$ , respectivamente, al ser comparados con el límite de exposición ocupacional (LEO) de  $0.866 \text{ m/s}^2$ . Adicionalmente se realizaron análisis con el valor de dosis de vibración (VDV) encontrándose que la mayoría de los resultados sobrepasan en nivel de acción y que si solo se analiza con la normativa nacional se estaría subestimando las exposiciones a VCE.

**PALABRAS CLAVE:** Vibraciones, conductores, riesgo, grupos de exposición similar, evaluar, estadísticamente.

## Abstract

Exposures to whole body vibrations (WBV) generally occur in vehicle drivers, the level of exposure will depend on the time, the type of vehicle seat, the type of road and the direction of the vibrations. The present investigation focused on estimating the risk levels due to daily occupational exposure to vibrations in forklift and front-end loader operators of a foundry plant during the year 2021. The study was quantitative, non-experimental since the conditions were observed as such. which variables were found and were not altered, likewise the level of the research was descriptive. The following similar exposure groups (SEG), forklift operator and front loader, were established, with a total of 28 and 12 workers, respectively. Following the strategy of the American Industrial Hygiene Association, 12 forklift operators and 6 front loader operators were chosen as a sample to statistically evaluate exposure to WBV.

The result was that the upper confidence limits (UPL) of the SEG forklift operator and front loader are in the action zone with values of  $0.687 \text{ m/s}^2$  and  $0.861 \text{ m/s}^2$ , respectively, when compared with the limit occupational exposure (LOE) of  $0.866 \text{ m/s}^2$ . Additionally, analyzes were carried out with the vibration dose value (VDV), finding that most of the results exceed the action level and that if it is only analyzed with the national regulations, exposures to WBV would be underestimated.

KEY WORDS: Vibrations, conductors, risk, similar exposure groups, evaluate, statistically.

## Tabla de contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	x
Capítulo I : Parte introductoria del trabajo .....	1
1.1. Generalidades .....	1
1.2. Descripción del problema de investigación .....	2
1.3. Objetivos del estudio.....	3
1.4. Antecedentes investigativos.....	4
Capítulo II : Marcos teórico y conceptual.....	6
2.1. Marco legal.....	6
2.2. Marco teórico.....	7
2.3. Marco específico.....	10
Capítulo III : Desarrollo del trabajo de investigación.....	28
3.1. Tipo y diseño.....	28
3.2. Población y muestra .....	28
3.3. Operacionalización de variables .....	32
3.4. Equipo de medición .....	33
3.5. Medición de la exposición a VCE.....	34
3.6. Monitoreo del trabajador muestreado .....	35
3.7. Técnicas de recolección de datos .....	35
Capítulo IV : Análisis y discusión de resultados.....	36
4.1. Resultados de las vibraciones cuerpo entero por GES .....	36
4.2. Análisis de resultados por GES .....	48
4.3. Comparación de resultados por método de evaluación.....	62
Conclusiones.....	64
Recomendaciones.....	67
Referencias bibliográficas .....	69
Anexos .....	72

## Lista de tablas

Tabla 1. Límites máximos permisibles y niveles de acción para VCE .....	25
Tabla 2. Zonas de peligro para las VCE según akeq (8) .....	26
Tabla 3. Zonas de peligro para las VCE según el VDV (8).....	27
Tabla 4. Zonas de peligro para las VCE según la av (8).....	27
Tabla 5. Tamaño de muestra de los GES establecidos .....	30
Tabla 6. Operacionalización de variables .....	32
Tabla 7. Resultado de las aceleraciones ponderadas medidas en OP. MONT.....	36
Tabla 8. Aceleraciones normalizadas y resultantes para 8 horas en OP. MONT ..	37
Tabla 9. Resumen de límites de confianza superior e inferior para OP. MONT....	38
Tabla 10. Resultado de los factores de cresta en OP. MONT .....	39
Tabla 11. Resultados de valores de dosis de vibración (VDV) en OP. MONT .....	40
Tabla 12. VDV normalizadas para 8 horas en OP. MONT.....	41
Tabla 13. Resultado de las aceleraciones ponderadas y medidas en OP. CF.....	42
Tabla 14. Resultado de las aceleraciones ponderadas y medidas en OP. CF.....	43
Tabla 15. Resumen de límites de confianza superior e inferior para OP.CF.....	44
Tabla 16. Resultado de los factores de cresta en OP.CF .....	45
Tabla 17. Resultados de valores de dosis de vibración (VDV) en OP.CF .....	46
Tabla 18. VDV normalizadas para 8 horas en OP.CF .....	47
Tabla 19. Zonas de riesgo según normativa peruana para VCE en OP. MONT ...	48
Tabla 20. Zonas de riesgo según TLVs-ACGIH para las VCE en OP. MONT .....	49
Tabla 21. Zonas de riesgo para los VDV según los TLVs-ACGIH en OP. MONT .	51
Tabla 22. Zonas de riesgo según normativa peruana para las VCE en OP. CF ...	55
Tabla 23. Zonas de riesgo según TLVs-ACGIH para las VCE en OP. CF .....	56
Tabla 24. Zonas de riesgo para los VDV según los TLVs-ACGIH en OP. CF .....	58
Tabla 25. Comparación de niveles de riesgo para el GES OP. MONT .....	62
Tabla 26. Comparación de niveles de riesgo para el GES OP. CF.....	63

## Lista de figuras

Figura 1. Estrategia para la evaluación de las exposiciones ocupacionales .....	9
Figura 2. Sistema simple de masa-resorte .....	10
Figura 3. Modelo mecánico del cuerpo humano .....	12
Figura 4. Factores de ponderación en frecuencia para VCE .....	14
Figura 5. Ejes del sistema de coordenadas basicéntricos para VCE .....	15
Figura 6. Esquema de los métodos de evaluación para VCE .....	18
Figura 7. Esquema general de un equipo medidor de vibraciones .....	22
Figura 8. Ejemplo de vibrómetros con sus accesorios .....	22
Figura 9. Valor límite umbral y nivel de acción para VCE .....	24
Figura 10. Efectos del N° de muestras con la media aritmética y la varianza .....	29
Figura 11. Software IHSTAT del AIHA.....	31
Figura 12. Vibrómetro Svantek SV100A.....	33
Figura 13. Colocación del vibrómetro en asientos de vehículos .....	34
Figura 14. Gráfico de regresión lineal y log-probabilidades del GES OP. MONT .	38
Figura 15. Gráfico de regresión lineal y log-probabilidades del GES OP. CF .....	44
Figura 16. Límites de confianza inferior y superior para el GES OP. MONT .....	50
Figura 17. Comparación de RMS y VDV en el eje “X” para el GES OP. MONT. ..	52
Figura 18. Comparación de RMS y VDV en el eje “Y” para el GES OP. MONT. ..	53
Figura 19. Comparación de RMS y VDV en el eje “Z” para el GES OP. MONT....	54
Figura 20. Límites de confianza inferior y superior para el GES OP. CF .....	57
Figura 21. Comparación de RMS y VDV en el eje “X” para el GES OP. CF. ....	59
Figura 22. Comparación de RMS y VDV en el eje “Y” para el GES OP. CF. ....	60
Figura 23. Comparación de RMS y VDV en el eje “Z” para el GES OP. CF. ....	61

## Introducción

La presente investigación se refiere al tema de evaluación de la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en operadores de montacargas y cargadores frontales en una planta de fundición de metal. La característica principal de este tipo de exposiciones es debido a que las actividades de la planta en muchos de sus procesos son necesarias los usos de montacargas y cargadores frontales durante todos los días del año, es por este motivo que la mayor parte de la jornada laboral los operadores están expuestos a las vibraciones.

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de conocer el nivel de exposición ocupacional a vibraciones de tipo cuerpo entero que sufren los operadores, para realizar la evaluación el estudio se basó en la NTP-ISO 2631-1:2011. Se realizaron mediciones con vibrómetros, estos arrojan gráficos de medición, resultados de aceleraciones, factores de cresta y valor de dosis de vibración (VDV) los cuales serán utilizados para realizar el análisis respectivo de la exposición con el fin de estimar los límites de confianza superior e inferior para los grupos de exposición similar (GES), operador de montacargas y cargador frontal usando el software IHSTAT de la Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA), verificar cuantitativamente que los GES hayan sido correctamente seleccionados, describir los factores que pudieron influir significativamente en la medición de la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en los operadores de vehículos pesados, describir las medidas de control recomendadas para disminuir la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en los operadores.

## Capítulo I : Parte introductoria del trabajo

### 1.1. Generalidades

El Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional [NIOSH] (1997) realizó una revisión de 19 estudios de exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero informó de 15 estudios que respaldan una relación positiva entre la exposición a vibraciones y el trastorno lumbar entre los trabajadores evaluados.

La presente investigación se realizó en una planta de fundición donde los operadores de montacargas y cargadores frontales se exponen a vibraciones de cuerpo entero durante las 8 horas de su jornada laboral. Las condiciones de la ruta por donde transitan los equipos móviles se encuentran en mal estado es decir con baches y algunas irregularidades en la superficie, la carga que trasladan los montacargas en las callanas con metal que pesan 1 tonelada aproximadamente, de igual manera algunos asientos se encuentran deteriorados y malgastados por el uso, todo esto influye en los niveles de exposición a vibraciones cuerpo entero.

De acuerdo a lo mencionado líneas arriba el presente trabajo de investigación realizó una evaluación completa de la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero, ya que se podrán obtener valoraciones precisas del nivel de riesgo, dependiendo de dicho nivel, se recomendará la implementación de controles con el fin de evitar los ausentismos laborales y prevenir el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos en la zona lumbar entre los operadores de montacargas y cargadores frontales de la planta de fundición.

## 1.2. Descripción del problema de investigación

La planta de fundición de metal presenta distintos procesos entre ellas: fundición, refinería, peletizado, subproductos y chancado. El proceso inicia con la fundición, se genera metal crudo y dross (impurezas), estos se almacenan en recipientes llamados callanas y son trasladados usando montacargas a las distintas áreas para continuar con el proceso, el metal crudo se traslada a refinería, mientras que el dross generado es trasladado al área de chancado y subproductos. Asimismo, los polvos y humos recuperados del proceso de fundición son trasladados al área de peletizado.

En el área de fundición, chancado y peletizado también se utilizan cargadores frontales para alimentar las tolvas con concentrado de metal y recirculantes, drosses de metal y humos recuperados, respectivamente.

Las áreas mencionadas tienen designados montacargas y cargadores frontales, los operadores de estos están expuestos a las vibraciones de tipo cuerpo entero durante la mayoría de la jornada laboral que en este caso son de 8 horas diarias. La presente investigación pretende evaluar las exposiciones diarias a vibraciones de tipo cuerpo entero de los operadores de montacargas y cargadores frontales.

Para tal fin se presenta la siguiente pregunta: ¿Cuál es el nivel de exposición diaria ocupacional a vibraciones de tipo cuerpo entero de los operadores de montacargas y cargadores frontales durante las actividades en la planta de fundición?

### **1.3. Objetivos del estudio**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- **Evaluar los niveles de exposición ocupacional diaria a vibraciones de tipo cuerpo entero en operadores de montacargas y cargadores frontales de una planta de fundición durante el año 2021.**

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- **Determinar el número de muestras para los Grupos de Exposición Similar (GES), operador de montacargas y cargador frontal, según el AIHA.**
- **Estimar los límites de confianza superior e inferior para los GES: Operador de montacargas y cargador frontal usando el software IHSTAT.**
- **Verificar cuantitativamente que los GES hayan sido correctamente seleccionados.**
- **Describir los factores que pudieron influir significativamente en la medición de la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en los operadores de vehículos pesados.**
- **Describir las medidas de control recomendadas para disminuir la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en los operadores.**

#### 1.4. Antecedentes investigativos

Antinori y Chilón (2021) realizaron la tesis: "Estudio de vibraciones de cuerpo entero para prevenir enfermedades ocupacionales en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en minería superficial" en el departamento de Cajamarca. Esta investigación realizó las evaluaciones de la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero con datos de los años 2016, 2018 y 2019 en operadores de camiones mineros y maquinarias auxiliares presentes en la mina, donde se obtuvieron promedios de  $0.51 \text{ m/s}^2$ ,  $0.32 \text{ m/s}^2$  y  $0.36 \text{ m/s}^2$  respectivamente, se puede observar que durante el año 2016 se obtuvieron niveles más altos de vibración. Para la evaluación de la exposición a vibraciones cuerpo entero, los valores fueron comparados con el límite de  $0.7 \text{ m/s}^2$  establecido en la RM 480-2008-MINSA.

Shrinarayan et al. (2020) realizaron la investigación: "Exposición a vibraciones de todo el cuerpo experimentadas por operadores de volquetes en minería a tajo abierto según la ISO 2631-1:1997 e ISO 2631-5:2004: un estudio de caso" en la India, cuyo objetivo fue comparar el nivel de riesgo de exposición a vibraciones cuerpo entero de los operadores de volquetes utilizando como referencia la ISO 2631-1 e ISO 2631-5, el estudio fue realizado con 26 operadores. Los resultados arrojaron aceleraciones RMS en el rango de  $0.47 \text{ m/s}^2$  a  $1.62 \text{ m/s}^2$ , Valor de Dosis de Vibración (VDV) de  $6.91 \text{ m/s}^{1.75}$  a  $21.03 \text{ m/s}^{1.75}$ , observándose que según el análisis con la ISO 2631-1:1997 el 23% de los operadores obtuvo un nivel de riesgo alto, el 73%, un nivel de riesgo moderado y un 4%, un nivel de riesgo bajo.

Jordán y Carvajal (2018) realizaron la tesis: "Análisis de vibraciones mecánicas de cuerpo completo en los operarios de montacargas y personal de peletizado en Bioalimentar Cía" en la ciudad de Ecuador. El objetivo principal de la investigación fue analizar la exposición a vibraciones de cuerpo entero en operadores de montacargas y personal de pie que labora en superficies que vibran, se evaluaron a 7 operadores de montacargas y 9 trabajadores de peletizado, para la medición se usó la ISO 2631-1:1997, los niveles de vibración se analizaron y evaluaron con el artículo 5 del Real Decreto 1311/2005. Los resultados determinaron que todos los operadores de montacargas evaluados y 6 trabajadores de peletizado sobrepasaron el nivel de acción ( $0.5 \text{ m/s}^2$ ) y 3 trabajadores de peletizado sobrepasaron el límite máximo permisible ( $1.15 \text{ m/s}^2$ ), se concluye que 13 trabajadores se encuentran en riesgo moderado y 3, se encuentran en situación de riesgo intolerable.

Sáenz (2012) realizó la investigación: "Diseño de un modelo de evaluación del riesgo por exposición a vibraciones de cuerpo entero para operadores de equipo pesado en mina de tajo abierto" en la región de Ancash. El objetivo principal de esta investigación fue diseñar un modelo de evaluación cualitativo y cuantitativo de la exposición a vibraciones cuerpo entero en una mina, para esto se consideró la NIOSH N°77-173:1977 para la selección del número de muestras de los Grupos de Exposición Similar(GES) ya establecidos, la ISO 2631-1:1997 para la evaluación de la exposición a vibraciones cuerpo entero y el límite máximo permisible de exposición a vibraciones establecidos en la normativa peruana DS 055-2010-EM ( $0.5 \text{ m/s}^2$ ), se obtuvieron que 8 de los 10 GES evaluados superan el límite máximo permisible, sin embargo, al considerar el límite de la Unión Europea ( $1.15 \text{ m/s}^2$ ) se concluye que 3 de los 10 GES superan el límite máximo permisible.

## **Capítulo II : Marcos teórico y conceptual**

### **2.1. Marco legal**

El Perú cuenta con las siguientes normativas legales relacionadas a la seguridad y salud en el trabajo:

- Ley N°26842: Ley General de Salud
- Ley N°29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
- Decreto Supremo N°005-2012-TR: Reglamento de la ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Decreto Supremo N°024-2016-EM: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
- Resolución Ministerial N°480-2008-MINSA: Norma Técnica de Salud que establece el Listado de Enfermedades Profesionales.

Para la presente investigación también se usarán las siguientes referencias internacionales:

- NTP-ISO 2631-1:2011: Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales.
- ISO 8041-1:2017 Respuesta humana a la vibración-Instrumentos de medición. Parte 1: Medidores de vibración de uso general.
- Valores Límites Umbral para sustancias químicas y agentes físicos de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (TLV-ACGIH).

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Higiene Ocupacional

Existen diversas definiciones de Higiene Ocupacional, sin embargo, para la siguiente investigación se usará la siguiente:

Es la ciencia y arte dedicados a la anticipación, reconocimiento, evaluación, comunicación, control y confirmación de la protección contra aquellos agentes ocupacionales y factores de riesgo, que surgen en el lugar de trabajo que pueden causar enfermedades, lesiones o afectar el bienestar de los trabajadores. Estos agentes y factores, normalmente se dividen en las categorías: biológicos, químicos, físicos, ergonómicos y psicosociales, respectivamente (American Industrial Hygiene Association [AIHA], 2018, pág. 3).

### 2.2.2. Estrategia de evaluación de la exposición según el AIHA

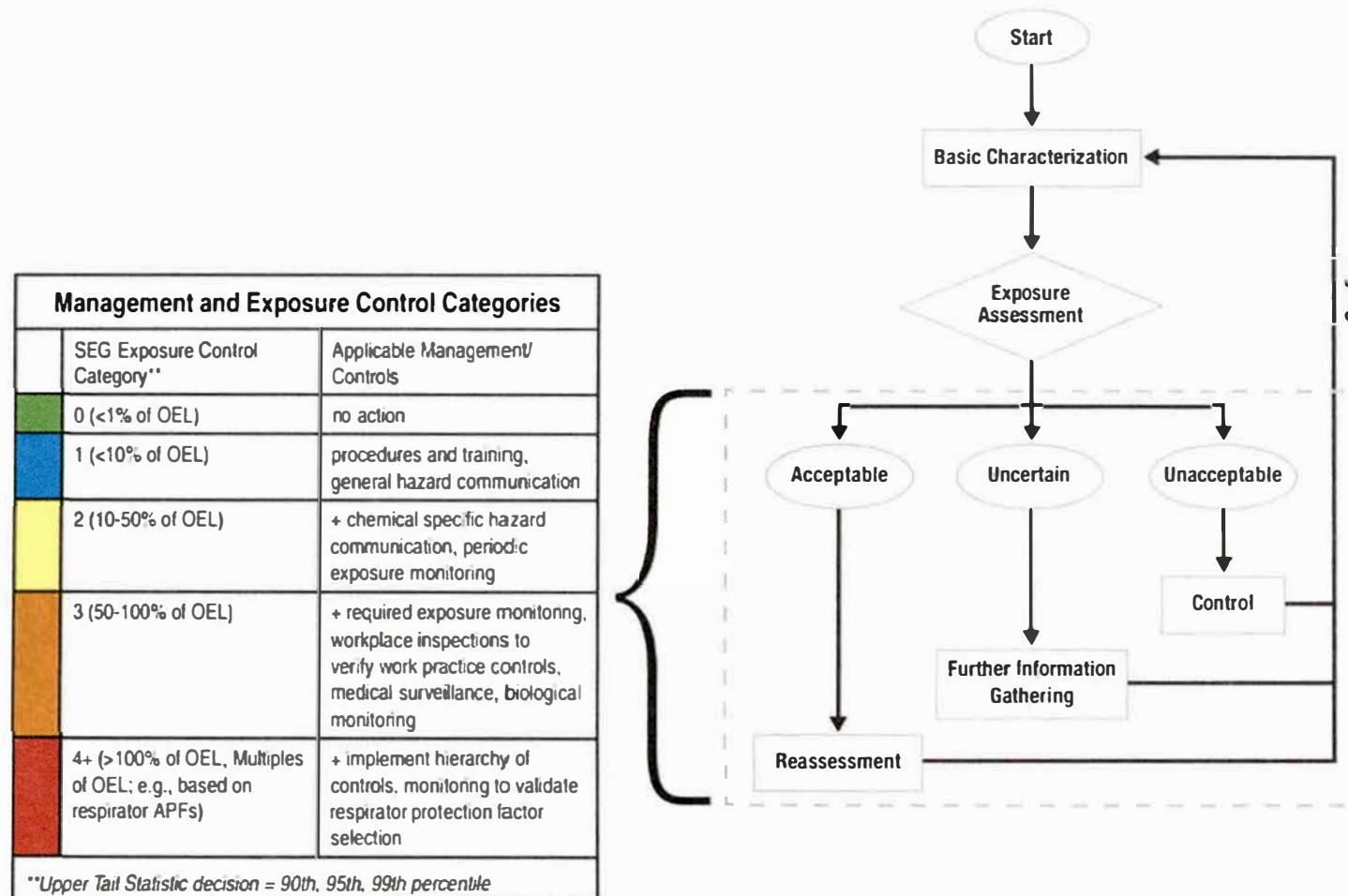
La estrategia para la evaluación de la exposición consta de un ciclo de gestión y se considera los siguientes pasos:

- 1) Inicio: Instaurar y dar comienzo con la estrategia de evaluación de la exposición.
- 2) Caracterización básica: Buscar información para reconocer los ambientes de trabajo, puestos de trabajo y agentes ocupacionales.
- 3) Evaluación de la exposición: Evaluar la exposición a través de mediciones de acuerdo con el ítem anterior, los resultados de la medición y evaluación deben incluir: Grupo de exposición similar (GES), los perfiles de exposición por cada GES y la aceptación de estas.
- 4) Búsqueda de información adicional: Implementar un programa de monitoreos con el fin de priorizar las exposiciones por encima del valor límite umbral, o recolectar más información acerca de los efectos a la salud.

- 5) Control de los riesgos a la salud: Implementar los controles necesarios y prioritarios para aquellas exposiciones que hayan sido catalogadas como inaceptables.
- 6) Reevaluación: Establecer el periodo de reevaluación de las exposiciones mediante monitoreos rutinarios para verificar que las exposiciones se sigan manteniendo por debajo del valor límite umbral.
- 7) Comunicación y documentación: Se debe comunicar los resultados y hallazgos de la evaluación de la exposición a los trabajadores, supervisores, gerencia, así como el almacenamiento de los informes, reportes, presentaciones de los resultados de la evaluación de la exposición (Damiano y Mulhausen, 2015, pág. 7).

**Figura 1.**

*Estrategia para la evaluación de las exposiciones ocupacionales*



Nota: La imagen simplifica los pasos a seguir para realizar la evaluación de la exposición ocupacional. Fuente: Damiano y Mulhausen (2015, pág. 8)

### 2.2.3. Threshold Limit Value / Valor límite umbral (TLV)

Existen valores límites para agentes químicos y físicos, y son definidos como aquellos máximos valores de concentraciones, niveles de ruido, vibraciones, temperaturas, etc. a los cuales los trabajadores pueden estar expuestos durante toda su vida laboral, sin comprometer su salud por la exposición a los agentes mencionados que estén presentes en los ambientes de trabajo (American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH], 2023). El Perú adoptó los límites de la ACGIH bajo la denominación de límite de exposición ocupacional, sin embargo, dichos valores están desactualizados ya que para agentes químicos los límites son del año 2005, y para agentes físicos del año 2008.

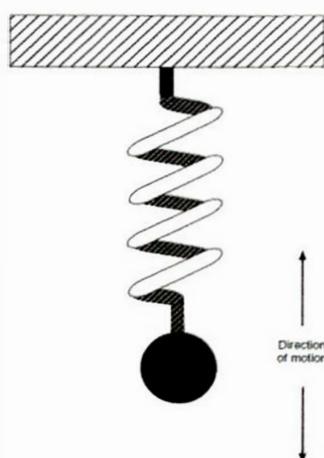
## 2.3. Marco específico

### 2.3.1. Definición de vibraciones

La definición más sencilla y entendible de vibraciones es la siguiente: "Las vibraciones son movimientos mecánicos que se dan cuando un cuerpo o sistema oscila repetidamente desde una posición de equilibrio. El sistema más simple de representar la vibración es cuando se cuelga una masa desde un resorte" (South, 2004, pág. 89).

**Figura 2.**

*Sistema simple de masa-resorte*



*Nota:* La imagen ejemplifica la forma más simple de representar la definición de vibración. Fuente: South (2004, pág. 90)

### 2.3.2. Exposición a las vibraciones

Según el Convenio 148 de la Organización Internacional del Trabajo [OIT] (1977) las vibraciones que se transmiten al cuerpo humano a través de herramientas de poder, vehículos y plataformas son dañinos para la salud de los trabajadores.

Dependiendo de las características de las vibraciones estas afectaran el cuerpo humano generando diversos efectos. Las principales características son: magnitud, frecuencia, dirección y duración o tiempo de exposición (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], 2009).

### 2.3.3. Clasificación de las vibraciones

La INSHT (2014) establece que de acuerdo con la forma en que se transmite las vibraciones al cuerpo humano, estas se clasifican en:

1. Vibraciones de cuerpo entero: Generalmente son denominadas a aquellas vibraciones que se transmiten por medio de los asientos de vehículos o plataformas.
2. Vibraciones mano-brazo: Son aquellas vibraciones que generan efectos en la mano-brazo y suelen transmitirse por medio de herramientas de poder.

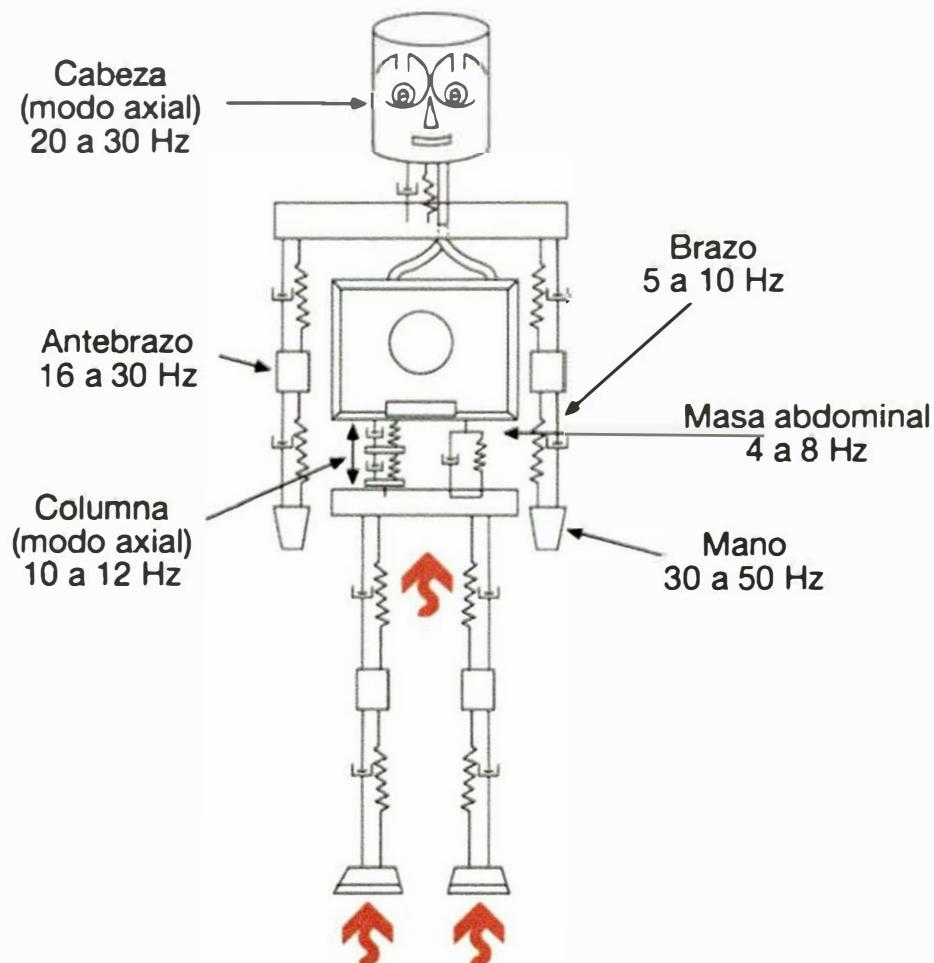
La presente investigación se enfocará en el análisis y evaluación de las vibraciones de tipo cuerpo entero (VCE) siguiendo las indicaciones de la NTP-ISO 2631-1 (2011) que menciona que, para evaluar los efectos de las vibraciones en la salud, estas deberán ser medidas en aceleraciones ( $m/s^2$ ) y en caso existan picos elevados de aceleración se deberá analizar usando el valor de dosis de vibración ( $m/s^{1.75}$ ).

#### 2.3.4. Fenómeno de Resonancia

Cuando un sistema recibe oscilaciones (vibraciones) externas ocasiona cambios en la respuesta del sistema y estos cambios dependen de la frecuencia a la cual se generan las vibraciones (International Organization for Standardization [ISO 2041], 2018).

La frecuencia en la cual se presentan dichos cambios es denominada frecuencia de resonancia. Si consideramos el cuerpo humano como un modelo mecánico, el organismo puede verse afectado por estas frecuencias (INSHT, 2014).

**Figura 3.**  
*Modelo mecánico del cuerpo humano*



Nota: La imagen representa el cuerpo humano como un modelo mecánico con distintas frecuencias las cuales si se exponen a vibraciones podrían generar efectos perjudiciales. Fuente: INSHT (2014, pág.9)

### 2.3.5. Características de las vibraciones

Las vibraciones poseen las siguientes características: magnitud, frecuencia, dirección y duración o tiempo de exposición (Griffin, 2012).

**Magnitud:** Las vibraciones pueden medirse de acuerdo con su desplazamiento, velocidad o aceleración, para evaluar los efectos en la salud se determinará como el promedio de las aceleraciones por medio de los valores eficaces de  $\text{m/s}^2$  r.m.s. (Griffin, 2012).

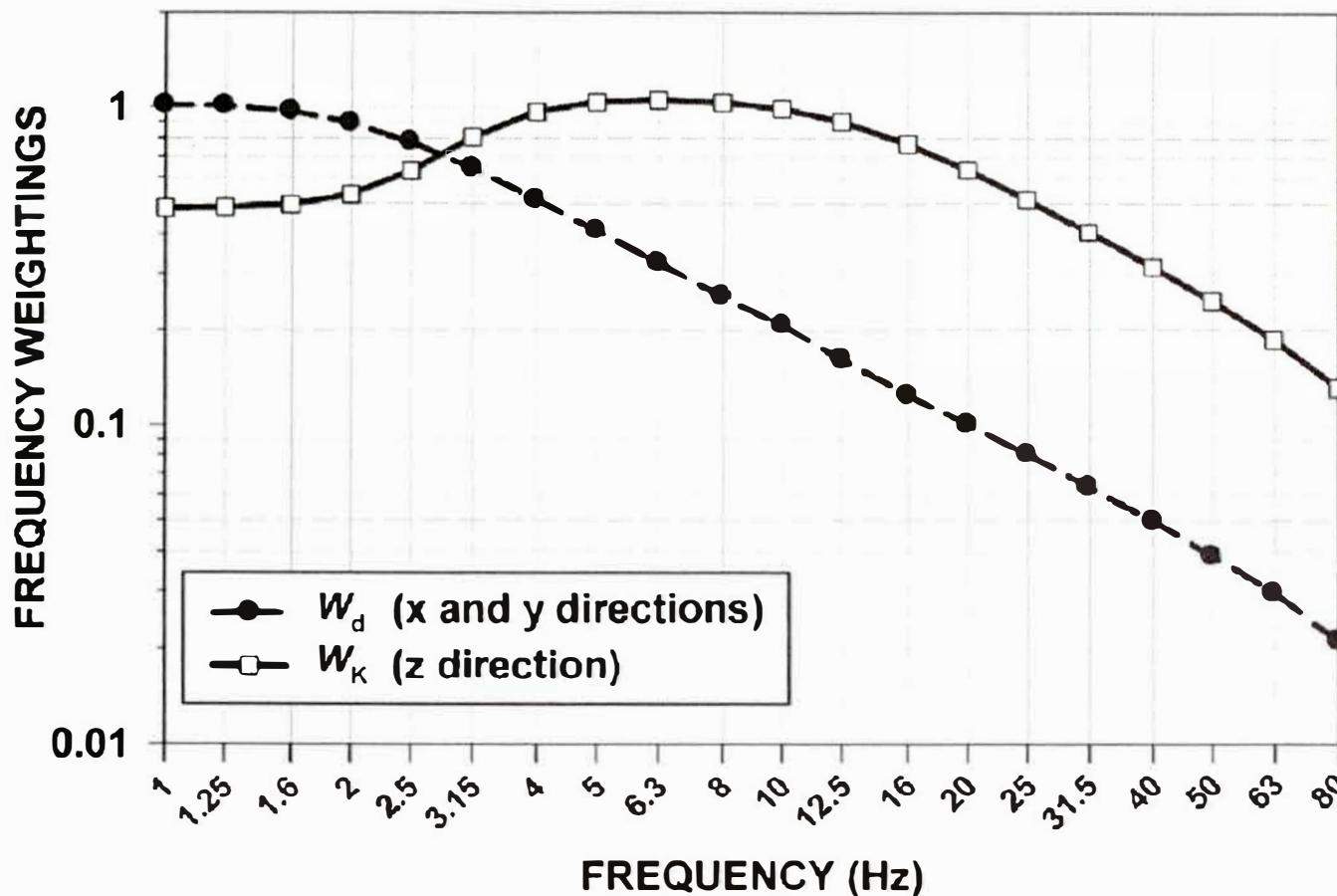
**Frecuencia:** La unidad de la frecuencia es el hertzio (Hz), esta puede ser calculada como los ciclos por segundo, esta es importante porque dependiendo del rango de frecuencias, las vibraciones afectaran las áreas del cuerpo humano, por ejemplo, al manipular una herramienta mecánica que genera vibraciones o al conducir diversos tipos de vehículos. Los efectos en la salud por la exposición a las vibraciones de tipo cuerpo entero se da en el siguiente intervalo de frecuencias: 0.5 a 100 Hz (Griffin, 2012).

Como se vio líneas arriba en la parte de resonancia, el modelo mecánico del cuerpo humano variara su respuesta a las vibraciones dependiendo de las frecuencias, por lo que Griffin (2012) menciona que “es necesario ponderar la vibración medida en función de cuanta vibración se produce en cada una de las frecuencias” (pág. 50.2). Esta ponderación se puede ver en la figura 3.

Según la NTP-ISO 2631-1: Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero (2011) el rango de frecuencias perjudiciales para la salud de los trabajadores va desde los 0.5 Hz hasta los 80 Hz.

**Figura 4.**

Factores de ponderación en frecuencia para VCE



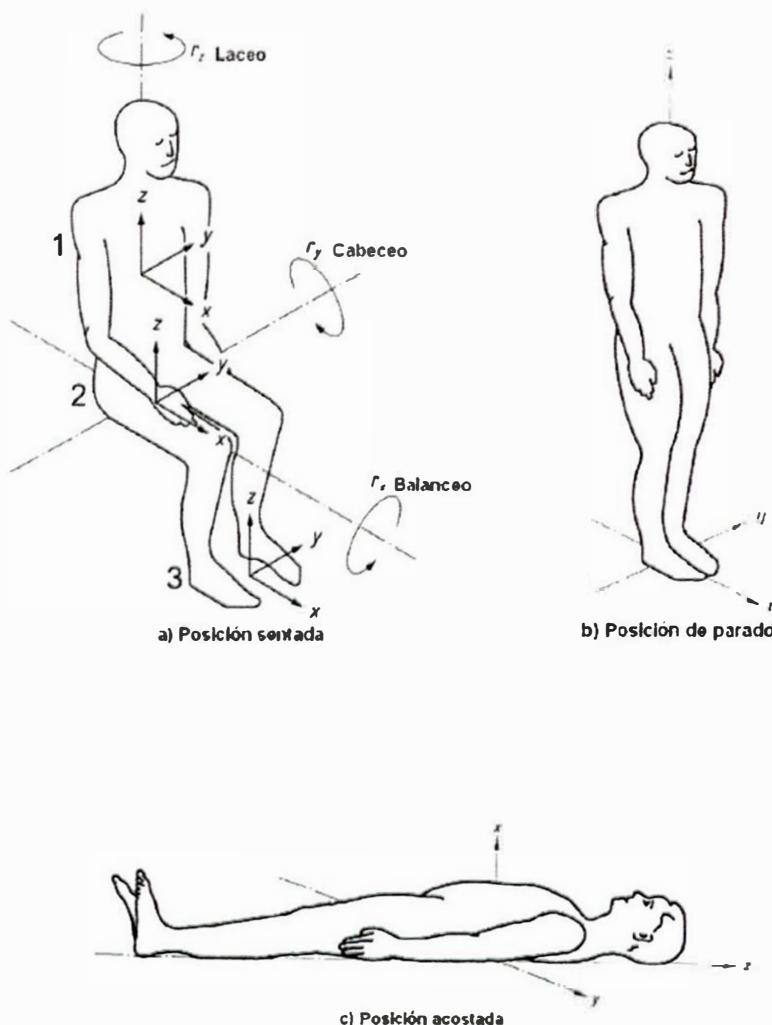
*Nota:* La figura muestra las ponderaciones en cada frecuencia,  $W_d$  para las direcciones X e Y, mientras que  $W_k$  para la dirección Z. Fuente: ACGIH (2023, pág.216)

Dirección: Son seis las direcciones en las cuales se generan las vibraciones: 3 lineales y 3 rotacionales. Para las vibraciones de tipo cuerpo entero donde se adopte la posición de sentado, se establecen los siguientes ejes lineales: longitudinal eje x, lateral (eje y) y vertical (eje z), mientras que las rotacionales son:  $r_x$  (balanceo),  $r_y$  (cabeceo) y  $r_z$  (deriva o laceo) (Griffin, 2012, pág. 50.2).

El sistema de coordenadas considerando los ejes lineales y rotacionales para la medición de las vibraciones es llamado: sistemas de coordenadas basicéntricos (NTP-ISO 2631-1, 2011).

**Figura 5.**

*Ejes del sistema de coordenadas basicéntricos para VCE*



*Nota:* La figura muestra los ejes para medir las vibraciones de tipo cuerpo entero. Fuente: NTP-ISO 2631-1 (2011, pág.5)

Duración o tiempo de exposición: El tiempo de exposición es la cantidad total de horas o minutos, en la jornada laboral, a la cual un trabajador está expuesto a las vibraciones. Los efectos a la salud por la exposición a vibraciones dependen del tiempo de exposición a estas. Dependiendo de las características de las vibraciones, el promedio de estas variara y esto suele pasar en la realidad, las exposiciones a vibraciones son variables (Griffin, 2012).

### 2.3.6. Efectos de la exposición a vibraciones cuerpo entero

Según el INSHT (2014) los efectos a la salud por la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero se dividen en: efectos agudos (corto plazo) y crónicos (largo plazo).

#### Efectos agudos:

- Trastornos respiratorios: Las vibraciones pueden transmitirse al diafragma y al pecho generando una hiperventilación.
- Trastornos musculoesqueléticos: En diversos estudios se ha evidenciado que la exposición a vibraciones podría estimular diversos músculos del cuerpo humano generando movimientos involuntarios.
- Trastornos sensoriales y del sistema nervioso central: La exposición prolongada a las vibraciones puede generar cinetosis o mareos.
- Otros efectos: La exposición a vibraciones también podría generar el incremento de la frecuencia cardíaca, de la presión arterial y del consumo del oxígeno (INSHT, 2014, pág.14).

#### Efectos crónicos:

- Sistema musculoesquelético: La exposición prolongada a vibraciones durante toda la jornada laboral pueden generar cambios degenerativos y desviaciones de la curvatura en la zona lumbar" (INSHT, 2014, pág.14).

- Sistema nervioso: Pueden producir cefaleas, irritabilidad, alteraciones en la zona cortical y subcortical, alterando el suministro de sangre al cerebro.
- Sistema coclear-vestibular: Pueden generar vértigo, adicionalmente es posible que potencie la pérdida de audición inducida por el ruido.
- Sistema circulatorio: Principalmente trastornos periféricos, venas varicosas en extremidades inferiores, hemorroides, alteraciones isquémicas e hipertensión, y cambios neurovasculares.
- Sistema digestivo: Pueden generar ulceras gástricas y de duodeno, gastritis, colitis, etc.
- Órganos reproductores femeninos, la gestación y el aparato genitourinario masculino: El mayor riesgo es en mujeres al alterar las menstruaciones, amenazas de aborto y diversas complicaciones en el embarazo, mientras que en varones se ha detectado una mayor incidencia de prostatitis (INSHT, 2014, pág.15).

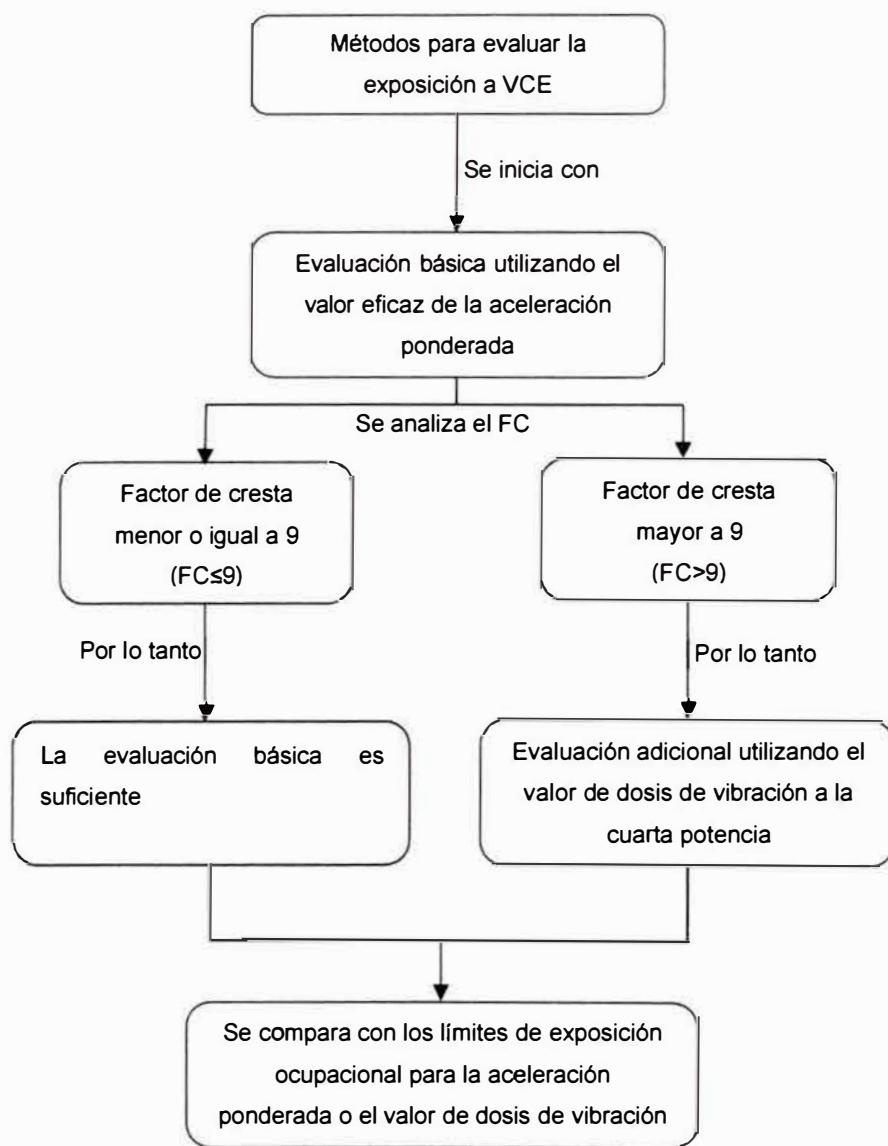
A nivel nacional, según la RM-480-MINSA (2008) la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero puede generar discopatías de columna dorsolumbar.

### 2.3.7. Evaluación de la exposición a vibraciones cuerpo entero

Según la NTP-ISO 2631-1 (2011) existen dos métodos para evaluar la exposición a vibraciones cuerpo entero: “evaluación básica utilizando la aceleración ponderada y el valor de dosis de vibración a la cuarta potencia” (pág. 9-15).

**Figura 6.**

*Esquema de los métodos de evaluación para VCE*



*Nota:* El esquema es un resumen práctico de la NTP-ISO 2631-1 (2011, pág.9-15) resumido en el Anexo 3, elaborado por Alexander Montalvo.

- Método de evaluación básica utilizando el valor eficaz de la aceleración ponderada (NTP-ISO 2631-1,2011, pág.9).

La aceleración ponderada se calcula con la siguiente ecuación:

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

Donde:

- $a_w(t)$  es la aceleración ponderada que depende del tiempo en  $\text{m/s}^2$
- $T$  es la duración de la medición en segundos (NTP-ISO 2631-1, 2011, pág. 10)

Y, para calcular la exposición diaria para una duración de 8 horas se usarán las siguientes ecuaciones:

$$Aeq(8)x = (1.4) \cdot aw(x) \cdot \sqrt{\frac{t}{8}} \quad (2)$$

$$Aeq(8)y = (1.4) \cdot aw(y) \cdot \sqrt{\frac{t}{8}} \quad (3)$$

$$Aeq(8)z = (1) \cdot aw(z) \cdot \sqrt{\frac{t}{8}} \quad (4)$$

Donde:

- $t$ : Es el tiempo de medición de las vibraciones.
- $Aeq(t)$ : Es la aceleración ponderada en frecuencia medida por el vibrómetro en un tiempo  $t$ .
- $Aeq(8)$ : Es la aceleración ponderada normalizada a 8 horas para ser comparada con el límite máximo permisible (NTP-ISO 2631-1, 2011).

- La NTP-ISO 2631-1 (2011) establece el criterio del factor de cresta para validar si el método básico es suficiente o si es necesario una evaluación extra

Factor de cresta: Es la relación entre el máximo valor pico instantáneo de la aceleración y su valor ponderado de todo el tiempo medido. El factor de cresta no es un indicador de la respuesta humana a la exposición a vibraciones y mientras más tiempo dure la medición habrá mayor posibilidad de encontrar picos elevados (NTP-ISO 2631-1, 2011).

La evaluación básica y las vibraciones con factores de cresta elevados: El factor de cresta es un indicador de si con la evaluación básica es suficiente analizar las vibraciones o si es necesario usar un método de evaluación adicional. El método básico no es suficiente si las vibraciones medidas tienen factores de cresta mayores a nueve (NTP-ISO 2631-1, 2011).

- Evaluación adicional: Cuando se obtienen factores de cresta mayores a 9, esto quiere decir que existen choques esporádicos, por lo que pueden ser subestimadas al analizar solo con la evaluación básica de la aceleración ponderada, ante esta situación se plantea analizar con el valor de dosis de vibración (NTP-ISO 2631-1, 2011).
- Valor de dosis de vibración a la cuarta potencia (VDV): Este método es más sensible a los picos y a los choques esporádicos durante la medición de las vibraciones ya que las aceleraciones ponderadas se elevan a la cuarta potencia (NTP-ISO 2631-1, 2011).

El VDV se define de la siguiente manera:

$$VDV = \left[ \int_0^T a_w^4(t) dt \right]^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

Donde:

- $a_w(t)$  es la aceleración instantánea ponderada ( $\text{m/s}^2$ ).
- $T$  es la duración de la medición (segundos).
- La unidad del VDV es el  $\text{m/s}^{1.75}$  (NTP-ISO 2631-1,2011, pág.15).

Y para calcular la exposición diaria para una jornada de 8 horas se usarán las siguientes ecuaciones:

$$VDV_{exp}(x) = (1.4) \cdot VDV_x \cdot \left( \frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4} \quad (6)$$

$$VDV_{exp}(y) = (1.4) \cdot VDV_y \cdot \left( \frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4} \quad (7)$$

$$VDV_{exp}(z) = VDV_z \cdot \left( \frac{T_{exp}}{T_{meas}} \right)^{1/4} \quad (8)$$

Donde:

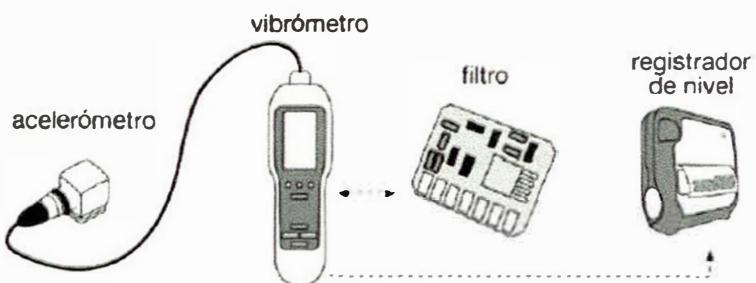
- $T_{exp}$ : Es el tiempo de exposición a las vibraciones.
- $T_{meas}$ : Es el tiempo de medición de las vibraciones (NTP-ISO 2631-1,2011, pág.38).

### 2.3.8. Equipos de medición para vibraciones cuerpo entero

Como ya se explicó líneas arriba las vibraciones dependen de la magnitud y frecuencia, para medirlas es necesario que el equipo cuente con filtros de ponderaciones (INSHT, 2014).

**Figura 7.**

*Esquema general de un equipo medidor de vibraciones*



Nota: La figura muestra las partes que tiene un equipo medidor de vibraciones. Fuente: INSHT (2014, pág.11)

**Figura 8.**

*Ejemplo de vibrómetros con sus accesorios*



Nota: La figura muestra diversos ejemplos de vibrómetros con sus respectivos accesorios. Fuente: INSHT (2014, pág.10)

### 2.3.9. Límites de exposición ocupacional para vibraciones cuerpo entero

Se detalla los límites a nivel nacional, así como también los establecidos a nivel internacional.

Según normativa peruana:

- Guía 3: Medición de vibraciones del DS 024-EM (2016):

Exposición a las vibraciones cuerpo entero:

El límite de exposición ocupacional para 8 horas es de:  $1.15 \text{ m/s}^2$ .

El nivel de acción para 8 horas es de:  $0.5 \text{ m/s}^2$ .

Se debe comparar la mayor aceleración obtenida de los ejes X, y o Z con el límite de exposición ocupacional.

- La normativa peruana: RM N°480-MINSA (2008) establece un límite de exposición diario para las VCE igual a  $0.7 \text{ m/s}^2$ , sin embargo, dicho valor solo es válido para el rango de frecuencias de 1Hz y 10Hz (Seidel & Griffin, 2012).
- La normativa nacional no cuenta con límites para el Valor de Dosis de Vibración (VDV).

Según normativa y referencia internacional:

- Threshold Limit Value / Valor límite umbral (TLV) de la ACGIH (2023)

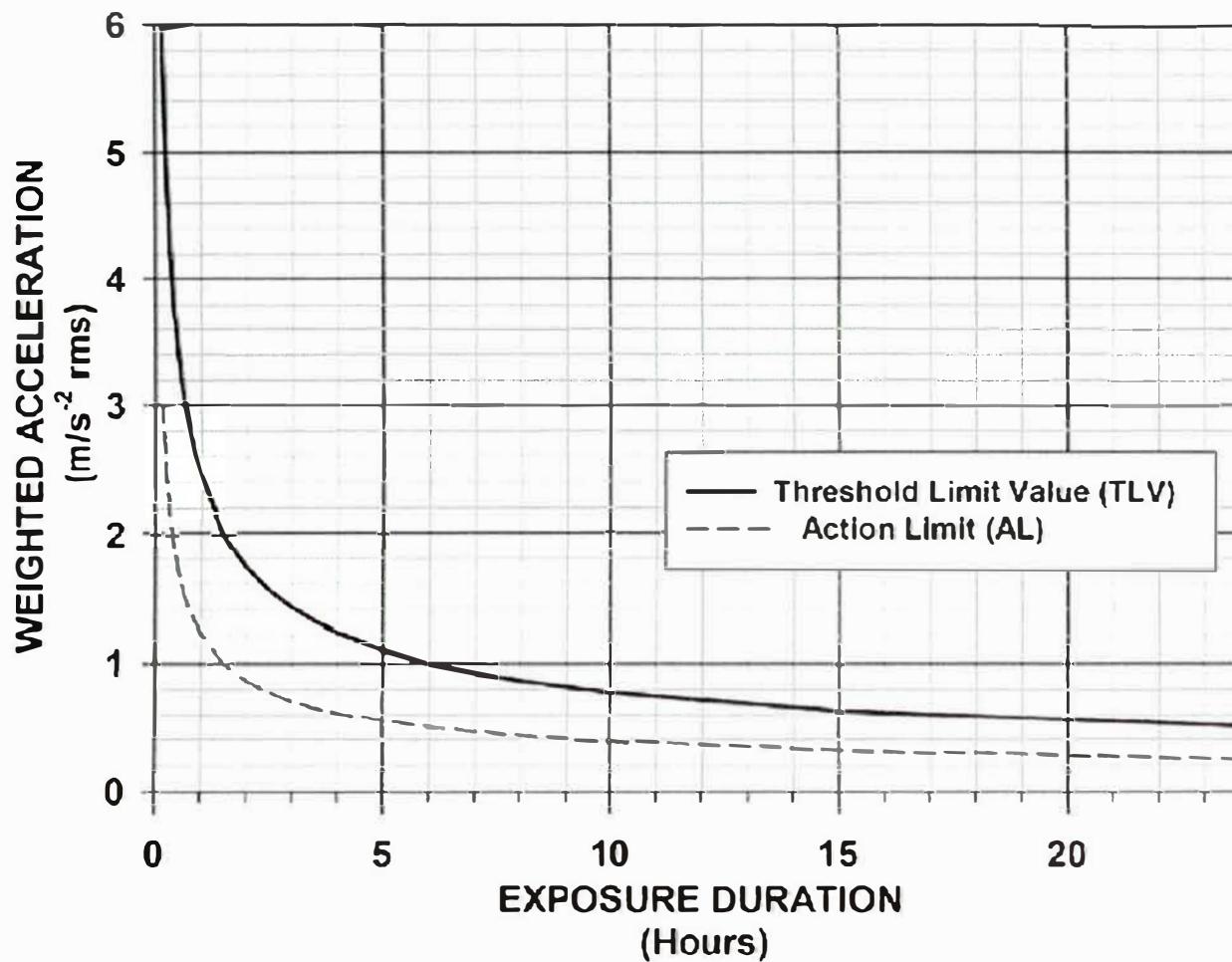
Los límites establecidos por la ACGIH se refieren a la suma vectorial de la raíz cuadrada ponderada de las aceleraciones, definida en la siguiente ecuación:

$$a_v = \left( [1.4a_{wx}]^2 + [1.4a_{wy}]^2 + [a_{wz}]^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Donde:  $a_v$  es la aceleración r.m.s resultante de los ejes.

**Figura 9.**

*Valor límite umbral y nivel de acción para VCE*



*Nota:* La figura muestra las curvas de límites y niveles de acción para la exposición a VCE. Fuente: ACGIH (2023, pág.211)

Se resumen los límites y niveles de acción para VCE en la siguiente tabla:

**Tabla 1.**

*Límites máximos permisibles y niveles de acción para VCE*

Duration (Hours)	TLV® (ISO Upper Boundary)	AL (ISO Lower Boundary)
0.17	6.00	3.0000
0.5000	3.46	1.73
1.0000	2.45	1.22
2.0000	1.73	0.87
4.0000	1.22	0.61
8.0000	0.87	0.43
24.0000	0.5000	0.25

*Nota:* La tabla muestra el límite y el nivel de acción para diferentes tiempos de exposición a VCE. Fuente: ACGIH (2023, pág.212)

Las ecuaciones para calcular los límites y niveles de acción son:

$$\text{TLV at Time T(hrs.): } TLV = \frac{2.45}{\sqrt{T}} \text{ (m/s}^2 \text{ rms)}$$

$$\text{AL at Time T(hrs.): } AL = \frac{1.22}{\sqrt{T}} \text{ (m/s}^2 \text{ rms)}$$

Nota: Las ecuaciones presentadas no son aplicables para exposiciones con duraciones menores o iguales a 10 minutos (ACGIH, 2023, pág. 212).

La ACGIH menciona límites para el valor de dosis de vibración (VDV), para cualquier dirección (x, y o z) el VDV no debe sobrepasar el valor de  $17 \text{ m/s}^{1.75}$  y no debe excederse mientras dure la exposición.

El nivel de acción en cualquier dirección no debe sobrepasar el valor de  $8.5 \text{ m/s}^{1.75}$ . Se recomienda tomar acciones de control a aquellas exposiciones que estén entre el nivel de acción y el TLV (ACGIH, 2023, pág. 216).

Categorización del nivel de riesgo:

- Según el límite de exposición ocupacional en Perú

**Tabla 2.**

*Zonas de peligro para las VCE según akeq (8)*

ZONA	Rango de LEO para akeq normalizado a 8 horas
Zona de no acción	0.000 m/s <sup>2</sup> - 0.500 m/s <sup>2</sup>
Zona de acción	0.500 m/s <sup>2</sup> - 1.150 m/s <sup>2</sup>
Zona de riesgo alto	1.150 m/s <sup>2</sup> - a más

Nota: La tabla muestra las zonas de acción y riesgo para las VCE.

Fuente: Adaptado de la Guía 3 del DS-024-EM (2016) por el investigador.

- Según el límite de exposición ocupacional de la ACGIH

**Tabla 3.**

*Zonas de peligro para las VCE según el VDV (8)*

ZONA	Rango de LEO para VDV normalizado a 8 horas
Zona de no acción	0.000 m/s <sup>1.75</sup> – 0.170 m/s <sup>1.75</sup>
Zona de muy bajo riesgo	0.170 m/s <sup>1.75</sup> – 1.700 m/s <sup>1.75</sup>
Zona de bajo riesgo	1.700 m/s <sup>1.75</sup> – 8.500 m/s <sup>1.75</sup>
Zona de acción	8.500 m/s <sup>1.75</sup> – 17.000 m/s <sup>1.75</sup>
Zona de riesgo alto	17.000 m/s <sup>1.75</sup> - a más

Nota: La tabla muestra las zonas de acción y riesgo para las VCE.  
Fuente: Adaptado de la Figura 1 por el investigador.

**Tabla 4.**

*Zonas de peligro para las VCE según la a<sub>v</sub> (8)*

ZONA	Rango de LEO para la aceleración resultante normalizado a 8 horas
Zona de no acción	0 – 0.000866 m/s <sup>2</sup>
Zona de muy bajo riesgo	0.000866 m/s <sup>2</sup> – 0.0866 m/s <sup>2</sup>
Zona de bajo riesgo	0.0866 m/s <sup>2</sup> – 0.433 m/s <sup>2</sup>
Zona de acción	0.433 m/s <sup>2</sup> – 0.866 m/s <sup>2</sup>
Zona de riesgo alto	0.866 m/s <sup>2</sup> - a más

Nota: La tabla muestra las zonas de acción y riesgo para las VCE.  
Fuente: Adaptado de la Figura 1 por el investigador.

## **Capítulo III : Desarrollo del trabajo de investigación**

### **3.1. Tipo y diseño**

El presente estudio es de tipo cuantitativo ya que contiene variables, selección de la muestra, recolección y análisis de datos, asimismo es no experimental debido a que se observó las condiciones tal cual se encontraron sin alterar alguna variable. El nivel de esta investigación es descriptivo, porque se pretende estimar el nivel de exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero y la descripción de los factores que influyeron en los resultados de la medición, así como los controles a recomendar (Hernandez & Mendoza, 2018).

- Según la intervención del investigador, es de tipo observacional, ya que no se manipulará ni controlará las variables.
- Según el alcance (número de variables analizadas), el estudio es de tipo analítico, ya que se tiene un conjunto de variables, las cuales ayudaran a estimar el nivel de exposición ocupacional a las vibraciones de tipo cuerpo entero en los conductores.
- Según el número de mediciones el estudio es longitudinal, ya que se realizaron varias mediciones.
- Según la recolección de datos, el estudio es prospectivo, ya que se contó con mediciones planificadas (Hernandez & Mendoza, 2018).

Para la realización de la investigación se cuenta con los datos de monitoreo de vibración cuerpo entero realizados durante el año 2021 en la planta de fundición.

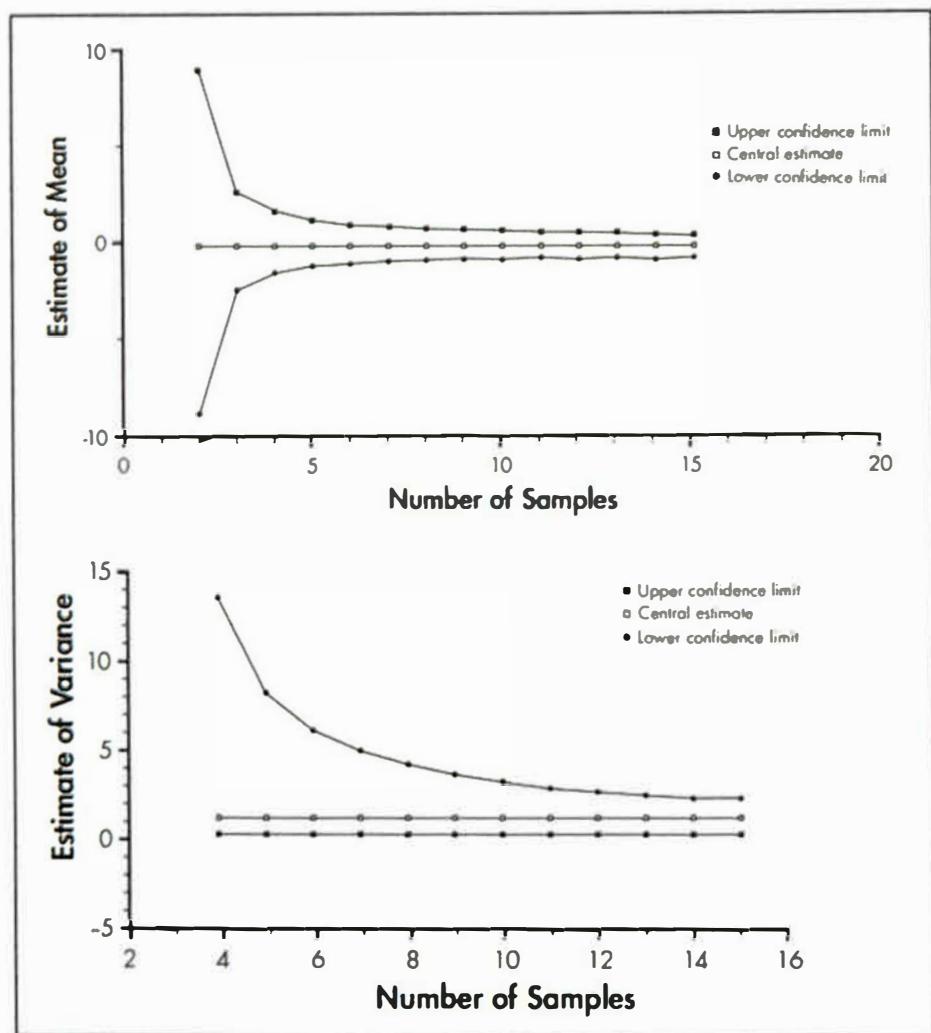
### **3.2. Población y muestra**

La población de conductores de montacargas es de 28 trabajadores mientras que la de cargadores frontales es de 12, en la planta de fundición. Para calcular el tamaño de muestra la presente investigación se basa en lo que menciona el AIHA.

Para disminuir la incertidumbre de los perfiles de exposición es necesario que el número de muestras sea de 6 mediciones como mínimo (Mulhausen et al., 2015).

**Figura 10.**

*Efectos del N° de muestras con la media aritmética y la varianza*



Nota: La figura muestra la relación entre el número de muestras con la media aritmética y la varianza de las mediciones. Fuente: Mulhausen et al. (2015, pág. 117)

Se constituyen los GES: Operador de montacargas y de cargador frontal, se tomó las muestras de la siguiente manera:

**Tabla 5.**

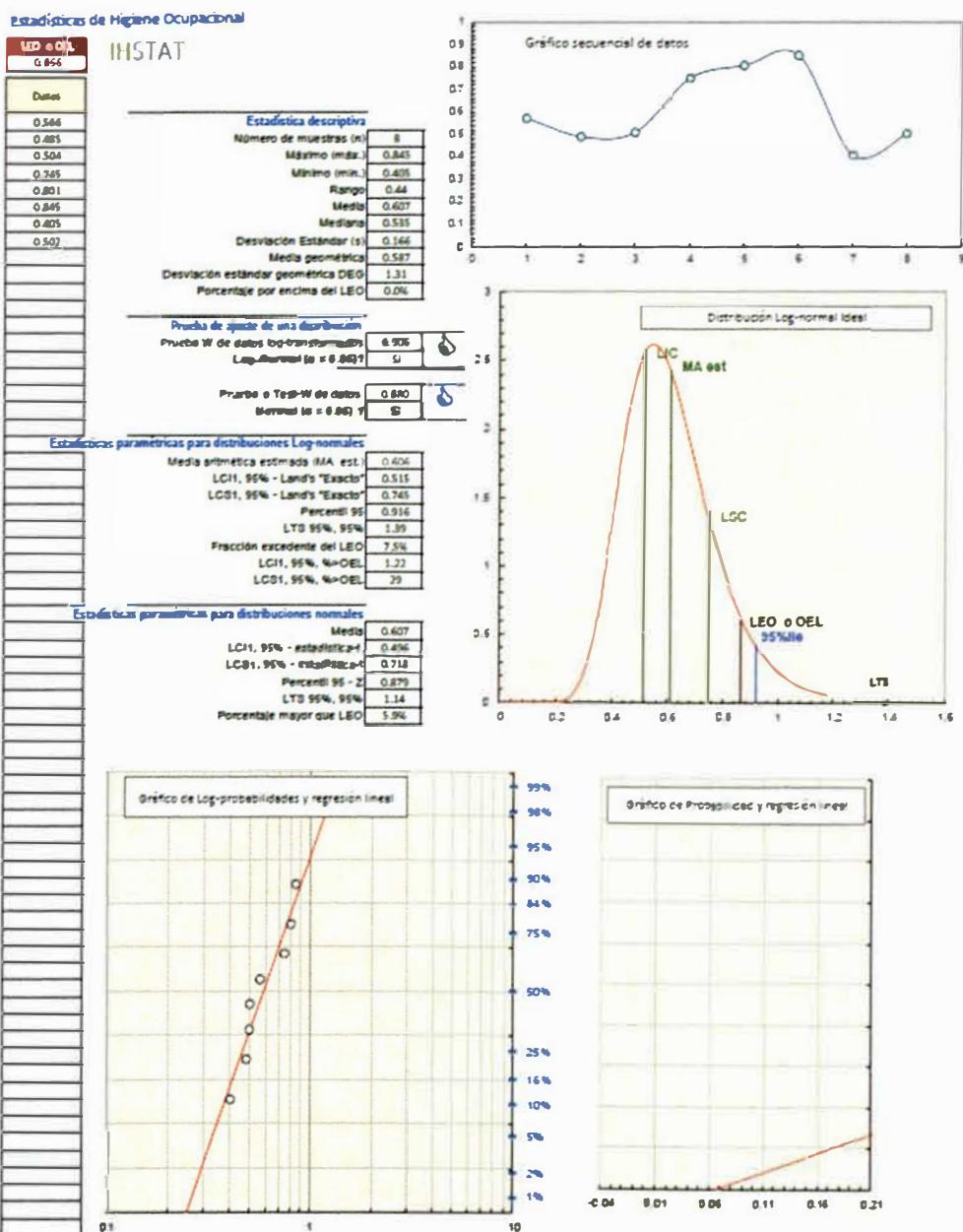
*Tamaño de muestra de los GES establecidos*

Grupos de exposición similar (GES)	Población	Muestra
Operador de montacargas (OP. MONT)	28	12
Operador de cargador frontal (OP.CF)	12	6

Nota: La tabla muestra la cantidad de población y muestra por GES. Fuente: Elaboración propia.

Para el calcular los límites de confianza superior e inferior, así como para confirmar la correcta selección de los GES, se usará el software IHSTAT brindado por el AIHA para analizar datos de Higiene Ocupacional. Los límites de tolerancia ayudan a definir los extremos superiores e inferiores del perfil de exposición de un GES (Mulhausen et al., 2015).

**Figura 11.**  
**Software IHSTAT del AIHA**



**Nota:** La figura muestra el software usado para calcular los límites de confianza superior e inferior, así como verificar cuantitativamente el GES seleccionado. Fuente: AIHA (2019)

### 3.3. Operacionalización de variables

**Tabla 6.**

#### Operacionalización de variables

TITULO	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A VIBRACIONES DE TIPO CUERPO ENTERO EN OPERADORES DE VEHÍCULOS PESADOS EN UNA PLANTA DE FUNDICIÓN	OBJETIVO GENERAL •Evaluar los niveles de exposición ocupacional diaria a vibraciones de tipo cuerpo entero en operadores de montacargas y cargadores frontales de una planta de fundición durante el año 2021.	Nivel de exposición ocupacional a vibración de tipo cuerpo entero	Aceleración ( $m/s^2$ ) Valor de Dosis de Vibración ( $m/s^{1.75}$ )	
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS •Determinar el número de muestras para los Grupos de Exposición Similar (GES), operador de montacargas y cargador frontal, según el AIHA. •Estimar los límites de confianza superior e inferior para los GES: Operador de montacargas y cargador frontal usando el software IHSTAT. •Verificar cuantitativamente que los GES hayan sido correctamente seleccionados. •Describir los factores que pudieron influir significativamente en la medición de la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en los operadores de vehículos pesados. •Describir las medidas de control recomendadas para disminuir la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en los operadores.	Asiento del equipo	Suspensión del asiento	1. Enfoque: Cuantitativo 2. Tipo de Investigación: Cuantitativa 3. Alcance o Nivel de Investigación: Explicativo 4. Diseño: Observacional, analítico, longitudinal y prospectivo. 5. Población: Los operadores de equipos pesados de la planta de fundición. 6. Unidad de Análisis: Las vibraciones se miden a través de aceleraciones ( $m/s^2$ ) y el valor de dosis de vibración a la cuarta potencia, se mide en $m/s^{1.75}$ . 7. Técnicas de recolección de datos: Observaciones, entrevistas y la psicométrica. Instrumentos de recolección y Procesamiento de datos: Vibrómetro Svantek SV100A y software SVANPC+.
		Tiempo de exposición	Horas	
		Estado de la carretera	Asfaltado	
		Dirección de la vibración	Ejes X, Y, Z	

Nota: Elaboración propia

### 3.4. Equipo de medición

Para las características de la variable de interés se usaron dos vibrómetros de marca Svantek modelos SV100A con números de serie: 86690 y 61383, adicionalmente el software SVAN PC+ para recolectar la aceleración r.m.s ( $\text{m/s}^2$ ) y el valor de dosis de vibración ( $\text{m/s}^{1.75}$ ). Tanto el programa como el vibrómetro será manejado por el investigador.

Este vibrómetro cumple con las especificaciones del estándar internacional ISO 8041-1: Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida (2005) la cual se debe calibrar en el laboratorio como mínimo una vez al año. Cualquier vibrómetro que se desee usar para evaluar exposiciones a vibraciones debe cumplir con la ISO 8041-1 (Mansfield, 2005).

**Figura 12.**

*Vibrómetro Svantek SV100A*



Nota: El medidor de vibraciones incluye el vibrómetro, acelerómetro, filtro y el registrador de niveles en un solo equipo, adicionalmente incluye un software donde se puede analizar los resultados. Fuente: Svantek (2024)

### 3.5. Medición de la exposición a VCE

Las vibraciones deben medirse respetando el sistema de coordenadas establecido en la figura 5. Para la presente investigación, el vibrómetro se colocó en la base del asiento y asegurando con cinta ploma.

**Figura 13.**

*Colocación del vibrómetro en asientos de vehículos*



Nota: La figura muestra dos formas de colocar el vibrómetro, generalmente se coloca en la base del asiento.  
Fuente: Svantek (2024).

El tiempo de medición debe tratar de abarcar todo el tiempo que dure la exposición a las vibraciones de tipo cuerpo entero de tal manera que estadísticamente sea representativa. Se recomienda la medición de la jornada completa (NTP-ISO 2631-1, 2011).

### **3.6. Monitoreo del trabajador muestreado**

- Elegir aleatoriamente al trabajador muestreado dentro del GES, en caso sea complicado hacerlo, se deberá seleccionar al trabajador mediante observaciones de los vehículos en campo.
- El trabajador seleccionado recibirá indicaciones acerca de la importancia de medir las vibraciones.
- El vibrómetro deberá mantenerse en todo momento en la base del asiento durante el mayor tiempo de la jornada.
- Explicar al trabajador que no debe de presionar los botones del vibrómetro durante la medición.
- En caso el sensor y el vibrómetro estén conectados con cables, se debe verificar que estas conexiones se mantengan durante toda la medición en la jornada.
- Adicionalmente se deberá anotar las principales actividades del trabajador durante la jornada (Guía 3 Medición de vibraciones del DS 024-EM, 2016).

### **3.7. Técnicas de recolección de datos**

Las técnicas para la recolección de datos de las variables de caracterización fueron mediante observaciones y entrevistas a través de registro de datos (suspensión del asiento, actividad realizada, tipo de suelo y tipo de ruedas de los montacargas y cargadores frontales)

Durante la colocación del vibrómetro en el asiento, se observa las condiciones de esta, las características de la suspensión del asiento, y el tipo de ruedas de los equipos pesados, asimismo durante el transcurso de la jornada, se puede observar el tipo de suelo por el cual transitan los vehículos a evaluar, y las actividades que se realizan con estas, al final de la jornada se les realiza una pequeña entrevista a los operadores para corroborar la ejecución de dichas actividades.

## Capítulo IV : Análisis y discusión de resultados

### 4.1. Resultados de las vibraciones cuerpo entero por GES

#### 4.1.1. Operador de montacargas

**Tabla 7.**

*Resultado de las aceleraciones ponderadas medidas en OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Aceleración Medida			Tiempo de monitoreo (hh:mm:ss)
		Eje X	Eje Y	Eje Z	
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	0.223 m/s <sup>2</sup>	0.262 m/s <sup>2</sup>	0.366 m/s <sup>2</sup>	08:00:00
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	0.287 m/s <sup>2</sup>	0.268 m/s <sup>2</sup>	0.282 m/s <sup>2</sup>	06:59:00
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	0.154 m/s <sup>2</sup>	0.160 m/s <sup>2</sup>	0.222 m/s <sup>2</sup>	07:43:00
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	0.154 m/s <sup>2</sup>	0.148 m/s <sup>2</sup>	0.279 m/s <sup>2</sup>	07:59:00
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	0.263 m/s <sup>2</sup>	0.237 m/s <sup>2</sup>	0.330 m/s <sup>2</sup>	06:14:00
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	0.299 m/s <sup>2</sup>	0.218 m/s <sup>2</sup>	0.342 m/s <sup>2</sup>	06:55:00
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	0.294 m/s <sup>2</sup>	0.340 m/s <sup>2</sup>	0.400 m/s <sup>2</sup>	05:49:00
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	0.206 m/s <sup>2</sup>	0.241 m/s <sup>2</sup>	0.408 m/s <sup>2</sup>	05:34:00
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	0.245 m/s <sup>2</sup>	0.272 m/s <sup>2</sup>	0.479 m/s <sup>2</sup>	06:46:00
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	0.230 m/s <sup>2</sup>	0.320 m/s <sup>2</sup>	0.386 m/s <sup>2</sup>	07:39:57
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	0.164 m/s <sup>2</sup>	0.132 m/s <sup>2</sup>	0.307 m/s <sup>2</sup>	06:44:00
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	0.295 m/s <sup>2</sup>	0.316 m/s <sup>2</sup>	0.540 m/s <sup>2</sup>	05:36:17

Nota: La tabla muestra los resultados de las aceleraciones medidas. Fuente: Elaboración propia.

Las aceleraciones medidas deben normalizarse para una duración de 8 horas

**Tabla 8.**

*Aceleraciones normalizadas y resultantes para 8 horas en OP. MONT*

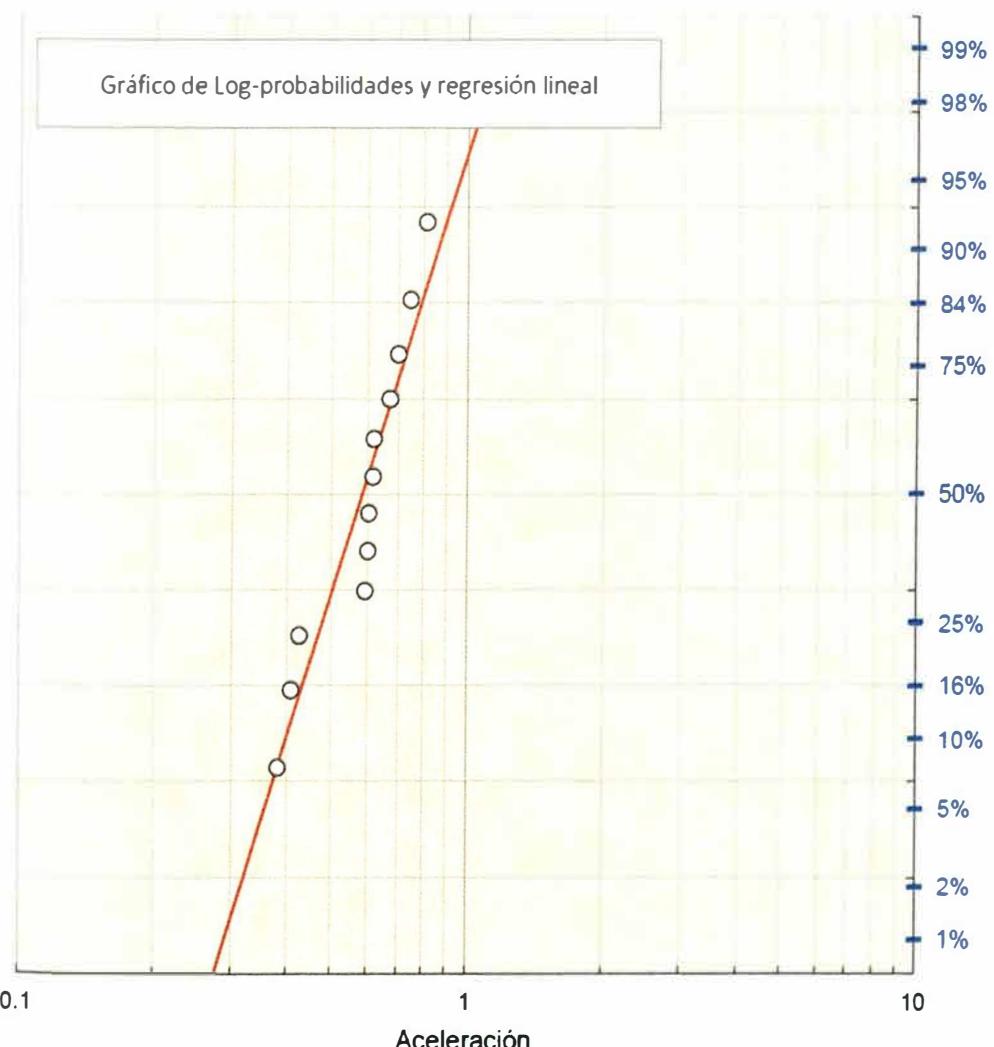
Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Jornada Laboral	Aceleración Normalizada para 8 horas			Aceleración resultante
			Eje X	Eje Y	Eje Z	
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	8 horas	0.312 m/s <sup>2</sup>	0.367 m/s <sup>2</sup>	0.366 m/s <sup>2</sup>	0.605 m/s <sup>2</sup>
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	8 horas	0.402 m/s <sup>2</sup>	0.375 m/s <sup>2</sup>	0.282 m/s <sup>2</sup>	0.618 m/s <sup>2</sup>
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	8 horas	0.216 m/s <sup>2</sup>	0.224 m/s <sup>2</sup>	0.222 m/s <sup>2</sup>	0.382 m/s <sup>2</sup>
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	8 horas	0.216 m/s <sup>2</sup>	0.207 m/s <sup>2</sup>	0.279 m/s <sup>2</sup>	0.409 m/s <sup>2</sup>
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	8 horas	0.368 m/s <sup>2</sup>	0.332 m/s <sup>2</sup>	0.330 m/s <sup>2</sup>	0.595 m/s <sup>2</sup>
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	8 horas	0.419 m/s <sup>2</sup>	0.305 m/s <sup>2</sup>	0.342 m/s <sup>2</sup>	0.621 m/s <sup>2</sup>
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	8 horas	0.412 m/s <sup>2</sup>	0.476 m/s <sup>2</sup>	0.400 m/s <sup>2</sup>	0.746 m/s <sup>2</sup>
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	8 horas	0.288 m/s <sup>2</sup>	0.337 m/s <sup>2</sup>	0.408 m/s <sup>2</sup>	0.603 m/s <sup>2</sup>
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	8 horas	0.343 m/s <sup>2</sup>	0.381 m/s <sup>2</sup>	0.479 m/s <sup>2</sup>	0.701 m/s <sup>2</sup>
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	8 horas	0.322 m/s <sup>2</sup>	0.448 m/s <sup>2</sup>	0.386 m/s <sup>2</sup>	0.673 m/s <sup>2</sup>
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	8 horas	0.230 m/s <sup>2</sup>	0.185 m/s <sup>2</sup>	0.307 m/s <sup>2</sup>	0.426 m/s <sup>2</sup>
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	8 horas	0.413 m/s <sup>2</sup>	0.442 m/s <sup>2</sup>	0.540 m/s <sup>2</sup>	0.811 m/s <sup>2</sup>

Nota: La tabla muestra las aceleraciones normalizadas y resultantes para 8 horas. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 9.***Resumen de límites de confianza superior e inferior para OP. MONT*

GES	Nº mediciones	Desviación Estándar Geométrica	Distribución	Media aritmética	Límite Inferior de Confianza (LIC)	Límite Superior de Confianza (LSC)	¿El GES seleccionado es adecuado?
Op. Montacargas	12	1.27	Log-normal	0.600 m/s <sup>2</sup>	0.534 m/s <sup>2</sup>	0.687 m/s <sup>2</sup>	SI

Nota: La tabla muestra la media aritmética y los límites de confianza superior e inferior y verificación del GES seleccionado. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 14.***Gráfico de regresión lineal y log-probabilidades del GES OP. MONT*

Nota: La gráfica muestra la linealidad de los logaritmos naturales de las aceleraciones resultantes del GES OP. MONT. Fuente: Uso del software IHSTATS-2024 del AIHA.

## Análisis de los factores de cresta

**Tabla 10.**

*Resultado de los factores de cresta en OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Máxima aceleración instantánea (pico)			Aceleración ponderada medida			Factor de cresta		
		Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	5.297 m/s <sup>2</sup>	4.539 m/s <sup>2</sup>	27.893 m/s <sup>2</sup>	0.223 m/s <sup>2</sup>	0.262 m/s <sup>2</sup>	0.367 m/s <sup>2</sup>	23.753	17.324	76.003
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	4.207 m/s <sup>2</sup>	4.178 m/s <sup>2</sup>	29.141 m/s <sup>2</sup>	0.287 m/s <sup>2</sup>	0.268 m/s <sup>2</sup>	0.282 m/s <sup>2</sup>	14.659	15.590	103.337
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	3.170 m/s <sup>2</sup>	3.311 m/s <sup>2</sup>	7.577 m/s <sup>2</sup>	0.154 m/s <sup>2</sup>	0.160 m/s <sup>2</sup>	0.222 m/s <sup>2</sup>	20.584	20.694	34.131
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	6.060 m/s <sup>2</sup>	5.814 m/s <sup>2</sup>	36.940 m/s <sup>2</sup>	0.154 m/s <sup>2</sup>	0.148 m/s <sup>2</sup>	0.279 m/s <sup>2</sup>	39.351	39.284	132.401
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	7.843 m/s <sup>2</sup>	4.154 m/s <sup>2</sup>	24.016 m/s <sup>2</sup>	0.263 m/s <sup>2</sup>	0.237 m/s <sup>2</sup>	0.329 m/s <sup>2</sup>	29.821	17.527	72.997
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	4.704 m/s <sup>2</sup>	2.961 m/s <sup>2</sup>	14.077 m/s <sup>2</sup>	0.299 m/s <sup>2</sup>	0.218 m/s <sup>2</sup>	0.342 m/s <sup>2</sup>	15.732	13.583	41.161
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	0.294 m/s <sup>2</sup>	0.340 m/s <sup>2</sup>	0.400 m/s <sup>2</sup>	0.294 m/s <sup>2</sup>	0.339 m/s <sup>2</sup>	0.399 m/s <sup>2</sup>	16.755	14.053	37.672
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	0.206 m/s <sup>2</sup>	0.241 m/s <sup>2</sup>	0.408 m/s <sup>2</sup>	0.206 m/s <sup>2</sup>	0.240 m/s <sup>2</sup>	0.408 m/s <sup>2</sup>	20.214	22.558	112.159
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	0.245 m/s <sup>2</sup>	0.272 m/s <sup>2</sup>	0.479 m/s <sup>2</sup>	0.245 m/s <sup>2</sup>	0.272 m/s <sup>2</sup>	0.479 m/s <sup>2</sup>	23.220	16.066	42.624
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	0.230 m/s <sup>2</sup>	0.320 m/s <sup>2</sup>	0.386 m/s <sup>2</sup>	0.230 m/s <sup>2</sup>	0.320 m/s <sup>2</sup>	0.386 m/s <sup>2</sup>	32.083	17.016	61.083
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	0.164 m/s <sup>2</sup>	0.132 m/s <sup>2</sup>	0.307 m/s <sup>2</sup>	0.164 m/s <sup>2</sup>	0.162 m/s <sup>2</sup>	0.307 m/s <sup>2</sup>	29.457	30.167	51.567
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	0.295 m/s <sup>2</sup>	0.316 m/s <sup>2</sup>	0.540 m/s <sup>2</sup>	0.295 m/s <sup>2</sup>	0.316 m/s <sup>2</sup>	0.540 m/s <sup>2</sup>	20.308	19.332	26.676

Nota: La tabla muestra los resultados de Los factores de cresta en OP. MONT, se puede notar que todos los F.C. son mayores a 9 por lo que es necesario usar el valor de dosis de vibración. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11.***Resultados de valores de dosis de vibración (VDV) en OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Tiempo de monitoreo (hh:mm:ss)	Valor de dosis de vibración medida		
			Eje X	Eje Y	Eje Z
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	08:00:00	5.861 m/s <sup>1.75</sup>	7.379 m/s <sup>1.75</sup>	22.004 m/s <sup>1.75</sup>
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	06:59:00	6.419 m/s <sup>1.75</sup>	6.745 m/s <sup>1.75</sup>	11.535 m/s <sup>1.75</sup>
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	07:43:00	4.555 m/s <sup>1.75</sup>	4.989 m/s <sup>1.75</sup>	6.958 m/s <sup>1.75</sup>
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	07:59:00	5.943 m/s <sup>1.75</sup>	5.464 m/s <sup>1.75</sup>	15.686 m/s <sup>1.75</sup>
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	06:14:00	6.792 m/s <sup>1.75</sup>	6.266 m/s <sup>1.75</sup>	12.009 m/s <sup>1.75</sup>
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	06:55:00	7.980 m/s <sup>1.75</sup>	5.000 m/s <sup>1.75</sup>	10.104 m/s <sup>1.75</sup>
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	05:49:00	6.722 m/s <sup>1.75</sup>	8.472 m/s <sup>1.75</sup>	10.927 m/s <sup>1.75</sup>
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	05:34:00	4.995 m/s <sup>1.75</sup>	6.599 m/s <sup>1.75</sup>	15.849 m/s <sup>1.75</sup>
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	06:46:00	6.033 m/s <sup>1.75</sup>	7.219 m/s <sup>1.75</sup>	14.740 m/s <sup>1.75</sup>
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	07:39:57	6.722 m/s <sup>1.75</sup>	9.110 m/s <sup>1.75</sup>	13.289 m/s <sup>1.75</sup>
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	06:44:00	5.489 m/s <sup>1.75</sup>	5.291 m/s <sup>1.75</sup>	13.167 m/s <sup>1.75</sup>
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	05:36:17	6.926 m/s <sup>1.75</sup>	7.980 m/s <sup>1.75</sup>	13.980 m/s <sup>1.75</sup>

Nota: La tabla muestra los VDV medidos. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 12.***VDV normalizadas para 8 horas en OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Jornada Laboral	Valor de dosis de vibración normalizada para 8 horas		
			Eje X	Eje Y	Eje Z
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	8 horas	8.205 m/s <sup>1.75</sup>	10.331 m/s <sup>1.75</sup>	22.004 m/s <sup>1.75</sup>
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	8 horas	9.297 m/s <sup>1.75</sup>	9.769 m/s <sup>1.75</sup>	11.934 m/s <sup>1.75</sup>
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	8 horas	6.435 m/s <sup>1.75</sup>	7.048 m/s <sup>1.75</sup>	7.021 m/s <sup>1.75</sup>
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	8 horas	8.325 m/s <sup>1.75</sup>	7.654 m/s <sup>1.75</sup>	15.694 m/s <sup>1.75</sup>
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	8 horas	10.121 m/s <sup>1.75</sup>	9.337 m/s <sup>1.75</sup>	12.782 m/s <sup>1.75</sup>
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	8 horas	11.586 m/s <sup>1.75</sup>	7.259 m/s <sup>1.75</sup>	10.478 m/s <sup>1.75</sup>
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	8 horas	10.191 m/s <sup>1.75</sup>	12.845 m/s <sup>1.75</sup>	11.833 m/s <sup>1.75</sup>
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	8 horas	7.657 m/s <sup>1.75</sup>	10.115 m/s <sup>1.75</sup>	17.353 m/s <sup>1.75</sup>
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	8 horas	8.807 m/s <sup>1.75</sup>	10.539 m/s <sup>1.75</sup>	15.370 m/s <sup>1.75</sup>
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	8 horas	9.517 m/s <sup>1.75</sup>	12.897 m/s <sup>1.75</sup>	13.438 m/s <sup>1.75</sup>
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	8 horas	8.023 m/s <sup>1.75</sup>	7.734 m/s <sup>1.75</sup>	13.747 m/s <sup>1.75</sup>
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	8 horas	10.601 m/s <sup>1.75</sup>	12.214 m/s <sup>1.75</sup>	15.284 m/s <sup>1.75</sup>

Nota: La tabla muestra las aceleraciones normalizadas y resultantes para 8 horas. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Operador de cargador frontal

**Tabla 13.**

*Resultado de las aceleraciones ponderadas y medidas en OP. CF*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Aceleración Medida			Tiempo de medición (hh:mm:ss)
		Eje X	Eje Y	Eje Z	
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	0.306 m/s <sup>2</sup>	0.284 m/s <sup>2</sup>	0.291 m/s <sup>2</sup>	07:25:00
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	0.237 m/s <sup>2</sup>	0.221 m/s <sup>2</sup>	0.363 m/s <sup>2</sup>	08:00:00
03/11/2021	Op. de cargador frontal 2	0.218 m/s <sup>2</sup>	0.157 m/s <sup>2</sup>	0.242 m/s <sup>2</sup>	07:05:00
04/11/2021	Op. de cargador frontal 1	0.318 m/s <sup>2</sup>	0.381 m/s <sup>2</sup>	0.417 m/s <sup>2</sup>	06:35:00
09/11/2021	Op. de cargador frontal 3	0.389 m/s <sup>2</sup>	0.391 m/s <sup>2</sup>	0.473 m/s <sup>2</sup>	05:43:00
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	0.265 m/s <sup>2</sup>	0.310 m/s <sup>2</sup>	0.354 m/s <sup>2</sup>	08:00:00

Nota: La tabla muestra los resultados de las aceleraciones medidas. Fuente: Elaboración propia.

Las aceleraciones medidas deben normalizarse para una duración de 8 horas

**Tabla 14.**

*Resultado de las aceleraciones ponderadas y medidas en OP. CF*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Jornada Laboral	Aceleración Normalizada para 8 horas			Aceleración resultante
			Eje X	Eje Y	Eje Z	
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	8 horas	0.428 m/s <sup>2</sup>	0.398 m/s <sup>2</sup>	0.291 m/s <sup>2</sup>	0.653 m/s <sup>2</sup>
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	8 horas	0.332 m/s <sup>2</sup>	0.309 m/s <sup>2</sup>	0.363 m/s <sup>2</sup>	0.581 m/s <sup>2</sup>
03/11/2021	Op. de cargador frontal 2	8 horas	0.305 m/s <sup>2</sup>	0.220 m/s <sup>2</sup>	0.242 m/s <sup>2</sup>	0.447 m/s <sup>2</sup>
04/11/2021	Op. de cargador frontal 1	8 horas	0.445 m/s <sup>2</sup>	0.533 m/s <sup>2</sup>	0.417 m/s <sup>2</sup>	0.810 m/s <sup>2</sup>
09/11/2021	Op. de cargador frontal 3	8 horas	0.545 m/s <sup>2</sup>	0.547 m/s <sup>2</sup>	0.473 m/s <sup>2</sup>	0.906 m/s <sup>2</sup>
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	8 horas	0.371 m/s <sup>2</sup>	0.434 m/s <sup>2</sup>	0.354 m/s <sup>2</sup>	0.672 m/s <sup>2</sup>

Nota: La tabla muestra las aceleraciones normalizadas y resultantes para 8 horas. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 15.**

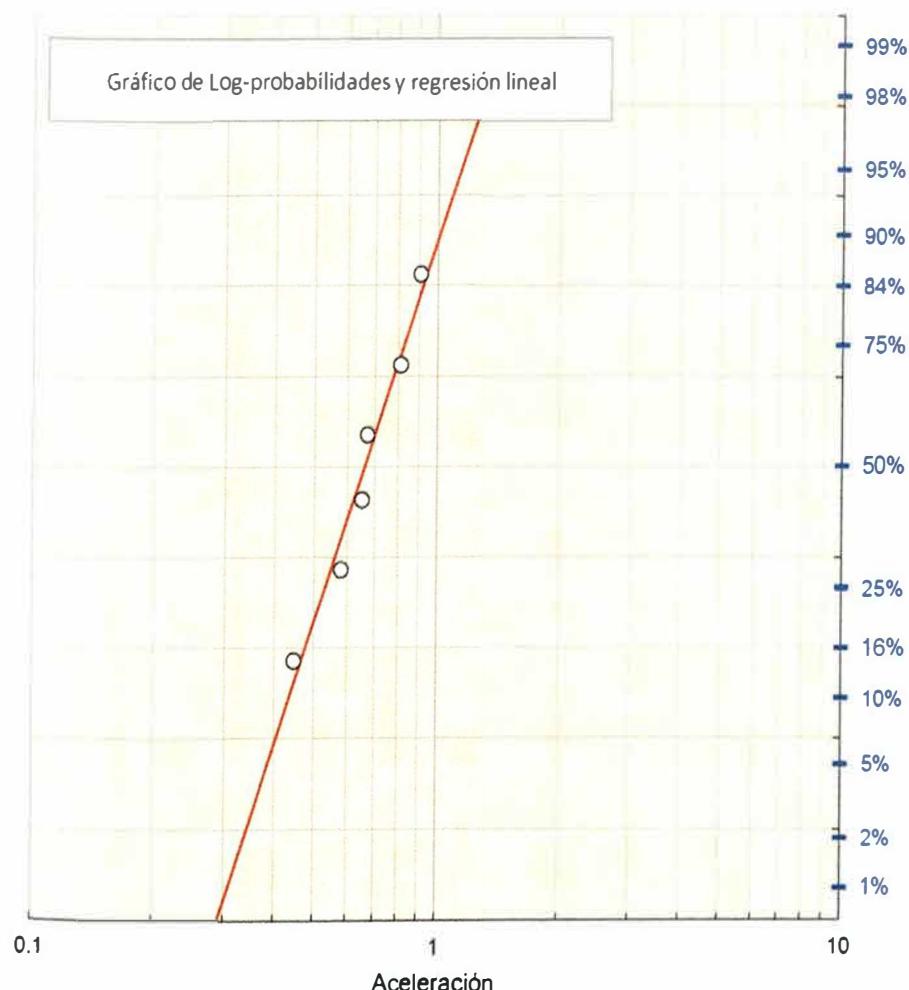
*Resumen de límites de confianza superior e inferior para OP.CF*

GES	Nº mediciones	Desviación Estándar Geométrica	Distribución	Media aritmética	Límite Inferior de Confianza (LIC)	Límite Superior de Confianza (LSC)	¿El GES seleccionado es adecuado?
Op. Cargador frontal	6	1.28	Log-normal	0.679 m/s <sup>2</sup>	0.566 m/s <sup>2</sup>	0.861 m/s <sup>2</sup>	SI

Nota: La tabla muestra la media aritmética y los límites de confianza superior e inferior y verificación del GES seleccionado. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 15.**

*Gráfico de regresión lineal y log-probabilidades del GES OP. CF*



Nota: La gráfica muestra la linealidad de los logaritmos naturales de las aceleraciones resultantes del GES OP. CF. Fuente: Uso del software IHSTATS-2024 del AIHA.

## Análisis de los factores de cresta

**Tabla 16.**

*Resultado de los factores de cresta en OP.CF*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Máxima aceleración instantánea (pico)			Aceleración ponderada medida			Factor de cresta		
		Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	6.046 m/s2	6.769 m/s2	18.642 m/s2	0.306 m/s2	0.284 m/s2	0.291 m/s2	19.758	23.835	64.062
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	7.490 m/s2	4.688 m/s2	12.838 m/s2	0.237 m/s2	0.221 m/s2	0.363 m/s2	31.603	21.213	35.366
03/11/2021	Op. de cargador frontal 2	5.527 m/s2	3.479 m/s2	8.630 m/s2	0.218 m/s2	0.157 m/s2	0.242 m/s2	25.353	22.159	35.661
04/11/2021	Op. de cargador frontal 1	6.738 m/s2	8.620 m/s2	28.119 m/s2	0.318 m/s2	0.381 m/s2	0.417 m/s2	21.189	22.625	67.432
09/11/2021	Op. de cargador frontal 3	7.328 m/s2	6.769 m/s2	10.654 m/s2	0.389 m/s2	0.391 m/s2	0.472 m/s2	18.838	17.312	22.572
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	7.700 m/s2	6.434 m/s2	31.297 m/s2	0.265 m/s2	0.310 m/s2	0.354 m/s2	29.057	20.755	88.410

Nota: La tabla muestra los resultados de Los factores de cresta en OP.CF. Se puede notar que todos los F.C. son mayores a 9 por lo que es necesario usar el valor de dosis de vibración. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 17.***Resultados de valores de dosis de vibración (VDV) en OP.CF*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Tiempo de monitoreo (hh:mm:ss)	Valor de dosis de vibración medida		
			Eje X	Eje Y	Eje Z
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	07:25:00	9.462 m/s <sup>1.75</sup>	8.289 m/s <sup>1.75</sup>	9.806 m/s <sup>1.75</sup>
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	08:00:00	7.148 m/s <sup>1.75</sup>	6.159 m/s <sup>1.75</sup>	11.442 m/s <sup>1.75</sup>
03/11/2021	Op. de cargador frontal 2	07:05:00	7.269 m/s <sup>1.75</sup>	4.477 m/s <sup>1.75</sup>	7.577 m/s <sup>1.75</sup>
04/11/2021	Op. de cargador frontal 1	06:35:00	8.185 m/s <sup>1.75</sup>	9.943 m/s <sup>1.75</sup>	12.897 m/s <sup>1.75</sup>
09/11/2021	Op. de cargador frontal 3	05:43:00	9.716 m/s <sup>1.75</sup>	9.649 m/s <sup>1.75</sup>	13.351 m/s <sup>1.75</sup>
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	08:00:00	8.327 m/s <sup>1.75</sup>	8.933 m/s <sup>1.75</sup>	12.972 m/s <sup>1.75</sup>

Nota: La tabla muestra los VDV medidos. Fuente: Elaboración propia.

Los valores de dosis de vibración deben normalizarse para 8 horas:

**Tabla 18.**

*VDV normalizadas para 8 horas en OP.CF*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Jornada Laboral	Valor de dosis de vibración Normalizada para 8 horas		
			Eje X	Eje Y	Eje Z
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	8 horas	13.500 m/s <sup>1.75</sup>	11.826 m/s <sup>1.75</sup>	9.993 m/s <sup>1.75</sup>
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	8 horas	10.007 m/s <sup>1.75</sup>	8.623 m/s <sup>1.75</sup>	11.442 m/s <sup>1.75</sup>
03/11/2021	Op. de cargador frontal 2	8 horas	10.491 m/s <sup>1.75</sup>	6.461 m/s <sup>1.75</sup>	7.811 m/s <sup>1.75</sup>
04/11/2021	Op. de cargador frontal 1	8 horas	12.031 m/s <sup>1.75</sup>	14.615 m/s <sup>1.75</sup>	13.541 m/s <sup>1.75</sup>
09/11/2021	Op. de cargador frontal 3	8 horas	14.795 m/s <sup>1.75</sup>	14.693 m/s <sup>1.75</sup>	14.521 m/s <sup>1.75</sup>
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	8 horas	11.634 m/s <sup>1.75</sup>	12.480 m/s <sup>1.75</sup>	12.972 m/s <sup>1.75</sup>

Nota: La tabla muestra las aceleraciones normalizadas y resultantes para 8 horas. Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Análisis de resultados por GES

### 4.2.1. Operador de montacargas

**Tabla 19.**

*Zonas de riesgo según normativa peruana para VCE en OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Aceleración Normalizada para 8 horas			Nivel de acción	Límite Exposición Ocupacional (LEO)	Zona de riesgo
		Eje X	Eje Y	Eje Z			
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	0.312 m/s <sup>2</sup>	<b>0.367 m/s<sup>2</sup></b>	0.366 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	<b>0.402 m/s<sup>2</sup></b>	0.375 m/s <sup>2</sup>	0.282 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	0.216 m/s <sup>2</sup>	<b>0.224 m/s<sup>2</sup></b>	0.222 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	0.216 m/s <sup>2</sup>	0.207 m/s <sup>2</sup>	<b>0.279 m/s<sup>2</sup></b>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	<b>0.368 m/s<sup>2</sup></b>	0.332 m/s <sup>2</sup>	0.330 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	<b>0.419 m/s<sup>2</sup></b>	0.305 m/s <sup>2</sup>	0.342 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	0.412 m/s <sup>2</sup>	<b>0.476 m/s<sup>2</sup></b>	0.400 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	0.288 m/s <sup>2</sup>	0.337 m/s <sup>2</sup>	<b>0.408 m/s<sup>2</sup></b>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	0.343 m/s <sup>2</sup>	0.381 m/s <sup>2</sup>	<b>0.479 m/s<sup>2</sup></b>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	0.322 m/s <sup>2</sup>	<b>0.448 m/s<sup>2</sup></b>	0.386 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	0.230 m/s <sup>2</sup>	0.185 m/s <sup>2</sup>	<b>0.307 m/s<sup>2</sup></b>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	0.413 m/s <sup>2</sup>	0.442 m/s <sup>2</sup>	<b>0.540 m/s<sup>2</sup></b>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción

Nota: La tabla muestra las zonas de riesgo al comparar las vibraciones con los límites establecidos en Perú. Fuente: Elaboración propia.

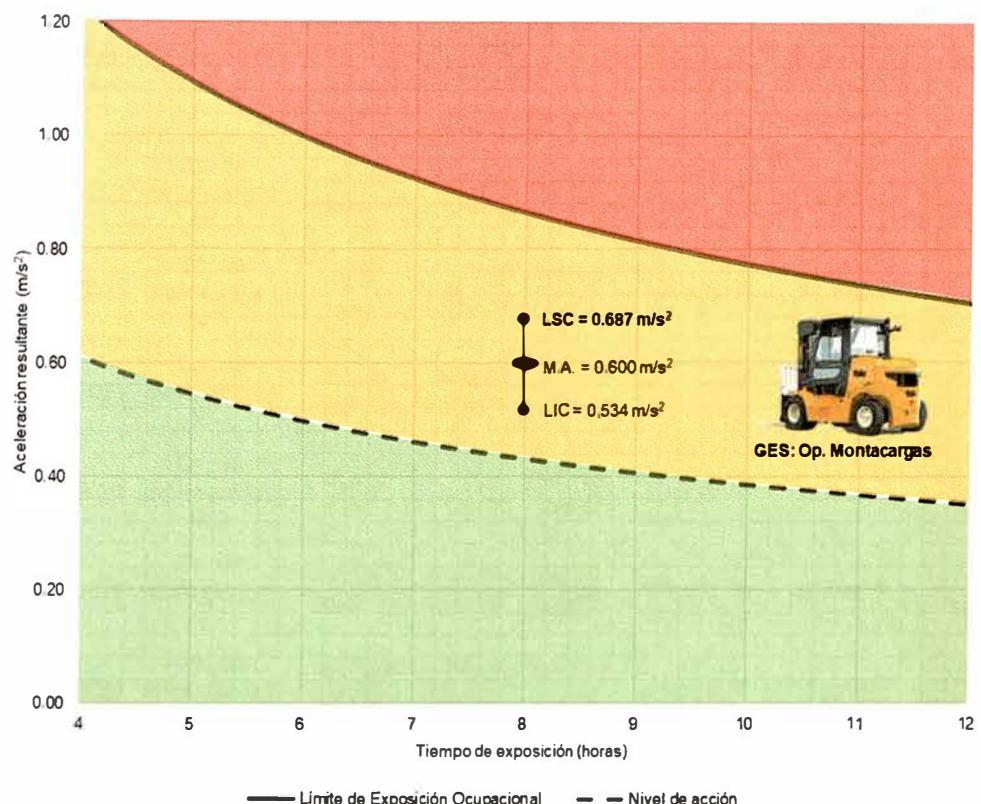
**Tabla 20.***Zonas de riesgo según TLVs-ACGIH para las VCE en OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Aceleración resultante	Nivel de acción	Límite Exposición Ocupacional (LEO)	Zona de riesgo
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	0.605 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	0.618 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	0.382 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de bajo riesgo
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	0.409 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de bajo riesgo
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	0.595 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	0.621 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	0.746 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	0.603 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	0.701 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	0.673 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	0.426 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de bajo riesgo
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	0.811 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción

Nota: La tabla muestra las zonas de riesgo al comparar las aceleraciones resultantes de 8 horas con los límites de la ACGIH. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 16.**

*Límites de confianza inferior y superior para el GES OP. MONT*



Nota: La figura muestra los límites de confianza inferior y superior obtenidas de la estadística descriptiva de las aceleraciones resultantes para un tiempo de exposición de 8 horas. Fuente: Adaptado por el investigador de la ACGIH (2023, pág.211)

**Tabla 21.**

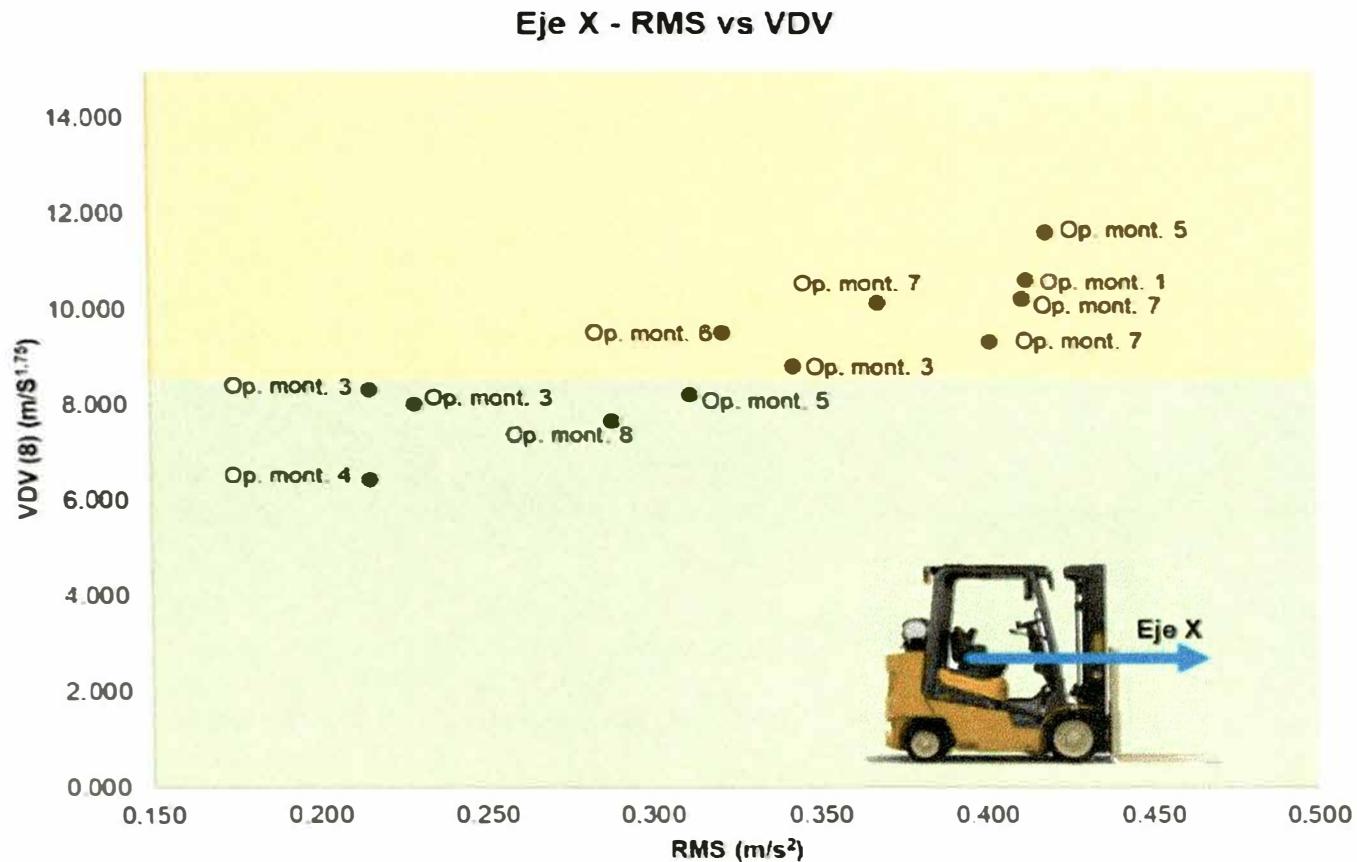
*Zonas de riesgo para los VDV según los TLVs-ACGIH en OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Valor de dosis de vibración normalizada para 8 horas			Nivel de acción	Límite Exposición Ocupacional (LEO)	Zona de riesgo
		Eje X	Eje Y	Eje Z			
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	8.205 m/s <sup>1.75</sup>	10.331 m/s <sup>1.75</sup>	<b>22.004 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de riesgo alto
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	9.297 m/s <sup>1.75</sup>	9.769 m/s <sup>1.75</sup>	<b>11.934 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	6.435 m/s <sup>1.75</sup>	<b>7.048 m/s<sup>1.75</sup></b>	7.021 m/s <sup>1.75</sup>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de bajo riesgo
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	8.325 m/s <sup>1.75</sup>	7.654 m/s <sup>1.75</sup>	<b>15.694 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	10.121 m/s <sup>1.75</sup>	9.337 m/s <sup>1.75</sup>	<b>12.782 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	<b>11.586 m/s<sup>1.75</sup></b>	7.259 m/s <sup>1.75</sup>	10.478 m/s <sup>1.75</sup>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	10.191 m/s <sup>1.75</sup>	<b>12.845 m/s<sup>1.75</sup></b>	11.833 m/s <sup>1.75</sup>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	7.657 m/s <sup>1.75</sup>	10.115 m/s <sup>1.75</sup>	<b>17.353 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de riesgo alto
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	8.807 m/s <sup>1.75</sup>	10.539 m/s <sup>1.75</sup>	<b>15.370 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	9.517 m/s <sup>1.75</sup>	12.897 m/s <sup>1.75</sup>	<b>13.438 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	8.023 m/s <sup>1.75</sup>	7.734 m/s <sup>1.75</sup>	<b>13.747 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	10.601 m/s <sup>1.75</sup>	12.214 m/s <sup>1.75</sup>	<b>15.284 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción

Nota: La tabla muestra las zonas de riesgo al comparar los VDV con los límites de la ACGIH. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 17.**

Comparación de RMS y VDV en el eje "X" para el GES OP. MONT.

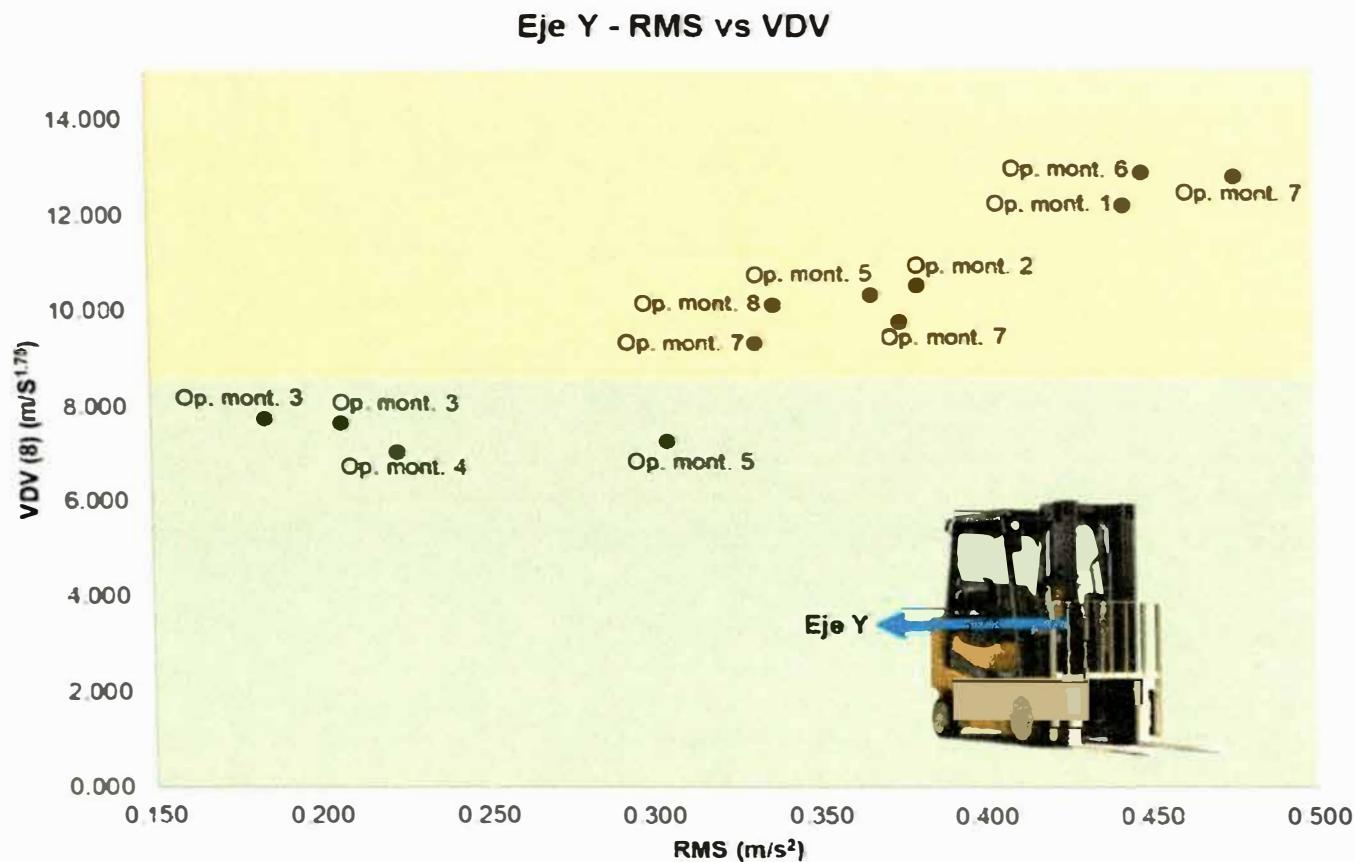


Nota: La figura muestra la intersección de resultados de aceleraciones RMS y VDV para el GES OP. MONT. por cada eje.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 18.**

Comparación de RMS y VDV en el eje "Y" para el GES OP. MONT.

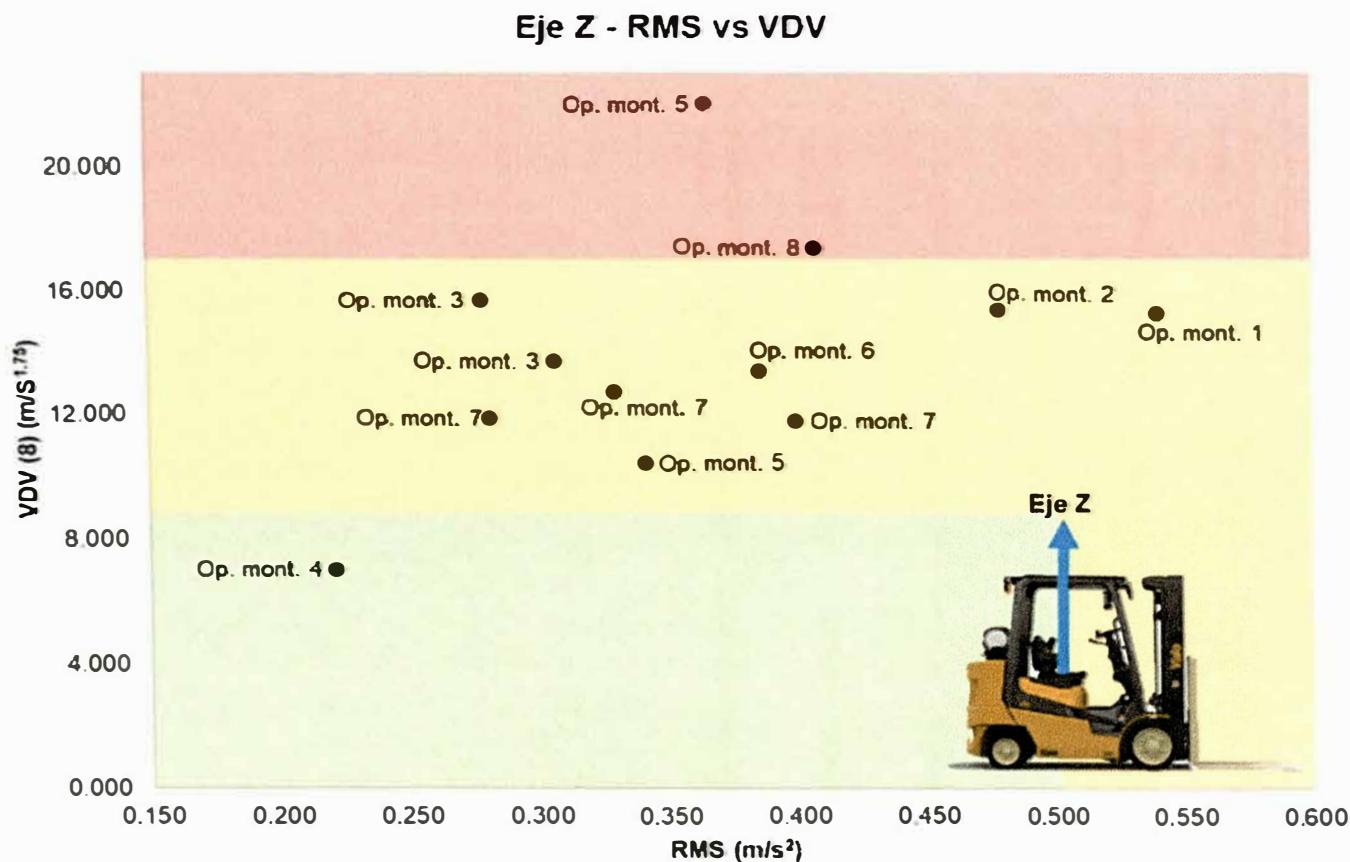


Nota: La figura muestra la intersección de resultados de aceleraciones RMS y VDV para el GES OP. MONT. por cada eje.

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 19.**

Comparación de RMS y VDV en el eje "Z" para el GES OP. MONT.



Nota: La figura muestra la intersección de resultados de aceleraciones RMS y VDV para el GES OP. MONT. por cada eje.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2. Operador de cargador frontal

**Tabla 22.**

*Zonas de riesgo según normativa peruana para las VCE en OP. CF*

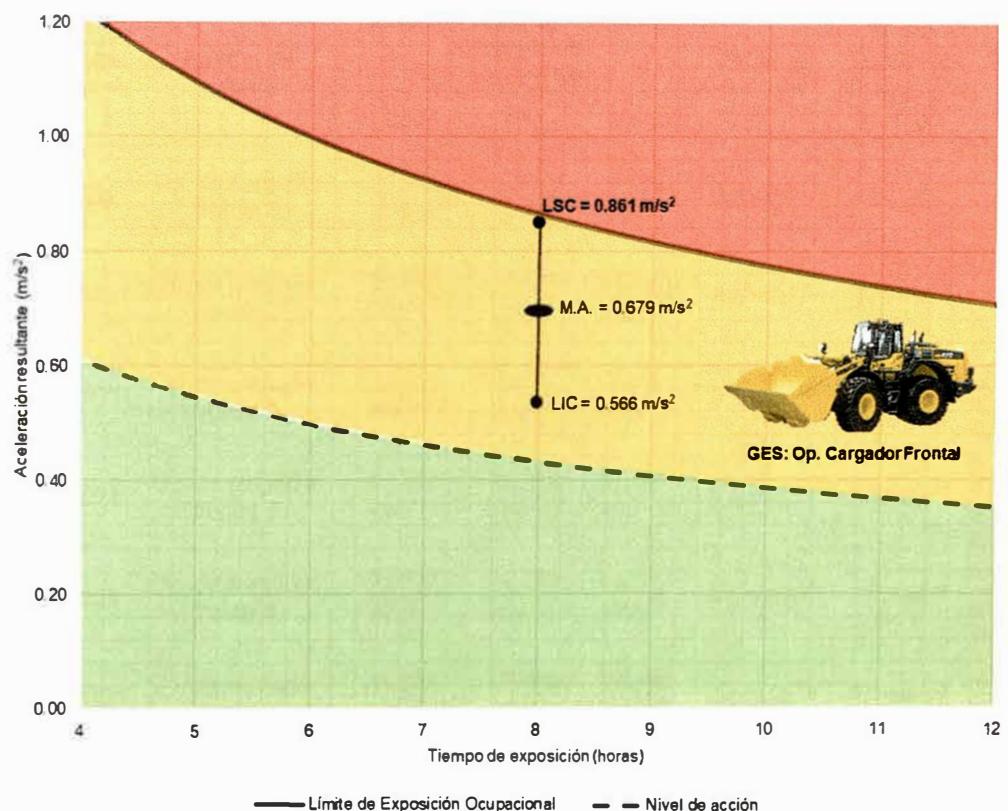
Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Aceleración Normalizada para 8 horas			Nivel de acción	Límite Exposición Ocupacional (LEO)	Zona de riesgo
		Eje X	Eje Y	Eje Z			
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	0.428 m/s <sup>2</sup>	0.398 m/s <sup>2</sup>	0.291 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	0.332 m/s <sup>2</sup>	0.309 m/s <sup>2</sup>	0.363 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
3/11/2021	Op. de cargador frontal 2	0.305 m/s <sup>2</sup>	0.220 m/s <sup>2</sup>	0.242 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción
4/11/2021	Op. de cargador frontal 1	0.445 m/s <sup>2</sup>	<b>0.533 m/s<sup>2</sup></b>	0.417 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
9/11/2021	Op. de cargador frontal 3	0.545 m/s <sup>2</sup>	<b>0.547 m/s<sup>2</sup></b>	0.473 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	0.371 m/s <sup>2</sup>	0.434 m/s <sup>2</sup>	0.354 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>	1.15 m/s <sup>2</sup>	Zona de no acción

**Tabla 23.***Zonas de riesgo según TLVs-ACGIH para las VCE en OP. CF*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Aceleración resultante	Nivel de acción	Límite Exposición Ocupacional (LEO)	Zona de riesgo
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	0.653 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	0.581 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
3/11/2021	Op. de cargador frontal 2	0.447 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
4/11/2021	Op. de cargador frontal 1	0.810 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción
9/11/2021	Op. de cargador frontal 3	0.906 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de riesgo alto
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	0.672 m/s <sup>2</sup>	0.433 m/s <sup>2</sup>	0.866 m/s <sup>2</sup>	Zona de acción

**Figura 20.**

*Límites de confianza inferior y superior para el GES OP. CF*



*Nota:* La figura muestra los límites de confianza inferior y superior obtenidas de la estadística descriptiva de las aceleraciones resultantes para un tiempo de exposición de 8 horas. Fuente: Adaptado por el investigador de la ACGIH (2023, pág.211)

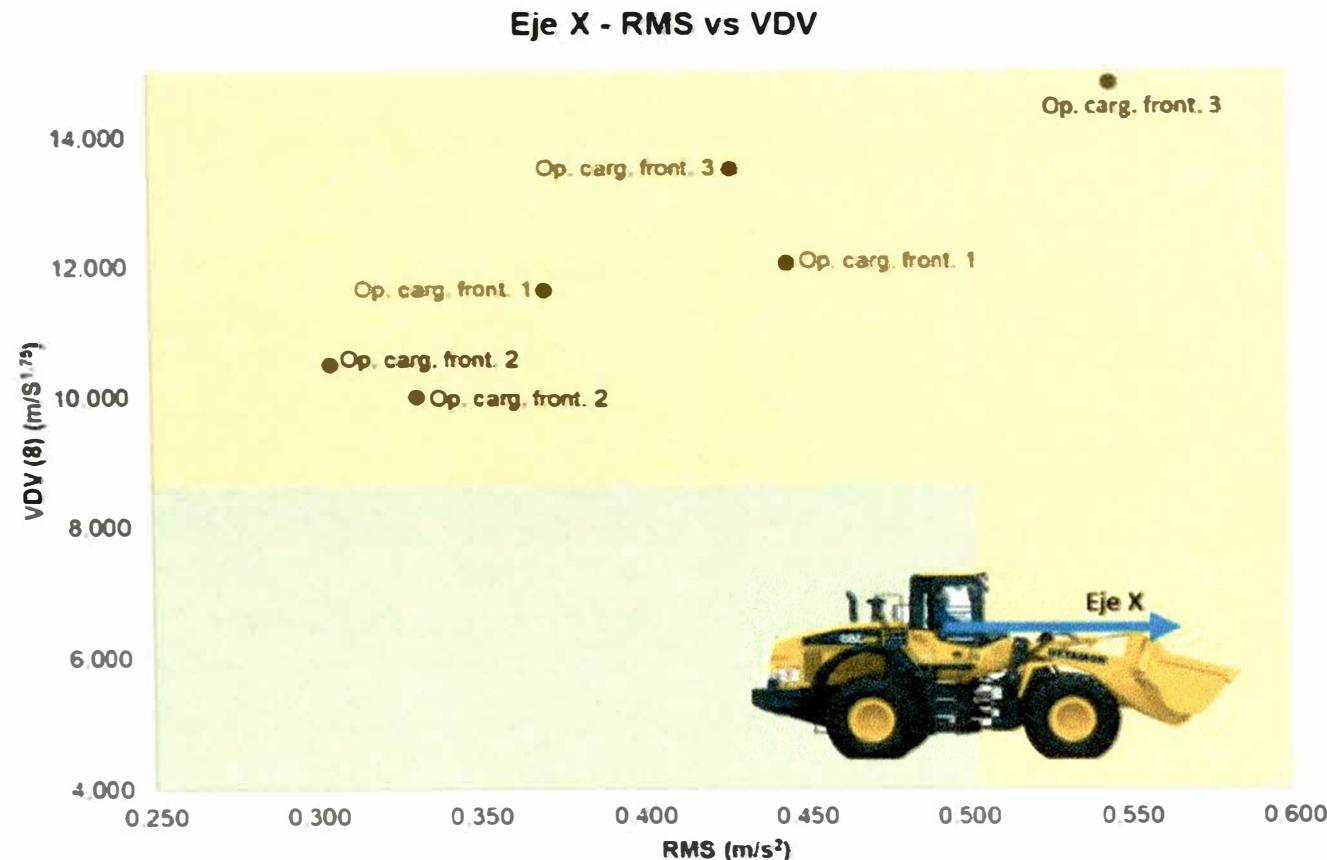
**Tabla 24.**

Zonas de riesgo para los VDV según los TLVs-ACGIH en OP. CF

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Valor de dosis de vibración normalizada para 8 horas			Nivel de acción	Límite Exposición Ocupacional (LEO)	Zona de riesgo
		Eje X	Eje Y	Eje Z			
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	<b>13.500 m/s<sup>1.75</sup></b>	11.826 m/s <sup>1.75</sup>	9.993 m/s <sup>1.75</sup>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	10.007 m/s <sup>1.75</sup>	8.623 m/s <sup>1.75</sup>	<b>11.442 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
3/11/2021	Op. de cargador frontal 2	<b>10.491 m/s<sup>1.75</sup></b>	6.461 m/s <sup>1.75</sup>	7.811 m/s <sup>1.75</sup>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
4/11/2021	Op. de cargador frontal 1	12.031 m/s <sup>1.75</sup>	<b>14.615 m/s<sup>1.75</sup></b>	13.541 m/s <sup>1.75</sup>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
9/11/2021	Op. de cargador frontal 3	<b>14.795 m/s<sup>1.75</sup></b>	14.693 m/s <sup>1.75</sup>	14.521 m/s <sup>1.75</sup>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	11.634 m/s <sup>1.75</sup>	12.480 m/s <sup>1.75</sup>	<b>12.945 m/s<sup>1.75</sup></b>	8.5 m/s <sup>1.75</sup>	17 m/s <sup>1.75</sup>	Zona de acción

**Figura 21.**

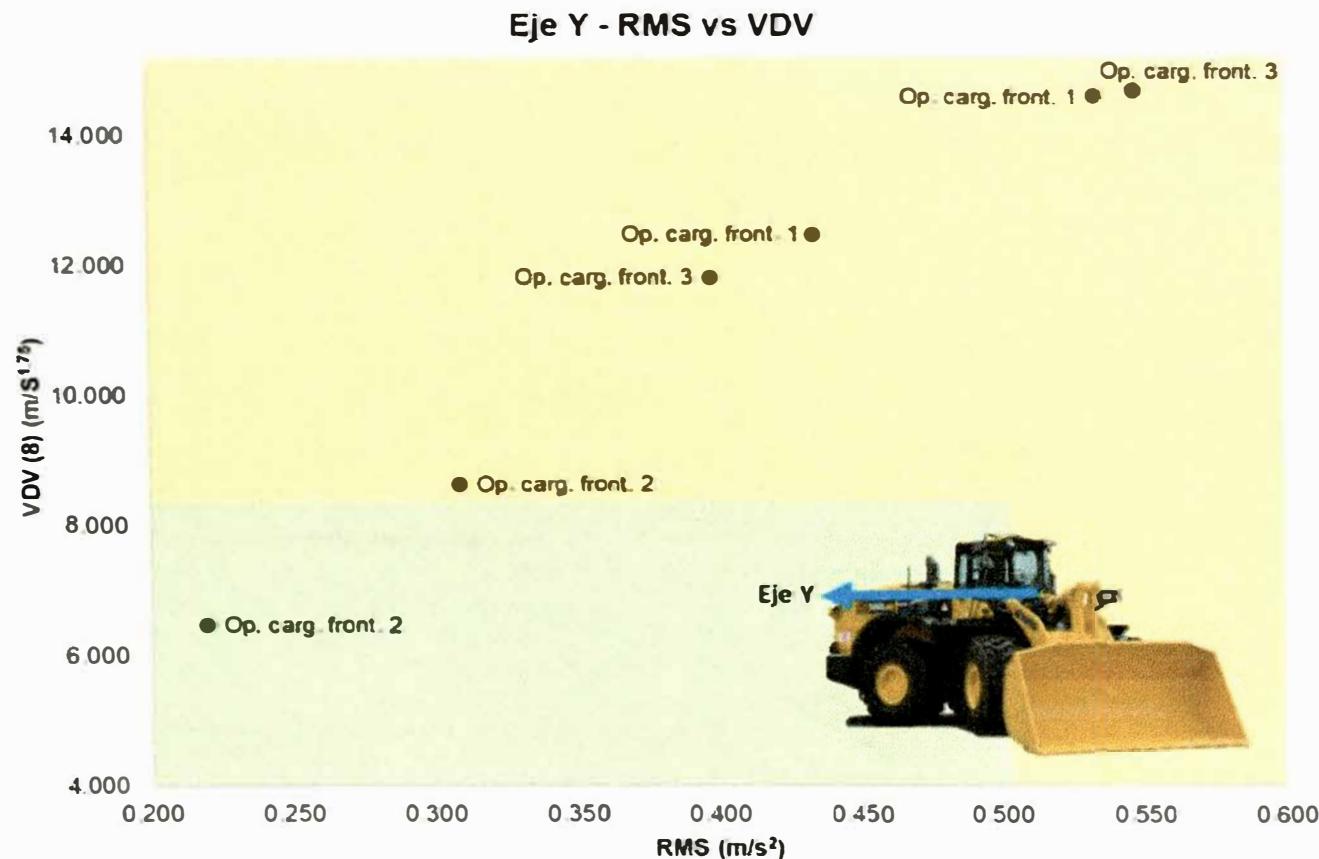
Comparación de RMS y VDV en el eje "X" para el GES OP. CF.



*Nota:* La figura muestra la intersección de resultados de aceleraciones RMS y VDV para el GES OP. CF. por cada eje. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 22.**

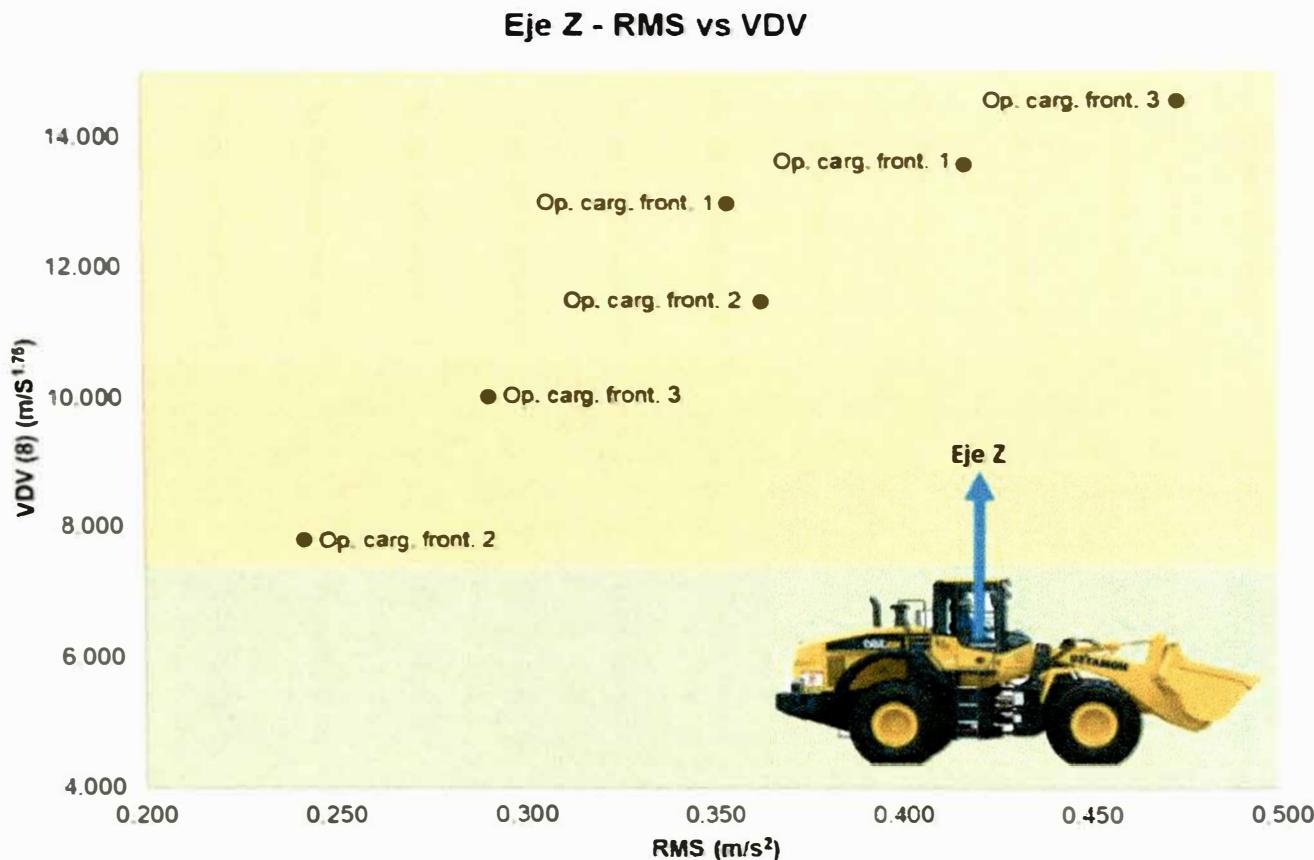
Comparación de RMS y VDV en el eje "Y" para el GES OP. CF.



Nota: La figura muestra la intersección de resultados de aceleraciones RMS y VDV para el GES OP. CF. por cada eje. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 23.**

Comparación de RMS y VDV en el eje "Z" para el GES OP. CF.



Nota: La figura muestra la intersección de resultados de aceleraciones RMS y VDV para el GES OP. CF. por cada eje. Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Comparación de resultados por método de evaluación

#### 4.3.1. Operador de montacargas

**Tabla 25.**

*Comparación de niveles de riesgo para el GES OP. MONT*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Comparación con límites de normativa nacional	Comparación con los TLV-ACGIH versión 2023	Usando el método VDV y comparando con los TLV-ACGIH versión 2023
19/10/2021	Op. de montacargas N°5	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de riesgo alto
20/10/2021	Op. de montacargas N°7	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
21/10/2021	Op. de montacargas N°4	Zona de no acción	Zona de bajo riesgo	Zona de bajo riesgo
26/10/2021	Op. de montacargas N°3	Zona de no acción	Zona de bajo riesgo	Zona de acción
03/11/2021	Op. de montacargas N°7	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
03/11/2021	Op. de montacargas N°5	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
04/11/2021	Op. de montacargas N°7	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
05/11/2021	Op. de montacargas N°8	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de riesgo alto
08/11/2021	Op. de montacargas N°2	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
10/11/2021	Op. de montacargas N°6	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
19/11/2021	Op. de montacargas N°3	Zona de no acción	Zona de bajo riesgo	Zona de acción
13/12/2021	Op. de montacargas N°1	Zona de acción	Zona de acción	Zona de acción

#### 4.3.2. Operador de cargador frontal

**Tabla 26.**

*Comparación de niveles de riesgo para el GES OP. CF*

Fecha del monitoreo	Puesto de trabajo	Comparación con límites de normativa nacional	Comparación con los TLV-ACGIH versión 2023	Usando el método VDV y comparando con los TLV-ACGIH versión 2023
20/10/2021	Op. de cargador frontal 3	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
22/10/2021	Op. de cargador frontal 2	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
3/11/2021	Op. de cargador frontal 2	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción
4/11/2021	Op. de cargador frontal 1	Zona de acción	Zona de acción	Zona de acción
9/11/2021	Op. de cargador frontal 3	Zona de acción	Zona de riesgo alto	Zona de acción
10/11/2021	Op. de cargador frontal 1	Zona de no acción	Zona de acción	Zona de acción

## Conclusiones

De acuerdo con el estudio presentado de la exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero en operadores de montacargas y cargadores frontales, se tienen las siguientes conclusiones:

- El Grupo de Exposición Ocupacional (GES) seleccionado tanto para los operadores de montacargas y cargadores frontales son los adecuados al cumplir con una baja desviación estándar geométrica y la linealidad logarítmica de los resultados en ambos casos, tal como se pueden observar en las figuras 14 y 15, respectivamente.
- Se realizó el análisis estadístico usando el vector resultante de los ejes "X", "Y", "Z" obteniendo el Límite Superior de Confianza (LSC) y comparándolo con el Límite de Exposición Ocupacional (LEO) del TLVs-ACGIH-2023 para los Grupos de Exposición Similar (GES) Operador de montacargas y de cargador frontal, obteniendo lo siguiente:
  - ✓ El nivel de riesgo del GES Operador de montacargas se encuentra en la zona de acción (ver Figura 14) con un LSC de  $0.687 \text{ m/s}^2$  y cuyo LEO es de  $0.866 \text{ m/s}^2$  para una jornada laboral de 8 horas, esto quiere decir que ya se debería de pensar en la implementación de controles para disminuir la exposición hasta una zona de bajo riesgo o inferior.
  - ✓ El nivel de riesgo del GES Operador de cargador frontal se encuentra en la zona de acción (ver Figura 15) con un LSC de  $0.861 \text{ m/s}^2$  que se encuentra muy cercano del LEO de  $0.866 \text{ m/s}^2$  para una jornada laboral de 8 horas, esto quiere decir que ya se debería de pensar en la implementación de controles para disminuir la exposición hasta una zona de bajo riesgo o inferior.

- Se realizó el análisis con el LEO establecido en la Guía 3 del DS 024 2016 EM, resultando en que 11 de las 12 mediciones realizadas para los operadores de montacargas resultan en una zona de no acción y una en la zona de acción. Para los operadores de cargadores frontales, 4 de las 6 mediciones resultan en una zona de no acción y dos en la zona de acción. Si solo analizamos con la normativa peruana se puede subdimensionar el nivel de riesgo, en la conclusión anterior se aprecia que los niveles de riesgos se encuentran en la zona de acción.
- Todos los factores de cresta de los operadores de montacargas y cargadores frontales superan el valor de 9, por lo que se realiza el análisis del Valor de Dosis de Vibración (VDV).
- Al realizar el análisis con el VDV para los operadores de montacargas y cargadores frontales se obtiene lo siguiente:
  - ✓ De las 12 evaluaciones realizadas para los operadores de montacargas 2 resultan en una zona de riesgo alto, 9 en la de acción y 1 en bajo riesgo.
  - ✓ De las 6 evaluaciones realizadas para los operadores de cargador frontal, todas resultan en una zona de acción.

Estos resultados nos indican que ya se deberían de tomar acciones de control para disminuir el riesgo de exposición a las vibraciones de tipo cuerpo entero.
- Uno de los factores que intervinió en la evaluación de los resultados es el mal estado en que se encuentra las vías de tránsito en la planta, si bien es cierto que es asfaltada, sin embargo, tiene fisuras, baches, fisuras parchadas que generan una elevación a nivel del suelo, generando picos en la medición cuando los montacargas y cargadores frontales transitan a través de esta.

- En las gráficas de medición se puede apreciar el tiempo de exposición de los operadores que están entre 5 y 6 horas de las 8 horas de la jornada laboral. Esto influye en el análisis de Valor de Dosis de Vibración ya que se van sumando todos los picos.
- Los montacargas usan llantas sólidas estas generan mayores vibraciones en los tres ejes al transitar por las vías en mal estado de la planta de fundición.
- El asiento de los montacargas tiene suspensión mecánica, la mayoría de estas en mal estado, ocasionando que no amortigüen efectivamente todas las vibraciones
- El asiento de los cargadores frontales tiene suspensión mecánica, la mayoría de estos en buen estado.
- Una de las variables en las evaluaciones de exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero es la dirección en la cual predominan dichas vibraciones. En el montacargas la dirección predominante es en el eje “Z” tal como se puede ver en la tabla 22. Caso contrario ocurre en los cargadores frontales, en este caso la dirección predominante son los ejes “X” y “Y” tal como se puede ver en la tabla 25. El determinar los ejes predominantes ayudara a enfocarse en que controles realizar para cada caso tales como: el tipo de amortiguadores de los asientos que se debe usar, qué partes mecánicas de los equipos deben realizarse mantenimiento, etc.

## Recomendaciones

- Revisar la baja desviación estándar geométrica y la linealidad logarítmica de los resultados de vibraciones en los operadores de montacargas y cargadores frontales con el fin de verificar que se ha seleccionado un GES adecuado.
- Realizar el análisis estadístico usando los vectores resultantes de las aceleraciones de los ejes “X”, “Y” y “Z” y compararlos con los límites establecidos en los TLVs-ACGIH. Esto con el fin de obtener resultados más precisos y conservadores para los operadores de equipos pesados ya que estos se basan en la guía de precaución para la salud de la ISO 2631-1.
- Realizar la comparación de resultados de vibraciones tipo cuerpo entero con el límite establecido en la guía 3 del DS 024 2016 ( $1.15 \text{ m/s}^2$ ), sin embargo, adicionalmente se debe de analizar los factores de cresta de cada medición.
- Revisar los factores de cresta obtenidos en la medición de vibraciones en los operadores de equipo pesado, ya que si estos son mayores a 9 se deberá de realizar adicionalmente el análisis por el método de Valor de Dosis de Vibración (VDV) para no subestimar los efectos de los picos de las aceleraciones.
- Realizar el análisis usando el VDV con el fin de determinar el nivel de riesgo de los operadores de equipos pesados cuando estén expuestos a picos generados por los choques ocasionales al transitar por vías en mal estado.
- Realizar mantenimiento a las vías de tránsito dentro de planta por donde se movilizan los cargadores frontales y montacargas, asegurándose de que quede lo más plano posible sin baches ni fisuras parchadas con elevaciones.
- Revisar las gráficas de medición de los resultados de medición de vibraciones para determinar las horas de exposición y visualizar los picos más elevados.
- Establecer tiempos máximos de exposición a vibraciones de tipo cuerpo entero para los operadores de equipo pesado, según las aceleraciones resultantes obtenidas de la medición y los TLVs de la ACGIH.

- Mantener las llantas sólidas para los montacargas, ya que estas son las recomendadas para las actividades y áreas pertenecientes a una fundición, sin embargo, para evitar picos elevados de vibraciones se debe asegurar el buen estado de las vías de tránsito.
- Realizar el mantenimiento o cambio de los asientos y suspensiones de los montacargas según corresponda.
- Evaluar el cambio de las suspensiones mecánicas de los cargadores frontales por suspensiones neumáticas de acuerdo con las características físico-mecánicas del equipo pesado.
- Verificar el programa de mantenimiento de los montacargas y cargadores frontales para garantizar el adecuado funcionamiento de las piezas mecánicas amortiguadoras y que estas amortigüen las vibraciones en la dirección predominante de cada equipo, montacargas (eje z) y cargador frontal (ejes x e y).

## Referencias bibliográficas

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH]. (2023). *Threshold Limit Values for Chemical Substances an Physical Agents & Biological Exposure Indices*.
- American Industrial Hygiene Association [AIHA]. (2018). Definition of Industrial / Occupational Hygiene. En *Core Competencies For the Practice of Industrial/Occupational Hygiene* (pág. 3).
- Antinori Vasquez, B., & Chilon Uceda, Y. K. (2021). *Estudio de vibraciones de cuerpo entero para prevenir enfermedades ocupacionales en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en minería superficial, Cajamarca 2020*.
- Damiano y Mulhausen. (2015). Introduction. En *A Strategy for Assessing and Managing* (4th edition ed., pág. 7). EE.UU.: 4th edition.
- Griffin, M. J. (2012). Vibraciones. En O. I. Trabajo, *Vibraciones* (págs. 50.2 - 50.8).
- Hernandez, R., & Mendoza, C. (2018). Las tres rutas de la investigación científica. En *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT]. (2009). *Notas Técnicas de Prevención. Exposición a Vibraciones Mecánicas. Evaluación del Riesgo*: <https://www.insst.es/documents/94886/328096/839+web.pdf/eeab2c72-7d28-41f5-879c-eaf9a133270e>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2014). *Aspectos Ergonómicos de las Vibraciones*: <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Aspectos+ergonomicos+de+las+vibraciones.pdf/97befb6a-7ca4-4fee-bf01-58104c1aed1b>
- International Organization for Standardization [ISO 2041]. (2018). *Mechanical vibration, shock and condition monitoring Vocabulary*.

International Organization for Standardization [ISO 8041-1]. (2017). *Human response to vibration - Measuring instrumentation - Part 1: General purpose vibration meters.*

Jordán Hidalgo, E. P., & Carvajal Carvajal, E. J. (2018). *Ánalisis de vibraciones mecánicas de cuerpo completo en los operarios de montacargas y personal de peletizado en Bioalimentar Cía.*

Mansfield, N. J. (2005). *Human response to vibration.* CRC Press.

Mulhausen et al. (2015). Further Information Gathering. En AIHA, *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures, Fourth Edition* (pág. 117).

National Institute for Occupational Safety and Health. (julio de 1997). *Center for Disease Control and Prevention.* <https://stacks.cdc.gov/view/cdc/21745>

Norma Técnica Peruana [NTP-ISO 2631-1]. (2011). *Vibraciones y Choques Mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1: Requisitos generales.*

OIT. (20 de junio de 1977). *C148 Convenio sobre el medio ambiente de trabajo (contaminación del aire, ruido y vibraciones).*  
[https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_ILO\\_CODE:C148](https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C148)

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2016). *Guía N°3 Monitoreo de Vibración.* En *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería DS 024-2016-EM.*

Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2012). *Enciclopedia de Seguridad y Salud en el Trabajo.*  
[https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_ILO\\_CODE:C148](https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C148)

Sáenz Nuñuvero, R. (2012). *Diseño de un modelo de evaluación del riesgo por exposición a vibraciones de cuerpo entero para operadores de equipo pesado en mina de Tajo abierto.*

Sebastian, G. (1999). *Efectos del ambiente físico de trabajo sobre las personas: respuestas psicofisiológicas, subjetivas y de comportamiento.*

Seidel, H., & Griffin, M. (2012). Vibraciones de cuerpo completo. En OIT, *Vibraciones* (págs. 50.3-50.8).

Shrinarayan Prajapati, S., Anup Mishra, R., Jhariya, B., & Arun Deshmukh, A. (2020). *Whole-body Vibration Exposure Experienced by Dumper Operators in Opencast Mining According to ISO 2631-1:1997 and ISO 2631-5:2004: A Case Study.*

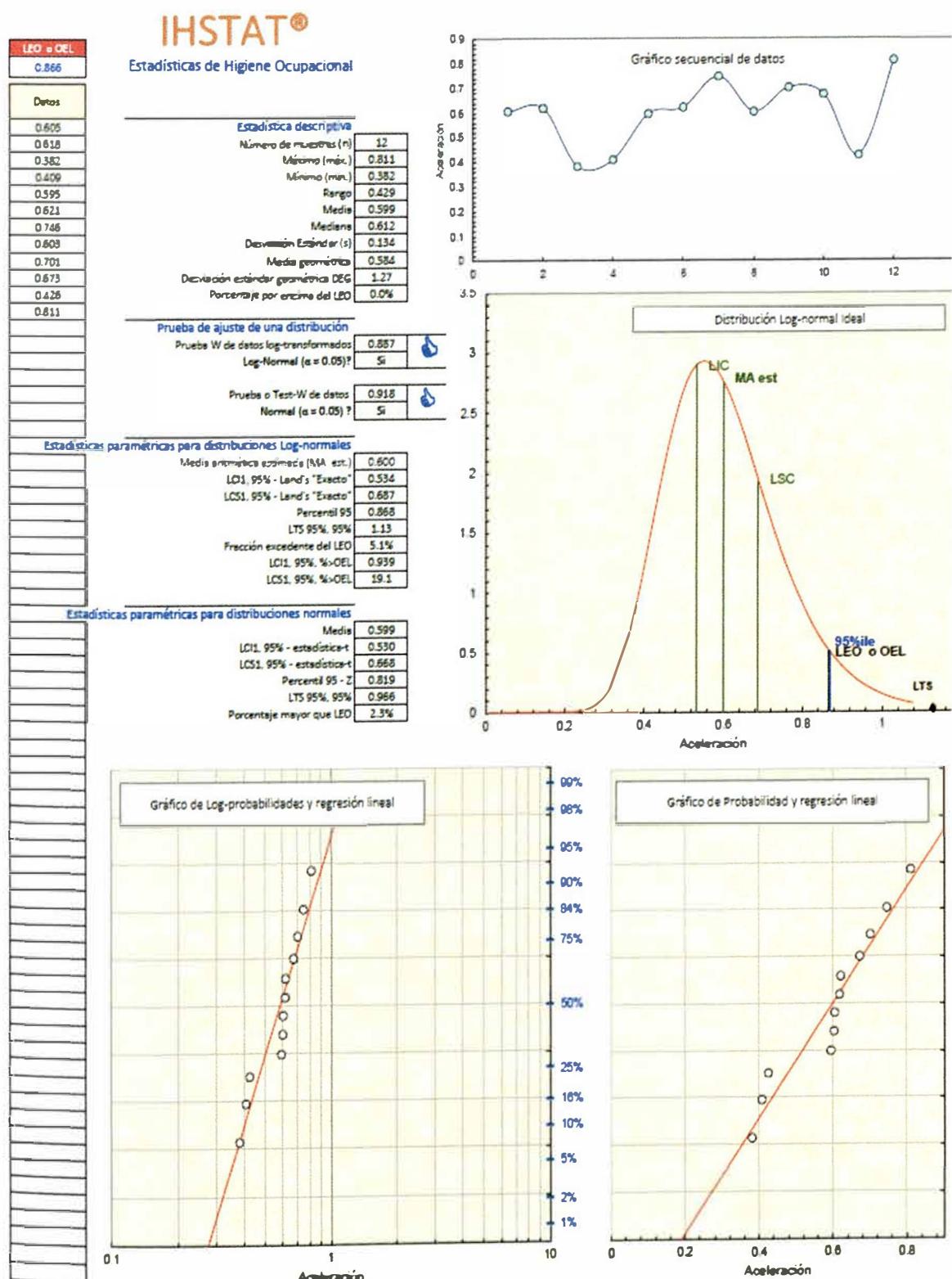
South, T. (2004). *Managing Noise and Vibration at Work*. Elsevier.

Svantek. (4 de Enero de 2024). Svantek. Svantek: <https://svantek.com/es/productos/sv-100a-whole-body-vibration-exposure-mete/>

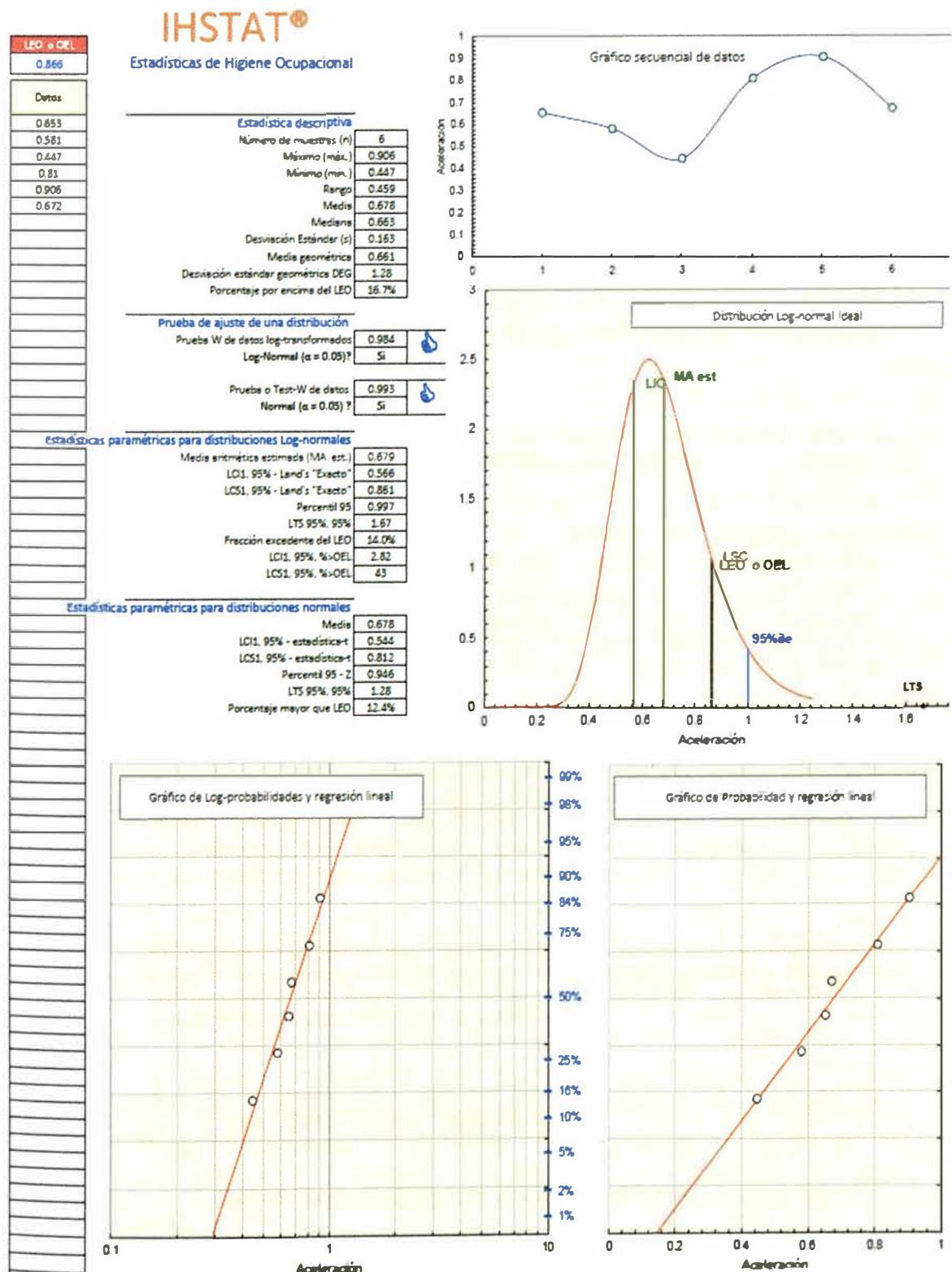
## Anexos

Anexo 1: Resumen estadístico para el GES OP. MONT.....	1
Anexo 2: Resumen estadístico para el GES OP. CF .....	2
Anexo 3: Extractos de la NTP-ISO 2631-1.....	3
Anexo 4: Especificaciones técnicas del vibrómetro usado .....	7
Anexo 5: Vista previa de la ISO 8041-1 .....	8
Anexo 6: Certificado de calibración del vibrómetro SV100A – NS:86690 .....	11
Anexo 7: Certificado de calibración del vibrómetro SV100A – NS:61383 .....	12
Anexo 8: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 5 (19/10/2021).....	14
Anexo 9: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 7 (20/10/2021).....	15
Anexo 10: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 4 (21/10/2021).....	16
Anexo 11: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 3 (26/10/2021) .....	17
Anexo 12: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 7 (03/11/2021) .....	18
Anexo 13: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 5 (03/11/2021) .....	19
Anexo 14: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 7 (04/11/2021) .....	20
Anexo 15: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 8 (05/11/2021) .....	21
Anexo 16: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 2 (08/11/2021) .....	22
Anexo 17: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 6 (10/11/2021) .....	23
Anexo 18: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 3 (19/11/2021) .....	24
Anexo 19: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 1 (13/12/2021) .....	25
Anexo 20: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 3 (20/10/2021)....	26
Anexo 21: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 2 (22/10/2021)....	27
Anexo 22: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 2 (03/11/2021)....	28
Anexo 23: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 1 (04/11/2021)....	29
Anexo 24: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 3 (09/11/2021) ....	30
Anexo 25: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 1 (22/10/2021)....	31

## Anexo 1: Resumen estadístico para el GES OP. MONT.



## Anexo 2: Resumen estadístico para el GES OP. CF



## Anexo 3: Extractos de la NTP-ISO 2631-1

### 5.6 Informe de las condiciones de vibración

Esta parte de la NTP-ISO 2631 ha sido formulada para simplificar y normalizar el informe, la comparación y la evaluación de las condiciones de vibración. El uso adecuado de esta norma debería resultar en una documentación de resultados clara. Esto implica una referencia a los capítulos y anexos apropiados de esta parte de la NTP-ISO 2631 y a una o más de las ponderaciones en frecuencia.

Cuando se empleen métodos alternativos a los descritos en esta parte de la NTP-ISO 2631 es importante que los métodos empleados sean claramente registrados.

Se recomienda a los usuarios de esta parte de la NTP-ISO 2631, a registrar tanto la magnitud como la duración de cualquier exposición a vibraciones que sea evaluada. Si se aplican métodos de evaluación adicionales de acuerdo al apartado 6.3 (por ejemplo, cuando el factor cresta sea mayor que 9) deben registrarse tanto el valor básico como el valor adicional. Si se determina el factor cresta, debería registrarse el periodo de tiempo de su medición.

La especificación de la severidad de las condiciones de vibración complejas a través de uno o unos pocos valores es conveniente y a menudo esencial. Sin embargo, es deseable que llegue a estar disponible más información detallada sobre las condiciones de vibración. Los informes deberían incluir información sobre el índice de frecuencias (es decir, el espectro de vibración), los ejes de vibración, como cambian las condiciones a lo largo del tiempo, y cualquier otro factor que pueda influir sobre el efecto.

**NOTA:** Otros factores pueden afectar también a la respuesta humana a las vibraciones: tipo de población (edad, género, estatura, estado físico, etc.); experiencia, expectativas, excitación y motivación (por ejemplo, dificultad para desarrollar la tarea); postura del cuerpo; actividades (por ejemplo, conductor o pasajero); participación económica.

## 6. EVALUACIÓN DE LA VIBRACIÓN

### 6.1 Método de evaluación básico utilizando el valor eficaz de la aceleración ponderada

La evaluación de la vibración de acuerdo a esta parte de la NTP-ISO 2631 debe incluir siempre mediciones del valor eficaz de la aceleración ponderada (rms), tal como se define en este apartado. El valor rms de la aceleración ponderada se expresa en metros por segundo al cuadrado ( $\text{m/s}^2$ ) para vibración translacional, y en radianes por segundo al cuadrado ( $\text{rad/s}^2$ ) para vibración rotacional. El valor rms de la aceleración ponderada debe calcularse de acuerdo con la siguiente ecuación, o sus equivalentes en el campo de frecuencia.

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

Donde

$a_w(t)$  es la aceleración ponderada (traslacional o rotacional) en función del tiempo, en metros por segundo al cuadrado ( $\text{m/s}^2$ ) o radianes por segundo al cuadrado ( $\text{rad/s}^2$ ) respectivamente;

$t$  es la duración de la medición, en segundos.

Las curvas de ponderación en frecuencia recomendadas y/o utilizadas para las diferentes direcciones y sus aplicaciones son listadas en las tablas 1 y 2 y tratadas en los siguientes apartados y en los anexos B, C y D. Los valores numéricos de las curvas de ponderación se presentan en las tablas 3 y 4 y las definiciones exactas se dan en el anexo A.

## 6.2 Aplicabilidad del método de evaluación básica

### 6.2.1 Definición del factor cresta

Para los fines de esta parte de la NTP-ISO 2631 el factor cresta se define como el módulo de la relación entre el máximo valor de pico instantáneo de la señal de la aceleración ponderada en frecuencia y su valor rms. El valor de pico debe determinarse a lo largo de la duración de la medición (véase 5.5), por ejemplo, el periodo de tiempo T empleado para la integración del valor de rms (véase 6.1).

NOTAS:

1. El factor cresta no indica necesariamente la severidad de la vibración (verse 6.3).
2. La experiencia ha demostrado que el factor de cresta puede aumentar con la duración de la medición de señales fijas, porque es mayor la probabilidad de medir un pico más alto.

## 6.2.2 Aplicabilidad del método de evaluación básica para vibraciones con factores de cresta elevados

El factor de cresta puede usarse para investigar si el método de evaluación básico es adecuado para describir la severidad de la vibración en relación con sus efectos sobre los seres humanos. Para vibraciones con factores de cresta inferiores o iguales a 9, el método de evaluación básica es normalmente suficiente. El apartado 6.3 define métodos aplicables cuando el método de evaluación básica no es suficiente.

**NOTA** Para ciertos tipos de vibraciones, especialmente aquellas que contienen choques esporádicos, el método básico puede subestimar la severidad con respecto al malestar incluso cuando el factor de cresta no es mayor de 9. Por lo tanto, en caso de duda es recomendable usar y registrar también las evaluaciones adicionales para factores cresta inferiores o iguales a 9 de acuerdo con el apartado 6.3. El apartado 6.3.3 indica relaciones entre magnitudes evaluadas mediante los métodos adicionales y el método básico, por encima de las cuales se recomienda usar uno de los métodos adicionales, como una base adicional para el juicio de la influencia sobre los seres humanos.

## 6.3 Evaluación adicional de vibraciones cuando el método de evaluación básico no es suficiente

En los casos donde el método de evaluación básico pueda subestimar los efectos de las vibraciones (factores cresta elevados, choques esporádicos, vibraciones transitorias), debería determinarse también una de las medidas alternativas descritas a continuación - el valor eficaz móvil de la aceleración ponderada o el valor de dosis de vibración a la cuarta potencia.

Además, cuando la vibración contiene múltiples choques y la preocupación es la salud de la columna lumbar, puede ser considerado el método de evaluación descrito en la norma ISO 2631-5.

Se recomienda usar  $\tau = 1s$  en la medición de MTVV (correspondiendo a una constante de tiempo de integración, "lenta", en sonómetros).

### 6.3.2 Método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia

El método del valor de dosis de vibración a la cuarta potencia es más sensible a los picos que el método de evaluación básico ya que usa como base para el promedio la cuarta potencia en lugar de la segunda potencia del histórico del tiempo de la aceleración. El valor de dosis de vibración a la cuarta potencia (VDV) en metros por segundo elevado a la potencia 1.75 ( $m/s^{1.75}$ ), o en radianes por segundo elevado a la potencia 1.75 ( $rad/s^{1.75}$ ), se define como:

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_v(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}} \quad (5)$$

Donde

$a_v(t)$  es la aceleración instantánea ponderada en frecuencia;  
 $t$  es la duración de la medición (véase 6.1).

NOTA: Cuando la exposición a vibraciones consta de dos o más períodos, *i.* de diferentes magnitudes, el valor de dosis de vibración para la exposición total debería calcularse como la raíz cuarta de la suma de los valores de dosis de vibración individuales elevados a la cuarta potencia:

$$VDV_{total} = \left( \sum_i VDV_i^4 \right)^{\frac{1}{4}} \quad (6)$$

### 6.3.3 Relaciones usadas para la comparación de los métodos de evaluación básico y adicional

Se ha demostrado que el uso de los métodos de evaluación adicionales es importante para el juicio de los efectos de la vibración de los seres humanos cuando las proporciones aproximadas siguientes son excedidos (dependiendo del método que más se utiliza) para evaluar la salud o el bienestar:

## Anexo 4: Especificaciones técnicas del vibrómetro usado

### SV 100A Technical Specification

Application	Whole-body
Standards	ISO 8041-2005, ISO 2631-1 1997
Meter Mode	aw (RMS), awmax (RMS MAX), VDV, MaxVDV, aww (VECTOR), A(B) Daily Exposure, A(B) Daily Exposure, ELV Time (TIME LEFT TO LIMIT), ELV Time (TIME LEFT TO LIMIT), EAV Time (TIME LEFT TO ACTION), EAV Time (TIME LEFT TO ACTION), MTVV, Max, Peak, Peak-Peak
Filters	Wd, Wk, Wm, Wb (ISO 2631) and corresponding Band Limiting filters Wi for motion sickness filter measurements according to ISO 2631-1 (option)
RMS & RMO Detectors	Digital true RMS & RMO detectors with Peak detection, resolution 0.1 dB
Measurement Range	0.01 ms <sup>-2</sup> RMS + 157 ms <sup>-2</sup> PEAK
Frequency Range	0.1 Hz + 180 Hz
Data Logger	Time-history data including meter mode results and spectra
Time-Domain Recording	Simultaneous 3-channel time-domain signal recording (option)
Analyser	1/1 octave real-time analysis (option) 1/3 octave real-time analysis (option)
Accelerometer	Built-in tri-axial MEMS based
Display	OLED 128 x 32 pixels
Memory	8 GB
Interfaces	USB 2.0 Client, Bluetooth
Keyboard	4 push buttons
Power Supply	NI-MH rechargeable cells operation time > 24 hours! USB interface 500 mA HUB
Environmental Conditions	Temperature from -10 °C to 50 °C Humidity up to 90 % RH, non-condensed
Dimensions	Ø 235 mm x 12 mm
Weight	0.5 kg

<sup>1</sup>dependent on instrument operation configuration

The policy of our company is to continually innovate and develop our products, therefore, we reserve the right to change the specifications without prior notice

**Proudly distributed by**

**SVANTEK Sp. z o.o.**  
ul. Strzegowska 81, 04-872 WARSAW, POLAND  
phone/fax (+48) 22 51 88 320, (+48) 22 51 88 312  
<http://www.svantek.com> e-mail: [office@svantek.com.pl](mailto:office@svantek.com.pl)

## Anexo 5: Vista previa de la ISO 8041-1

FINAL  
DRAFT

INTERNATIONAL  
STANDARD

ISO/FDIS  
8041

ISO/TC 108/SC 3

Secretariat: DS

Voting begins on:  
2004-11-18

Voting terminates on:  
2005-01-18

### Human response to vibration — Measuring instrumentation

*Réponse des individus aux vibrations — Appareillage de mesure*

Please see the administrative notes on page iii

RECIPIENTS OF THIS DRAFT ARE INVITED TO  
SUBMIT, WITH THEIR COMMENTS, NOTIFICATION  
OF ANY RELEVANT PATENT RIGHTS OF WHICH  
THEY ARE AWARE AND TO PROVIDE SUPPORTING  
DOCUMENTATION.

IN ADDITION TO THEIR EVALUATION AS  
BEING ACCEPTABLE FOR INDUSTRIAL, TECHNO-  
LOGICAL, COMMERCIAL AND USER PURPOSES,  
DRAFT INTERNATIONAL STANDARDS MAY, ON  
OCCASION, HAVE TO BE CONSIDERED IN THE  
LIGHT OF THEIR POTENTIAL TO BECOME STAN-  
DARDS TO WHICH REFERENCE MAY BE MADE IN  
NATIONAL REGULATIONS.

Reference number  
ISO/FDIS 8041:2004(E)



© ISO 2004

## Contents

Page

<b>Foreword</b> .....	.vi
<b>1 Scope</b> .....	1
<b>2 Normative references</b> .....	1
<b>3 Terms, definitions and symbols</b> .....	2
<b>3.1 Terms and definitions</b> .....	2
<b>3.2 Symbols</b> .....	5
<b>4 Reference environmental conditions</b> .....	7
<b>5 Performance specifications</b> .....	7
<b>5.1 General characteristics</b> .....	7
<b>5.2 Display of signal magnitude</b> .....	9
<b>5.3 Electrical output</b> .....	10
<b>5.4 Vibration sensitivity</b> .....	10
<b>5.5 Accuracy of indication at reference frequency under reference conditions</b> .....	10
<b>5.6 Frequency weightings and frequency responses</b> .....	11
<b>5.7 Amplitude linearity</b> .....	14
<b>5.8 Instrument noise</b> .....	14
<b>5.9 Signal-burst response</b> .....	14
<b>5.10 Overload indication</b> .....	17
<b>5.11 Under-range indication</b> .....	18
<b>5.12 Time averaging</b> .....	18
<b>5.13 Running r.m.s. acceleration</b> .....	18
<b>5.14 Reset</b> .....	18
<b>5.15 Timing facilities</b> .....	19
<b>5.16 Electrical cross-talk</b> .....	19
<b>5.17 Vibration transducer characteristics</b> .....	19
<b>5.18 Power supply</b> .....	19
<b>6 Mounting</b> .....	19
<b>7 Environmental and electromagnetic criteria</b> .....	20
<b>7.1 General</b> .....	20
<b>7.2 Air temperature</b> .....	20
<b>7.3 Surface temperature</b> .....	20
<b>7.4 Electrostatic discharge</b> .....	20
<b>7.5 Radio-frequency emissions and public-power-supply disturbances</b> .....	21
<b>7.6 Immunity to a.c. power-frequency fields and radio-frequency fields</b> .....	21
<b>7.7 Ingress of water and dust</b> .....	22
<b>8 Provision for use with auxiliary devices</b> .....	22
<b>9 Instrument marking</b> .....	22
<b>10 Instrument documentation</b> .....	23
<b>11 Testing and calibration</b> .....	23
<b>12 Pattern evaluation</b> .....	24
<b>12.1 Introduction</b> .....	24
<b>12.2 Testing requirements</b> .....	25
<b>12.3 Submission for testing</b> .....	25
<b>12.4 Marking of the vibration meter and information in the instrument documentation</b> .....	25
<b>12.5 Mandatory facilities and general requirements</b> .....	26
<b>12.6 Initial instrument preparation</b> .....	26

12.7	Indication at the reference frequency under reference conditions .....	26
12.8	Electrical cross-talk .....	27
12.9	Vibration transducer .....	27
12.10	Amplitude linearity and under-range indication .....	27
12.11	Frequency weightings and frequency responses .....	29
12.12	Instrument noise .....	32
12.13	Signal-burst response .....	32
12.14	Overload indication .....	32
12.15	Reset .....	33
12.16	Combined axis outputs .....	33
12.17	A.c. electrical output .....	33
12.18	Timing facilities .....	33
12.19	Power supply .....	34
12.20	Environmental, electrostatic and radio-frequency tests .....	34
12.21	Test report .....	38
13	Verification tests .....	38
13.1	Introduction .....	38
13.2	Testing requirements .....	38
13.3	Submission for a test .....	39
13.4	Marking of the vibration meter and information in the instrument documentation .....	39
13.5	Mandatory facilities and general requirements .....	39
13.6	Initial instrument preparation .....	39
13.7	Indication at the reference frequency under reference conditions .....	39
13.8	Electrical cross-talk .....	40
13.9	Amplitude linearity and under-range indication .....	40
13.10	Frequency weightings and frequency responses .....	41
13.11	Instrument noise .....	43
13.12	Signal-burst response .....	43
13.13	Overload indication .....	43
13.14	Reset .....	44
13.15	Combined axis outputs .....	44
13.16	Test report .....	44
14	<i>In-situ</i> checks .....	44
14.1	Introduction .....	44
14.2	Preliminary inspection .....	45
14.3	Vibration sensitivity (field calibration) .....	45
	Annex A (normative) Specification for vibration field calibrator .....	46
	Annex B (informative) Frequency weightings .....	48
	Annex C (informative) Realization of frequency weighting filters .....	67
	Annex D (informative) Running r.m.s. time averaging .....	71
	Annex E (informative) Vibration transducer characteristics .....	73
	Annex F (informative) Tests for mounting systems .....	75
	Annex G (normative) Instrument documentation .....	78
	Annex H (normative) Phase-response requirements for measurement of non-r.m.s. quantities .....	83
	Bibliography .....	90

# Anexo 6: Certificado de calibración del vibrómetro SV100A –

## NS:86690



ISO9001 certified

### FACTORY CALIBRATION DATA OF THE SV100A No. 86690

#### 1. CALIBRATION

Input signal: 120dB, Frequency: 15.915Hz

Filter	Wb	Wd	Wk	Wm
Channel 1 (X)	102.02	0.06	0.04	110.84
Channel 2 (Y)	102.01	0.06	0.04	110.51
Channel 3 (Z)	118.33	0.06	0.07	110.61

#### 2. LINEARITY TEST

Filter: Wm, Frequency: 14.3015Hz

	Nominal result RMS [dB]	85,0	90,0	95,0	100,0	110,0	120,0	125,0	130,0
Channel 1 (X)	Error [dB]	-0.41	-0.30	-0.33	-0.19	-0.08	-0.04	-0.01	-0.05
Channel 2 (Y)	Error [dB]	-0.40	-0.36	-0.32	-0.26	-0.07	-0.00	0.00	0.01
Channel 3 (Z)	Error [dB]	-0.43	-0.39	-0.46	-0.20	-0.10	0.01	0.04	0.06

#### 3. FREQUENCY RESPONSE

Filter: Wm, Input signal: 120dB

	Frequency [Hz]	4	8	16	31,5	63	125
Channel 1 (X)	Gain [dB]	-2.16	-4.83	-9.42	-15.03	-21.66	-32.30
Channel 1 (X)	Error [dB]	-0.42	-0.34	-0.12	0.06	-0.06	-0.07
Channel 2 (Y)	Gain [dB]	-2.17	-4.86	-9.42	-15.04	-21.70	-32.32
Channel 2 (Y)	Error [dB]	-0.43	-0.36	-0.02	0.04	-0.12	-0.06
Channel 3 (Z)	Gain [dB]	-2.04	-4.66	-9.12	-14.98	-21.2%	-32.15
Channel 3 (Z)	Error [dB]	-0.30	-0.34	-0.12	0.11	-0.11	-0.02

#### 4. INTERNAL NOISE

Filter	Wb	Wd	Wk	Wm
Channel 1 (X)	62.40	—	—	60.40
Channel 2 (Y)	64.00	—	—	64.00
Channel 3 (Z)	66.80	—	62.40	66.10

ENVIRONMENTAL CONDITIONS		
Temperature	Relative humidity	Ambient pressure
26 °C	41 %	997 hPa

TEST EQUIPMENT				
Item	Manufacturer	Model	Serial no.	Description
1	SVANTEK	SVAN-401	84	Signal generator
2	SVANTEK	SVAN-912A	150000	Sound & Vibration Analyzer
3	RICOLE	DM3008	DM30155100773	Digital multimeter
4	VEB R&T	11075	81025	Shaker
5	DYTRAN	3233A	747	Reference accelerometer

#### CONFORMITY & TEST DECLARATION

1. Herewith Svanteck company declares that this instrument has been calibrated and tested in compliance with the internal (SVANTEK) procedures and meets all specification given in the Manuals or respectively surpass them.

2. Traceability of the calibration is guaranteed by the above mentioned ISO9001 procedures.

3. The information appearing on this sheet has been compiled specifically for this instrument. This form is produced with advanced equipment & procedures which permit comprehensive quality assurance verification of all data supplied herein.

4. This calibration sheet shall not be reproduced except in full, without written permission of the SVANTEK Ltd.

Calibration specialist: Krzysztof Kubel

Test date: 2021-07-01

## Anexo 7: Certificado de calibración del vibrómetro SV100A –

NS:61383



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CALIBRATION CERTIFICATE

CC-IN-1948-21

Fecha de emisión: 2021-10-04  
Issue date

1.- SOLICITANTE: C&D HIGIENISTAS OCUPACIONALES E.I.R.L.  
Applicant  
Dirección: AV. JAVIER PRADO ESTE 5920 OFICINA 301 LA MOLINA LIMA  
Address

2.- INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: VIBRÓMETRO  
Measuring Instrument

Marca: SVANTEK	Serie: 61383	Escala: 0,01 m/s <sup>2</sup>
Brand: SVANTEK	Serial: 61383	Scale: 0,01 m/s <sup>2</sup>
Modelo: 100A	Alcance: 0.01 m/s <sup>2</sup> RMS + 157 m/s <sup>2</sup>	Procedencia: POLONIA
Model: Scope	Scope	Made in

#### 3.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Date and Place of Calibration  
El equipo fue recepcionado el dia 2021-10-01 y calibrado el 2021-10-04 en el Laboratorio de Otras magnitudes del Instituto Peruano de Metrología e Innovación.  
The equipment was received on 2021-10-01 and calibrated the 2021-10-04 in the time and frequency laboratory of the Instituto Peruano de Metrología e Innovación.

#### 4.- MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibration method  
Método de comparación directa según el AC 001 "Procedimiento de Calibración de acelerómetros" del Centro Español de Metrología  
Direct comparison method according to AC-001 "Calibration Procedure of accelerometers" Spanish Centre of Metrology

#### 5.- INSTRUMENTOS / EQUIPOS DE MEDICIÓN Y TRAZABILIDAD

Instruments / Measuring equipment and traceability

INSTRUMENTO / INSTRUMENT	MARCA / MARK	SERIE/CÓDIGO / SERIES/CODE	CERTIFICADO / CERTIFICATE
CALIBRADOR DE VIBRÓMETRO	SVANTEK	NU INDULCA	7/023
CALIBRADOR DE PROCESOS	FLUKE	IN EQ 3000	CEU 13/1 2021
GENERADOR DE FORMAS DE ONDAS	SINGLT	SDG08082150666	LTF-C 059 2021

#### 6.- RESULTADOS

##### Results

Los resultados se muestran en la página 02 del presente documento

The results are shown on page 02 of this document

La incertidumbre de la medida ha sido determinada usando un factor de cobertura k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%

The uncertainty of measurement it has been determined using a coverage factor k = 2 for a confidence level of approximately 95%

#### 7.- CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

##### Calibrations conditions

	Temperatura Ambiente Environment temperature	Humedad Relativa Relative humidity	Presión Atmosférica Atmospheric pressure
INICIAL	Initial	19.2 °C	73 %
FINAL	Final	19.3 °C	72 %

#### 8.- OBSERVACIONES

##### Observations

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.

The results are the average of 10 measurements.

Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.

Place a label indicating calibration date and certificate number.

La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

The frequency of calibration depends on the use, care and maintenance of the measuring instrument.

Jr. German Amezaga N°242 Int. 101,  
Zona B – San Juan de Miraflores, Lima – Perú  
Celular: 949 850 783 / 933 990 149  
Fijo: 01 758 4040 / 01 765 6228

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario calibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

El Instituto Peruano de Metrología e Innovación no se responsabiliza de los perjuicios que pueda causar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Así mismo cumplimos con los requisitos de la NTP ISO/IEC 17025:2017 y/o sus equivalencias internacionales.

The results are only valid certificate for the calibration object and refer to the time and conditions under which the measurements were made and should not be used as a certificate of conformity with product standards.

Users are advised to calibrate the instrument at appropriate intervals, which should be chosen based on the characteristics of the work performed, the maintenance, conservation and use of instrument time.

Instituto Peruano de Metrología e Innovación no se responsabiliza por daños que may result from improper use of this instrument or of an incorrect interpretation of calibration results reported here.

This calibration certificate traceable to national or international standards, which made the units according to the International System of Units (SI).

Likewise, we comply with the requirements of the NTP ISO / IEC 17025: 2017 and / or its international equivalents.



Arturo Elías Linares Martínez

METROLOGO

Instituto Peruano de Metrología e Innovación

Lorenzo Villanueva Linares

JEFÉ DE LABORATORIO DE METROLOGÍA

Instituto Peruano de Metrología e Innovación

e-mail: innova\_gerencia@hotmail.com  
gerencia@innovalaboratorio.org  
comercial@innovalaboratorio.org  
web: www.innopalaboratorio.org

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
CALIBRATION CERTIFICATE  
CC-IN-1948-21

Fecha de emisión: 2021-10-04  
Issue date

9.1 RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN  
CALIBRATION RESULTS

9.1.1 CALIBRACIÓN DEL SENSOR CUERPO ENTERO O PLATO  
CALIBRATION OF THE WHOLE BODY OR PLATE SENSOR

Eje de coordenadas Coordinate axis	Valor encontrado Found Value	Valor nominal Nominal Value	Desviación Deviation	Incertidumbre Uncertainty
	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )
X	1.0400	1.0000	-0.0400	0.02
Y	0.9730	1.0000	0.0270	0.02
Z	1.0200	1.0000	-0.0200	0.02
X	5.0300	5.0000	0.0300	0.01
Y	4.9870	5.0000	0.0130	0.01
Z	5.0210	5.0000	0.0210	0.01
X	10.1714	10.0000	0.1714	0.07
Y	10.1714	10.0000	0.1714	0.06
Z	9.9457	10.0000	0.0543	0.05



9.2 CALIBRACIÓN ELÉCTRICA -PRUEBA DE SENSIBILIDAD  
ELECTRICAL CALIBRATION - SENSITIVITY TEST

Frecuencia Frequency	Sensibilidad Sensitivity	Desviación Deviation
(Hz)	(pC/m <sup>2</sup> )	(%)
40.0	1.200	1.8
80.0	1.220	1.0
160.0	1.230	0.1
320.0	1.220	-1.3
1250.0	1.210	-1.8

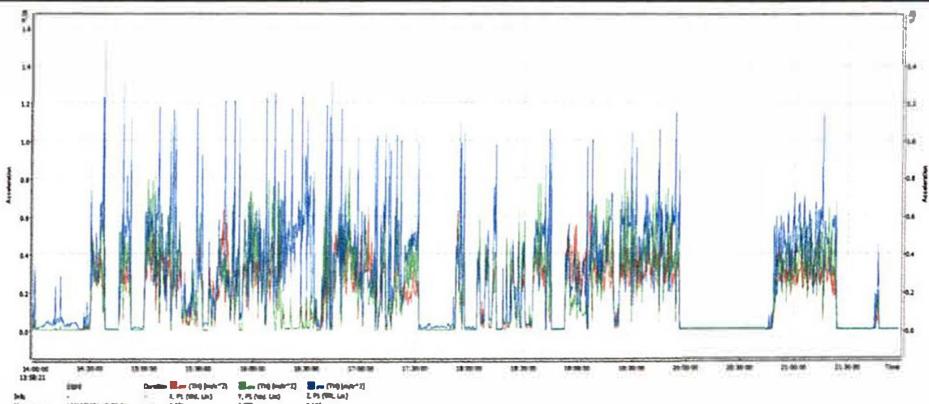


(FIN DEL DOCUMENTO)  
(END OF DOCUMENT)

Jr. German Amezaga N°242 Int. 101,  
Zona B - San Juan de Miraflores, Lima - Perú  
Celular: 949 850 783 / 933 990 149  
Fijo: 01 758 4040 / 01 765 6228

e-mail: innova\_gerencia@hotmail.com  
gerencia@innovalaboratorio.org  
comercial@innovalaboratorio.org  
web: www.innopalaboratorio.org

**Anexo 8: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 5**  
**(19/10/2021)**

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°5	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 19/10/2021	
Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°5	
Horario de trabajo: 14:00 - 22:00 / 8 horas	
Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica	
Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690	
Sensor: ---	
<b>Registro Fotográfico</b>	
	
<b>Gráfica de la medición</b>	
	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L230	Traslado de pallets desde disco pelletizado hasta almacén de pellets.
Hora de inicio: 14:00	
Hora final: 22:00	
Tiempo de monitoreo: 08:00	<b>Vías de tránsito</b>
% Jornada laboral: 100%	Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

## Anexo 9: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 7

(20/10/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°7	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 20/10/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°7 Horario de trabajo: 14:00 - 22:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L233 Hora de inicio: 14:42 Hora final: 21:41 Tiempo de monitoreo: 06:59 % Jornada laboral: 87%	* Transporte de productos (Escoria y metales) * Apoyo en el picado del horno rotatorio. <b>Vías de tránsito</b> Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

## Anexo 10: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 4

(21/10/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°4	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 21/10/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°4 Horario de trabajo: 14:00 - 22:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L235 Hora de inicio: 14:07 Hora final: 21:50 Tiempo de monitoreo: 07:43  % Jornada laboral: 96%	* Traslado de Big Bag desde almacén hasta cancha de vaciados.  <b>Vías de tránsito</b>  Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

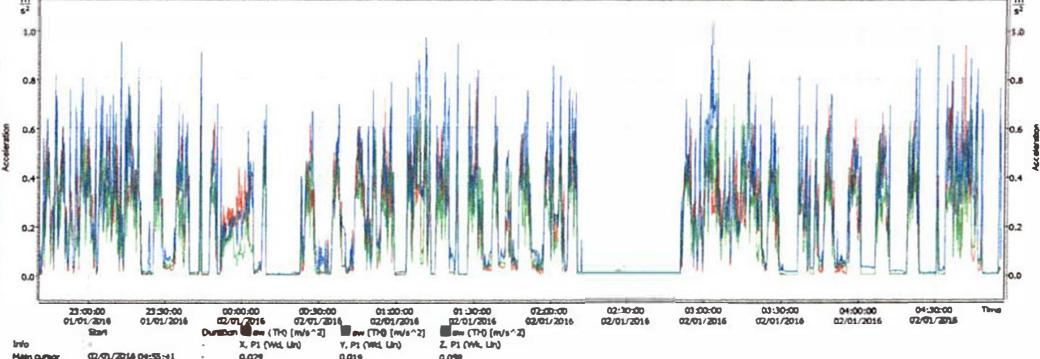
## Anexo 11: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 3

(26/10/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°3	
<b>Datos Generales</b> Fecha de monitoreo: 26/10/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b> Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°3 Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b> Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b> Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b> 	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b> Archivo: L238 Hora de inicio: 06:31 Hora final: 14:30 Tiempo de monitoreo: 07:59 % Jornada laboral: 100%	<b>Descripción de actividades</b> *Traslado de polvo fino (proveniente del baghouse) hacia almacén temporal. <b>Vías de tránsito</b> Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

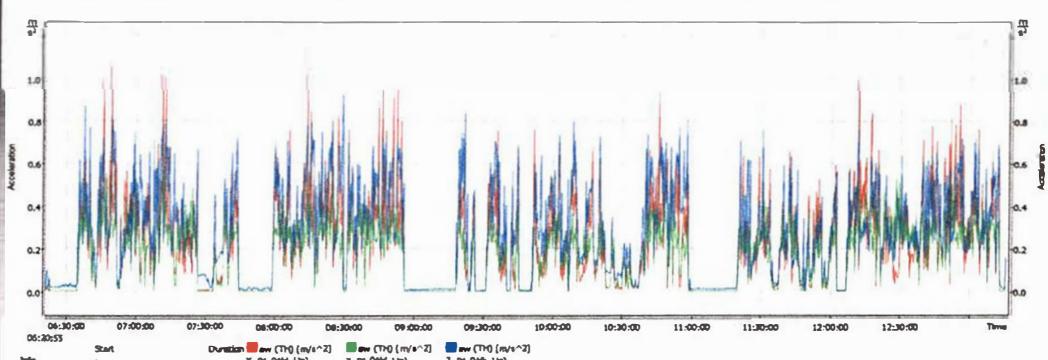
## Anexo 12: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 7

(03/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°7	
Datos Generales	Registro Fotográfico
Fecha de monitoreo: 3/11/2021	
Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°7	
Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas	
Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica	
Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383	
Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L331	Pesado y traslado de lingotes de estaño.
Hora de inicio: 07:45	
Hora final: 13:59	
Tiempo de monitoreo: 06:14	
% Jornada laboral: 78%	<b>Vías de tránsito</b>
	Vias: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

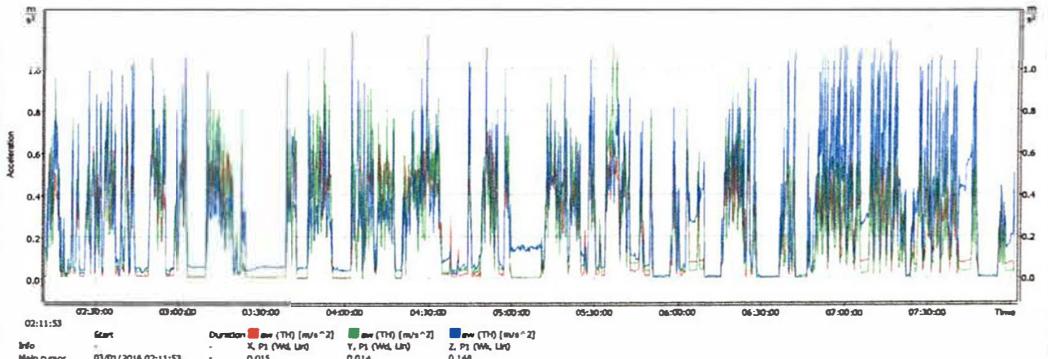
## Anexo 13: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 5

(03/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°5	
<b>Datos Generales</b>	<b>Registro Fotográfico</b>
Fecha de monitoreo: 3/11/2021	
Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°5	
Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas	
Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica	
Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690	
Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
 <p>Start: 06:20:53 Duration: 0.000 s (m/s^2) X_Ps (m/s^2) 0.000 Y_Ps (m/s^2) 0.000 Z_Ps (m/s^2) 0.015</p> <p>Info: 03/11/2021 06:20:53</p>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L241	Traslado de pellets desde disco pelletizado hasta almacén de pellets.
Hora de inicio: 06:20	
Hora final: 13:15	
Tiempo de monitoreo: 06:55	
% Jornada laboral: 86%	
<b>Vías de tránsito</b>	
Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No	

## Anexo 14: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 7

(04/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°7	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 4/11/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°7 Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L333 Hora de inicio: 10:00 Hora final: 15:49 Tiempo de monitoreo: 05:49  % Jornada laboral: 73%	Traslado de Dross de horno rotatorio.
	<b>Vías de tránsito</b>
	Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

## Anexo 15: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 8

(05/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°8	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 5/11/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°8 Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L244 Hora de inicio: 08:10 Hora final: 13:44 Tiempo de monitoreo: 05:34  % Jornada laboral: 70%	Traslado de escoria al almacén de material recirculante.
	<b>Vías de tránsito</b>
	Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

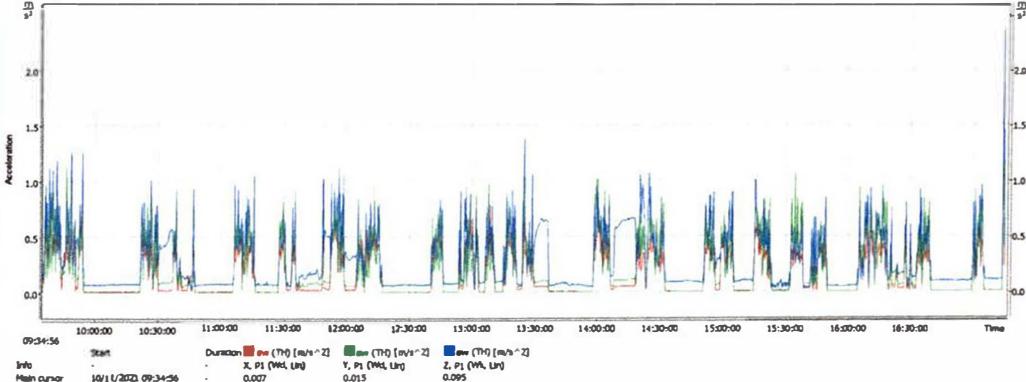
## Anexo 16: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 2

(08/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°2	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 8/11/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°2 Horario de trabajo: 14:00 - 22:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L334 Hora de inicio: 14:29 Hora final: 21:15 Tiempo de monitoreo: 06:46  % Jornada laboral: 85%	*Traslado de polvo fino (proveniente del baghouse) hacia almacén temporal. <b>Vías de tránsito</b> Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

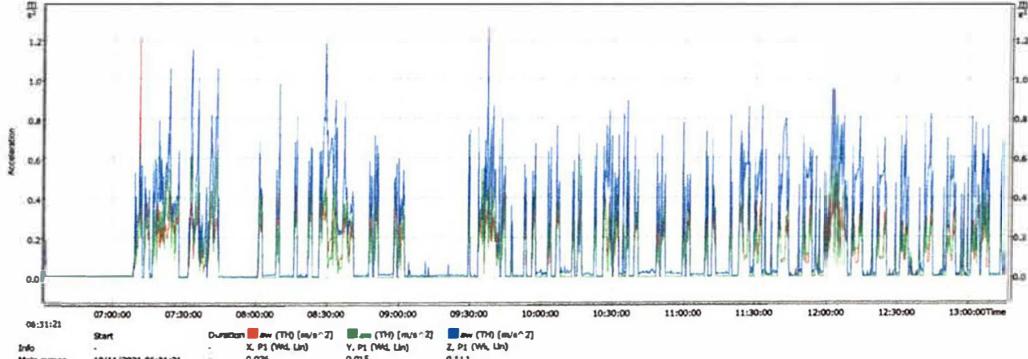
## Anexo 17: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 6

(10/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°6	
<b>Datos Generales</b>	<b>Registro Fotográfico</b>
Fecha de monitoreo: 10/11/2021	
Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°6 Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
 <p>Acceleration <math>\frac{m}{s^2}</math></p> <p>Time</p> <p>Start Duration <math>\text{m/s}^2</math> <math>\text{m/s}^2</math> <math>\text{m/s}^2</math></p> <p>Info <math>\text{m/s}^2</math> <math>\text{m/s}^2</math> <math>\text{m/s}^2</math></p> <p>Main cursor 10/11/2021 09:34:56 0.027 0.015 0.095</p>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L247	Traslado de tachos con polvo de fundición hacia almacén temporal para peletización.
Hora de inicio: 09:34	
Hora final: 17:14	
Tiempo de monitoreo: 07:39	
% Jornada laboral: 96%	Vías de tránsito Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

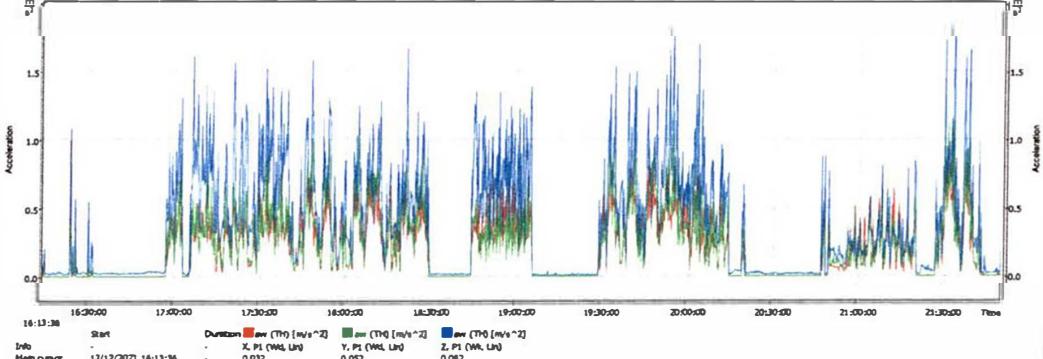
## Anexo 18: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 3

(19/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°3	
<b>Datos Generales</b> Fecha de monitoreo: 19/11/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b> Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°3 Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b> Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b> Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b> 	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b> Archivo: L339 Hora de inicio: 06:31 Hora final: 13:15 Tiempo de monitoreo: 06:44 % Jornada laboral: 84%	<b>Descripción de actividades</b> Traslado de escoria al almacén de material recirculante. <b>Vías de tránsito</b> Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

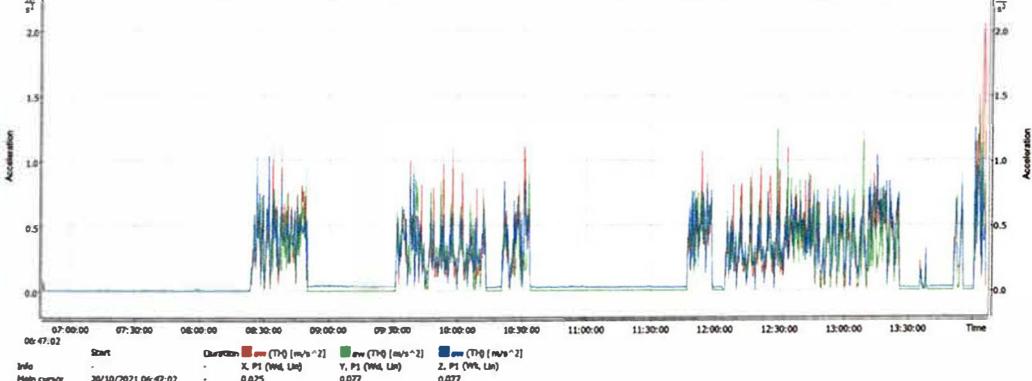
## Anexo 19: Ficha de resultados del Op. de Montacargas 1

(13/12/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE MONTACARGAS N°1	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 13/12/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de montacargas N°1 Horario de trabajo: 14:00 - 22:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
 <p>Graph showing Acceleration (m/s<sup>2</sup>) vs Time (16:13:38 to 21:30:00) for three axes (X, Y, Z). The graph shows high-frequency oscillations with peaks reaching up to 1.5 m/s<sup>2</sup>.</p> <p>Start: 16:13:38  Duration: 0.032 [m/s<sup>2</sup>]  X_Pt (m/s<sup>2</sup>): 0.032  Y_Pt (m/s<sup>2</sup>): 0.032  Z_Pt (m/s<sup>2</sup>): 0.082</p>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L350 Hora de inicio: 16:13 Hora final: 21:49 Tiempo de monitoreo: 05:36  % Jornada laboral: 70%	Pesado y traslado de lingotes de estaño.  <b>Vías de tránsito</b>  Vías: Asfaltada con fisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

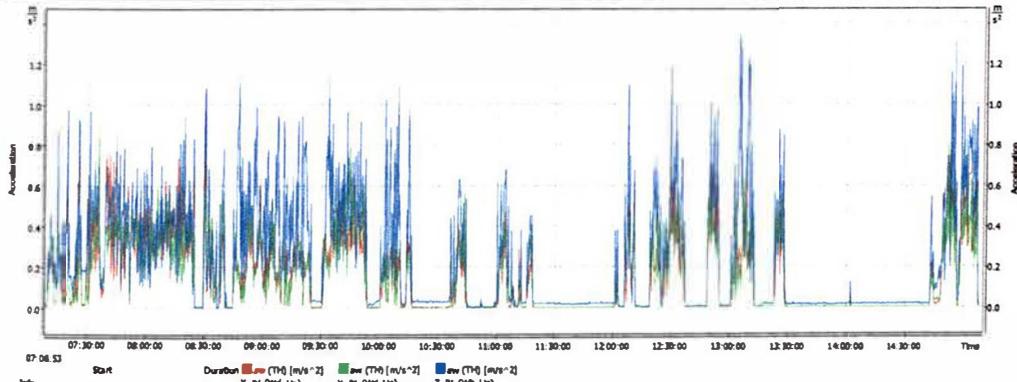
## Anexo 20: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 3

(20/10/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE CARGADOR FRONTAL 3	
<b>Datos Generales</b> Fecha de monitoreo: 20/10/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b> Puesto de trabajo: Op. de cargador frontal 3 Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b> Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b> Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690 Sensor: ---	
<b>Gráfica de la medición</b> 	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b> Archivo: L231 Hora de inicio: 06:40 Hora final: 14:05 Tiempo de monitoreo: 07:25 % Jornada laboral: 93%	<b>Descripción de actividades</b> Alimentación de tolvas (carga de concreto) <b>Vías de tránsito</b> Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

## Anexo 21: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 2

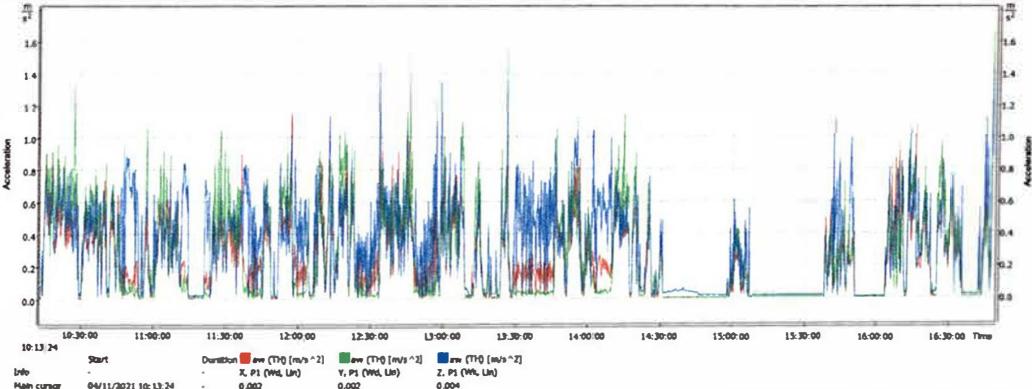
(22/10/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE CARGADOR FRONTAL 2																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Datos Generales</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fecha de monitoreo:</td> <td>22/10/2021</td> </tr> <tr> <td>Área de trabajo:</td> <td>Pelletizado</td> </tr> <tr> <td>Nombre del monitor:</td> <td>A. Montalvo</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Descripción del puesto</th> </tr> <tr> <td>Puesto de trabajo:</td> <td>Op. de cargador frontal 2</td> </tr> <tr> <td>Horario de trabajo:</td> <td>08:00 - 16:00 / 8 horas</td> </tr> <tr> <td>Régimen:</td> <td>6x2</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Características del asiento</th> </tr> <tr> <td>Tipo de suspensión:</td> <td>Mecánica</td> </tr> <tr> <td>Frescos o mallas:</td> <td>No posee</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Equipo de medición</th> </tr> <tr> <td>Vibrómetro:</td> <td>Svantek / SV 100A / 86690</td> </tr> <tr> <td>Sensor:</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Datos Generales		Fecha de monitoreo:	22/10/2021	Área de trabajo:	Pelletizado	Nombre del monitor:	A. Montalvo	Descripción del puesto		Puesto de trabajo:	Op. de cargador frontal 2	Horario de trabajo:	08:00 - 16:00 / 8 horas	Régimen:	6x2	Características del asiento		Tipo de suspensión:	Mecánica	Frescos o mallas:	No posee	Equipo de medición		Vibrómetro:	Svantek / SV 100A / 86690	Sensor:		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Registro Fotográfico</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">  </td> </tr> </tbody> </table>	Registro Fotográfico			
Datos Generales																																	
Fecha de monitoreo:	22/10/2021																																
Área de trabajo:	Pelletizado																																
Nombre del monitor:	A. Montalvo																																
Descripción del puesto																																	
Puesto de trabajo:	Op. de cargador frontal 2																																
Horario de trabajo:	08:00 - 16:00 / 8 horas																																
Régimen:	6x2																																
Características del asiento																																	
Tipo de suspensión:	Mecánica																																
Frescos o mallas:	No posee																																
Equipo de medición																																	
Vibrómetro:	Svantek / SV 100A / 86690																																
Sensor:																																	
Registro Fotográfico																																	
																																	
Gráfica de la medición																																	
 <p>07:30:00 08:00:00 08:30:00 09:00:00 09:30:00 10:00:00 10:30:00 11:00:00 11:30:00 12:00:00 12:30:00 13:00:00 13:30:00 14:00:00 14:30:00 Time</p> <p>Start: 07:08:53 Duration: 00:51:53 X_P1 (m/s²) Y_P1 (m/s²) Z_P1 (m/s²)</p> <p>Info: 0.009 0.022 0.019</p> <p>Mouse cursor: 22/10/2021 07:08:53</p>																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Registro de lectura del equipo de medición</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Archivo:</td> <td>L236</td> </tr> <tr> <td>Hora de inicio:</td> <td>07:08</td> </tr> <tr> <td>Hora final:</td> <td>15:08</td> </tr> <tr> <td>Tiempo de monitoreo:</td> <td>08:00</td> </tr> <tr> <td>% Jornada laboral:</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	Registro de lectura del equipo de medición		Archivo:	L236	Hora de inicio:	07:08	Hora final:	15:08	Tiempo de monitoreo:	08:00	% Jornada laboral:	100%	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Descripción de actividades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">           Alimentación de tolvas de pelletizado.         </td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center; background-color: #e0e0e0;">Vías de tránsito</th> </tr> <tr> <td colspan="2">           Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No         </td> </tr> </tbody> </table>	Descripción de actividades		Alimentación de tolvas de pelletizado.		Vías de tránsito		Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No													
Registro de lectura del equipo de medición																																	
Archivo:	L236																																
Hora de inicio:	07:08																																
Hora final:	15:08																																
Tiempo de monitoreo:	08:00																																
% Jornada laboral:	100%																																
Descripción de actividades																																	
Alimentación de tolvas de pelletizado.																																	
Vías de tránsito																																	
Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No																																	

**Anexo 22: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 2**  
**(03/11/2021)**

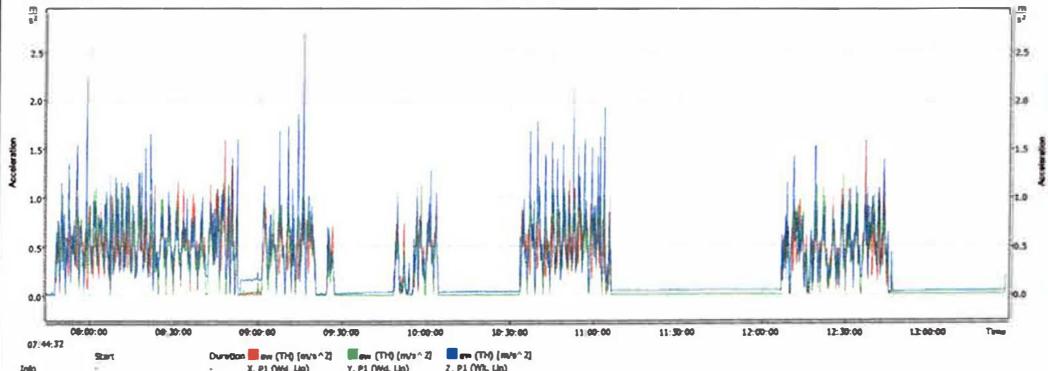
FICHA DE RESULTADOS: OP. DE CARGADOR FRONTAL 2	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 3/11/2021 Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de cargador frontal 2 Horario de trabajo: 14:00-22:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
<p>Graph showing Acceleration (m/s<sup>2</sup>) vs Time (06:00:00 to 12:30:00). The graph displays three data series: X, Y, and Z. The X-axis represents Acceleration (m/s<sup>2</sup>) and the Y-axis represents Time (06:00:00 to 12:30:00). The graph shows high levels of vibration during work hours, with a significant drop during the break period (08:30:00 to 09:30:00). The legend indicates: Start, Duration, X, P1 (m/s<sup>2</sup>), Y, P1 (m/s<sup>2</sup>), Z, P1 (m/s<sup>2</sup>).</p>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L332 Hora de inicio: 14:45 Hora final: 21:50 Tiempo de monitoreo: 07:05 % Jornada laboral: 89%	Alimentación de tolvas de pelletizado.
<b>Vías de tránsito</b>	
Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No	

**Anexo 23: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 1**  
**(04/11/2021)**

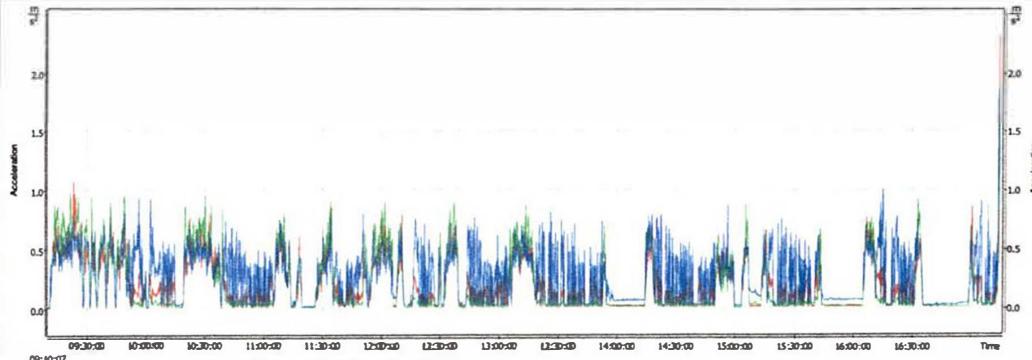
FICHA DE RESULTADOS: OP. DE CARGADOR FRONTAL 1	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 4/11/2021	<b>Registro Fotográfico</b> 
Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de cargador frontal 1	
Horario de trabajo: 08:00 - 19:00 / 8 horas	
Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica	
Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 86690	
Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
 <p>Start: 10:13:24 Duration: 00:00:00</p> <p>Info: Main cursor: 04/11/2021 10:13:24</p> <p>Legend: X: p1 (Vib, Up) Y: p1 (Vib, Up) Z: p1 (Vib, Up)</p>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	
Archivo: L243	<b>Descripción de actividades</b>  Traslado de desmonte (material fino particulado y escoria) a material recirculante.
Hora de inicio: 10:13	
Hora final: 16:48	
Tiempo de monitoreo: 06:35	
% Jornada laboral: 82%	
<b>Vías de tránsito</b>	
Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No	

## Anexo 24: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 3

(09/11/2021)

FICHA DE RESULTADOS: OP. DE CARGADOR FRONTAL 3	
<b>Datos Generales</b>	<b>Registro Fotográfico</b>
Fecha de monitoreo: 9/11/2021	
Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de cargador frontal 3 Horario de trabajo: 06:00 - 14:00 / 8 horas Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383 Sensor:	
<b>Gráfica de la medición</b>	
 <p>Acceleration <math>\text{m/s}^2</math></p> <p>Time</p> <p>07:44:32 Start Duration 00:00:00 (T0) <math>[\text{m/s}^2]^2</math> X, P1 (W4, Lin) 0.023 Y, P1 (W4, Lin) 0.016 Z, P1 (W4, Lin) 0.016</p> <p>Info Main cursor 09/11/2021 07:44:32</p>	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	<b>Descripción de actividades</b>
Archivo: L335	Alimentación de tolvas (carga de concreto)
Hora de inicio: 07:44	
Hora final: 13:27	
Tiempo de monitoreo: 05:43	
% Jornada laboral: 71%	<b>Vías de tránsito</b>
	Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No

**Anexo 25: Ficha de resultados del Op. de Cargador Frontal 1**  
**(22/10/2021)**

<b>FICHA DE RESULTADOS: OP. DE CARGADOR FRONTAL 1</b>	
<b>Datos Generales</b>	
Fecha de monitoreo: 10/11/2021	<b>Registro Fotográfico</b>
Nombre del monitor: A. Montalvo	
<b>Descripción del puesto</b>	
Puesto de trabajo: Op. de cargador frontal 1	
Horario de trabajo: 08:00 - 19:00 / 8 horas	
Régimen: 6x2	
<b>Características del asiento</b>	
Tipo de suspensión: Mecánica	<b>Equipo de medición</b>
Frescos o mallas: No posee	
<b>Equipo de medición</b>	
Vibrómetro: Svantek / SV 100A / 61383	<b>Gráfica de la medición</b>
Sensor:	
	
<b>Registro de lectura del equipo de medición</b>	
<b>Descripción de actividades</b>	
Archivo: L336	Traslado de desmonte (material fino particulado y escoria) a material recirculante.
Hora de inicio: 09:09	
Hora final: 17:13	
Tiempo de monitoreo: 08:04	
% Jornada laboral: 101%	
<b>Vías de tránsito</b>	
Vías: Asfaltada confisuras y baches / Mant.: No / Presencia de lluvias: No	