

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería de Minas

“ESTUDIO DE VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO PARA PREVENIR ENFERMEDADES OCUPACIONALES EN OPERADORES DE CAMIONES GIGANTES Y MAQUINARIAS AUXILIARES EN MINERÍA SUPERFICIAL, CAJAMARCA 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera de Minas

Autores:

Brenda Antinori Vasquez  
Yesleth Katherine Chilon Uceda

Asesor:

Ing. Víctor Eduardo, Álvarez León

Cajamarca - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, mis padres José Ricardo Antinori Samán y Dedicación Vasquez Pérez, a mi hermana Gianella Antinori Vasquez, quienes han sido mi fuerza, soporte y guía durante toda mi vida, para lograr una de mis metas, a la Universidad Privada del Norte y a cada docente que me brindó aportes invaluable adquiriendo nuevos conocimientos que servirán para enriquecer mi vida profesional.

Brenda Antinori Vásquez.

Esta tesis la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, a mis padres Diana Yovana Uceda Alva y Segundo Chilón Cueva, a mis hermanos Dulce Yunshú Chilón Uceda y Lucas Loje Uceda dándome las fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan día a día, enseñándome a sobrellevar las adversidades sin perder nunca la dignidad, ni desfallecer en el intento.

Yesleth Katherine Chilón Uceda

## AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo quiero agradecer a Dios por todas sus bendiciones, a mis padres José Ricardo Antinori Samán y Dedicación Vasquez Pérez, a mi hermana Gianella Antinori Vasquez que han sabido guiarme, aconsejarme y apoyarme en todo momento de mi vida, este nuevo logro es en gran parte gracias a ustedes, al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo - Beca 18 por la solvencia económica en el transcurso de mi carrera profesional, también agradecer a la Universidad Privada del Norte y docentes por las enseñanzas brindadas, orientación y profesionalismo ético.

Brenda Antinori Vásquez

Quiero agradecer a Dios, mis padres Diana Yovana Uceda Alva y Segundo Chilón Cueva por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas, a mis hermanos Dulce Yunshú Chilón Uceda y Lucas Loje Uceda gracias a ellos por haber sido parte de todo el proceso en mi formación profesional para lograr terminar mi carrera, también a la Universidad Privada del Norte y docentes por cada enseñanza brindada para tener éxito en mi vida profesional.

Yesleth Katherine Chilón Uceda

## Tabla de contenido

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
1.1. Realidad problemática.....	10
1.4. Hipótesis.....	24
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....</b>	<b>26</b>
2.1 Tipo de investigación.....	26
2.2 Población y muestra.....	27
2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	29
2.4 Procedimiento.....	31
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
3.1. Resultados del estudio del nivel de vibraciones transmitidas al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares durante los años 2016, 2018 y 2019.....	35
3.1.1. <i>Resultados del monitoreo de vibraciones en operarios – 2016.....</i>	35
3.1.2. <i>Resultados del monitoreo de vibraciones en operarios – 2018.....</i>	36
3.1.3. <i>Resultados del monitoreo de vibraciones en operarios – 2019.....</i>	40
3.2. Evaluación de los datos obtenidos en campo y los límites de vibración de cuerpo entero con la normativa vigente R.M. 480- 2008- MINSA y D.S. N° 024- 2016- EM y su modificatoria D.S. N° 023- 2017- EM.....	45
3.2.1. <i>Análisis comparativo de niveles de vibraciones en operadores – 2016.....</i>	45
3.2.2. <i>Análisis comparativo de niveles de vibraciones en operadores – 2018.....</i>	46
3.2.3. <i>Análisis comparativo de niveles de vibraciones en operadores – 2019.....</i>	49
3.3. Propuesta de las medidas de prevención, seguimiento, evaluación y monitoreo de los controles de niveles de vibraciones transmitidos al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares.....	53
3.3.1. <i>Medidas de seguimiento.....</i>	53
3.3.2. <i>Medidas de evaluación.....</i>	54
3.3.3. <i>Desarrollo de una estrategia de control.....</i>	55
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Instrumentos de base legal .....	31
Tabla 2: Vibraciones por actividad en Camiones Gigantes Caterpillar según fabricante ...	32
Tabla 3: Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares. .....	33
Tabla 4: Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares .....	33
Tabla 5: Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares .....	34
Tabla 6: Monitoreo de vibración en cuerpo entero /Camiones gigantes - 2016.....	35
Tabla 7: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores de ruedas- 2018.....	37
Tabla 8: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores oruga - 2018.....	37
Tabla 9: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cisternas – 2018.....	38
Tabla 10: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Motoniveladoras - 2018.....	39
Tabla 11: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cama baja – 2018 .....	39
Tabla 12: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores de ruedas- 2019.....	40
Tabla 13: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores Oruga – 2019 .....	40
Tabla 14: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Motoniveladoras – 2019 .....	41
Tabla 15: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cargadores frontales – 2019 .....	42
Tabla 16: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cama baja – 2019 .....	42
Tabla 17: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Palas Hidráulicas – 2019.....	43
Tabla 18: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Perforadoras Neumáticas – 2019 ....	43
Tabla 19: Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Excavadoras Hidráulicas – 2019.....	44

Tabla 20: Análisis comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cama baja Vs Límite MINSA - 2018.....	48
Tabla 21: Análisis comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cama baja Vs Límite MINSA - 2019	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Dirección de las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo.....	13
Ilustración 2. Frecuencia propia y resonancia de algunos partes y órganos del cuerpo. .	14
Ilustración 3: Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares.....	33
Ilustración 4: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Camiones gigantes Vs Límite MINSA - 2016.....	45
Ilustración 5: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor de ruedas Vs Límite MINSA - 2018.....	46
Ilustración 6: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor oruga Vs Límite MINSA - 2018.....	46
Ilustración 7: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cisterna Vs Límite MINSA - 2018.....	47
Ilustración 8: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cargador frontal Vs Límite MINSA - 2018.....	47
Ilustración 9: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Motoniveladora Vs Límite MINSA - 2018.....	48
Ilustración 10: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor de Ruedas Vs Límite MINSA - 2019.....	49
Ilustración 11: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor oruga Vs Límite MINSA - 2019.....	49
Ilustración 12: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Motoniveladora Vs Límite MINSA - 2019.....	50

Ilustración 13: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cargador frontal Vs Límite MINSA - 2019. ....	50
Ilustración 14: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Palas hidráulicas Vs Límite MINSA - 2019. ....	51
Ilustración 15: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Perforadoras neumáticas Vs Límite MINSA - 2019.....	52
Ilustración 16: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Excavadoras Hidráulicas Vs Límite MINSA – 2019.....	52

## RESUMEN

El trabajo de investigación que se presenta a continuación tiene como finalidad realizar una evaluación de los niveles de vibración en base a información existente de los años 2016-2018 y 2019 en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, presentes en las actividades extractivas de la empresa.

La empresa donde se realizará la toma de datos, trabaja siguiendo estrictamente la normativa relacionada con el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), por lo que se ha establecido un plan de seguimiento de evaluaciones, con la finalidad de disminuir accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que generan pérdidas económicas y sociales.

Mediante el estudio del nivel de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en base a la información existente de los años 2016, 2018 y 2019 se obtuvo un promedio de  $0.51 \text{ m/s}^2$ ,  $0.32 \text{ m/s}^2$  y  $0.36 \text{ m/s}^2$  respectivamente, siendo el 2016 el año con el nivel más alto de vibración.

De la misma manera se evaluaron los resultados del nivel de vibración en el cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, con la normativa vigente R.M. 480- 2008- MINSA, D.S. N° 024- 2016- EM y su modificatoria D.S. N° 023-2017- EM; durante los años 2016, 2018 y 2019 los cuales estuvieron por debajo de los límites establecidos de  $0.7 \text{ m/s}^2$ ; esto debido al buen mantenimiento de la maquinaria y las vías de transporte.

**PALABRAS CLAVE:** Nivel de vibración, camiones gigantes, maquinarias auxiliares, operadores.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La presente investigación se desarrolla debido a que la empresa donde se realizará la toma de datos, trabaja siguiendo estrictamente la normativa relacionada con el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), por lo que se ha establecido un plan de seguimiento de evaluaciones, con la finalidad de disminuir accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que generan pérdidas económicas y sociales. En este sentido establece la ejecución del estudio comparativo de vibraciones de cuerpo entero, desde el año 2016 hasta el 2019 en los puestos de trabajo (operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares) durante el desarrollo de las actividades auríferas de la empresa.

El objetivo de la investigación es realizar una evaluación de los niveles de vibración en base a información existente de los años 2016- 2018 y 2019 en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, presentes en las actividades extractivas de la empresa.

La vibración es un efecto físico que actúa sobre los elementos por transición de energía mecánica desde fuentes oscilantes. En el sector de la construcción y actividades de movimiento de tierra en donde se encuentran máquinas, equipos y herramientas mecánicas generan intensas vibraciones que pueden transmitirse a los operadores. Las vibraciones afectan el confort, reduce la productividad y provoca trastornos en las funciones fisiológicas del hombre, dando lugar, en caso de una exposición intensa, a la aparición de enfermedades. (Samudio, 2017)

Según Griffin (1990), la vibración es la transmisión de energía cuando las personas están en contacto con una superficie o sistema que se encuentra en movimiento oscilatorio. Se producen cuando uno o más componentes de un sistema oscilan, respecto a su posición de equilibrio. La oscilación puede ser estable o transitoria y continua o intermitente. Los trabajadores de la Minería están expuestos a vibraciones por el uso de herramientas eléctricas, neumáticas y en general maquinas impulsadas por motores que se operan manualmente. En trabajadores que conducen maquinarias móviles, tales como equipos auxiliares de extracción, cargadores (Scooptram) y numerosos vehículos, puede haber transmisión de vibraciones al cuerpo completo. Es importante hacer esta diferenciación ya que los efectos que producen son diferentes.

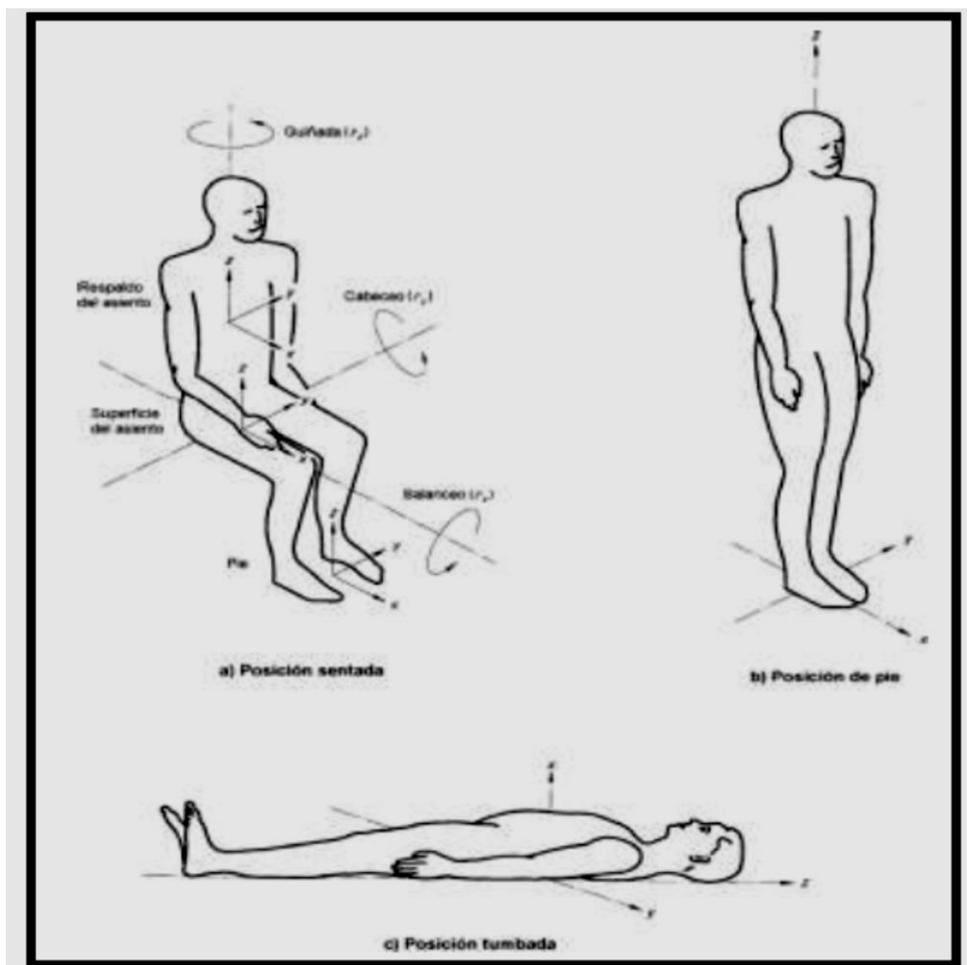
En el caso de las vibraciones de cuerpo completo, toda la masa corporal está sujeta a vibraciones mecánicas. Las vibraciones se transmiten desde los asientos o pisos de los vehículos o máquinas, afectando a cada órgano y al cuerpo en su totalidad. Los efectos de las vibraciones fluctúan entre simples molestias y trastornos fisiológicos y patológicos, cuya magnitud dependerá de la frecuencia de excitación, del nivel de aceleración de las oscilaciones y del tiempo de exposición. Como se señaló, la vibración es un movimiento oscilatorio, en el que hay que distinguir tres características que se describen a continuación:

- **Magnitud de la vibración:** Los desplazamientos oscilatorios de un objeto implican alternativamente una velocidad en una dirección y después una velocidad en dirección opuesta. La magnitud de una vibración puede cuantificarse en función de su aceleración. Para efectos prácticos, la aceleración se mide con instrumentos denominados acelerómetros.

La unidad de aceleración es el metro por segundo al cuadrado ( $m/seg^2$ ).

- **Frecuencia.** La frecuencia se define como la periodicidad con que las vibraciones se transmiten a través del cuerpo. Se mide en ciclos por segundo o en Hertz (Hz). Un Hz equivale a un ciclo por segundo. Los efectos de las vibraciones de cuerpo completo suelen ser máximos en el límite de frecuencias, de 0,5 a 100 Hz. En el caso de las vibraciones transmitidas a la extremidad superior a través de las manos, las frecuencias de alrededor de 1.000Hz o superiores pueden tener efectos perjudiciales.
- **Dirección.** Las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. En el caso de personas sentadas, los ejes lineales se designan como eje X (longitudinal), eje Y (lateral) y eje Z (vertical). Las rotaciones alrededor de los ejes X, y Z se designan como ax (balanceo), ay (cabeceo) y az (deriva), respectivamente.

Las vibraciones suelen medirse en la interface entre el cuerpo y el objeto o máquina que produce las vibraciones.



*Ilustración 1.* Dirección de las vibraciones transmitidas a todo el cuerpo.

Fuente: Mediciones de Aceleración en el Sistema Coordinado Biodinámico (Adaptado de ISO 2631).

Es importante destacar que el efecto de las vibraciones no solo depende de las características enumeradas sino también de:

- **Tiempo de exposición:** Existe una relación directa entre el tiempo de exposición y el incremento del daño potencial en la salud del trabajador expuesto.
- **Frecuencia propia y resonancia.** Cada órgano del cuerpo tiene la propiedad de atenuar las vibraciones que experimenta en frecuencias específicas. A modo de ejemplo, la columna vertebral tiene una frecuencia propia **de 3,5 a 4 Hz**, mientras

que la cabeza tiene una frecuencia de 20 a 30 Hz, Por su parte, cada componente del cuerpo responde de una manera particular cuando se somete a vibración externa. Cuando la frecuencia natural de un órgano coincide con la frecuencia de la vibración externa, puede incluso amplificarlas, fenómeno que se conoce como resonancia, inhibiendo la capacidad de atenuación de las vibraciones de los diferentes órganos del cuerpo.

- **Factores individuales:** Existen variables individuales que hacen más vulnerables a las personas expuestas a las vibraciones. Por ejemplo, una mala condición física, la obesidad y trastornos musculo- esqueléticos preexistentes, son factores que reducen la tolerancia a las vibraciones.



*Ilustración 2.* Frecuencia propia y resonancia de algunos partes y órganos del cuerpo.

Fuente: Ergonomía para industria minera. Universidad de Concepción Facultad de Ciencias Biológicas Unidad de Ergonomía.

Según Apud y Meyer (2017) en su libro “Ergonomía para la industria minera” indican que, el ser humano es capaz de percibir vibraciones en un rango de frecuencias de 0.5Hz a 100 Hz. En la ISO 2631: 1997 se destaca el efecto de los siguientes rangos de frecuencia.

- 0,5 Hz to 80Hz puede verse afectada la salud, el confort y la precepción.
- 0,1 Hz to 0,5Hz se puede presentar la sensación de mareo.

De acuerdo a la literatura, en personas expuestas a vibraciones entre 0,5 Hz y 80 Hz, en que la transmisión ocurre a través del asiento, los efectos de largo plazo relevan un incremento del riesgo para la columna lumbar y el sistema nervioso de los segmentos comprometidos. Se destaca que esto puede deber al comportamiento dinámico de los segmentos de la columna vertebral, que incluyen desplazamiento y torsión, y que el estrés mecánico podría concluir a procesos degenerativos de la columna lumbar. Aunque con menor probabilidad, se plantea también efectos en el sistema digestivo, urinario y en caso de la mujer, posible compromiso del sistema reproductivo. Consecuentemente, es importante que la medición de las vibraciones sea representativa del periodo total que un trabajador ha estado expuesto.

Es importante destacar que, para las personas expuestas a un rango entre 1 y 20 Hz, niveles que son frecuentes en vehículos empleados en la minería, las vibraciones son particularmente molestias y fatigantes, siendo más críticas en el rango 0,1 Hz a 10Hz.

Desde un punto de vista ergonómico, es muy importante considerar que en las personas expuestas se reduce la agudeza visual, pudiendo también afectar el

procesamiento mental de información. Las alteraciones se comienzan a percibir a partir de los 4Hz, siendo mayores los efectos en el rango de los 10 a 30Hz. Según Wilson et al., (1992), las vibraciones sobre 50Hz, con una aceleración de 2 m/seg<sup>2</sup>, reducen en un 50% la agudeza visual.

Dentro de la normativa para estándares de medición en el cuerpo completo tenemos:

- **D.S. N° 024-2016-EM.** Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Guía N°3, aplica el estándar es 0.7 m/s<sup>2</sup>
- Norma **UNE ISO 2631-1** del 2008. Vibraciones Mecánicas y Choques. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo completo. Parte 1: Requisitos Generales. Aplica el estándar es 0.5 m/s<sup>2</sup>
- Real Decreto **1311:2005** Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relacionados con las Vibraciones Mecánicas.

La Guía N°3 del D.S. N° 024-2016-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, considera el monitoreo y/o mediciones de vibración con ponderaciones adecuadas para el tipo de vibración (tanto para vibración mano-brazo como para vibración de cuerpo entero), midiendo con acelerómetros en los 3 ejes, en el punto de contacto y comparados con lo siguiente:

- a. La Exposición a Vibración en Cuerpo Completo considera el valor máximo permisible de la aceleración en 8 horas de 1.15m/s<sup>2</sup>, el nivel de acción de la aceleración en 8 horas de 0.5m/s<sup>2</sup>.
- b. La Exposición a Vibración en Mano-Brazo considera los siguientes valores:

Tabla 1

*Exposición a Vibración en Mano-Brazo*

Duración total diaria de la exposición <sup>1</sup>	Valores a no exceder <sup>2</sup> (m/s <sup>2</sup> )
4 horas a menos de 8 horas	4
2 horas a menos de 4 horas	6
1 hora a menos de 2 horas	8
Menos de 1 hora	12

Fuente: Guía N°3 del D.S. N° 024-2016-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería

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

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

Asimismo, la Guía N°3 del D.S. N° 024-2016-EM establece que, para la medición de la exposición a Vibración en Cuerpo Completo, se debe contemplar el siguiente procedimiento:

1. Se deberá identificar el (los) punto(s) de contacto a través del cual el cuerpo se expone a la vibración. Por ejemplo: en un tractor, a través del asiento; en los controles de una máquina, a través de los pies.
2. Programar el equipo para que mida la aceleración ponderada en frecuencia para cuerpo entero (que mida en aquellas frecuencias que generan efectos adversos).
3. Colocar el medidor (acelerómetro en los tres ejes) en el punto de transmisión de la vibración.
4. Dar las indicaciones al trabajador.

5. La duración de la medición debe ser representativamente suficiente para asegurar razonable precisión estadística y para asegurar que la vibración es típico de las exposiciones que están siendo evaluadas. La duración de la medición debe ser reportada.
6. Considerar solamente el tiempo efectivo de exposición a la vibración durante la conducción de vehículos y maquinaria pesada.
7. Obtener las aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizadas a 8 horas de cada eje X, Y y Z de manera simultánea en el mismo evento que se está midiendo.

Se deberá utilizar las siguientes fórmulas para normalizar la aceleración ponderada en frecuencia medida en tiempos diferentes a 8 horas de exposición efectiva para cada eje coordenado:

$$Aeq_{(8)x} = (1.4)Aeq_{(t)x} \sqrt{\frac{t}{8}}$$

$$Aeq_{(8)y} = (1.4)Aeq_{(t)y} \sqrt{\frac{t}{8}}$$

$$Aeq_{(8)z} = (1)Aeq_{(t)z} \sqrt{\frac{t}{8}}$$

Donde:

t: Es el tiempo de exposición efectivo.

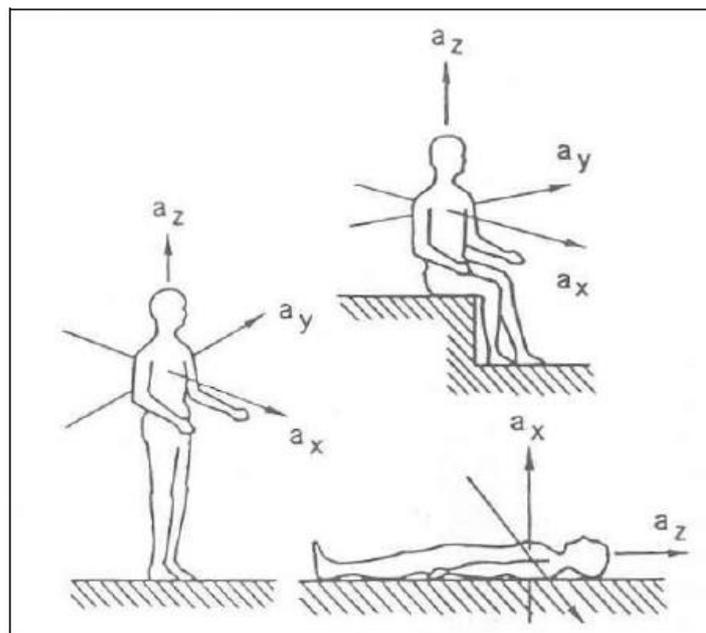
Aeq(t): Es la aceleración ponderada en frecuencia medida por el vibrometro en un tiempo t.

Aeq(8): Es la aceleración ponderada en frecuencia normalizada a 8 horas para ser comparada con el límite máximo permisible.

8. La evaluación del efecto de la vibración sobre la salud debe ser hecho comparando las aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizada a 8 horas

(Aeq(8)) de cada eje coordinado con el límite máximo permisible de manera independiente.

9. Se concluirá que existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones de cuerpo completo, cuando una o más aceleraciones ponderadas en frecuencia normalizada a 8 horas (Aeq(8)) de cualquier eje coordinado sea mayor que el límite máximo permisible; si estas fueran menores o iguales al límite máximo permisible, pero mayores que el nivel de acción, se concluirá que no existe riesgo a la salud pero se debe empezar a tomar acciones de control y mejora; finalmente si estas fueran menores al nivel de acción se concluirá que no existe riesgo a la salud por exposición a vibraciones de cuerpo completo y no es necesario tomar acciones.



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

Según Benítez (2011), en su estudio titulado: “Medición y análisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort”, En el cual tuvo como

objetivo averiguar los diferentes efectos que tienen las vibraciones en la productividad de los operarios frente a los diferentes contextos operativos. Se tuvo como referencia las investigaciones hechas en una tesis para el sistema de medición y análisis de vibraciones mecánicas para obtener estimaciones a través de normas internacionales ISO 2631 e ISO 5349 estas normas son internacionales en lo que se respecta a vibraciones y estas definiciones se usan en todas las empresas que tienen que ver con este rubro y son las que tomamos como base para esta investigación. Los estándares internacionales ya nos dan las pautas para los resultados y se realiza la comparación entre los límites establecidos y los medidos en campo.

Valdiviezo (2014) en la tesis titulada: “Estudio de vibración producida por maquinaria minera en la salud de los trabajadores en la unidad minera BREAPAMPA”. En el desarrollo de actividades mineras se realizan con maquinarias en las cuales emiten vibraciones es por ello que se ve la necesidad de realizar el monitoreo en las cuales permitirá la obtención de datos y valores de vibración y realizar la comparación de los establecidos por la normativa, Si los valores obtenidos exceden es en ella en la cual se hará la investigación de la cual es la causa raíz de la emisión de la vibración. En la tesis investigada se estableció la dimensión de las vibraciones emitidas por las maquinarias que se encuentran en la minera y fueron : Motoniveladora (0.30 m/s<sup>2</sup>); Excavadora ( 0.29 m/s<sup>2</sup> a 0.38 m/s<sup>2</sup>); Cargador frontal ( 0.13 m/s<sup>2</sup> a 0.18 m/s<sup>2</sup>) y Volquete (0,15 m/s<sup>2</sup> a 0,27 m/s<sup>2</sup>), con todos estos resultados se concluye que la exposición no afectan a los trabajadores ya que no superan los límites máximos permisibles establecidos por el RM 480-2008-MINSA y solo en el caso de cargador frontal existe un alza ligera en

la medición. Los ejes obtenidos en las coordenadas son  $A_{eqX}=0.17075$  m/s<sup>2</sup>,  $A_{eqY}=0.24775$  m/s<sup>2</sup> y  $A_{eqZ}=0.13475$  m/s<sup>2</sup>; Con estos resultados se reafirmó que la emisión de vibración no afecta la salud en los obreros de la minera.

Según Alfaro (2016) en la tesis titulada: “Programa para el control de la exposición a vibraciones de cuerpo entero en los operadores de montacargas del complejo portuario Gastón Kogán, JAPDEVA, limón, Costa Rica”, concluyo lo siguiente: Al exponerse por mucho tiempo a vibraciones en el cuerpo entero provoca ciertas reacciones que son nocivas para la salud, de igual manera, los resultados arrojaron que los trabajadores no se encuentran expuestos a vibraciones fuera del límite permisible que según la Norma UNE ISO 2631-1, aunque existen jornadas donde el 80% de los operadores si se encuentran dentro de los niveles a acción, por lo que para este estudio se tuvo como objetivo general la generación de controles que favorezcan la exposición a vibraciones de cuerpo entero en los operadores de monta carga, por lo que, se indica que es necesario hacer controles que eviten que la exposición se amplíe y tenga efectos sobre la salud de los trabajadores.

Lasluisa (2017) en la tesis titulada: “Evaluación de vibraciones de cuerpo completo en los trabajadores que manipulan los equipos de movimiento de tierras del Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua”, afirma lo siguiente: Las jornadas de trabajo de esta empresa se encuentran de 7 a 15 horas diarias donde intervienen los diferentes equipos, donde existen 42 personas que se encuentran expuestas a factores de riesgo corriendo peligro por vibraciones ocurridas en el cuerpo completo sobrepasando los límites permitidos por la norma ISO 2631-1 con valores entre 0.55

y  $1.12 \text{ m/s}^2$  , haciendo hincapié en que los motores de los equipos son las fuentes principales generadoras de vibraciones y su sistema de transmisión y movimiento son los generadores de ellas, aunque también influye el tipo de suelo porque las actividades desarrolladas en la empresa mayormente se dan en zona rurales de la provincia en suelo empedrado.

Según Samudio (2017), en su trabajo de investigación “Vibraciones en equipos pesados en una empresa dedicada a la construcción” en este trabajo de investigación se estudian los aspectos fundamentales relacionados con las medidas de seguridad, prevención, mitigación de riesgos y los aspectos de reducción de exposición a vibraciones que debe conocer el operador en relación a la organización de la obra y la planificación de los trabajos de movimiento de tierras. Concluye que una buena práctica consiste en determinar el nivel de vibraciones cuando se pone por primera vez en funcionamiento un equipo de trabajo. Los sucesivos controles del nivel de vibraciones pueden dar una idea de cómo han variado estos niveles y en consecuencia se realizarán las operaciones oportunas para minimizar la variación entre ambos valores de vibración.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Se logrará realizar el estudio de vibraciones de cuerpo entero para prevenir enfermedades ocupacionales en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en minería superficial, Cajamarca 2020?

### **1.3. Objetivos**

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

Realizar un estudio de vibraciones de cuerpo entero para prevenir enfermedades ocupacionales en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en minería superficial.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

Realizar un estudio del nivel de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, en base a la información existente desde los años 2016, 2018 y la información actual del año 2019, en puestos de trabajo ubicados dentro de las instalaciones donde se desarrollan las actividades en minería superficial.

Evaluar los resultados del nivel de vibración en el cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, con la normativa vigente R.M. 480- 2008- MINSa y D.S. N° 024- 2016- EM y su modificatoria D.S. N° 023- 2017- EM.

Realizar una propuesta de las medidas de prevención, seguimiento, evaluación y monitoreo de los controles de niveles de vibraciones transmitidos al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis general**

Con los datos obtenidos del estudio de vibraciones en cuerpo entero para prevenir enfermedades ocupacionales en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en minería superficial, se logrará identificar los niveles de vibraciones durante los procesos de la actividad minera para posteriormente proponer medidas de prevención que permitan mantener los niveles por debajo de los parámetros establecidos en la normativa.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

De acuerdo a la información existente desde los años 2016 al 2018 y la información actual de vibraciones en camiones gigantes y maquinarias auxiliares 2019, comprometiendo a la maquinaria actualmente operativa y pasiva, en puestos de trabajo ubicados dentro de las instalaciones donde se desarrollan las actividades en minería superficial, se podrá elaborar un análisis comparativo entre los niveles de vibración durante estos años.

Con los resultados de vibración de cuerpo completo, se realizará un análisis comparativo de los valores obtenidos con la normativa vigente R.M. 480-2008- MINSA y D.S. N° 024- 2016- EM y su modificatoria D.S. N° 023-2017- EM.

Mediante la propuesta de las medidas de prevención, seguimiento, evaluación y monitoreo de los controles de niveles de vibraciones transmitidos al cuerpo

entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, nos permitirá llevar un registro detallado de los datos que ayudarán a mantener los niveles de vibración por debajo de los parámetros establecidos en la normativa.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de investigación

El presente proyecto corresponde a una investigación de tipo Aplicado, No Experimental con diseño descriptivo longitudinal, ya que el objetivo principal es realizar un estudio de del nivel de vibraciones de cuerpo entero para prevenir enfermedades ocupacionales en operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en minería superficial tomando en cuenta la información existente a años anteriores (2016-2018) y la información que se ha tomado actualmente durante el año 2019.

Vargas (2009), docente de la maestría en Orientación de la Universidad de Costa Rica, el tipo de investigación aplicada se centra en el análisis y solución de problemas de varias índoles de la vida real, así como también se nutre de avances científicos y se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos. Indica que el tipo de investigación Aplicada es una forma de conocer las realidades con una prueba científica; requiere obligatoriamente de un marco teórico, sobre el cual se basará para generar una solución al problema específico que se quiera resolver.

Hernández, Fernández y Baptista (2012) indican que, "La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es una investigación donde no se manipulan intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos”

Según Tamayo (2019) la investigación descriptiva busca únicamente relatar situaciones o acontecimientos; básicamente no está interesado en comprobar explicaciones, ni en probar determinadas hipótesis, ni en hacer predicciones. Con mucha frecuencia las descripciones se hacen por encuestas (estudios por encuestas), aunque éstas también pueden servir para probar hipótesis específicas y poner a prueba explicaciones.

## **2.2 Población y muestra**

### **Población**

#### **Año 2016**

49 Operarios de camiones gigantes CAT 785 C

#### **Año 2018**

45 Operarios de equipos auxiliares entre: tractores oruga, tractores de ruedas, cisternas, cargadores frontales, motoniveladoras y cama baja.

#### **Año 2019**

86 Operarios de equipos auxiliares y maquinaria pesada entre: tractores oruga, motoniveladoras, tractores de rueda, cama baja, palas hidráulicas, perforadoras neumáticas, excavadoras hidráulicas y cargadores frontales.

### **Muestra**

#### **Año 2016**

20 Operarios de camiones gigantes CAT 785 C.

#### **Año 2018**

2 Operarios de tractores de ruedas.

7 Operarios de tractores oruga.

3 Operarios de cisternas.

2 Operarios de cargadores frontales.

4 Operarios de motoniveladoras.

1 Operario de cama baja.

### **Año 2019**

6 Operarios de tractores oruga.

4 Operarios de motoniveladoras.

2 Operarios de tractores de ruedas.

1 Operario de cama baja.

3 Operarios de palas hidráulicas.

4 Operarios de Perforadoras neumáticas.

3 Operarios de excavadoras hidráulicas.

2 Operarios de cargadores frontales.

### **Materiales**

Los principales medios materiales que se utilizaron durante el desarrollo de la investigación serán:

Computadora personal compatible para desarrollar el tema de tesis,

Software pertinente y compatible (R, Minitab, Past, Excel, Word, ArcGIS, SPSS),

Cámara fotográfica digital,

Internet para la búsqueda de información –imágenes satelitales como Google Earth,

Cuaderno de campo, entre otros.

## **2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

### **2.3.1 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Observación directa**

Se realizará la observación directa en campo según los criterios tomados en cuenta dentro de los planes de seguimiento que lleva a cabo la empresa, esto debido a que se trabaja siguiendo estrictamente la normativa relacionada con el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SGSST), con la finalidad de disminuir accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales que generan pérdidas económicas y sociales, en este sentido establece la ejecución del estudio comparativo de vibraciones de cuerpo entero.

#### **Análisis documental**

Se recopilará antecedentes previos de trabajos de investigación relacionados a estudios de vibraciones en el cuerpo entero de los operadores de maquinaria pesada y equipos auxiliares, además se reunió toda la información del estudio realizado en años anteriores correspondientes al 2016 hasta el 2018, con la finalidad de establecer precedentes en nuestros resultados.

#### **Recolección de datos**

Se identificará la maquinaria pesada y equipos auxiliares de muestra en campo, para luego realizar un listado con los nombres de los operadores y las fechas de monitoreo. Esto nos permitió realizar el cálculo del valor de la aceleración eficaz de la vibración a que está sometido el trabajador y el tiempo de exposición a la misma, puede calcularse el valor A (8) que se hará de manera diferente según se trate de vibraciones de cuerpo entero.

Se tomó en consideración las diversas fuentes de vibración a que está expuesto el trabajador ya que a lo largo de un día puede manejar diversas máquinas o herramientas o que una sola de ellas genere diferentes niveles de vibración, por ejemplo, por conducir una misma carretilla elevadora por superficies diferentes o por cambiar la resistencia del material que se está puliendo o el grano del disco utilizado.

### **2.3.2 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Instrumentos de análisis de datos**

*Programa Excel:* Se utilizará esta herramienta porque nos permite trabajar con una gran cantidad de información y al mismo tiempo administrarlo de manera ordenada; y además porque el programa facilita la elaboración de los diferentes gráficos estadísticos necesarios para el análisis de los datos y la interpretación de los resultados. (INGEI, 2011)

Los tipos de gráficos utilizados en este trabajo de investigación son:

*Gráficos Circulares:* Grafico que nos da por resultado el tamaño proporcional de los elementos que conforman una serie de datos, en función de la suma de los elementos. Siempre mostrará una única serie de datos y es útil cuando se desea destacar un elemento significativo (INGEI, 2011).

*Gráfico de Barras:* Grafico que nos da por resultado las comparaciones entre elementos individuales (INGEI, 2011).

## 2.4 Procedimiento

El tipo de investigación que se utilizó en este trabajo es No experimental, por lo cual se realizó las mediciones de cuerpo entero en los operadores y se reportaron estos registros en la presente investigación.

### **Primera Etapa: Recolección de información**

Inicialmente se procede a la revisión de antecedentes, estudios previos, realizados respecto al tema, en los diferentes ámbitos, tanto local, nacional como internacional, para lo cual se recurrió a los repositorios virtuales de varias universidades. Se reunió información como base legal a las normas, reglamentos y documentación emitida por organismos e instituciones locales e internacionales.

Tabla 1

#### *Instrumentos de base legal*

<b>NORMA DE REFERENCIA</b>	<b>TÍTULO</b>
Ley N° 29783	Ley de seguridad y Salud en el Trabajo
Ley N° 30222	Ley que modifica la ley 29783, Ley de seguridad y salud en el trabajo.
D.S. N° 005-2012-TR	Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo.
R.M. N° 375-2008-TR	Aprueba la norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo Disergonómico.
R.M. N°480-2008-MINSA.	Norma Técnica de Salud que establece el listado de enfermedades profesionales.
D.S. N°024-2016-EM	Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en minería.
D.S. N°023-2017-EM	Modificatoria del reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en minería.
ISO 2631-1-2008	Vibraciones mecánicas y choques, evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo completo. Parte: Requisitos generales.
Real Decreto 1311/2005	Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas.

Fuente: Elaboración propia.

### **Segunda Etapa: Recolección de datos en campo**

Para el presente estudio se realizó el análisis de vibración en cuerpo completo, en el puesto de operador de maquinaria pesada, entre los años 2016, 2017, 2018 y establecer similitud de resultados con el monitoreo de vibraciones del presente año 2019, para lo cual se utilizó como referencia algunas tablas de valores señalados en las fichas técnicas de los equipos.

Tabla 2

*Vibraciones por actividad en Camiones Gigantes Caterpillar según fabricante*

ISO -Niveles de vibración equivalentes de emisiones de vibración corporal de los equipos de movimiento de tierra							
Tipo de máquina	Actividad de operación típica	Niveles de vibración			Factores del escenario		
		Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
	Proceso de carga	0.20	0.22	0.21	0.19	0.17	0.19
Camiones de obras	Desplazamiento con carga	0.61	0.63	0.82	0.21	0.24	0.34
	Desplazamiento sin carga	0.73	0.73	0.87	0.20	0.25	0.33
	Descarga	0.37	0.37	0.33	0.14	0.13	0.08

*Fuente: Caterpillar Camión de Obras 793D*

Tabla 3

*Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares*

ISO -Niveles de vibración equivalentes de emisiones de vibración corporal de los equipos de movimiento de tierras							
Tipo de máquina	Actividad de operación típica	Niveles de vibración			Factores del escenario		
		Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
Compactador vibratorio de un solo motor	Compactación (rocas)	0.47	0.53	0.41	0.17	0.22	0.12
	Compactación (sedimento)	0.29	0.28	0.28	0.08	0.17	0.11

*Fuente:* Manual de operación y mantenimiento Caterpillar Rodillo CS- 683E

NIVEL DE VIBRACIÓN
El cuerpo está expuesto a una aceleración media cuadrática ponderada menor que 0.5 m/seg <sup>2</sup> (1.63 pies/seg <sup>2</sup> ). Las medidas se obtuvieron en una máquina típica. Utilice el procedimiento de medición que se indica en las siguientes normas: - "ISO 2631/1" - "ISO 5349" - "SAE J1166"

*Ilustración 3: Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares*

*Fuente:* Manual de operación y mantenimiento Caterpillar Motoniveladora 14H

Tabla 4

*Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares*

ISO -Niveles de vibración equivalentes de emisiones de vibración corporal de los equipos de movimiento de tierras							
Tipo de máquina	Actividad de operación típica	Niveles de vibración			Factores del escenario		
		Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
Tractores de cadenas	Explanación	0.74	0.58	0.7	0.31	0.25	0.31
	Desplazamiento	1.25	1.19	1.02	0.4	0.41	0.28
	Transferencia	0.87	0.8	0.97	0.43	0.4	0.34

*Fuente:* Manual de operación y mantenimiento Tractor de Oruga Caterpillar D9R-D10R

Tabla 5

*Vibraciones según el manual de operación y mantenimiento de equipos auxiliares*

ISO -Niveles de vibración equivalentes de emisiones de vibración corporal de los equipos de movimiento de tierras							
Tipo de máquina	Actividad de operación típica	Niveles de vibración			Factores del escenario		
		Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z
	Movimiento de carga y traslado	0.84	0.81	0.52	0.23	0.2	0.14
Cargador de ruedas	Aplicación en minería	1.27	0.97	0.81	0.47	0.31	0.47
	Transferencia	0.76	0.91	0.49	0.33	0.35	0.17
	Movimiento en "V"	0.99	0.84	0.54	0.29	0.32	0.14

*Fuente:* Manual de operación y mantenimiento Cargador de ruedas Caterpillar 966H.

### **Tercera Etapa: Procesamiento de datos**

Se procesaron y tabularon de forma digital los datos obtenidos en campo, con ayuda del programa Excel, así mismo se elaboraron cuadros comparativos de los niveles de vibración de cuerpo entero en operarios de maquinarias auxiliares y equipos pesados durante el desarrollo de sus actividades durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. Resultados del estudio del nivel de vibraciones transmitidas al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares durante los años 2016, 2018 y 2019

A continuación, se presentan los resultados del monitoreo para identificar el nivel de vibraciones en el cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en minería superficial.

#### 3.1.1. Resultados del monitoreo de vibraciones en operarios – 2016

En el año 2016 se monitoreo el nivel de vibraciones en operarios de camiones gigantes.

Tabla 6

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero /Camiones gigantes - 2016*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. (m/s <sup>2</sup> ) Diaría 8 h.	E. (m/s <sup>2</sup> ) Diaría 10.30 h.
C-01	CAT 793 D HT-154	14-feb	09:36	0.403	0.322	0.475	0.475	0.544
C-02	CAT 793 C HT-107	15-feb	12:25	0.328	0.318	0.39	0.39	0.447
C-03	CAT 793 C HT-118	16-feb	08:59	0.291	0.262	0.38	0.38	0.435
C-04	CAT 793 C HT-114	16-feb	10:36	0.374	0.354	0.444	0.444	0.509
C-05	CAT 793 C HT-124	18-feb	10:19	0.357	0.311	0.414	0.414	0.474
C-06	CAT 793 D HT-142	19-feb	10:24	0.378	0.322	0.409	0.409	0.469
C-07	CAT 793 D HT-151	20-feb	10:44	0.349	0.343	0.416	0.416	0.477
C-08	CAT 793 D HT-131	21-feb	10:51	0.423	0.375	0.428	0.428	0.49
C-09	CAT 793 C HT-109	22-feb	10:12	0.367	0.381	0.476	0.476	0.545
C-10	CAT 793 D HT-146	04-mar	11:49	0.363	0.341	0.465	0.465	0.533

C-11	CAT 793 C HT-117	05-mar	09:59	0.401	0.352	0.442	0.442	0.506
C-12	CAT 793 D HT-141	05-mar	10:49	0.363	0.295	0.463	0.463	0.53
C-13	CAT 793 C HT-122	06-mar	09:00	0.327	0.313	0.396	0.396	0.454
C-14	CAT 793 D HT-134	06-mar	10:01	0.39	0.325	0.454	0.454	0.52
C-15	CAT 793 D HT-152	07-mar	10:30	0.371	0.358	0.42	0.42	0.481
C-16	CAT 793 D HT-149	08-mar	10:24	0.43	0.37	0.542	0.542	0.621
C-17	CAT 793 C HT-128	09-mar	10:33	0.372	0.339	0.437	0.437	0.501
C-18	CAT 793 D HT-132	11-mar	10:08	0.379	0.373	0.432	0.432	0.495
C-19	CAT 793 C HT-129	11-mar	10:41	0.384	0.376	0.51	0.51	0.584
C-20	CAT 785 C HT- 064	12-mar	08:18	0.359	0.279	0.494	0.494	0.566

*Fuente:* Área de mantenimiento.

Las evaluaciones se realizaron durante toda la jornada laboral del operador, los promedios de exposición a vibraciones en la jornada laboral según las evaluaciones en campo son de 10 horas con 30 min.

Las evaluaciones fueron realizadas con un personal en campo, tomando la muestra de vibración de todas las actividades durante la jornada laboral completa del operador, obteniendo una muestra representativa.

### 3.1.2. Resultados del monitoreo de vibraciones en operarios – 2018

En el año 2018 se monitoreo el nivel de vibraciones en operarios de tractores de ruedas, tractores oruga, cisternas, cargadores frontales, motoniveladoras y cama baja.

Tabla 7

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores de ruedas- 2018*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
TR-01	CAT - 884 RTW0031	02-feb	06:06	0.583	0.763	0.28	<b>0.28</b>	<b>0.321</b>
TR-02	CAT - 845 RTW0032	23-feb	09:54	0.514	0.631	0.255	<b>0.255</b>	<b>0.292</b>

Fuente: Área de mantenimiento.

Tabla 8

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores oruga - 2018*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
TO-01	CAT- D11R DZT0022	03-feb	06:37	0.5	0.353	0.244	<b>0.244</b>	<b>0.28</b>
TO-02	CAT- D11R DZT0018	04-feb	06:42	0.493	0.37	0.23	<b>0.23</b>	<b>0.263</b>
TO-03	CAT- D11R DZT0019	06-feb	06:52	0.41	0.385	0.21	<b>0.21</b>	<b>0.241</b>
TO-04	CAT- D11R DZT0024	09-feb	08:41	0.402	0.387	0.253	<b>0.253</b>	<b>0.29</b>

TO-05	CAT-D11R DZT0021	11-feb	07:59	0.595	0.448	0.322	<b>0.322</b>	<b>0.369</b>
TO-06	CAT-D11R DZT0023	12-feb	06:22	0.535	0.456	0.297	<b>0.297</b>	<b>0.34</b>
TO-07	CAT-D11R DZT0020	13-feb	06:12	0.616	0.528	0.329	<b>0.329</b>	<b>0.329</b>

Fuente: Área de mantenimiento

Tabla 9

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cisternas – 2018*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
C-01	CISTERNA Marca: CAT-793C WTK0051	05-feb	07:08	0.289	0.266	0.394	<b>0.394</b>	<b>0.451</b>
C-02	CISTERNA Marca: CAT-793C WTK0047	21-feb	07:10	0.247	0.249	0.374	<b>0.374</b>	<b>0.428</b>
C-03	CISTERNA Marca: CAT-793C WTK0040	27-feb	01:56	0.172	0.155	0.258	<b>0.258</b>	<b>0.296</b>

Fuente: Área de mantenimiento.

Tabla 10

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Motoniveladoras - 2018*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
MO-01	CAT-24H GRM0024	08-feb	09:10	0.333	0.467	0.282	<b>0.282</b>	<b>0.323</b>
MO-02	CAT-24H GRM0023	22-feb	09:07	0.249	0.31	0.228	<b>0.228</b>	<b>0.261</b>
MO-03	CAT-24H GRM0020	24-feb	09:13	0.371	0.283	0.39	<b>0.39</b>	<b>0.447</b>
MO-04	CAT-24H GRM0022	25-feb	09:45	0.275	0.406	0.308	<b>0.308</b>	<b>0.353</b>

Fuente: Área de mantenimiento.

Tabla 11:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cama baja – 2018*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
CB-01	CAMA BAJA CAT-793C TTR0111	26-feb	09:47	0.111	0.107	0.134	<b>0.134</b>	<b>0.154</b>

Fuente: Área de mantenimiento.

Las evaluaciones se realizaron durante toda la jornada laboral del operador, el promedio de exposición a vibraciones en la jornada laboral según las evaluaciones en campo es menor de 10 horas con 30 min.

### 3.1.3. Resultados del monitoreo de vibraciones en operarios – 2019

En el año 2019 se monitoreo el nivel de vibraciones en operarios de tractores de ruedas, tractores oruga, cargadores frontales, motoniveladoras, cama baja, palas hidráulicas, perforadoras neumáticas y excavadoras hidráulicas.

Tabla 12:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores de ruedas- 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
TR-01	CAT-884 RT032	23-jul	07:34	0.558	0.59	0.255	<b>0.255</b>	<b>0.292</b>
TR-02	CAT-884 RT031	08-ago	07:51	0.465	0.626	0.244	<b>0.244</b>	<b>0.28</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 13:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Tractores Oruga – 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
TO-01	CAT-D11R DZ0021	17-jul	09:18	0.512	0.44	0.412	<b>0.412</b>	<b>0.472</b>
TO-02	CAT-D11R DZ0018	21-jul	04:58	0.425	0.305	0.208	<b>0.208</b>	<b>0.238</b>

TO-03	CAT-D11R DZ0019	07-ago	08:03	0.517	0.434	0.343	<b>0.343</b>	<b>0.393</b>
TO-04	CAT-D11R DZ0023	09-ago	06:52	0.635	0.552	0.445	<b>0.445</b>	<b>0.51</b>
TO-05	CAT-D11R DZ0020	10-ago	10:15	0.322	0.242	0.331	<b>0.331</b>	<b>0.379</b>
TO-06	CAT-D11R DZ0024	11-ago	09:07	0.636	0.554	0.35	<b>0.35</b>	<b>0.401</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 14:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Motoniveladoras – 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
MO-01	CAT-24H GRM-0020	20-jul	07:25	0.356	0.429	0.3	<b>0.3</b>	<b>0.344</b>
MO-02	CAT-24H GRM-0022	22-jul	08:26	0.378	0.489	0.353	<b>0.353</b>	<b>0.404</b>
MO-03	CAT-24H GRM-0024	28-jul	08:22	0.435	0.491	0.289	<b>0.289</b>	<b>0.331</b>
MO-04	CAT-24H GRM-0023	28-jul	08:22	0.435	0.491	0.289	<b>0.289</b>	<b>0.331</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 15:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cargadores frontales – 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
CF-01	CAT-994F LD-018	27-jul	08:53	0.671	0.572	0.413	<b>0.413</b>	<b>0.473</b>
CF-02	CAT-994F LD-017	12-ago	07:11	0.585	0.481	0.28	<b>0.28</b>	<b>0.321</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 16:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Cama baja – 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
CB-01	CAT-793C CB-111	24-jul	02:39	0.204	0.176	0.181	<b>0.181</b>	<b>0.207</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 17:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Palas Hidráulicas – 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
PH-01	HIT-EX5500 SHO0005	25-jul	07:16	0.429	0.279	0.274	<b>0.274</b>	<b>0.314</b>
PH-02	HIT-EX5500 SHO0007	26-jul	07:54	0.47	0.334	0.351	<b>0.351</b>	<b>0.402</b>
PH-03	HIT-EX5500 SHO0008	27-jul	08:33	0.462	0.369	0.386	<b>0.442</b>	<b>0.439</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 18:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Perforadoras Neumáticas – 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
PN-01	A.COP.PV-271 TD-024	26-jul	09:13	0.271	0.179	0.361	<b>0.361</b>	<b>0.414</b>
PN-02	A.COP.PV-271 TD-012	09-ago	04:56	0.257	0.311	0.431	<b>0.431</b>	<b>0.494</b>
PN-03	A.COP.PV-271 TD-027	14-ago	05:54	0.143	0.154	0.353	<b>0.353</b>	<b>0.404</b>
PN-04	A.COP.PV-271 TD-032	15-ago	06:07	0.07	0.062	0.121	<b>0.121</b>	<b>0.139</b>

Fuente: Datos de campo.

Tabla 19:

*Monitoreo de vibración en cuerpo entero / Excavadoras Hidráulicas – 2019*

Ítem	Equipo	Fecha	Tiempo (h.)	Eje X (m/s <sup>2</sup> )	Eje Y (m/s <sup>2</sup> )	Eje Z (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )
EH-01	HIT. EX2500 SHO009	07-ago	06:55	0.388	0.288	0.231	<b>0.231</b>	<b>0.265</b>
EH-02	HIT. EX2500 SHO010	08-ago	07:23	0.308	0.196	0.183	<b>0.21</b>	<b>0.331</b>
EH-03	HIT. EX2500 SHO006	10-ago	11:22	0.562	0.373	0.382	<b>0.382</b>	<b>0.438</b>

Fuente: Datos de campo.

Las evaluaciones se realizaron durante toda la jornada laboral del operador, el promedio de exposición a vibraciones en la jornada laboral según las evaluaciones en campo es menor de 10 horas con 30 minutos.

Del análisis de los resultados de vibraciones a cuerpo entero en maquinarias pesadas y equipos auxiliares entre los años 2016 y 2018, se puede evidenciar que los resultados se encuentran dentro de los niveles evaluados en el año 2019.

### 3.2. Evaluación de los datos obtenidos en campo y los límites de vibración de cuerpo entero con la normativa vigente R.M. 480- 2008- MINSA y D.S. N° 024-2016- EM y su modificatoria D.S. N° 023-2017- EM

Para el caso de exposición de los trabajadores a vibraciones se debe cumplir con los valores establecidos. Trabajos que supongan una exposición diaria a vibración de todo el cuerpo por encima de  $0.7 \text{ m/s}^2$  como son: Conductores de vehículo todo terreno (Obras públicas, tractores), conductores de carretillas elevadoras, camiones, autobuses, pilotos de helicópteros y tripulación de barco.

#### 3.2.1. Análisis comparativo de niveles de vibraciones en operadores – 2016

Se compara los valores obtenidos en campo con los límites establecidos en la normativa.

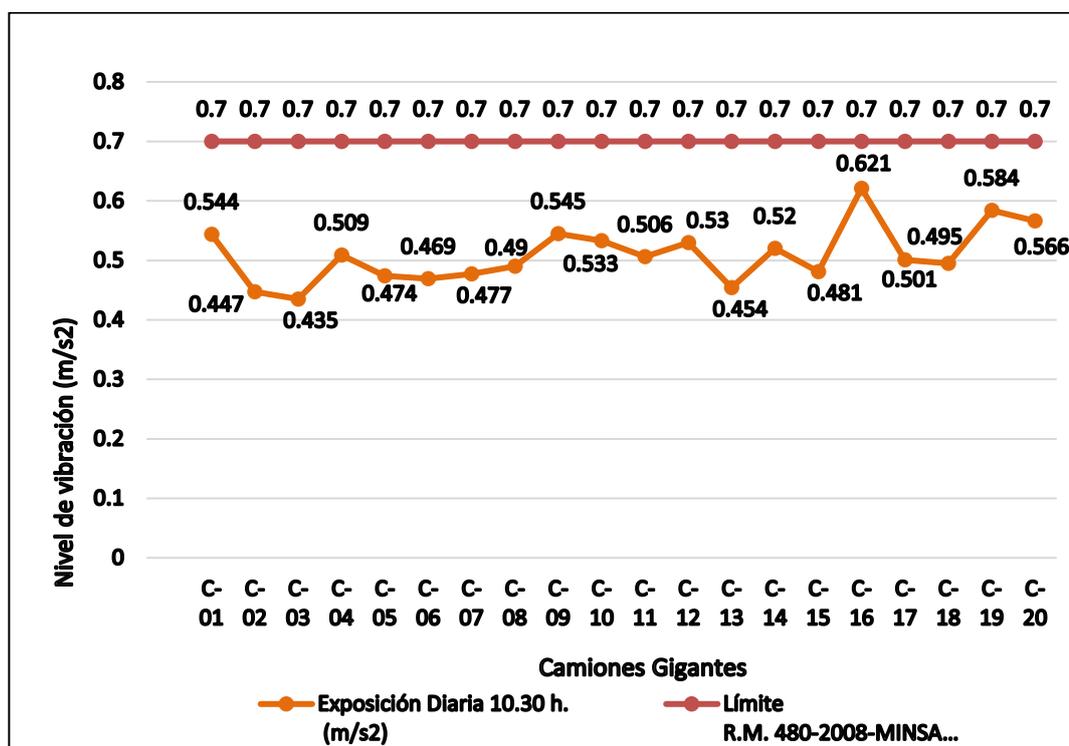


Ilustración 4: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Camiones gigantes Vs Límite MINSAs - 2016.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.2. Análisis comparativo de niveles de vibraciones en operadores – 2018

Se compara los valores obtenidos en campo con los límites establecidos en la normativa.

#### Tractores de ruedas:

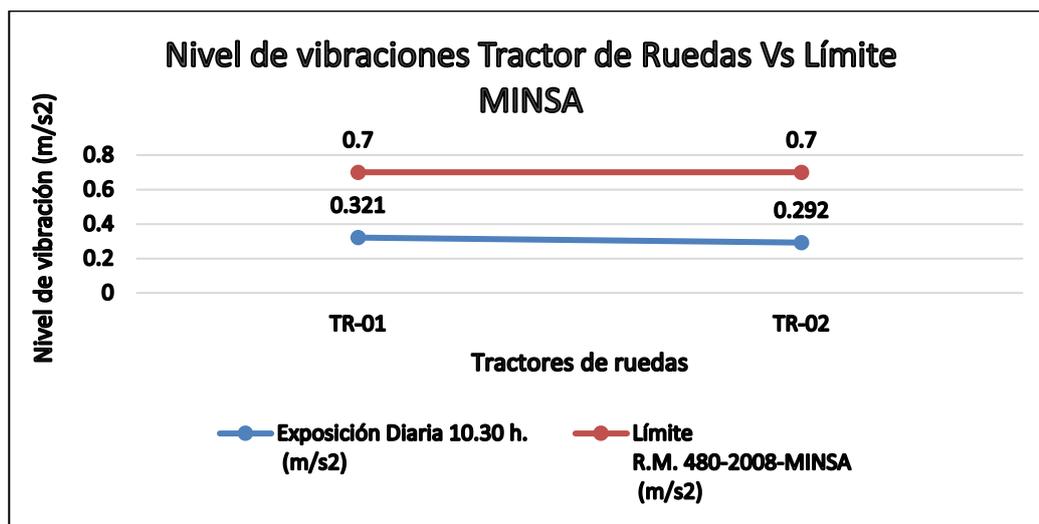


Ilustración 5: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor de ruedas Vs Límite MINSA - 2018.

Fuente: Elaboración propia.

#### Tractores Oruga:

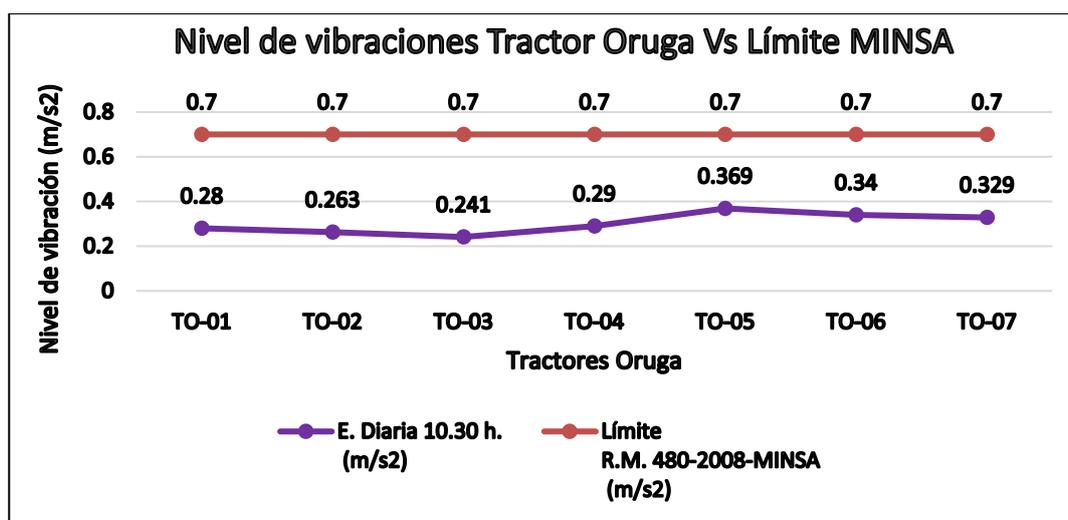
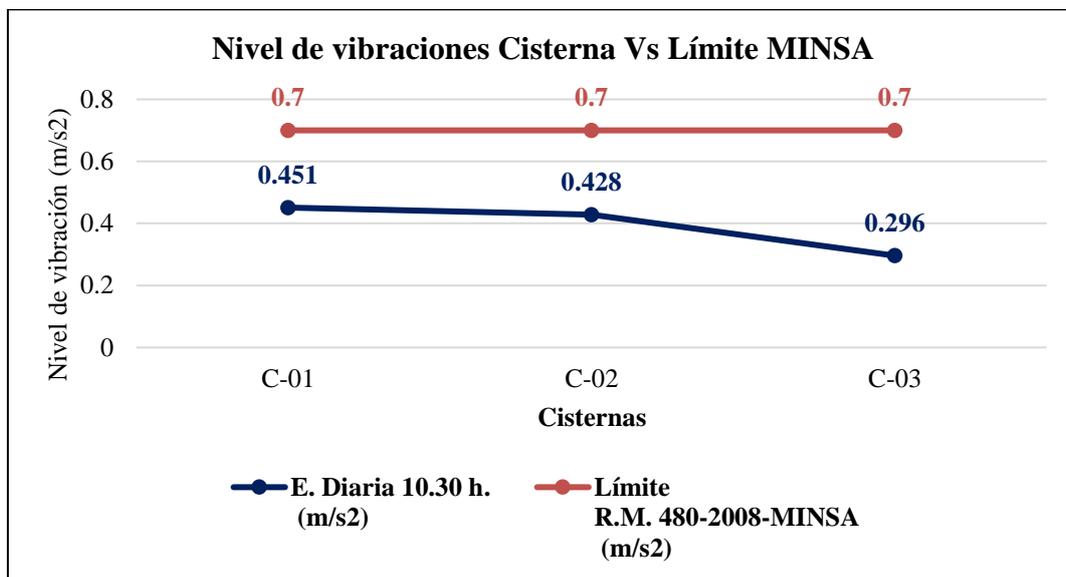


Ilustración 6: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor oruga Vs Límite MINSA - 2018.

Fuente: Elaboración propia.

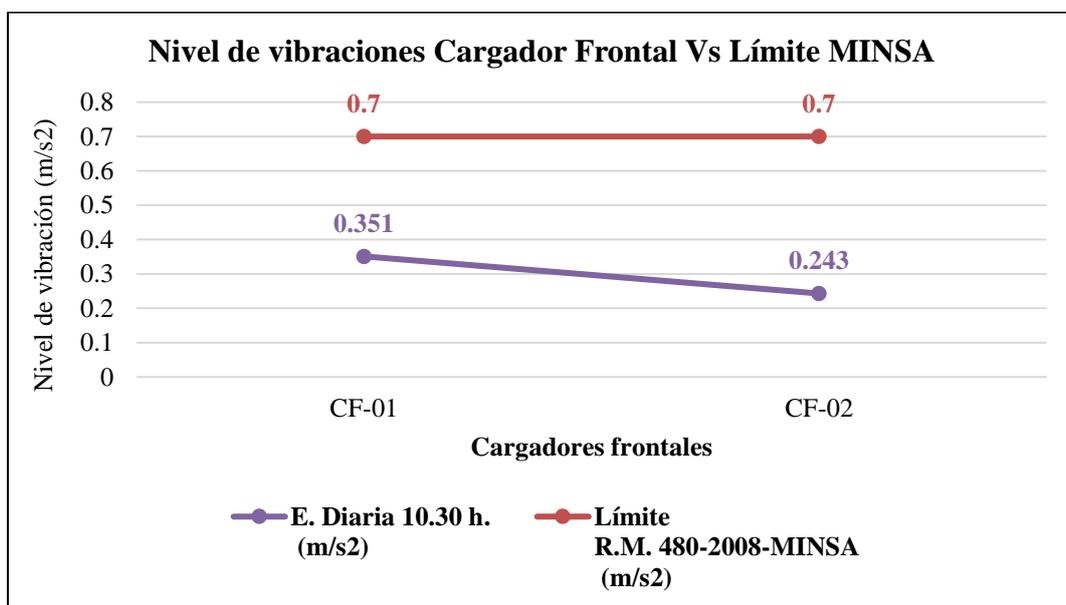
**Cisternas:**



*Ilustración 7:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cisterna Vs Límite MINSAs - 2018.

Fuente: Elaboración propia.

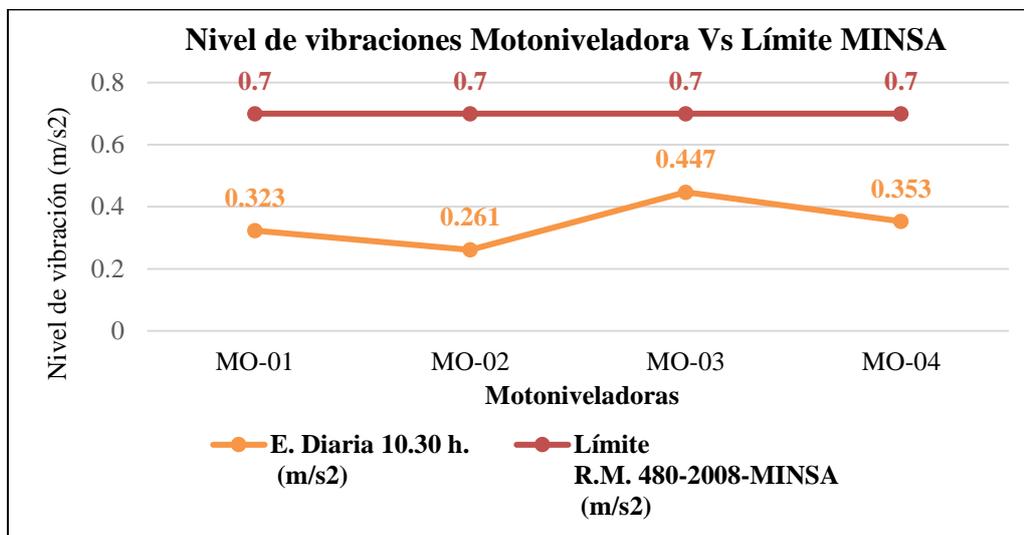
**Cargadores frontales:**



*Ilustración 8:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cargador frontal Vs Límite MINSAs - 2018.

Fuente: Elaboración propia.

**Motoniveladoras:**



*Ilustración 9:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Motoniveladora Vs Límite MINSAs - 2018.

Fuente: Elaboración propia.

**Cama baja:**

Tabla 20:

*Análisis comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cama baja Vs Límite MINSAs - 2018*

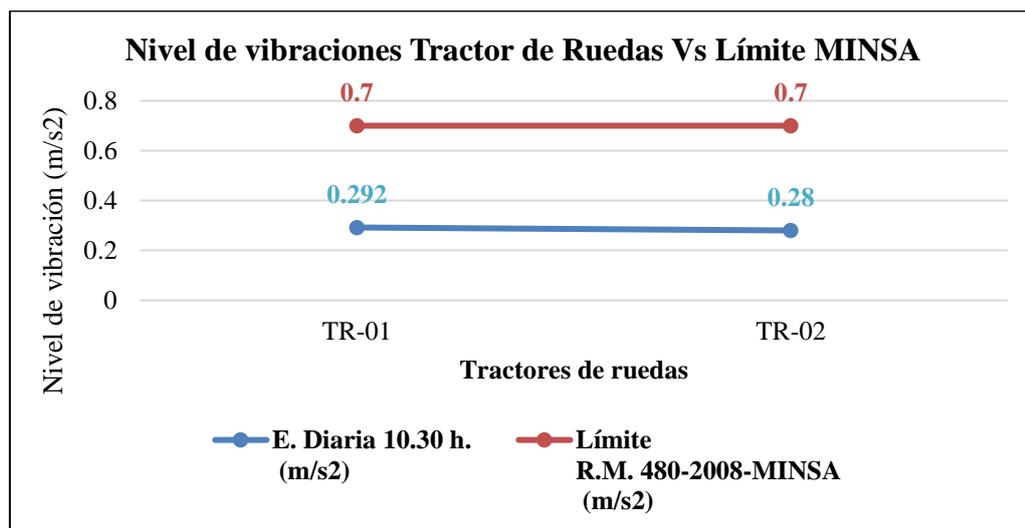
Ítem	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )	Límite R.M. 480-2008-MINSA (m/s <sup>2</sup> )
CB-01	0.134	0.154	0.7

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3. Análisis comparativo de niveles de vibraciones en operadores – 2019

Se compara los valores obtenidos en campo con los límites establecidos en la normativa.

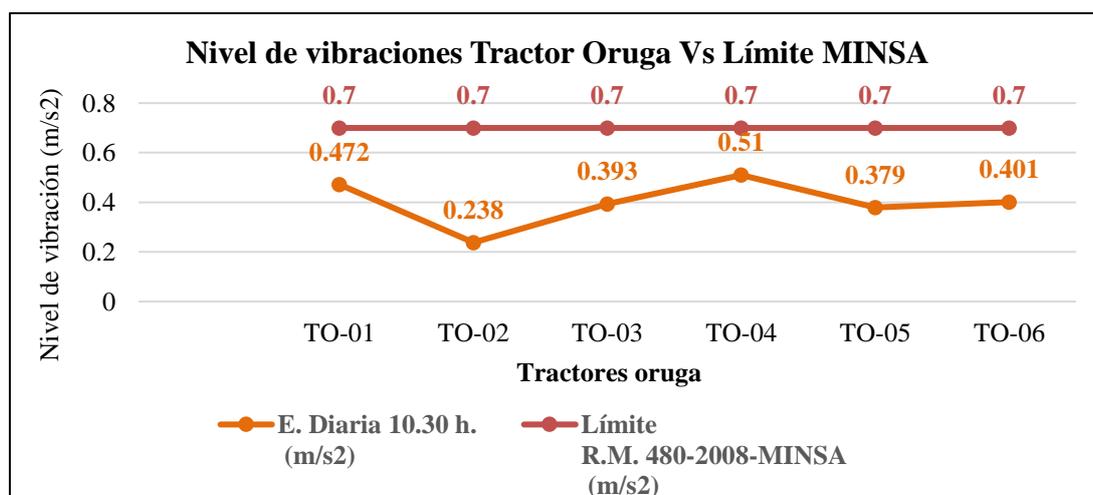
#### Tractores de ruedas:



*Ilustración 10:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor de Ruedas Vs Límite MINSNA - 2019.

Fuente: Elaboración propia.

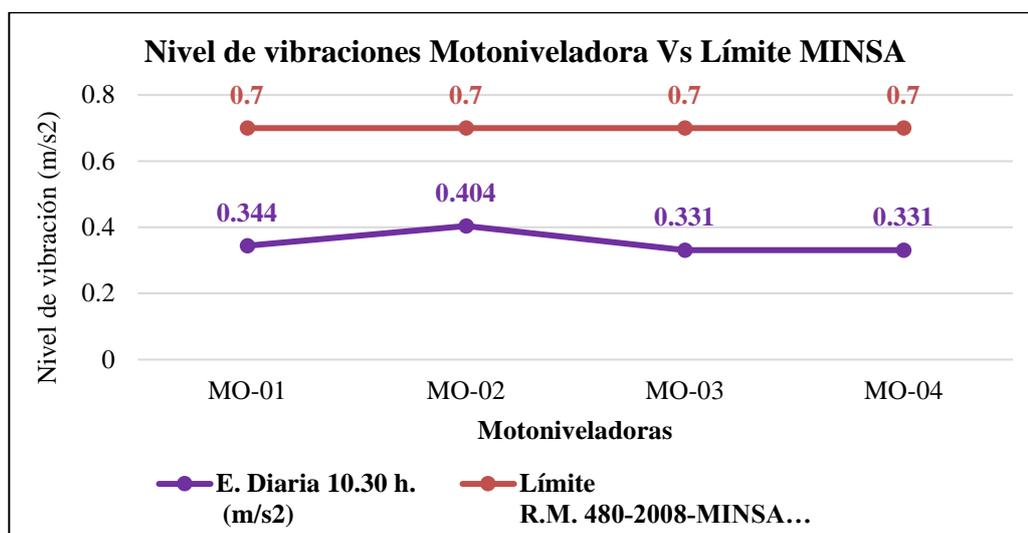
#### Tractores oruga:



*Ilustración 11:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Tractor oruga Vs Límite MINSNA - 2019.

Fuente: Elaboración propia.

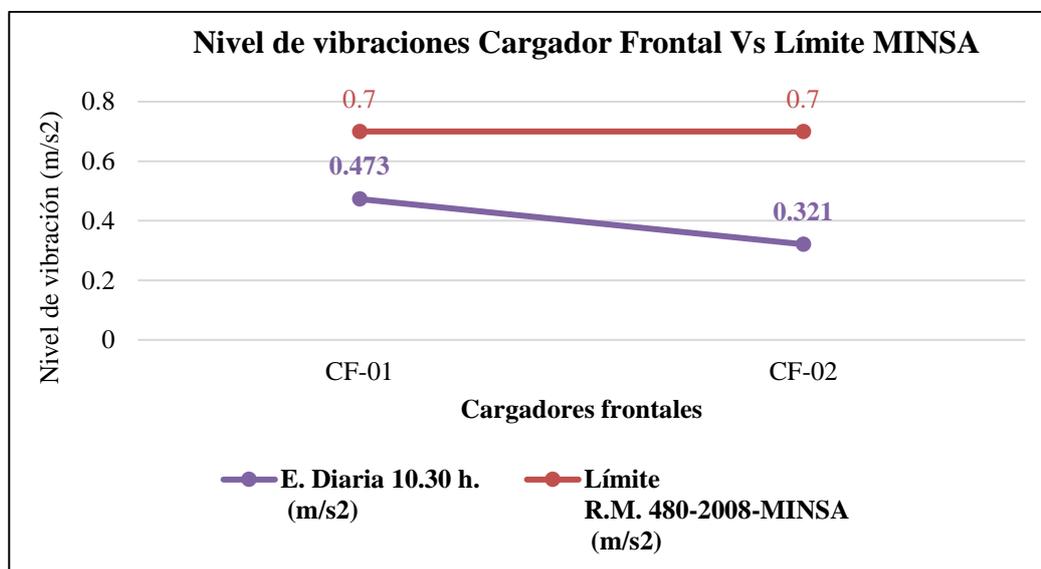
**Motoniveladoras:**



*Ilustración 12:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Motoniveladora Vs Límite MINSAs - 2019.

Fuente: Elaboración propia.

**Cargadores frontales:**



*Ilustración 13:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cargador frontal Vs Límite MINSAs - 2019.

Fuente: Elaboración propia.

### Cama baja:

Tabla 21:

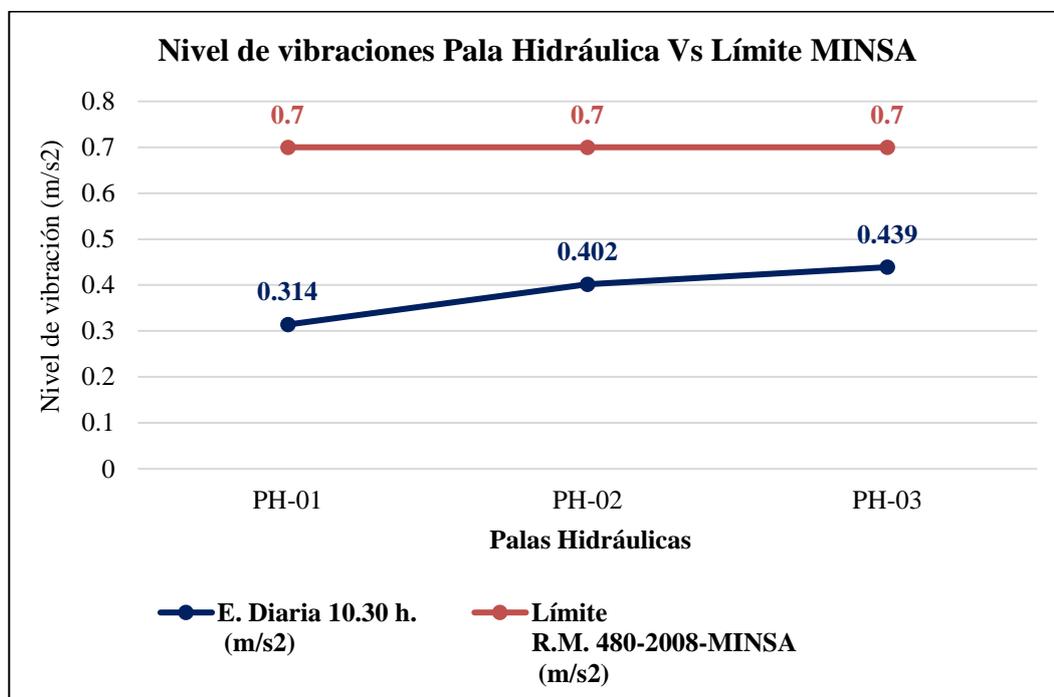
*Análisis comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Cama baja Vs Límite MINSA - 2019*

Ítem	E. Diaria 8 h. (m/s <sup>2</sup> )	E. Diaria 10.30 h. (m/s <sup>2</sup> )	Límite R.M. 480- 2008-MINSA (m/s <sup>2</sup> )
------	---------------------------------------	---	--

CB-01	<b>0.181</b>	<b>0.207</b>	<b>0.7</b>
-------	--------------	--------------	------------

Fuente: Elaboración propia.

### Palas Hidráulicas:



*Ilustración 14:* Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Palas hidráulicas Vs Límite MINSA - 2019.

Fuente: Elaboración propia.

**Perforadoras Neumáticas:**

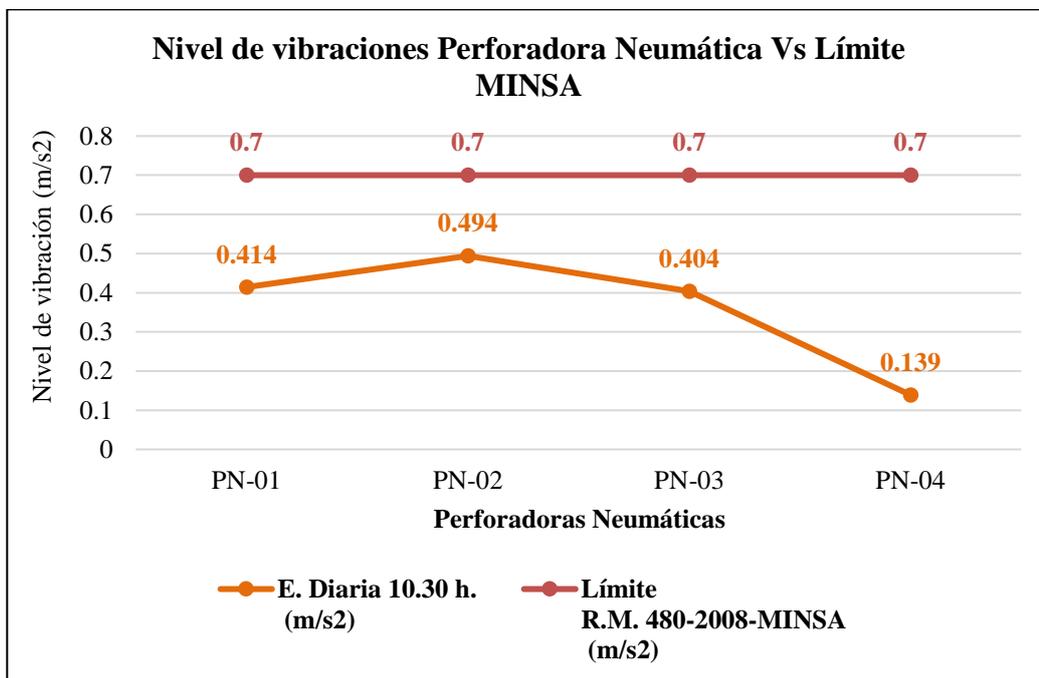


Ilustración 15: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Perforadoras neumáticas Vs Límite MINSAs - 2019.

Fuente: Elaboración propia.

**Excavadoras Hidráulicas:**

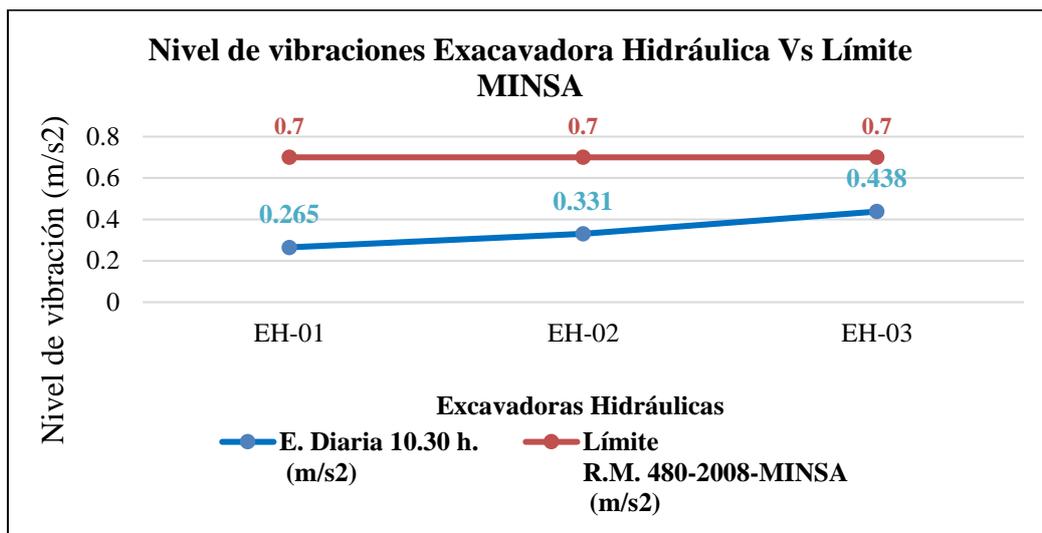


Ilustración 16: Gráfico comparativo entre el Nivel de vibraciones en operadores de Excavadoras Hidráulicas Vs Límite MINSAs - 2019.

Fuente: Elaboración propia.

### **3.3. Propuesta de las medidas de prevención, seguimiento, evaluación y monitoreo de los controles de niveles de vibraciones transmitidos al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares**

#### **3.3.1. Medidas de seguimiento**

Es importante que la empresa realice una evaluación y, en caso necesario, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores. Durante el estudio de la exposición a vibraciones, al evaluar los riesgos, ha de prestar especial atención a los siguientes aspectos:

- a) El nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida toda exposición a vibraciones intermitentes o a sacudidas repetidas.
- b) Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- c) Aquellos efectos relacionados con la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles expuestos al riesgo.
- d) Todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo.
- e) La información facilitada por los fabricantes del equipo de trabajo con arreglo a lo dispuesto en la normativa que regula la seguridad en la comercialización de dichos equipos.
- f) La posibilidad de reducir los niveles de exposición a las vibraciones mecánicas mediante la modificación o sustitución de equipos de trabajo.

- g) La prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario.
- h) Condiciones de trabajo específicas, tales como trabajar a temperaturas bajas u otras condiciones climatológicas adversas que puedan aumentar el riesgo por exposición a vibraciones.
- i) La información apropiada derivada de la vigilancia de la salud de los trabajadores, en la medida en que sea posible.

### 3.3.2. Medidas de evaluación

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse:

- Mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes u otras fuentes de datos publicadas, y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas.
- Mediante medición: Para poder determinar la aceleración sin necesidad de recurrir a su medición deben cumplirse todas y cada una de las siguientes condiciones:
  - a) Disponer de los valores de emisión del equipo, que pueden ser suministrados por el fabricante o proceder de otras fuentes.
  - b) Las condiciones de funcionamiento reales del equipo son similares a aquéllas para las que se han obtenido los niveles de emisión publicados.
  - c) El equipo debe estar en buenas condiciones y su mantenimiento se realiza según las recomendaciones del fabricante.

- d) Las herramientas insertadas y los accesorios utilizados deben ser similares a los empleados para la determinación de los valores declarados de la aceleración.

### **3.3.3. Desarrollo de una estrategia de control**

Al evaluar el riesgo por exposición a vibraciones mecánicas se han de tomar en consideración los procesos de trabajo que las causan. Para determinar los métodos necesarios para reducir o eliminar los riesgos es imprescindible comprender los principales motivos de la exposición de los trabajadores a fuertes vibraciones.

El desarrollo de una estrategia de control de los riesgos se puede basar en:

- Identificar las principales fuentes de vibración y clasificarlas en función de su contribución a la exposición.
- Determinar y evaluar posibles soluciones en términos de viabilidad y coste.
- Establecer objetivos realistas.
- Asignar prioridades y establecer un programa de acción.
- Definir las responsabilidades de gestión y asignar los recursos necesarios.
- Aplicar el programa de acción.
- Realizar un seguimiento de los resultados obtenidos.
- Evaluar el programa y mejorarlo si es necesario.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

Los resultados presentados de las evaluaciones del nivel de vibraciones en el cuerpo entero de los operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares durante toda la jornada laboral del operador, el promedio de exposición a vibraciones en la jornada laboral en campo es menor de 10 horas con 30 minutos. Del análisis de los resultados de vibraciones entre los años 2016, 2018 y 2019 se obtuvo un promedio de 0.51 m/s<sup>2</sup>, 0.32 m/s<sup>2</sup> y 0.36 m/s<sup>2</sup> respectivamente, siendo el 2016 el año con el nivel más alto de vibración, esto debido a deficiencias en el mantenimiento de los equipos y vías de circulación de los mismos.

La evaluación de los niveles de vibración en los camiones gigantes y maquinarias auxiliares se realizaron en los 3 ejes de emisión de vibraciones al cuerpo entero del operador según las especificaciones de los fabricantes, mediante este monitoreo se obtuvieron resultados por debajo de los límites establecidos en la normativa R.M. 480-2008-MINSA que señala como límite máximo 0.7 m/s<sup>2</sup> por lo cual la salud de los operadores no se ve afectada. Estos resultados nos permiten apoyar lo indicado por Valdiviezo (2014) en su tesis titulada: “Estudio de vibración producida por maquinaria minera en la salud de los trabajadores en la unidad minera BREAPAMPA”. En este trabajo de investigación se estableció la dimensión de las vibraciones emitidas por las maquinarias que se encuentran en la minera y fueron : Motoniveladora (0.30 m/s<sup>2</sup>); Excavadora ( 0.29 m/s<sup>2</sup> a 0.38 m/s<sup>2</sup>); Cargador frontal ( 0.13 m/s<sup>2</sup> a 0.18 m/s<sup>2</sup>) y Volquete (0,15 m/s<sup>2</sup> a 0,27 m/s<sup>2</sup>), con todos estos resultados se concluye que la exposición no afectan a los trabajadores ya que no

superan los límites máximos permisibles establecidos por la ley y solo en el caso de cargador frontal existe un alza ligera en la medición. Los niveles obtenidos en los ejes son  $A_{eqX}=0.17075$  m/s<sup>2</sup>,  $A_{eqY}=0.24775$  m/s<sup>2</sup> y  $A_{eqZ}=0.13475$  m/s<sup>2</sup>; Con estos resultados se reafirmó que la emisión de vibración no afecta la salud en los obreros de la minera.

Es necesario continuar con los monitoreos del nivel de vibraciones en el cuerpo entero de los operadores de camiones gigantes y maquinarias auxiliares de forma periódica para contar con evidencias del comportamiento de las vibraciones, por ello se realizó una propuesta tomando en cuenta medidas de seguimiento, evaluación y estrategias de control que permitan identificar las causas de variación y/o aumento de estos niveles con la finalidad de salvaguardar la salud de los trabajadores y el cumplimiento de las normativas establecidas. Esto nos permite apoyar lo señalado por Samudio (2017), en su trabajo de investigación “Vibraciones en equipos pesados en una empresa dedicada a la construcción” este trabajo de investigación se estudian los aspectos fundamentales relacionados con las medidas de seguridad, prevención, mitigación de riesgos y los aspectos de reducción de exposición a vibraciones que debe conocer el operador en relación a la organización de la obra y la planificación de los trabajos de movimiento de tierras. Concluye que una buena práctica consiste en determinar el nivel de vibraciones cuando se pone por primera vez en funcionamiento un equipo de trabajo. Los sucesivos controles del nivel de vibraciones pueden dar una idea de cómo han variado estos niveles y en consecuencia se realizarán las operaciones oportunas para minimizar la variación entre ambos valores de vibración.

## 4.2 Conclusiones

- Se realizó el estudio del nivel de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares en base a la información existente de los años 2016, 2018 y 2019 en dicho estudio obtuvimos un promedio de  $0.51 \text{ m/s}^2$ ,  $0.32 \text{ m/s}^2$  y  $0.36 \text{ m/s}^2$  respectivamente, siendo el 2016 el año con el nivel más alto de vibración.
- Se evaluaron los resultados del nivel de vibración en el cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, con la normativa vigente R.M. 480- 2008- MINSA y D.S. N° 024- 2016- EM y su modificatoria D.S. N° 023-2017- EM, durante los años 2016, 2018 y 2019 los cuales estuvieron por debajo de los límites establecidos de  $0.7 \text{ m/s}^2$ ; esto debido al buen mantenimiento de la maquinaria y las vías de transporte.
- Se realizó la propuesta de las medidas de prevención, seguimiento, evaluación y monitoreo de los controles de niveles de vibraciones transmitidas al cuerpo entero de los operarios de camiones gigantes y maquinarias auxiliares, con la finalidad de registrar el comportamiento de los niveles de vibraciones de los camiones gigantes y maquinarias auxiliares en el transcurso de las actividades para velar por la salud de los trabajadores y el cumplimiento de las normativas establecidas.

## REFERENCIAS

- Alfaro, J. (2016).” *Programa para el control de la exposición a vibraciones de cuerpo entero en los operadores de montacargas del complejo portuario Gastón Kogán, JAPDEVA, limón, Costa rica*”. (tesis pre grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
- Apud, E. & Meyer, F. (2017). “*La importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud*”. Vol 9. Concepción, Chile.
- Benitez, N. (2011). “*Medición y análisis de señales de vibraciones mecánicas y su efecto en la salud y el confort*”. (tesis maestría). Instituto Politécnico Nacional. México.
- Griffin, J. (1990). “*Vibraciones*”, recuperado de: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtu1o+50.+Vibraciones>
- Lasluisa, E, (2017). “*Evaluación de vibraciones de cuerpo completo en los trabajadores que manipulan el equipo caminero del H. Gobierno Provincial de Tungurahua*”. (tesis pre grado). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Manual de operación y mantenimiento Tractor de Oruga Caterpillar D9R- D10R, recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/214942656/Manual-Operacion-Mantenimiento-Tractor-Oruga-d10r-Caterpillar>

Manual de operación y mantenimiento Cargador de ruedas Caterpillar 966H,  
recuperado de: [https://es.scribd.com/doc/166660633/Manual-](https://es.scribd.com/doc/166660633/Manual-Operacion-Mantenimiento-Cargador-966h-972h-Caterpillar)

[Operacion-Mantenimiento-Cargador-966h-972h-Caterpillar](https://es.scribd.com/doc/166660633/Manual-Operacion-Mantenimiento-Cargador-966h-972h-Caterpillar)

Manual de operación y mantenimiento Caterpillar Motoniveladora 14H, recuperado  
de: <https://es.slideshare.net/oro5cocatt/manual-de-partes-140-h>

Ministerio de Energía y Minas. (2010). “*Guía N° 03 de Monitoreo de vibraciones*”,  
recuperado de : [http://www.gruposasperu.com/wp/wp-](http://www.gruposasperu.com/wp/wp-content/uploads/2016/06/DS-055-2010-EM-Guia-3.pdf)  
[content/uploads/2016/06/DS-055-2010-EM-Guia-3.pdf](http://www.gruposasperu.com/wp/wp-content/uploads/2016/06/DS-055-2010-EM-Guia-3.pdf)

Ministerio de Energía y Minas. (2017). “*Reglamento de seguridad y salud ocupacional en Minería*”, recuperado de:  
[http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLI-](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/LIBROS/RSSO_2017.pdf)  
[CACIONES/LIBROS/RSSO\\_2017.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Mineria/PUBLICACIONES/LIBROS/RSSO_2017.pdf)

Palella, S. & Martins, F. (2012). “*Metodología de la investigación cuantitativa*”.  
Venezuela, recuperado de: [https://www.docsity.com/es/diseno-](https://www.docsity.com/es/diseno-tipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/)  
[tipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/](https://www.docsity.com/es/diseno-tipo-nivel-y-modalidad-de-palella-y-martins/2733947/)

Samudio, L. (2017). “*Vibraciones en equipos pesados en una empresa dedicada a la construcción*”. (tesis maestría). Universidad Internacional de  
Ciencia y Tecnología. Panamá.

Tamayo, L. (2019). “*Tipos de investigación*”, recuperado de:  
[https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/1909858](https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf)  
[9/tipos\\_de\\_investigacion.pdf](https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf)

Universidad de Concepción, Codelco. (2009). “*Ergonomía para la industria minera*”,

recuperado

de:

[http://ergopar.istas.net/ficheros/documentos/Leon\\_M%2C2011.](http://ergopar.istas.net/ficheros/documentos/Leon_M%2C2011.)

[Ergonomia\\_Participativa\\_Cajeras.pdf](#)

Valdiviezo, A. (2014). “*Estudio de vibración producida por maquinaria minera en la salud de los trabajadores en la unidad minera BREAPAMPA*”.

(tesis pre grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.

Vargas, R. (2009). “*La Investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica*”. Vol. (33), p.161.

## ANEXOS

ANEXO N° 01: Formato de monitoreo de vibraciones en los camiones gigantes.

DATOS DEL PERSONAL				DATOS DE MAQUINARIA							
<b>NOMBRE DEL OPERADOR:</b> .....				<b>MODELO:</b>	CAT 793 C	<b>COD.INTERNO:</b>	HT116	<b>TIPO DE COMBUSTIBLE:</b>	DIESEL		
<b>D.N.I:</b> .....		<b>EDAD:</b> .....		<b>MARCA:</b>	Caterpillar	<b>TIPO DE MAQUINARIA:</b>	Camión de Carga	<b>TIPO DE NEUMÁTICOS:</b>	Caucho		
<b>TT/HT:</b> ..... 10 años 8:00 a.m - 8:00 pm / Régimen: 4x4				<b>N° DE SERIE:</b>	ATY00687	<b>PROG. MANTENIMIENTO:</b>	si/ cada 15 días aprox.	<b>C/S CABINA:</b>	C/C	2	
<b>PUESTO-CARGO:</b> Operador de maquinaria pesada											

DATOS DE CAMPO				DATOS DE VIBRACIÓN				OBSERVACIONES		
N° MONIT.	HORA INICIO	HORA FINAL	ACTIVIDAD	EJE Wh.(m/s <sup>2</sup> )			ARCHIVO	T.MON (min)	Velocidad (km/h)	Peso de carga (Tn)
				X	Y	Z				
1	07:59	08:11	Traslado desde Cambio de Guardia Ornamo hasta Tajo la Quinoa pala 6	0.217	0.260	0.486	@RES894	00:12:00	min 13km/h máx.31km/h	
2	08:11	08:16	Espera para el cargado de desmonte en Tajo la Quinoa	0.105	0.087	0.251	@RES895	00:05:00	min 00km/h máx. 00km/h	
3	08:16	08:22	Cargado de desmonte en Tajo la Quinoa	0.136	0.174	0.129	@RES896	00:06:00	min 00km/h máx. 00km/h	
4	08:22	08:37	Traslado de desmonte desde Tajo la Quinoa hasta Botadero LIFT-11	0.219	0.289	0.374	@RES897	00:15:00	min 09km/h máx.15km/h	238TN
5	08:37	08:38	Descarga de desmonte en Botadero LIFT-11	0.231	0.224	0.237	@RES898	00:01:00	min 00km/h máx. 00km/h	
6	08:38	08:46	Traslado desde Botadero LIFT-11 hasta Tajo la Quinoa pala 7	0.461	0.446	0.747	@RES899	00:08:00	min 08km/h máx. 42km/h	
7	08:46	08:51	Espera para el cargado de desmonte en Tajo la Quinoa	0.195	0.176	0.199	@RES900	00:05:00	min 00km/h máx. 00km/h	

Fuente: Área de mantenimiento.

ANEXO N° 02: Formato de monitoreo de vibraciones en maquinaria auxiliar.

DATOS DEL PERSONAL					DATOS DE MAQUINARIA								
NOMBRE DEL OPERADOR: .....					MODELO:	D11R	COD.INTERNO:	DZ7001B	TIPO DE COMBUSTIBLE:	PETROLEO			
D.N.I: .....					MARCA:	Caterpillar	TIPO DE MAQUINARIA:	TRACTOR DE ORUGA	TIPO DE NEUMÁTICOS:	ORUGA			
EDAD: .....					N° DE SERIE:		PROG. MANTENIMIENTO:		C/S CABINA:	SIN CABINA			
TT/HT: 10 AÑOS- 8:00 a.m. a 8:00 pm / Régimen: 4x4					AÑO:		TIPO DE MOTOR:		ASIENTO:	CONSERVADO			
PUESTO-CARGO: Operador de tractor oruga.													
DATOS DE CAMPO					DATOS DE VIBRACIÓN					OBSERVACIONES			
N° MONIT.	HORA INICIO	HORA FINAL	ACTIVIDADES	COD. FOTO	COD. VIDEO	EIE Wh.(m/s <sup>2</sup> )			ARCHIVO	T.MON (min)	Velocidad (km/h)	Peso de carga (Tn)	
						X	Y	Z					
1	09:20	10:44	Da inicio a sus labores de empuje de descargas de material en el Lift13 en Tajo Yanacocha y se traslada a Lift11 cortos en su frente de trabajo.	X		0.480	0.367	0.301	@RES254	01:24:00	15 Km/h	10 T	
2	10:44	11:39	Continúa con sus labores de empuje de descarga de material en el Lift 11 en Tajo Yanacocha.			0.466	0.344	0.261	@RES255	01:15:00	15 Km/h	10 T	
3	11:39	12:39	Se estaciona para que le recarguen de combustible luego continúa con sus actividades de empuje de descarga de material.			0.366	0.278	0.227	@RES256	00:40:00	10 Km/h	10 T	
4	12:39	15:26	Almuerzo			0.000	0.000	0.000	-----	02:47:36	-----	-----	
5	15:26	16:27	Retorna a sus labores en el Hoper el empuje de material de descarga y luego se traslada a Lift 10 en Tajo Yanacocha.			0.290	0.235	0.205	@RES257	01:00:24	15 Km/h	10 T	
6	16:27	17:23	Continúa con sus actividades de empuje de material de descarga en el Lift 10.			0.562	0.466	0.300	@RES258	00:56:00	15 Km/h	10 T	
7	17:23	18:05	Continúa con sus actividades de empuje de material de descarga en el Lift 10.			0.545	0.450	0.317	@RES259	00:42:00	-----	-----	
8	18:05	18:50	Continúa con sus actividades de empuje de material de descarga en el Lift 10 hasta cambio de guardia.			0.443	0.399	0.328	@RES260	00:45:00	-----	-----	

Fuente: Área de mantenimiento.

ANEXO N° 03: RM-480-2008-MINSA. NORMA TÉCNICA DE SALUD QUE ESTABLECE EL LISTADO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES.

MTS N° 066 - MINSADGSP - Y.1

NORMA TÉCNICA DE SALUD QUE ESTABLECE EL LISTADO DE ENFERMEDADES PROFESIONALES

 M. Arce R.  S. Reyes N.  P. ARABO B.	T75.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Afectación vascular: fenómeno de Raynaud o síndrome angioneurótico: episodios de dedos blancos, predominantemente en dedos índice y medio, acompañados de calambres en la mano y disminución de la sensibilidad, favorecidos por el frío.</li> <li>Afectación neurológica: neuropatía con parestias y entumecimiento de los dedos, pérdida de la discriminación sensitiva.</li> <li>Afectación osteoarticular: confirmada por radiografía.</li> <li>Afectación de los huesos del carpo: Necrosis del semilunar. Enfermedad de Kienböck; Osteonecrosis del escafoides.</li> <li>Artrosis hiperostotante del codo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajos en los que se produzcan: vibraciones transmitidas a la mano y al brazo por gran número de máquinas o por cojinetes mantenidos sobre una superficie vibrante (gama de frecuencia de 25 a 250 Hz), como son aquellos en los que se manejan maquinarias que transmitan vibraciones como martillo neumático, punzones, taladros, taladros a percusión, perforadoras, pulidoras, esmeriles, sierras mecánicas, desbrozadores.</li> <li>Utilización de remachadoras y pistolas de sellado.</li> <li>Trabajos que exponen al apoyo del talón de la mano de forma reiterativa, percutiendo sobre un plano fijo y rígido así como los choques transmitidos a la eminencia hipotenar por una herramienta percutante.</li> </ul>
Enfermedades provocadas por vibraciones repetidas de transmisión vertical	T75.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Discopatías de columna dorsolumbar.</li> </ul>	Trabajos que supongan una exposición diaria a la vibración de todo el cuerpo por encima de 0,7 m/s <sup>2</sup> como son: <ul style="list-style-type: none"> <li>Conductores de vehículos todo terreno (obras públicas, tractores), conductores de carretillas elevadoras, camiones, autobuses, pilotos de helicópteros y tripulación de barco.</li> </ul>
Enfermedades provocadas por posturas forzadas y movimientos repetitivos en el trabajo	M70	a) Enfermedades de las bolsas serosas debidas a la presión, celulitis subcutáneas, como: <ul style="list-style-type: none"> <li>Higroma ó bursitis aguda ó</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajos que requieran habitualmente de una posición de rodillas mantenidas como son</li> </ul>



ANEXO N° 05: Especificaciones técnicas de la Motoniveladora CAT.

## Especificaciones de la motoniveladora 24M

### Motor – Según las normas de la Tier 4 Interim de la EPA de EE.UU.\*

Potencia base (todas las velocidades): neta	397 kW	533 hp
Potencia base (todas las velocidades): neta (métrica)		540 hp
Modelo del motor	Cat® C18 ACERT™	
Cilindrada	18,1 L	1.104,5 pulg <sup>3</sup>
Calibre	145 mm	5,7"
Carrera	183 mm	7,2"
Par máximo	2.389 N·m	1.762 lb·pie
Velocidad a potencial nominal	1.800 rpm	
Número de cilindros	6	
Reducción de potencia por altitud	1.676,0 m	5.500'
Velocidad del ventilador: estándar		
Máxima	1.325 rpm	
Mínimo	60 rpm	
Capacidad ambiental: estándar	50 °C	122 °F

\* Para EE.UU. y Canadá, cumple con las normas de motor con flexibilidad de EPA/ARB o las normas de motor certificado Tier 4 Interim de la EPA/ARB AB&T (Tier 3, motor de uso de crédito). Para la UE, cumple con las normas de motor certificado Stage IIIA de la Unión Europea.

Nota: para todas las otras regiones reguladas, el motor cumple con las normas de emisión no actualizadas de la EPA Tier 3 de EE. UU y las Stage IIIA de la UE.

- La potencia neta se prueba de acuerdo con las normas ISO 9249, SAE J1349 y EEC 80/1269 vigentes en el momento de la fabricación.
- La potencia neta publicada es la potencia disponible para una velocidad nominal de 1.800 rpm, medida en el volante cuando el motor está equipado con ventilador que opera a mínima velocidad, filtro de aire, silenciador y alternador.
- La potencia declarada según ISO 14396 es 398 kW.

### Motor – Tier 0\*

Potencia base (todas las velocidades): neta	397 kW	533 hp
Potencia base (todas las velocidades): neta (métrica)		540 hp
Modelo del motor	Cat C18 ACERT	
Cilindrada	18,1 L	1.104,5 pulg <sup>3</sup>
Calibre	145 mm	5,7"
Carrera	183 mm	7,2"
Par máximo	2.389 N·m	1.762 lb·pie
Velocidad a potencial nominal	1.800 rpm	
Número de cilindros	6	
Reducción de potencia por altitud	3.048 m	10.000'
Velocidad del ventilador: estándar		
Máxima	1.325 rpm	
Mínimo	60 rpm	
Capacidad ambiental: estándar	50 °C	122 °F

\* Para todas las regiones no reguladas, los motores son aptos para regiones no sujetas a normas de emisiones.

• La potencia neta se prueba de acuerdo con las normas ISO 9249, SAE J1349 y EEC 80/1269 vigentes en el momento de la fabricación.

- La potencia neta publicada es la potencia disponible para una velocidad nominal de 1.800 rpm, medida en el volante cuando el motor está equipado con ventilador que opera a mínima velocidad, filtro de aire, silenciador y alternador.
- La potencia declarada según ISO 14396 es 398 kW.

### Tren de fuerza

Marchas de avance/retroceso	6 de avance/3 de retroceso
Transmisión	Automática, servotransmisión electrónica
Frenos	
Servicio	Accionado por aceite, disco en aceite
Superficie de servicio	101.508 cm <sup>2</sup> 15.733 pulg <sup>2</sup>
Estacionamiento	Se conectan por resorte y se liberan hidráulicamente.
Secundario	Accionado por aceite, disco en aceite

### Sistema hidráulico

Tipo de circuito	Electrohidráulico con detección de carga, centro cerrado
Tipo de bomba	Pistón variable
Rendimiento de la bomba	537 L/min 142 gal EE.UU./min
Presión máxima del sistema	24.150 kPa 3.500 lb/pulg <sup>2</sup>
Presión de respaldo	3.100 kPa 450 lb/pulg <sup>2</sup>

- Rendimiento de la bomba medido a 2.100 rpm.

### Especificaciones de operación

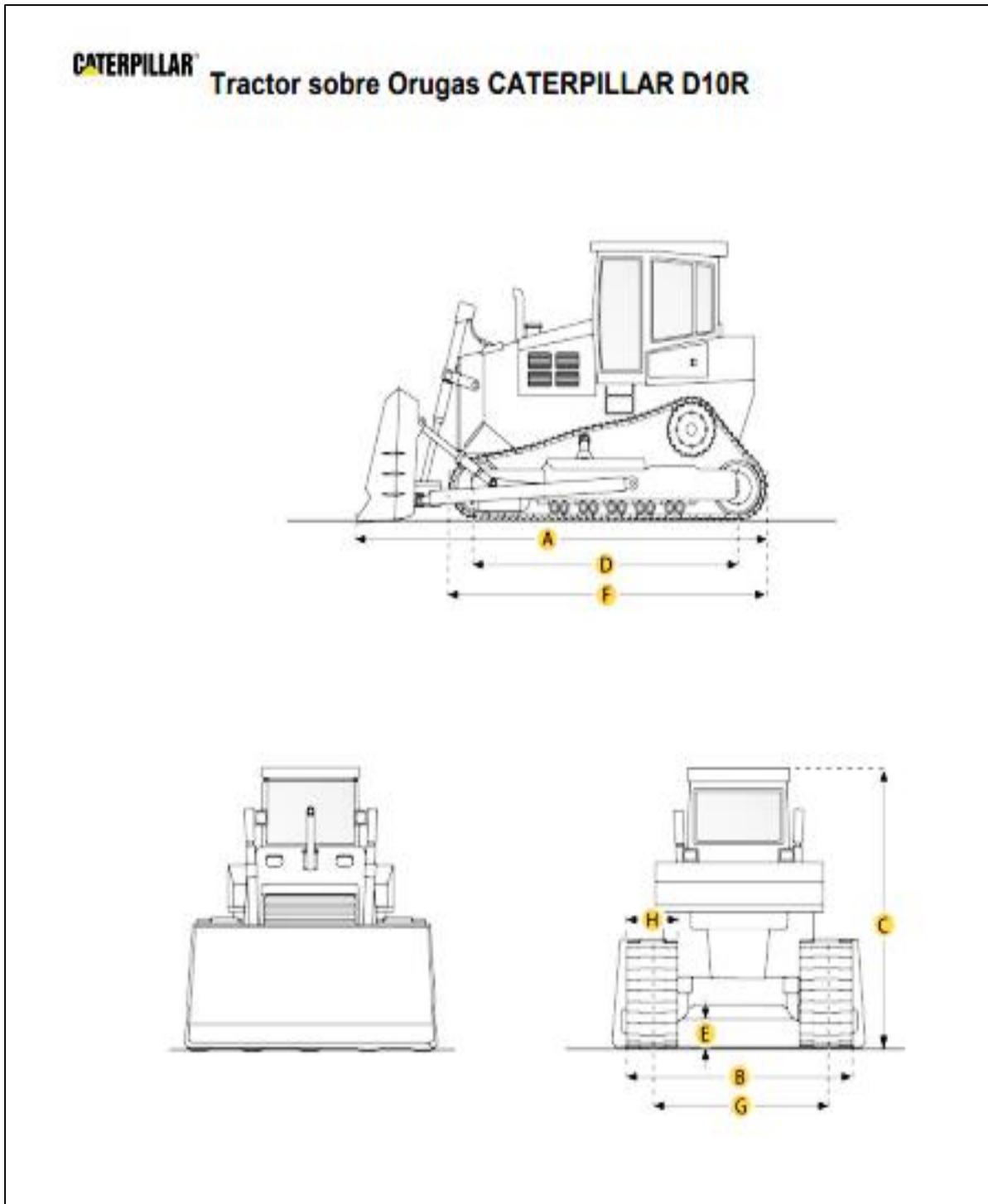
Velocidad máxima		
Hacia adelante	40,9 km/h	25,4 mph
Retroceso	39,2 km/h	24,4 mph
Radio de giro (neumáticos delanteros exteriores)	12,4 m	40' 9"
Gama de dirección: izquierda/derecha	47,5°	
Ángulo de articulación: izquierda o derecha	25°	
Hacia adelante		
1.*	3,5 km/h	2,2 mph
2.*	5,4 km/h	3,4 mph
3.*	9,2 km/h	5,7 mph
4.*	14,2 km/h	8,8 mph
5.*	26,4 km/h	16,4 mph
6.*	40,9 km/h	25,4 mph
Retroceso		
1.*	5,2 km/h	3,2 mph
2.*	13,6 km/h	8,5 mph
3.*	39,2 km/h	24,4 mph

- La velocidad de la máquina se mide a 2.100 rpm del motor con neumáticos radiales 29.5R29, sin resbalones.

Fuente: Ficha técnica Motoniveladora CAT.

ANEXO N° 06: Especificaciones técnicas del Tractor Oruga CAT D10R.

<b>Dimensiones</b>	
Peso operativo	65403.5 Kg
A. Longitud con cuchilla	775.4 cm
B. Anchura desde pistas	316.0 cm
C. Altura a la cabina	410.0 cm
D. Longitud de la cadena en suelo	388.0 cm
E. Distancia libre de piso a máquina	61.5 cm
F. Longitud sin cuchilla	533.1 cm
G. Ancho de vía	255.0 cm
H. Tamaño estándar de la pista	61.0 cm
Altura de bote	211.9 cm
Ancho de bote	526.3 cm
Capacidad de bote	22 m3
Profundidad de excavación	67.4 cm
Alternador	75 amps
Capacidad de aceite de motor	60 Lt
Capacidad de aceite del tren motriz	189 Lt
Capacidad de bombeo de aceite hidráulico	408.8 L/min
Capacidad de refrigerante	132 Lt
Capacidad de sistema hidráulico	108 Lt
Capacidad de tanque de combustible	1109 Lt
Capacidad final de aceite de accionamiento	23 Lt
Voltaje	24 V
Aspiración	TURBOCHARGED
Desplazamiento de motor	27 Lt
Marca de motor	CATERPILLAR
Modelo	3412E
Número de cilindros	12
Potencia bruta	613 Hp
Potencia neta	570 Hp
Revoluciones del motor	1900 rpm
Número de marchas adelante	3
Número de marchas de reversa	3
Tipo de transmisión	POWERSHIFT
Velocidad máxima adelante	12.4 Km/h
Velocidad máxima de reversa	15.6 Km/h
Área de contacto con suelo	4.7 m2
Número de rodillos de cadena (oruga) por lado	8
Presión de suelo	20 Psi
Tamaño de pista estándar	61.0 cm



Fuente: Ficha técnica Tractor Oruga CAT.

ANEXO N° 07: Galería de fotos de las testistas



Foto 1. Bachiller Katherine Chilón Uceda



Foto 2. Bachiller Brenda Antinori Vásquez



Foto 3. Excavadora CAT 320



Foto 4. Recogiendo información del operador de la Excavadora



Foto 5. Cama baja Volvo



Foto 6. Recogiendo información del operador de la cama baja



Foto 7. Tractor CAT D8T



Foto 8. Recogiendo información del operador del tractor