



## **FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANO**

**Trabajo de fin de Carrera titulado:**

**INCIDENCIA DE LA VIBRACIÓN PROVENIENTE  
DE LA TRONZADORA “STHIL TS 440” EN LAS  
ARTICULACIONES MANO-BRAZO DEL  
OPERADOR DURANTE ACTIVIDAD DE CORTE DE  
ROCAS PARA LA RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.**

**Realizado por:**

MUÑOZ VALENCIA DIEGO FERNANDO

**Director del proyecto:**

RODRIGUEZ ELIZALDE RUBEN

**Como requisito para la obtención del título de:**

ESPECIALISTA EN SEGURIDAD MINERA

QUITO, 30 de septiembre de 2021

## DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, Diego Fernando Muñoz Valencia, ecuatoriano, con Cédula de ciudadanía N° 1723661110, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional, y se basa en las referencias bibliográficas descritas en este documento.

A través de esta declaración, cedo los derechos de propiedad intelectual a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y normativa institucional vigente.

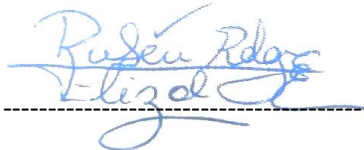


-----  
Diego Fernando Muñoz Valencia

C.I.: 1723661110

## DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Ing. Rodríguez Elizalde Rubén MSc.

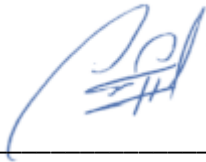
Director

**LOS PROFESORES INFORMANTES:**

Ing. Javier Goyes MSc

Ing. Andrés Ycaza MSc

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



Ing. Javier Goyes MSc



Ing. Andrés Ycaza Msc

Quito, 30 de Septiembre de 2021

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



-----  
Diego Fernando Muñoz Valencia

C.I.: 1723661110

## ÍNDICE

<b>0</b>	<b>DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1</b>	<b>RESUMEN / ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
2.1	Exposición al ruido y vibraciones .....	12
2.2	Riesgo por las vibraciones mano-brazo.....	13
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>16</b>
3.1	Objetivo general.....	16
3.2	Objetivos específicos.....	16
<b>4</b>	<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>17</b>
4.1	Vibración mano-brazo producida por una máquina tronadora (STIHL TS 440) 18	
4.1.1	Exposición profesional a vibraciones mano-brazo.....	18
4.1.2	Biodinámica y efectos de las vibraciones mano-brazo .....	19
4.1.3	Equipos de Protección Personal (EPP), para operadores de la máquina tronadora.....	20
4.2	Otros agentes detectados durante la investigación .....	20
4.2.1	Ruido .....	20
4.2.2	Equipos de Protección Personal (EPP), para ruido.....	21
4.3	Marco legal aplicable.....	22
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>22</b>
5.1	Aplicación de la Norma UNE-EN-ISO 5349-2:2002 .....	23
5.1.1	Noma UNE-EN-ISO 5349-2:2002 .....	23
5.1.2	Medición de aceleración de herramienta a utilizar.....	24
5.2	Equipo de medición .....	24
5.2.1	Fórmulas de aplicación en Vibraciones .....	25
5.2.2	Tiempo de medición .....	26
5.2.3	Sistema de fijación de equipo.....	26
5.3	Selección de muestra y tiempos de muestreo .....	26
5.4	Descripción de la maquina analizada.....	27

5.4.1	Tronzadora Sthil TS 440 .....	27
5.4.2	Vibración de la máquina tronzadora .....	27
6	RESULTADOS .....	28
6.1	Resultados obtenidos de la evaluación de vibración mano-brazo .....	29
6.1.1	Medición de vibración Mano-Brazo .....	30
6.1.2	Comparativo de vibración .....	30
6.2	Nivel de ruido generado por la máquina tronzadora .....	31
7	CONCLUSIONES .....	31
8	BIBLIOGRAFÍA.....	33
9	ANEXOS.....	35
9.1	Manual de Tronzadora STIHL .....	35
9.2	Encuesta propuesta.....	36
9.3	Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación de riesgo NTP 839 ....	37
9.4	Vibraciones Mecánicas. Medición y Evaluación de la Exposición Humana a las Vibraciones Trasmitidas por la Mano. NTE INEN-ISO 5349-2. ECUADOR.....	39

## Índice de Tablas

Tabla 1	Valores límites permisibles.....	19
Tabla 2	Equipos de Protección Personal (EPP), para operadores de la máquina tronzadora .....	20
Tabla 3	Equipos de Protección Personal (EPP), para ruido.....	22
Tabla 4	Acciones correctivas.....	29
Tabla 5	Resultados obtenidos en evaluaciones vibración.....	30
Tabla 6	Comparativo de vibración .....	31

## Índice de imágenes

Imagen 1	Ejes para medir vibraciones.....	24
Imagen 2	Coordenadas .....	24
Imagen 3	Datos de equipo.....	25
Imagen 4	Acelerómetro AC-031.....	25
Imagen 5	Tronzadora Stihl TS 440.....	27
Imagen 6	Resultados de medición.....	31



## 0 DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo, Diego Fernando Muñoz Valencia, con Cédula de Ciudadanía de la Republica del Ecuador N.º 172366111-0, estudiante cursante de la Especialización en Seguridad Minera, DECLARO que el Proyecto de Investigación con título: **“INCIDENCIA DE LA VIBRACION PROVENIENTE DE LA TRONZADORA ‘STIHL TS-440’ EN LAS ARTICULACIONES BRAZO MANO DEL OPERADOR DURANTE ACTIVIDAD DE CORTE DE ROCAS PARA LA RECOLECCION DE MUESTRAS”** es fruto exclusivamente de mi esfuerzo intelectual y que no he empleado para su realización medios ilícitos, ni he incluido en él material publicado o escrito por otra persona sin mencionar la correspondiente autoría. En este sentido, confirmo específicamente que las fuentes que haya podido emplear para la realización de dicho trabajo, si las hubiere, están correctamente referenciadas en el cuerpo del texto, en forma de cita y en la bibliografía final.

Asimismo, declaro conocer y aceptar que el plagio del Proyecto, entendido como presentación de un trabajo ajeno o la copia de textos sin citar su procedencia y considerándolos como de elaboración propia, al vulnerar el Reglamento del Alumno, conllevará automáticamente la calificación de “suspenso” (0) tanto en convocatoria ordinaria como en convocatoria extraordinaria, así como el resto de consecuencias establecidas en el Reglamento ya referido.

Del mismo modo, el alumno abajo firmante asume que el fin de este Proyecto es puramente didáctico y pedagógico, no pudiendo ser utilizado para otro fin distinto del mismo, siendo el alumno abajo firmante el único responsable de las consecuencias que tuviera el incumplimiento de esta premisa.

En Quito, Ecuador a los 15 días del mes de agosto de 2021.



---

Diego Fernando Muñoz Valencia

C.I, 172366111-0

## 1 RESUMEN / ABSTRACT

El área industrial, donde el uso de maquinaria tecnificada y actualizada es de capital importancia, ha permitido que todos los grupos humanos tengan acceso todo tipo de herramientas de trabajo. Algunas de ellas, diseñadas y fabricadas bajo altos estándares de tecnología, permiten emplear solo una mano para su operación. Otras, sin embargo, requieren de ambas manos, incluso esfuerzo de palanca para poder emplearlas de forma efectiva. Todas ellas producen algún tipo de vibración; desde los útiles implementos Dremel como los taladros empleados en la industria de la construcción, los cuales requieren de cierta condición física para su operación.

La presente investigación pretende analizar la incidencia de este último grupo de herramientas, aquellas que necesitan ambas manos para ser operadas y que producen una vibración que pudiese provocar enfermedades del tipo ocupacional. Específicamente, se hace referencia al uso de la Tronzadora Stihl TS440, utilizada en la industria minera en los procesos de corte de rocas para muestras. El uso de esta tronzadora puede causar el conocido Síndrome Vibratorio mano-brazo, el cual afecta las articulaciones del codo y del hombro del operador.

Mediante una investigación del tipo descriptivo se detallará el síndrome antes mencionado, se recogerá información mediante la aplicación de un un medidor de vibración marca CESVA modelo VC431 y un Acelerómetro AC031 mediante períodos de trabajo seleccionados. Se obtendrán resultados acordes a los estándares del INEN los cuales permitirán llegar a conclusiones y a la elaboración de recomendaciones para reducir los efectos de la vibración en el conjunto brazo-mano.

**Palabras Clave: Vibración, Síndrome Mano-Brazo, Enfermedad Ocupacional, Medición.**

### ABSTRACT

The industrial area, where the use of modernized and modern machinery is of capital importance, has allowed all human groups to have access to all kinds of work tools. Some of them, designed and manufactured under high technology standards, allow only one hand to be used for their operation. Others, however, require both hands, even lever effort, to be able to use them effectively. All of them produce some type of vibration; from the useful Dremel implements such as drills used in the construction industry, which require a certain physical condition for their operation.

This research aims to analyze the incidence of this last group of tools, those that need both hands to be operated and that produce a vibration that could cause occupational diseases. Specifically, reference is made to the use of the Stihl TS440 Crosscut Saw, used in the mining industry in rock cutting processes for samples. The use of this saw can cause the well-known Hand-Arm Vibratory Syndrome, which affects the elbow and shoulder joints of the operator.

Through a descriptive investigation, the mentioned syndrome will be detailed, information will be collected by applying a CESVA model VC431 vibration meter and an AC031 accelerometer through selected work periods. Results will be obtained in

accordance with the INEN ISO standards, which will allow to reach conclusions and the elaboration of recommendations to reduce the effects of vibration in the arm-hand group.

**Key Words: Vibration, Hand-Arm Syndrome, Occupational Disease, Measurement.**

## 2 INTRODUCCIÓN

### 2.1 Exposición al ruido y vibraciones

Las máquinas herramientas, sobre todo las empleadas en la construcción y en la minería, cualquiera sea su índole, transmiten vibraciones de diferente intensidad a las manos y brazos de los operarios. Máquinas aserradoras manuales, eléctricas o las que son accionadas por motores de combustión interna, aplanadoras y taladros neumáticos. Todas ellas requieren de un operario con buena condición física para su efectiva manipulación.

Ahora bien, el efecto vibratorio al cual son expuestos estos operarios durante períodos largos o consecutivos de tiempo “puede afectar sólo a una extremidad o a las dos de manera simultánea, transmitiéndose por la mano, por efectos de sujeción, el brazo, habida cuenta de su papel de apoyo y finalmente al hombro, por ser la conexión al cuerpo.” (INEN, 2014).

Acorde a los estudios hechos por Griffin y colaboradores, “...hay plena demostración de la afectación de nervios, huesos, articulaciones, músculos y tejido conjuntivos de la mano y el antebrazo como causa del uso prolongado y habitual de instrumentos que originan vibración” (Griffin, 2014).

Son numerosas las actividades laborales que suponen una exposición prolongada a vibraciones mecánicas las cuales son transmitidas al sistema mano-brazo. “El uso de herramientas manuales rotativas, alternativas o percutoras son las fuentes principales de la exposición laboral a vibraciones mecánicas en el área de taller mecánico, construcción civil y operaciones”. (Santurio, Pérez y Rodríguez, 2006)

Por otra parte, es menester recordar que junto con la vibración producida por estas herramientas, existe el factor ruido, el cual trae sus consecuencias, al originar discomfort, disminución en las destrezas de comunicación, disposición negativa al trabajo, malestar corporal y, eventualmente, disminución notable en el rendimiento.

Entonces, la exposición continua al ruido y las vibraciones es considerada en el ámbito de la salud ocupacional como agente causante de dolencias y patologías de categoría profesional. Si un trabajador de la minería, en el caso que se presenta en este estudio, presenta síntomas que coinciden con el síndrome vibratorio mano-brazo, deben tenerse conocimientos que permitan evaluar de manera objetiva la dolencia, buscando al mismo tiempo, recursos que permitan prevenir enfermedades profesionales de índole incapacitante, cuyas consecuencias podrían visualizarse en un mediano plazo, o quizá en un plazo perentorio, dependiendo la frecuencia de exposición.

Como fenómeno, vibración se define como “el movimiento oscilatorio que hace una partícula en torno a su equilibrio.” (Hucke, 2010). Su naturaleza es transversa y sucede

perpendicularmente a la fuente de origen de la vibración. De igual manera, resalta el hecho que mediante este fenómeno hay transformación de energía cinética (de movimiento) en energía potencial elástica. Esta energía "...puede ser regular o aleatoria en dirección, frecuencia o intensidad, siendo la más frecuente las de carácter aleatorio." (INSHT, 2014).

Dicho esto, la vibración que reciba una persona podrá ser unidireccional con una sola frecuencia, o en varias direcciones y frecuencia, que es el caso de mayor presencia. Para los fines de la presente investigación, "...para definir la exposición a la vibración, habrá de tomarse en cuenta el tiempo de exposición". (INSHT, 2014).

Otro efecto a tener en cuenta es el de la resonancia, el cual se presenta como un fenómeno que se produce cuando "...a un cuerpo que vibra se le aplica una fuerza periódica cuyo periodo de vibración coincide con el del cuerpo humano, de esta forma se aumenta la amplitud de la vibración." (INSHT, 2014). A la frecuencia en la que ocurre este fenómeno se le denomina frecuencia de resonancia.

Para los efectos de la medición, se utilizará la aceleración, (m/s<sup>2</sup>), la velocidad, (m/s) y al igual que para el vector "ruido", se empleará el decibelio, (db).

Llegado a este punto, toca hablar de la herramienta que ocupa este estudio: La Tronzadora Marca "Stihl", modelo TS 440, la cual es utilizada en la industria minera para el corte de rocas y el subsecuente análisis de muestras. "...La vibración de esta tronzadora es causada por una fuerza interna producida por un motor a combustión y el movimiento del disco de corte." (Stihl,2020). En las vibraciones se produce un intercambio entre energía cinética y energía potencial elástica, como ya había sido tratado, y al ser de movimientos periódicos de mayor frecuencia que las oscilaciones "...suelen generar ondas sonoras lo cual constituye un proceso disipativo que consume energía, en este caso el consumo de energía lo hace el cuerpo humano, en especial la mano y el brazo, por ser una herramienta manual." (Senovilla, 2009)

## **2.2 Riesgo por las vibraciones mano-brazo.**

La Constitución de la República del Ecuador (2008), establece en su artículo 326, numeral 5, que *"Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, higiene y bienestar"*.

El Instrumento Andino de Seguridad y Salud, en su Capítulo 3, Artículo 11, indica que *"Las empresas elaborarán planes integrales de prevención de riesgos que comprenderán (...) al menos investigar y analizar los accidentes y enfermedades de trabajo, con el propósito de investigar las causas que los originaron y adoptar acciones correctivas y preventivas tendientes a evitar la ocurrencia de hechos similares."* (Instrumento Andino de Seguridad y Salud, 2004)

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores, según decreto ejecutivo 2393 del 17 de noviembre de 1986, en su Capítulo V, relativo al Medio Ambiente y Riesgos Laborales por factores físicos, químicos y biológicos, en su Art 55. Referido a los ruidos y vibraciones, inciso 8, dice: *“Las máquinas - Herramientas que originen vibraciones tales como martillos neumáticos, apisonadoras, remachadoras, compactadoras y vibradoras o similares, deberán estar provistas de dispositivos amortiguadores y al personal que los utilice se les proveerá de equipo de protección anti vibratorio. (...) Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audio métrico.”* (Reglamento de seguridad y salud Trabajadores, 198)

La precedente fundamentación legal justifica el presente estudio, habida cuenta de los riesgos laborales latentes al que los operarios de la maquina tronzadora Stihl TS-440 se encuentran expuestos, se hace necesario entonces evaluar la incidencia de la vibración producida por esta máquina herramienta en la adquisición del síndrome brazo-mano en los operarios.

En el área que corresponde a este estudio, la minería, resulta difícil lograr maquinaria para trabajar rocas que eliminen un buen porcentaje de ruido y vibración, habida cuenta que se trabaja con materiales que poseen diferentes estructuras y densidades. Es bueno hacer notar que los fabricantes han venido creando nuevas herramientas, cumpliendo con nuevos estándares de reducción de ruido como de vibraciones, no obstante, la transmisión de tales factores continua. Por consiguiente, los trabajadores de esta área están expuestos a la energía mecánica oscilatoria, la cual es transmitida a las extremidades superiores del cuerpo, exponiéndose inevitablemente al riesgo de contraer el síndrome brazo-mano.

Una de las herramientas empleadas para el corte de rocas para muestras es la Tronzadora Stihl, modelo TS 440, la cual debe ser operada con ambas manos. Esta máquina herramienta permite hacer cortes en las rocas y ya en ese aspecto no es difícil imaginarse la fuerza que hay que ejercer para operar la máquina, mantenerla en equilibrio y hacer la presión necesaria para lograr el corte preciso. Aquí, la vibración que produce la maquina es percibida por dedos, manos, brazo y antebrazo, por exposición.

Por otra parte, es menester exponer la definición de la exposición mano-brazo a la vibración mecánica la cual, “cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos, de articulaciones, nerviosos o musculares.” (Hucke,2010) La exposición a la vibración ocurre como proceso subsecuente del uso de la herramienta al contacto de la palma de las manos, a la superficie que vibra, por ejemplo, una maquinaria energizada o por su empleo con impacto contra otra superficie durante su funcionamiento normal.

El principal riesgo ante esta exposición es contraer el Síndrome Vibratorio Brazo-Mano, conocido como HAVS, por sus siglas en el Idioma Inglés (Hand-Arm Vibration Syndrome), el cual comprende, según (Rivas, 2018) de “varias manifestaciones que representan alteraciones en el funcionamiento de los vasos sanguíneos (dedos blancos), alteraciones en el sistema neurológico, causando el síndrome del Túnel Carpiano, y otras en el sistema músculo-esquelético como la enfermedad de Kienbock”.

El objeto del presente estudio está focalizado en la incidencia de la vibración que produce la Tronzadora Sthil TS 440 empleada a los fines de hacer cortes de rocas para muestras en la industria minera y su relación con el síndrome vibratorio brazo-mano. A pesar de emplearse elementos de protección y seguridad para el uso de la maquinaria descrita, tales como botas de protección, protectores auditivos y guantes de carnaza, entre otros, no se logra amortiguar debidamente los efectos sensoriales a los que el operador se expone al emplear esta máquina. El riesgo físico está presente en el momento del trabajo. Va entonces el presente trabajo como una humilde contribución al estudio de los elementos que constituyen un factor de adquisición de enfermedad laboral los cuales necesitan ser abordados con el objeto de aminorar riesgos y prevenir mayores consecuencias a mediano plazo.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar la incidencia de la vibración proveniente de la tronzadora (STIHL TS440) en las articulaciones mano-brazo del operador durante el corte de rocas para la recolección de muestras.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Identificar los riesgos laborales que puede generar la vibración mano brazo en el puesto de trabajo, teniendo en cuenta la magnitud, frecuencia y duración de la exposición.

Realizar la evaluación higiénica de la exposición a la vibración mano – brazo que genera la máquina tronzadora a los operadores.

Formular recomendaciones que permitan reducir la exposición de vibraciones excesivas, a fin de disminuir los efectos del síndrome de vibración mano-brazo.



## 4 ANTECEDENTES

A continuación se presentan varias investigaciones publicadas en fecha reciente, con estrecha relación al tema central del presente estudio, las cuales servirán para obtener algunos argumentos de apoyo necesarios:

**“SINDROME VIBRATORIO MANO BRAZO, REVISION LITERARIA”** Material publicado por el Dr. Pedro Javier Rivas (2018) editado por el Departamento de Medicina Legal de Costa Rica. En este trabajo se realiza un análisis del síndrome vibratorio brazo-mano, el cual es “un problema severo relacionado con la salud de los trabajadores y los sistemas de salud, especialmente en aquellas regiones más industrializadas del mundo”.

Se consulta este trabajo por ser un amplio estudio del síndrome causal al uso de herramientas que emiten vibraciones y son percibidas por el operario de la herramienta en cuestión.

**“RUIDO Y VIBRACIONES EN LA MAQUINARIA DE OBRA”** trabajo publicado por el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad de Madrid (2012). En este trabajo se concluye que “el ruido y las vibraciones tienen un origen común en la maquinaria, produciendo, cuando se generan niveles elevados, una sensación de disconfort a la que sucede una reducción de la seguridad y posibilidad de causar enfermedades profesionales.”

El trabajo antes citado contribuye con su contenido al estudio de algunas maquinarias utilizadas en la construcción, las cuales implican generación de ruido y vibración, aspectos tratados en el presente estudio, por lo tanto, se constituyen en material de relevancia.

**“ESTUDIO DE LA EXPOSICION A VIBRACIONES BRAZO-MANO CON MÁQUINAS-HERRAMIENTAS PORTÁTILES”**, trabajo presentado por Santurio, Argüelles y Rodríguez (2006), publicado por el Instituto Asturiano de Riesgos Laborales y la Universidad de Oviedo, España. La tesis concluye en que “el uso de herramientas manuales sometidos a vibración expone a las extremidades superiores de los trabajadores a niveles vibratoriales susceptibles de causar daños de diversa naturaleza, a medio o largo plazo.”

Se cita y consulta el trabajo mencionado por ser de especial relevancia y correspondencia con el tema que se estudia, abarcando un buen número de herramientas que producen vibración en el operador y exponen al riesgo.

#### **4.1 Vibración mano-brazo producida por una máquina tronadora (STIHL TS 440)**

La vibración de medias frecuencias generadas por las máquinas que generan vibración “provoca enfermedades de trabajo y la gravedad depende de la intensidad a la que se encuentra expuesto un trabajador” (Rivas,2018). Otro punto a considerar es el tiempo de la exposición y la dirección que tiene el movimiento vibratorio respecto al cuerpo.

La clasificación de los efectos que afectan al sistema mano-brazo por la máquina tronadora se estructura de la siguiente manera:

##### **Efectos agudos:**

**Malestar subjetivo:** Baja sensibilidad en los mecanorreceptores de la piel, y dolor cutáneo.

**Perturbación de la actividad:** Afectación de la sensibilidad, reducción de una percepción sensorial y la pérdida de la motricidad, la manipulación de objetos.

##### **Efectos no vasculares:**

**Esqueléticos:** Posible rigidez, hinchazón, artrosis de codo, deformidades articulares.

**Neurológicos:** Hormigueo y amortiguamiento de los dedos y manos, desensibilización en los receptores táctiles, síndrome del túnel carpiano y pérdida de fibra nerviosa.

**Musculares:** Dolores musculares, manos y brazos, debilidad muscular, fuerza de agarre disminuida.

##### **Efectos Vasculares:**

Síndrome de Raynaud: también denominado síndrome del dedo blanco, o dedo blanco inducido por vibraciones. (Rivas,2018)

##### **4.1.1 Exposición profesional a vibraciones mano-brazo**

El efecto que puede generar estas vibraciones por los equipos dependerá de la intensidad y la frecuencia. Una frecuencia baja está relacionada con enfermedades musculares y del esqueleto. Cuando existen frecuencias altas, pueden existir varios daños en el sistema periférico vascular y en el sistema nervioso (trastornos circulatorios en manos y dedos, adormecimiento y pérdida de la fuerza en las manos). Se debe

recalcar y tener presente que “cuando hay bajos niveles de la vibración se puede tener malestar y podemos tener una reducción de la productividad.” (Griffin, 2004)

En este sentido los límites permisibles de exposición a vibraciones esta daba por una herramienta metodológica donde se encuentran las Notas Técnicas de prevención 839 “Exposición a vibraciones mecánicas”, los límites permisibles se encuentran detallados en la Tabla 1.

	Valor que da lugar a una acción	Valor límite
Vibraciones transmitidas al sistema <b>mano-brazo</b>	2,5 m/s <sup>2</sup>	5 m/s <sup>2</sup>
Vibraciones transmitidas al <b>cuerpo entero</b>	0,5 m/s <sup>2</sup>	1,15 m/s <sup>2</sup>

**Tabla 1:** Valores límites permisibles(NTP 839, 2009)

#### 4.1.2 Biodinámica y efectos de las vibraciones mano-brazo

Según Griffin (2004), “existe una comprobación experimental sobre una complicada acción mecánica de las extremidades o partes superiores del cuerpo, debido a que el complejo sistema formado por el brazo y la mano capta sensorialmente las vibraciones, lo cual dependerá de los cambios de la frecuencia, dirección y amplitud de vibración” Las fuerzas aplicadas también dependen de la orientación del brazo y la mano con respecto al eje del estímulo, es decir depende de la máquina o herramienta que utiliza.

Algunos estudios biomecánicos han mostrado que la vibración de frecuencia por debajo de 50Hz, la disminución a lo largo del antebrazo y la mano es bastante débil. “La disminución de vibración en el codo dependerá de la posición que tenga el brazo, la transmisión disminuirá cuando el ángulo de flexión del codo aumenta.” (Griffin,2004)


Sobre los 50Hz la trasmisibilidad disminuye progresivamente, y al superar los 150 a 200 Hz la energía de vibración mayor se percibe en los dedos y en los tejidos de las manos. “Estas vibraciones llegan a ser responsables de los daños en las partes de las manos y en especial de los dedos, por otro lado, las vibraciones con baja frecuencia con gran amplitud podrían lesionar muñeca, codo y hombro.” (Griffin,2004)

Finalmente, las causas de las vibraciones en la salud dependerán de las características que tiene el operador de la máquina herramienta como es el sexo, la edad y los antecedentes médicos que pueda tener, de ahí el interés en “lograr una evaluación médica del operador antes de iniciar la actividad” (INSHT, 2014).

### 4.1.3 Equipos de Protección Personal (EPP), para operadores de la máquina tronadora

El equipo de protección personal para los operadores de la máquina tronadora será determinado en función de minimizar el riesgo, por ello, previo a la adquisición y la utilización del equipo de protección personal, la empresa deberá solicitar al proveedor las respectivas fichas técnicas de cada uno de los EPP para sus respectivas pruebas, independientemente de la marca que la empresa haga la adquisición.

En función de lo expuesto y una vez analizado el puesto de trabajo se determina el siguiente EPP, de acuerdo a lo señalado en la Tabla 2.

EPP	Descripción	Imagen
<b>Ropa</b>	La ropa deberá ser apropiada y no estorbar cuando se encuentre ejecutando la actividad. Deberá ponerse ropa ceñida al cuerpo o delantal amarillo.	
<b>Botas de caucho</b>	Las botas deberán ser de caucho con punta de acero de color amarillo.	
<b>Utilizar gafas</b>	Las gafas deberán ser transparentes para tener una mejor visualización al momento de realizar la actividad y ceñidas a los ojos.	
<b>Mascarilla</b>	Las mascarillas deben cubrir la nariz y boca de una manera correcta	
<b>Casco</b>	El casco debe proteger a la persona en caso de que hubiese caída de objetos al operador.	
<b>Guantes</b>	Los guantes deben ser de protección robusto de un material resiste de preferencia cuero.	

**Tabla 2** - Equipos de Protección Personal (EPP), para operadores de la máquina tronadora (Fuente: Stihl,2020)

## 4.2 Otros agentes detectados durante la investigación

### 4.2.1 Ruido

Durante el presente estudio se ha identificado que el ruido generado por la tronadora puede tener afectaciones a la salud durante el trabajo para lo cual se ha podido

identificar varios riesgos producidos por la exposición al ruido que tiene la persona. Acorde a la Sociedad Acústica Española (2018), se agrupan de la siguiente forma:

- **Trastornos auditivos:** Dificultades por tener una vida normal y puede afectar al habla de las personas.
- **Pérdida de la audición:** La pérdida de audición se da cuando tenemos una exposición prolongada de hasta 8 horas y a un ruido hasta de 70 dB.
- **Hipoacusia:** Es la disminución de la capacidad de escuchar sonidos por debajo de lo normal de manera irreversible es decir para toda la vida, esto se puede generar por el tiempo de exposición a un ruido.

Entre estos efectos, especialmente, la pérdida de la audición es irreversible. Es posible tener perturbaciones al momento de comunicarse, motivado al hecho que estas lesiones pueden llegar a las células sensoriales, las cuales al recibir ondas de frecuencias cercanas a los 4.000 ciclos por segundo, evidencian un deterioro en la fisiología que involucra la comunicación.

Es menester señalar que en los casos que los operadores usen los E.P.P. reglamentarios, tales como los tapones auditivos y las orejeras en diadema, en algunos casos, reflejan exceso de atenuación. Esto es que, al requerir comunicarse, tendrán que comunicarse por señas, quitarse el equipo por discomfort, usarlo inadecuadamente, o no escuchar alguna señal auditiva de alerta de peligro

Es importante que las personas que trabajan con este tipo de maquinaria tomen conciencia sobre los efectos causados por la exposición a sonidos con altos decibeles sin el uso de equipo de protección personal. “Se deberá hacer campañas con ayuda del estado central y la empresa privada, para aplicar y controlar con normativa adecuada, capacitar a los operadores de la máquina-herramienta, y tener medidas preventivas para la población.” (Sociedad Española de Acústica, 2018)

#### **4.2.2 Equipos de Protección Personal (EPP), para ruido.**

El ruido se convierte en un factor consecuente de la operación al utilizar o verse expuesto al uso de la tronadora, en función del grado de exposición de forma directa e indirecta, el equipo de protección personal que se debe utilizar son los elementos de protección auditiva (EPA), las propiedades que tienen estos equipos de protección es atenuar del sonido para poder prevenir daños en el interior del oído. El equipo de protección personal a utilizar se encuentra en la tabla 3.



EPP	Descripción	Imagen
Tapines auditivos	Los tapones auditivos deben ser de material suave para minimizar el ruido generado por la máquina.	
Orejas	Las orejas deberán ser puestas en el casco del operador.	

Tabla 3: Equipos de Protección Personal (EPP), para ruido (Fuente: Stihl, 2020)

### 4.3 Marco legal aplicable

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Notas técnicas de prevención 839. “Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación de Riesgos.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN. Norma Técnica Ecuatoriana “VIBRACIONES MECÁNICAS. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN HUMANA A LAS VIBRACIONES TRANSMITIDAS POR LA MANO. PARTE 2: GUÍA PRÁCTICA PARA LA MEDICIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO (ISO 5349-2:2001, IDT)”. NTE INEN-ISO 5349-2.

## 5 METODOLOGÍA

Esta parte del trabajo estará dedicada a describir y hacer comentarios referentes a los aspectos esenciales de los sistemas y aparatos sensores de vibración que se emplearon en la fase metodológica del presente proyecto, así como la toma de muestras para las vibraciones en diferentes puntos, lo que llevará a posteriores conclusiones y recomendaciones.

Aparte de la medición, será primordial establecer la diferencia entre vibraciones mano-brazo y las de cuerpo entero. Se preclasifican en el primer grupo, tomado en cuenta que la vibración proviene de una herramienta que es manipulada por ambos manos.

Para hacer la medición de vibraciones mano – brazo se utiliza el procedimiento específico cumpliendo la norma UNE-EN-ISO 5349-2:2002 título “Vibraciones mecánicas, medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano - brazo.” En dicha normativa explica los valores permisibles en evaluación de exposición a vibraciones en lapsos de ocho horas laborables.

## 5.1 Aplicación de la Norma UNE-EN-ISO 5349-2:2002

### 5.1.1 Norma UNE-EN-ISO 5349-2:2002

Esta norma tiene como requisitos diferentes formas para realizar mediciones que se van a tener que hacer en la operación dependiendo del puesto de trabajo y con esto se determina magnitudes y vibraciones y también determinar el tiempo de exposición.

Según la norma UNE-EN-ISO 5349:2, cuando vamos a realizar mediciones cortas de duración a equipos que son utilizados intermitentemente, se hacen las respectivas mediciones cuando se encuentren operando la herramienta. Para los tiempos de exposición no incluyen los tiempos de descanso o periodos muertos de la máquina. Se debe tener en cuenta el número de operadores y las operaciones que se encuentran realizando en la jornada de trabajo.

Para la medición de los niveles de vibración que encuentran los trabajadores expuestos son:

- Debe tener un muestreo y este deberá ser representativo del trabajador expuesto a una vibración mecánica; los equipos de medición deben adaptarse a las vibraciones mecánicas que van hacer medidas, al clima donde se va a realizar la medición.
- Cuando tenemos máquinas manuales deben sostenerse con las dos manos. Entonces, la medición debe realizarse en cada mano. La exposición se podrá determinar tomando como referencia al valor más alto.





### 5.1.2 Medición de aceleración de herramienta a utilizar

Las mediciones se hace en los tres ejes referenciales (x, y, z) de un sistema de coordenadas ortogonal definido en la primera norma (imagen 1). Para cada uno de los tres ejes de referencia para la obtención del valor de que tiene la aceleración continua es igual al ponderado en frecuencia ( $a_{hw_x}$   $a_{hw_y}$   $a_{hw_z}$ ) con esto podemos determinar el valor total de la aceleración equivalente tiene la siguiente fórmula.

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

Cuando se vaya a instalar el acelerómetro debe tener cuidado en hacerlo de manera que se pueda respetar la orientación de ejes de coordenadas (según figura). Se debe tomar en cuenta que existen herramientas que deben operar con las dos manos por lo que se debe medir y evaluar con referencia a la magnitud más dominante de las dos manos.

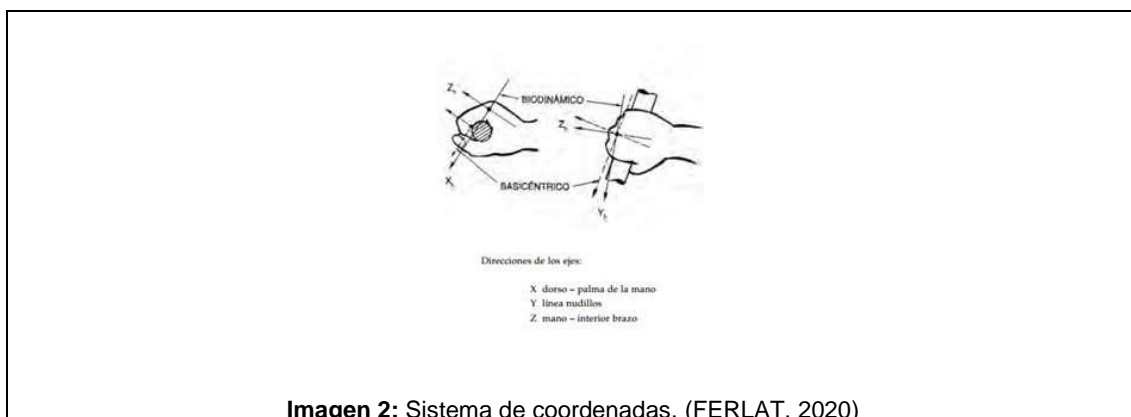


Imagen 2: Sistema de coordenadas. (FERLAT, 2020)

### 5.2 Equipo de medición

Para la medición de las vibraciones se utilizó un medidor de vibración marca CESVA modelo VC431 el cual es un dispositivo delicado y específicamente diseñado para la medición de las vibraciones, en este caso, las que se reflejan en el eje brazo-mano. El dispositivo permite la lectura de la señal del transductor y su frecuencia. De igual manera, trae como ventaja el poder registrar y almacenar valores de aceleración lineales.

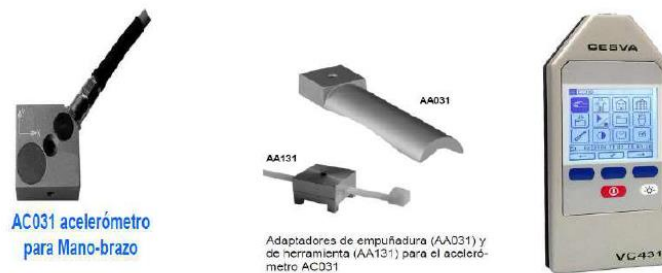
Mención aparte merece el Acelerómetro CESVA AC031, un dispositivo del tipo mono axial, motivado al hecho de registrar vibraciones de manera unidireccional, requiriendo varias mediciones en secuencia, por lo tanto, requiere de cambios de posición de toma.



Ambos dispositivos constituyen un vibrómetro, compacto y reducido, idóneo para el trabajo en zonas abiertas, como las requeridas en este caso, de campo abierto.

	<i>Medidor</i>	<i>Acelerómetro</i>	<i>Calibrador</i>	<i>Termohigrómetro</i>
<b>Marca:</b>	Cesva	Cesva	Cesva	Extech
<b>Modelo:</b>	VC431	AC031	CV211	45170
<b>Serie:</b>	T240002	906280	0960134	--
<b>Procedencia:</b>	España	España	España	--
<b>Calibrado:</b>	11/6/2019	11/6/2019	20/3/2020	3/8/2020
<b>Vigencia:</b>	11/6/2021	11/6/2021	20/3/2022	3/8/2021

**Imagen 3:** Datos de equipo (FERLAT, 2020)



**Imagen 4:** Acelerómetro AC031 y Medidor VC431 (FERLAT, 2020)

### 5.2.1 Fórmulas de aplicación en Vibraciones

El acelerómetro que se va a utilizar nos arroja lecturas de los tres ejes anteriormente detalladas, es decir x, y, z al mismo tiempo, con la legislación que se encuentra aplicando de utiliza la siguiente formula y podemos encontrar aceleración total con una ponderación de frecuencia de vibración.

$$A_{eq,Tt} = \sqrt{(A_{eq,x})^2 + (A_{eq,y})^2 + (A_{eq,z})^2}$$

Donde: Aeq,x , Aeq,y y Aeq,z son las medidas de aceleraciones de los ejes.

También se tiene una aceleración continua para los diferentes puestos de trabajo que se vayan a evaluar y analizar, porque al tener diferentes niveles de vibraciones equivalentes en la jornada de trabajo, se debe considerar la siguiente fórmula:

$$A_{eq,T_i} = \sqrt{\frac{[\sum (A_{eq,T_i})^2 T_i]}{\sum T_i}}$$

Donde:  $A_{eq,T}$  se convertirá en  $A_{eq,d}$  (aceleración diaria) cuando ( $T_i$ ) sea el tiempo de exposición en la jornada de trabajo.

### 5.2.2 Tiempo de medición

La medición se la realizará en las horas de operación de la máquina. La duración mínima de las mediciones depende de la instrumentación, caracterización y señal de la operación de la tronadora. Para trabajos normales debe ser al menos 1 minuto, por tal motivo, deben de tomarse al menos 3 muestras de 20 segundos cada una.

### 5.2.3 Sistema de fijación de equipo

Uno de los elementos básicos para la medición de vibraciones consiste en colocar correctamente el acelerómetro, para lo cual han de lograrse dos puntos de interés:

- 1) La norma UNE-EN ISO 5349-2 fija especificaciones acerca la posición del acelerómetro, sin embargo, la norma en sí reconoce la dificultad que supone el agarre del operario y el contacto con los contactos del dispositivo de medición.
- 2) Se debe procurar la unión rígida y directa entre el acelerómetro y la tronadora. Por tal motivo se colocará en la parte más directa y rígida de la máquina, especialmente en la zona de más agarre de la tronadora por el operario. La forma más segura es pegándolo temporalmente o atornillando.

La experiencia indica que podría ser necesario utilizar adaptadores que permitan otras formas de sujeción a la máquina herramienta. Pueden existir factores de incertidumbre ya que puede haber afectación entre la superficie vibrante y el contacto que hace la mano con la máquina, por lo que debe tomarse en cuenta esta observación.

## 5.3 Selección de muestra y tiempos de muestreo

La medición se la realizará durante las horas de producción. La duración mínima aceptada de las mediciones depende de la señal, instrumentación y características de la operación, por ejemplo para trabajos normales, el tiempo total de medida (es decir, el número de muestras multiplicada por la duración por cada medida) debe ser, al menos 1 minuto, deben de tomarse al menos 3 muestras de 20 segundos cada muestra.

Cuando los trabajos son de muy corta duración (es decir, menos de 8 segundos), se deben medir 4 muestras de 20 segundos con tiempo total de 00:01:20 min. Cuando es difícil realizar las mediciones durante el funcionamiento normal de la herramienta se pueden realizar mediciones de trabajos simulados, el tiempo de medición es de 20 segundos para cada muestra, se deben de medir 4 muestras.

## 5.4 Descripción de la máquina analizada.

### 5.4.1 Tronzadora Stihl TS 440

Esta máquina se denomina cortadora de juntas, comúnmente tronzadora, cuya descripción corresponde: a “un motor a gasolina que produce el giro de un disco de diamante que gira a altas velocidades. El disco de diamante es utilizado para el corte de rocas por su durabilidad que ofrece al momento de hacer los cortes.” (Stihl, 2020) La tronzadora debe tener un chorro de agua permanente al momento de cortar para poder enfriar el disco y también evitar en lo posible originar polvo o material particulado. El operador de la maquina dirige a la misma con las dos manos desde un mando central.



Imagen 5: Tronzadora Stihl TS 440 (Stihl, 2020)

Posee un motor de 66 cc de cilindrada, tiene un peso completo de 11 kg. Trae valores de nivel sonoro de 98 db (A) y una potencia sonora de 109 db (A). Trabaja con un disco de diamante de 350 mm, con sistema de freno de disco QuickStop. Chorro de agua enfriadora con regulación electrónica. (Stihl, 2020)

### 5.4.2 Vibración de la máquina tronzadora

Acorde a las especificaciones del fabricante y a mediciones standard realizadas, la maquina tronzadora Stihl TS 440 refleja una vibración de entre 3.6 a 3.9 m/s<sup>2</sup>, algo inferior a los 5 m/s<sup>2</sup> de la norma. (Stihl, 2020)

## 6 RESULTADOS

Una vez realizada la evaluación al operador de la tronadora se debe tomar en cuenta las condiciones físicas del operador como línea base sobre su estado de salud, las condiciones externas del trabajo, las condiciones operativas de la máquina tronadora, el uso adecuado del EPP y en función de ello analizar las condiciones que se detallan en la Tabla 4 y tomar las acciones pertinentes cuando a se tenga un resultado de la medición de vibración.

Valor de lugar de acción	Situación	Acciones
Menor al valor que da lugar a una acción (<2,5 m/s <sup>2</sup> )	Estado aceptable	Se deberá seguir cumpliendo con la información y formación a los operarios de la máquina, y el uso responsable de su EPP.  Realizar mantenimientos preventivos en la tronadora.
Valor que da lugar a una acción (=2,5 m/s <sup>2</sup> )	Situación de riesgo	Se deberá realizar programa de capacitaciones con las medidas preventivas y realizar un seguimiento de las mismas.  Realizar mantenimiento correctivo de ser el caso o establecer cronograma de mantenimiento preventivo.
Mayor al valor límite (>5 m/s <sup>2</sup> )	Riesgo no aceptable.	Establecer medidas correctivas y preventivas de forma inmediata a la máquina.  Establecer medidas preventivas al trabajador de forma inmediata para reducir la exposición a la vibración.  Tener un seguimiento de salud al trabajador.  Levantar un análisis de riesgo de trabajo de acuerdo a la actividad que va a realizar.

**Tabla 4:** Acciones correctivas (NTP 839, 2009)

## 6.1 Resultados obtenidos de la evaluación de vibración mano-brazo

En la tabla 5 se indica los niveles de vibración, la evaluación de la medición por puestos de trabajo de la emisión de vibración interno producido por las actividades de la empresa en especial el punto V2 de a tronzadora al señor Cristian Guagua.

Punto	Nivel de Vibración m/s <sup>2</sup>				Límite m/s <sup>2</sup>	Cumplimiento con la NTP 839	Ubicación de Punto	Anexo 2 No. Pág.
	A (8)	A (8) <sub>p</sub>	Incertidumbre re±	Resultado A (8) <sub>(1)</sub>				
V1	0.14642	2.25492	0.14	0.29	5.0	Cumple	Fumigador - Marcelo Aguinaga	1
V2	0.48865	7.52892	0.02	0.51	5.0	Cumple	Tronzadora - Cristian Guagua	2
V3	0.19574	3.01970	0.02	0.21	5.0	Cumple	Mecánico Taladro Manual - Erick Amuyo	3
V4	0.24046	3.65820	0.02	0.26	5.0	Cumple	Amolador - Salvador Arellano	4
V5	0.39565	3.65820	0.01	0.40	5.0	Cumple	Moto guadaña - Campamento Alpala	5

**Tabla 5:** Resultados obtenidos de la valuación de vibración mano-brazo (FERLAT, 2020)

$A(8)(1) = A(8) + \text{incertidumbre (con signo positivo)}$

Para el cumplimiento se compara el límite permisible con el valor sumado la incertidumbre  $A(8)(1)$  De ser Negativo no se aplica la regla de decisión: No se reportará  $A(8)(1)$  y el cumplimiento A

(8) Exposición diaria de vibraciones

$A(8)_p$  Exposición diaria de vibraciones proyectada

NTP: Nota Técnica de prevención 839: Exposición de vibraciones mecánicas

Los valores de Límite y Cumplimiento NO se encuentra acreditadas con el SAE

### Regla de decisión

El resultado  $A(8)_p$  se sumará el valor de la incertidumbre cuyo resultado final será

$A(8)(1)$ , este valor se compara con el límite según el Acuerdo Ministerial 097-A.

En caso de que el valor  $A(8)(1)$ , no esté dentro del límite permisible se declarará como "NO CUMPLE", caso contrario si el valor  $A(8)(1)$  se encuentra dentro del límite se declarara como "CUMPLE" (FERLAT, 2020).

### 6.1.1 Medición de vibración Mano-Brazo

En la Imagen 6 tenemos los resultados de la medición hecha al operador de la tronadora cuando se encontraba realizando sus actividades, estos resultados se obtuvieron del acelerómetro y medidor colocado en la máquina tronadora.

**deproinsa** MEDICIÓN DE VIBRACIÓN MANO-BRAZO  
Medición No: DP.MAS.15-003-2020

Empresa: EXPLORACIONES NOVOMININGS S.A ENSA  
Ubicación: Campamento Alpala

Área analizada: Operaciones Instrumento: Acelerometro  
Fecha de muestreo: 21/10/2020 Marca: Cesva VC431  
Punto de muestreo: V2 Serie: T240002  
Solicitado por: Msc. René Ayala Fecha de Calibración: 11/06/2019

Punto V2: Tronadora - Cristian Guagua

**Medición 1**

A(8)	0.48996	[m/s²]	A(8) <sub>p</sub>	7.22065	[m/s²]	
(kx=1, ky=1, kz=1)		tp		8	0	
HH:mm		Duración		0000:02:02		
ahxt	3.11201	[m/s²]	Inicio	21/10/2020 8:38:22		
ahyt	3.02842		Fin	21/10/2020 8:40:23		
ahzt	5.76904					
ahvt	7.22065					
ahx1"	3.06544	[m/s²]	21/10/2020 8:38:24			
ahy1"	4.4311					
ahz1"	6.71103					

**Medición 2**

A(8)	0.48658	[m/s²]	A(8) <sub>p</sub>	7.50685	[m/s²]	
(kx=1, ky=1, kz=1)		tp		8	0	
HH:mm		Duración		0000:02:01		
ahxt	2.59717	[m/s²]	Inicio	21/10/2020 8:40:29		
ahyt	3.76177		Fin	21/10/2020 8:42:29		
ahzt	5.95455					
ahvt	7.50685					
ahx1"	3.23048	[m/s²]	21/10/2020 8:40:30			
ahy1"	2.91122					
ahz1"	6.18093					

**Medición 3**

A(8)	0.50942	[m/s²]	A(8) <sub>p</sub>	7.85926	[m/s²]	
(kx=1, ky=1, kz=1)		tp		8	0	
HH:mm		Duración		0000:02:01		
ahxt	2.78001	[m/s²]	Inicio	21/10/2020 8:42:34		
ahyt	3.85735		Fin	21/10/2020 8:44:34		
ahzt	6.25782					
ahvt	7.85926					
ahx1"	2.00100	[m/s²]	21/10/2020 8:42:35			
ahy1"	3.81623					
ahz1"	6.59019					

Imagen 6: Resultados de medición (FERLAT, 2020)

### 6.1.2 Comparativo de vibración

El comparativo del resultado de la vibración fue hecha en función del valor colocado en el manual del fabricante con la Norma NTP "Exposición a normas mecánicas", el comparativo se encuentra en la Tabla 6.

Vibración de máquina tronadora (m/s <sup>2</sup> )	Norma NTP (m/s <sup>2</sup> )	
	Valor que da lugar a una acción	Valor límite
0.51	2.5	5

Tabla 6: Comparativo (propia autoría)

## 6.2 Nivel de ruido generado por la máquina tronadora

Los niveles de ruido que genera la tronadora cuando se encuentra prendida son detalladas en la Tabla 7, estos valores se obtuvieron desde el manual del fabricante.

**Nivel sonoro:** Es el nivel de sonido que escucha el operario de la tronadora, el mismo comprende los 98 dB.

**Potencia sonora:** Es el nivel de potencia sonora que emite la fuente en este caso la tronadora, la que oscila entre 109 dB. (Stihl, 2020)

## 7 CONCLUSIONES

La descripción, de manera sistemática, del síndrome brazo-mano, como una sintomatología que puede ser adquirida de manera total o parcial por los operarios de la tronadora "Stihl" modelo TS-440. Por tal motivo, es necesario regular el tiempo de exposición a la vibración, y el uso correcto y continuado de EPP de calidad, vigilando que la contratista suministre este material acorde a las especificaciones.

Los niveles de vibraciones en todos los puntos monitoreados son inferiores a los límites permisibles de vibraciones en mano-brazo de 5,0 m/s<sup>2</sup>. No obstante, y como puede verse en la tabla de resultados, el punto de medición correspondiente al operario con la tronadora fue el que obtuvo mayor valoración referente a todos los demás puestos. Esto evidencia el alto grado de exposición a la vibración reflejado por el operario.

De hecho, pudo notarse luego de la medición una muy leve falta de sensibilidad y cierta dificultad para accionar de manera prensil en ambas manos después de manipular la tronadora y luego de 20 minutos pasada la medición. Este hallazgo significativo no fue con todos los operarios, sino con dos de ellos, los que más tiempo han estado manipulando la máquina herramienta. Todos los operarios utilizaron EPP para proteger o amortiguar de alguna manera la vibración de la máquina.

De igual manera, se hace notar que el ruido también está influyendo en el discomfort del operario, al dificultar las destrezas de comunicación y constituirse en riesgo potencial de hipoacusia crónica. Según el cuadro de resultados, se describe el nivel sonoro en 98 db que emite la tronadora y que percibe el operario. Por tal motivo, se hará necesario proveer al trabajador que opera la tronadora de material de EPP referente al caso, como en el uso de atenuadores de ruido (Tapones auditivos) junto al uso de orejeras (Protectores acústicos en diadema), los que facilitarán la función de protección.

Resulta necesario entonces diseñar algún sistema, acorde a la tecnología, que permita sustituir la forma de comunicarse entre operarios durante las horas que se realicen

labores con la máquina herramienta. Se busca la manera que el discomfort que produce la atenuación del ruido acorde al uso de los tapones auditivos se equilibre con algún sistema visual, (Un monitor por ejemplo) que facilite la comunicación sin tener que quitarse los EPP para ruido, como podría estar sucediendo en el tiempo actual.

Finalmente, se concluye que las enfermedades de índole ocupacional, tales como el síndrome mano brazo ya descrito en sintomatología asociada, se tornan de carácter irreversible, a corto y mediano plazo, tanto por la exposición continuada y al uso incorrecto de EPP. Por lo tanto, el Departamento de Medicina Ocupacional de la Empresa debe hacer el seguimiento a los operarios y tomar las previsiones del caso.

Como sugerencia de este proceso de estudio y análisis se puede plantear para futuras investigaciones otras líneas de investigación que partirían del presente trabajo como:

- Identificación y evaluación de los riesgos laborales del ruido generado por la máquina herramientas utilizadas en el área de la minería.
- Identificación y evaluación de los riesgos laborales generados por las malas posturas al momento de operar máquinas herramientas utilizadas en el área de la minería.



## 8 BIBLIOGRAFÍA

ACUERDO DE CARTAGENA (2004) "Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo"

Material PDF Consultado en fecha 11 de Agosto de 2021, Disponible en:

[https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/DECISI%C3%93N-584.-INSTRUMENTO-ANDINO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-EN-EL-TRABAJO.pdf? x42051](https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/DECISI%C3%93N-584.-INSTRUMENTO-ANDINO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-EN-EL-TRABAJO.pdf?x42051)

ARGÜELLES, SANTURIO Y RODRÍGUEZ (2006). "*Estudio de la exposición a vibraciones mano-brazo en el trabajo con máquinas - herramientas portátiles.*" Trabajo en PDF publicado por el Instituto Asturiano de Riesgos Laborales Oviedo, España, consultado el 21 de Julio de 2021, disponible en:

<http://www.iaprl.org/component/jifile/download/MDcwYmQxNzlxYWJjNWQxMmMyMWYwNWFKZGQ1OTQxNDY=/vibraciones-en-maquinas-herramientas-portatiles-pdf>

ASAMBLEA NACIONAL DEL ECUADOR (2008) "Constitución de la República del Ecuador",

Citado en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo Minero, Consultado en fecha agosto 10, 2021, disponible en:

[https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/reglamento-SST-MINERIA.pdf? x42051](https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/reglamento-SST-MINERIA.pdf?x42051)

GRIFFIN, LEWIS, BOVENZI, LEMERLE, LUNDSTRÖM (2004). "*Risks of Occupational Exposures to Hand-transmitted Vibration.*" Obtenido en fecha julio 20 de 2021, de Comunicación presentada en la 10ª Conferencia Internacional sobre Vibraciones Mano-Brazo, disponible en:

[https://eprints.soton.ac.uk/10729/1/WP7\\_P2%2520Griffin%2520et\\_al%2520HAV2004.pdf](https://eprints.soton.ac.uk/10729/1/WP7_P2%2520Griffin%2520et_al%2520HAV2004.pdf)

INEN, I. E. (01 de 2014). "*Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano.*" NTE INEN-ISO 5349. Gobierno del Ecuador.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO, (INSHT) España.

(2014) "*Aspectos Ergonomicos de las Vibraciones*" Documento divulgativo en formato PDF consultado en marzo 2021, disponible en

<https://www.insst.es/documents/94886/96076/Aspectos+ergonomicos+de+las+vibraciones.pdf/97befb6a-7ca4-4fee-bf01-58104c1aed1b>

RIVAS, P. (2018) "Síndrome Vibratorio Mano-Brazo, Revisión Literaria" Material en PDF editado por Medicina Legal de Costa Rica, Edición Virtual, Consultado en fecha 16 de Julio de 2021, disponible en <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/04/894345/art14v35n1.pdf>

SENOVILLA, L. P. (2009). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. "*Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo.*" España. Obtenido de

<https://www.insst.es/documents/94886/328096/839+web.pdf/eeab2c72-7d28-41f5-879c-eaf9a133270e>

SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA. (2018) "*Día Internacional de Concienciación sobre el Ruido*". Madrid, España. Folleto informativo de la SEA referente al aniversario de la fecha motivadora del movimiento contra el ruido. Consultado el 10 de julio de 2021, disponible en <http://www.sea-acustica.es/index.php?id=44>



STIHL (2020). "*Manual de Instrucciones STIHL TS 440.*" Consultado el 17 de Julio de 2021, disponible en: <https://www.stihl.es/es/p/tronzadoras-ts-440-72721>


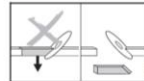
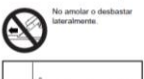
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA (2018) "Evaluación de exposición de Vibraciones mano y brazo en un puesto de trabajo de la industria de la automoción." Trabajo publicado en formato PDF, consultado en fecha Agosto 11, 2021, disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/112804/Alriols%20-%20EVALUACI%C3%93N%20DE%20EXPOSICI%C3%93N%20A%20VIBRACIONES%20EN%20MANO%20Y%20BRAZO%20EN%20UN%20PUESTO%20DE%20TRABAJO%20DE%20LA%20IN....pdf?sequence=3&isAllowed=y>

# 9 ANEXOS

## 9.1 Manual de Tronzadora STIHL


<p><b>STIHL</b></p> <p>Manual de instrucciones Instrucciones de servicio</p> <p><b>STIHL TS 440</b></p> 	<p><b>Índice</b></p> <p>Notas relativas a este manual de instrucciones 2 Indicaciones relativas a la seguridad y técnica de trabajo 2 Ejemplos de aplicación 11 Discos 15 Discos de resina sintética 15 Discos de diamante 16 Freno de disco 19 Control electrónico del agua 21 Colocar / cambiar el disco 22 Combustible 23 Repositor combustible 24 Datos técnicos 26 Sistema de filtro de aire 29 Ajustar el carburador 30 Baja 32 Guardar la máquina 33 Instrucciones de mantenimiento y conservación 34 Minimizar el desgaste y evitar daños 36 Componentes importantes 37 Discos técnicos 38 Indicaciones para la reparación 39 Gestión de residuos 39 Declaración de conformidad UE 40</p> <p><b>STIHL</b></p> <p>TS 440</p> <p>Este manual de instrucciones está protegido por derechos de autor. No se reservan todos los derechos, especialmente el derecho de reproducción, traducción o publicación sin el consentimiento expreso.</p> <p>español</p>
<p><b>Notas relativas a este manual de instrucciones</b></p> <p><b>Símbolos gráficos</b></p> <p>Los símbolos gráficos existentes en la máquina están explicados en este manual de instrucciones.</p> <p>En función de la máquina y el equipamiento, pueden existir los siguientes símbolos gráficos en la máquina:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Depósito de combustible, mezcla de combustible compuesta por gasolina y aceite de motor.</li> <li>Accionar la válvula de desconexión.</li> <li>Accionar la bomba manual de combustible.</li> <li>Tizar de la empuñadura de arranque.</li> <li>Accionar la palanca de freno y soltar el freno del disco de corte.</li> </ul> <p><b>Mantenimiento de piezas de tests</b></p> <p><b>ADVERTENCIA</b> Advertencia de peligro de accidente y riesgo de lesiones para personas y de daños materiales graves.</p> <p><b>INDICACIÓN</b> Advertencia de daños de la máquina o de diferentes componentes.</p> <p><b>Perfeccionamiento técnico</b></p> <p>STIHL trabaja permanentemente en el perfeccionamiento de todas las máquinas y dispositivos; por ello, nos reservamos los derechos relativos a las modificaciones del volumen de suministro en la forma, técnica y equipamiento.</p> <p>Las notas de ilustraciones de este manual de instrucciones no se pueden dibujar por lo tanto derechos a redactar.</p> <p><b>Indicaciones relativas a la seguridad y técnica de trabajo</b></p> <p>Se será necesario observar medidas de seguridad especiales al trabajar con la tronzadora, porque se trabaja a una velocidad de giro muy elevada del disco.</p> <p>Antes de ponerla en servicio por primera vez, leer con atención todas las instrucciones de uso y quedarse en un lugar seguro para posteriores consultas. La importancia de las indicaciones de seguridad puede tener consecuencias mortales.</p> <p>Observar las normas de seguridad del país, p. ej. de las asociaciones profesionales del sector, organismos locales y autoridades competentes para asuntos de prevención de accidentes en el trabajo y otros.</p> <p>Para empresas de la Unión Europea es obligatoria la directiva 2009/104/CE - seguridad y protección de la salud al trabajar los usuarios con máquinas y equipos.</p> <p>Al trabajar por primera vez con esta máquina: dejar que el vendedor u otro experto le muestre cómo se maneja con seguridad - o bien tomar parte en un curso apropiado.</p> <p>español</p>	<p>Los menores de edad no deberían trabajar con esta máquina a motor - a excepción de jóvenes de más de 16 años que estén aprendiendo bajo la tutela de un instructor.</p> <p>No permitir que se acercen niños, animales ni espectadores.</p> <p>La máquina no se utiliza, se deberá colocar de forma que nadie corra peligro. La máquina deberá ser accesible para personas ajenas.</p> <p>El usuario es el responsable de los accidentes o peligros que afecten a otras personas o sus propiedades.</p> <p>Prestar o alquilar esta máquina únicamente a personas que estén familiarizadas con este modelo y su manejo y entregarles siempre también el manual de instrucciones.</p> <p>El uso de máquinas a motor que emiten ruidos puede estar limitado temporalmente por disposiciones nacionales o locales.</p> <p>Para trabajar con esta máquina a motor, se deberá estar descansado, sentirse bien y estar en buenas condiciones.</p> <p>Quien, por motivos de salud, no puede realizar esfuerzos, debería consultar con su médico si puede trabajar con una máquina a motor.</p> <p>Solo para implantados con marcapasos: el sistema de energía de esta máquina genera un campo electromagnético muy pequeño. No se puede detectar por completo que influya en algunos tipos de marcapasos. Para evitar riesgos sanitarios, STIHL recomienda que consulte a su médico y al fabricante del marcapasos.</p> <p>Tras la ingesta de bebidas alcohólicas, medicamentos que disminuyen la capacidad de reacción o drogas, no se debe trabajar con esta máquina a motor.</p> <p>En caso de condiciones meteorológicas desfavorables (nieve, viento, tormenta), aplazar el trabajo - ¡alto riesgo de accidente!</p> <p>Esta máquina a motor está prevista únicamente para troncar. No es apropiado para troncar madera u objetos leñosos.</p> <p>El polvo de amianto es extremadamente peligroso para la salud - ¡no troncar nunca amant!</p> <p>No se admite utilizar esta máquina a motor para otros trabajos, de que puede originar accidentes o daños en la misma.</p> <p>No realizar modificaciones en la máquina ya que eso podría afectar a la seguridad. STIHL renuncia a cualquier responsabilidad por daños personales y materiales que se produzcan al emplear accesorios no autorizados.</p> <p>Ampliar únicamente discos o accesorios autorizados por STIHL para esta máquina a motor o piezas técnicamente equivalentes. En caso de dudas al respecto, acudir a un distribuidor especializado. Evitar los accidentes o daños en la máquina.</p> <p>STIHL recomienda emplear discos y accesorios originales STIHL. Sus características se ajustan óptimamente al producto y las exigencias del usuario.</p> <p>español</p> <p>No emplear hidrolimpiadoras de alta presión para limpiar la máquina. El chorro de agua duro puede dañar las piezas de la máquina.</p> <p>No saltar la máquina con agua.</p> <p>No usar nunca hojas de sierra circular, herramientas con filos de metal duro, salvamonte, madera u otras herramientas para troncar - ¡peligro de lesiones mortales!</p> <p>Evitar la dispersión de la eliminación uniforme de partículas que tiene lugar al usar discos, los dientes de la hoja de sierra circular pueden clavarse en el material durante el corte. Ello origina unos características de corte agresivas y puede provocar fuerzas de reacción descontroladas y extremadamente peligrosas (salto hacia atrás) de la máquina.</p> <p><b>Ropa y equipo</b></p> <p>Utilizar la ropa y el equipo recomendados.</p> <p>La ropa deberá ser apropiada para el uso. Evitar prendas que se calienten o que se enciendan.</p>
<p>Al troncar acero, llevar ropa de material difícilmente inflamable (p. ej. de cuero o algodón tratado para algodón (las fibras) - no fibras sintéticas - ¡peligro de incendio por el vapor de chispas!</p> <p>La ropa deberá estar exenta de deposiciones inflamables (velutas, combustible, aceite, etc.).</p> <p>No ponerse prendas que se puedan encender en piezas móviles de la máquina - ¡bataña, corbata, aretes de joyería! Recógense el pelo largo y asegúralo, de manera que se encuentre por encima de los hombros.</p> <p><b>Ponerte todas las protecciones con sus adhesivos y a prueba de resbalamiento con capa de acero.</b></p> <p><b>ADVERTENCIA</b></p> <p>Para reducir el peligro de lesiones oculares, utilizar unas gafas protectoras oscuras según la norma EN 166. Prestar atención a que las gafas protectoras estén bien puestas.</p> <p>Ponerte un protector para la cara y prestar atención a que ajuste correctamente. El protector para la cara no es suficiente para proteger los ojos.</p> <p>Llevar casco protector si existe el peligro de que puedan caer objetos.</p> <p>Durante el trabajo se pueden generar polvos (p. ej. material cristalino del objeto a troncar), vapores y humo - ¡peligro para la salud!</p> <p>En caso de generarse polvo, llevar siempre una <b> mascarilla protectora</b> contra el polvo.</p> <p>Si se esperan vapores o humo (p. ej. al troncar materiales compuestos), ponerte un <b> protector para la respiración</b>.</p> <p>Ponerte un protector auditivo "batería" - p. ej. protectores de oídos.</p> <p>Llevar guantes de protección robustos de material resistente (p. ej. de cuero).</p> <p>STIHL ofrece una extensa gama de equipamiento de protección personal.</p> <p><b>Transporte de la máquina</b></p> <p>Para siempre el motor.</p> <p>Llevar la máquina solo por el asidero tubular - el disco, orientado hacia atrás - el silenciador caliente, apartado del cuerpo.</p> <p>No tocar piezas calientes de la máquina, en especial la superficie del silenciador - ¡peligro de quemaduras!</p> <p>No transportar nunca la máquina con el disco montado - ¡peligro de rotura!</p> <p>En vehículos: asegurar la máquina para que no vuelque, no se dañe ni se derrame combustible.</p> <p><b>Reposar</b></p> <p>La gasolina se enciende con mucha facilidad y puede propagarse a gran distancia respecto de cualquier llama - no detener combustible - y no fumar.</p> <p>Parar el motor antes de repostar.</p> <p>No repostar mientras el motor está aún caliente; el combustible puede rebosar ¡peligro de incendio!</p> <p>Abrir con cuidado el cierre del depósito para que se reduzca lentamente la presión existente y no salga combustible despedido.</p> <p>Repostar en lugares bien ventilados. Si se derrama combustible, limpiar la máquina inmediatamente prestando atención a que la ropa no se moje con combustible, si se derrama el caso, cambiársela inmediatamente.</p> <p>En la unidad móvil se puede acumular polvo, especialmente en la zona del carburador. Si el polvo se empuja de gasolina, existe peligro de incendio. Eliminar periódicamente el polvo de la unidad móvil.</p> <p>Prestar atención a las fugas. Si sale combustible, no avanzar el motor ¡peligro de muerte por quemaduras!</p> <p>español</p>	<p><b>Cierre del depósito de bayoneta</b></p>  <p>No abrir o cerrar nunca el cierre del depósito de bayoneta con una herramienta. En caso de hacerlo, puede dañarse el cierre y salir combustible.</p> <p>Cerrar con esmero el cierre de bayoneta tras el repostaje.</p> <p><b>Tronzadora, alineamiento del huillo</b></p> <p>El alineamiento perfecto del huillo garantiza la exactitud del giro concentrado y un alabeo del disco de diamante - ¡bataña el caso, hacerlo comprobado por un distribuidor especializado!</p> <p><b>Discos</b></p> <p><b>Elige los discos</b></p> <p>Los discos han de estar homologados para cortar a pulso. No utilizar otros cuerpos de corte ni dispositivos adicionales - ¡peligro de accidente!</p> <p>Los discos de diamante son apropiados para troncar diferentes materiales. Tener en cuenta la marca de los discos.</p> <p>STIHL recomienda con carácter general cortar en seco.</p> <p>Tener en cuenta el diámetro exterior del disco.</p> <p>El diámetro del taladro para el huillo del disco y el del que de la tronzadora tienen que coincidir.</p> <p>Comprobar el taladro para el huillo en cuanto a diámetro. No emplear discos con el huillo más dilatado - ¡peligro de accidente!</p> <p>El número de revoluciones al minuto del huillo del disco tiene que ser igual o más elevado que el número de revoluciones máximo del huillo de la tronzadora - véase el capítulo "Datos técnicos".</p> <p>Al tratarse de discos usados, se han de comprobar antes de montar en cuanto a fisuras, roturas, desgaste del núcleo, planitud, fatiga del núcleo, daños o pérdidas de segmentos, huillo de sobrecalentamiento (alteración del color) y posibles detechos del taladro para el huillo.</p> <p>No emplear nunca discos feurados, retos o doblados.</p> <p>Los discos de diamante de baja calidad o bien no homologados pueden ocasionar durante el troncar. Estas oscilaciones pueden originar que tales discos de diamante acusen un fuerte frenado en el corte o bien quiten aproximación en el mismo - ¡peligro de rebote! El rebote puede ocasionar lesiones mortales. Los discos de diamante que oscilan</p> <p>continuosamente o también solo de vez en cuando se han de sustituir inmediatamente.</p> <p>No emplear nunca discos de diamante.</p> <p>No emplear discos que se hayan caído al suelo - los discos dañados pueden romperse - ¡peligro de accidente!</p> <p>Al tratarse de discos de resina sintética, tener en cuenta la fecha de caducidad.</p> <p><b>Montar los discos</b></p> <p>Revisar el huillo de la tronzadora, no emplear ninguna tronzadora ogo huillo más dilatado - ¡peligro de accidente!</p> <p>Al tratarse de discos de serido de disco, tener en cuenta las fechas de serido de disco.</p> <p>Posicionar el disco de presión delantero - apretar firmemente el tornillo tensor - girar el disco con la mano; el hecho de controlar visualmente el giro consistente y sin.</p> <p>Posicionar el disco de presión delantero - girar el disco con la mano; al hacerlo controlar visualmente el giro consistente y sin alabeo.</p> <p><b>Almacenar los discos</b></p> <p>Almacenar los discos en un lugar seco y a prueba de heladas, sobre una superficie plana y con temperaturas estables - ¡peligro de que se rompan y se astilen!</p> <p>Proteger siempre los discos contra el contacto brusco con el suelo u otros objetos.</p> <p>español</p>

<p><b>español</b></p>  <p>- No cortar en lo posible con el cuarto superior del disco. Introducir el disco en el corte únicamente poniendo muchísima atención, no retroceder ni hacerlo entrar de golpe en el corte.</p>  <p>- Evitar el efecto coifa, la parte separada no deberá frenar el disco.</p> <p>- Contar siempre con que se produzca un movimiento del objeto a tronzar u otras causas que puedan cesar el corte y apretarse el disco.</p> <p>- Fijar de forma segura el objeto a tronzar y calzarlo, de manera que el corte permanezca abierto durante el proceso de tronzado y después del mismo.</p> <p>- Por ello, los objetos a tronzar no deben descansar sobre espacio hueco y han de estar asegurados para que no se deslicen, resbalen ni vibren.</p> <p>TS 440</p>	<p><b>español</b></p> <p>No amolar o desbastar lateralmente.</p>  <p>No poner ninguna parte del cuerpo en el sector de giro prolongado del disco. Prestar atención a que exista suficiente espacio libre, en especial en fosas de obreros debe haber suficiente espacio para el usuario y la caída de la pieza a tronzar.</p> <p>No trabajar demasiado inclinado hacia delante ni inclinarse nunca sobre el disco, sobre todo si el protector está retirado hacia arriba.</p> <p>No trabajar a una altura superior a la de los hombros.</p> <p>Utilizar la tronzadora únicamente para tronzar. No es apropiado para apilar o apartar objetos.</p> <p>No ejercer presión sobre la tronzadora.</p> <p>Determinar primero el sentido de tronzado y aplicar luego la tronzadora. Ahora ya no se debe modificar el sentido de tronzado. No golpear ni impactar nunca con la máquina en el corte - no dejar caer la máquina en el corte - <b>peligro de rotura!</b></p> <p>Guiar el disco en línea recta hacia el sentido de corte, no ladearlo o someterlo a ninguna carga lateral.</p> <p><b>español</b></p> <p>Discos de diamante: en caso de que disminuya el rendimiento de corte, controlar el estado de afilado del disco y reafilarse si es necesario. Para ello, cortar brevemente en material abrasivo como p. ej. piedra arenisca, homogén, calicular o asfalto.</p> <p>Al final del corte, la tronzadora deja de agarrarse en el corte por medio del disco. El usuario tiene que absorber la fuerza del peso - <b>peligro de pérdida del control!</b></p> <p><b>español</b></p> <p>Al tronzar acero: <b>peligro de incendio</b> por partículas de material incandescentes.</p> <p>Mantener el agua y el barro apartados de los cables eléctricos conductores de corriente - <b>peligro de descarga eléctrica!</b></p> <p>Tirar del disco hacia dentro de la pieza a cortar - no empujar hacia dentro. No corregir los cortes de separación realizados utilizando la tronzadora. No recortar - romper los puentes o las aristas de ruptura (p. ej. con un martillo).</p> <p>En caso de emplear discos de diamante, tronzar en mojado - emplear p. ej. el empuñe de agua STHL.</p> <p>Debido al régimen máximo reducido del husillo, STHL ha desarrollado un disco de resina sintética especial para esta tronzadora para el corte de acero. Este disco de corte solo es apropiado para tronzar en seco. Si un disco de resina sintética se moja, este pierde su rendimiento de corte y se vuelve romo. En el caso de que un disco de resina sintética se moje durante el trabajo (p. ej. por charcos o restos de agua existentes en tubos) - no aumentar la presión de corte, sino mantenerla - <b>¡Peligro de rotura!</b> Cerrar inmediatamente los discos de resina sintética.</p> <p>Los discos de resina sintética tradicionales que se han desarrollado para tronzadoras con una velocidad periférica alta presentan un rendimiento de corte deficiente y, por tanto, no son adecuados.</p> <p>La utilización prolongada de la máquina puede provocar trastornos circulatorios en las manos ("enfermedad de los dedos blancos") originados por las vibraciones.</p> <p>No se puede establecer una duración general del uso, porque ésta depende de varios factores que influyen en ello.</p> <p>El tiempo de uso se acorta por:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La predisposición personal a una mala circulación sanguínea (sistemas: dedos fríos con frecuencia, hormigueo)</li> <li>- Bajas temperaturas</li> <li>- Magnitud de la fuerza de sujeción (la sujeción firme dificulta al riesgo sanguíneo)</li> </ul> <p>En el caso de trabajar con regularidad y durante mucho tiempo con la máquina y manifestarse repetidamente tales síntomas (p. ej. hormigueo en los dedos), se recomienda someterse a un examen médico.</p> <p><b>Mantenimiento y reparaciones</b></p> <p>Efectuar con regularidad los trabajos de mantenimiento de la máquina. Efectuar únicamente trabajos de mantenimiento y reparaciones que estén descritos en el manual de instrucciones. Encargar todos los demás trabajos a un distribuidor especializado.</p> <p>STHL recomienda encargar los trabajos de mantenimiento y las reparaciones siempre a un distribuidor especializado STHL. Los distribuidores especializados STHL siguen periódicamente cursos de instrucción y tienen a su disposición las informaciones técnicas.</p> <p>Emplear sólo repuestos de gran calidad. De no hacerlo, existe el peligro de que se produzcan accidentes o daños en la máquina. Si tiene preguntas al respecto, consulte a un distribuidor especializado.</p> <p>STHL recomienda emplear únicamente piezas de repuesto originales STHL. Las propiedades de estas están armonizadas estrictamente con la máquina y las exigencias del usuario.</p> <p>Para las reparaciones, los trabajos de mantenimiento y limpieza, <b>parar siempre el motor y retirar el enchufe de la bajía - peligro de lesiones</b> por un arranque accidental del motor. - Excepción: ajuste del carburador y el taladro.</p> <p>Estando desacoplado el enchufe del cable de encendido o con la bujía desenroscada, poner en movimiento el</p> <p>Vibraciones</p> <p>STHL recomienda encargar los trabajos de mantenimiento y las reparaciones siempre a un distribuidor especializado STHL. Los distribuidores especializados STHL siguen periódicamente cursos de instrucción y tienen a su disposición las informaciones técnicas.</p> <p>Emplear sólo repuestos de gran calidad. De no hacerlo, existe el peligro de que se produzcan accidentes o daños en la máquina. Si tiene preguntas al respecto, consulte a un distribuidor especializado.</p> <p>STHL recomienda emplear únicamente piezas de repuesto originales STHL. Las propiedades de estas están armonizadas estrictamente con la máquina y las exigencias del usuario.</p> <p>Para las reparaciones, los trabajos de mantenimiento y limpieza, <b>parar siempre el motor y retirar el enchufe de la bajía - peligro de lesiones</b> por un arranque accidental del motor. - Excepción: ajuste del carburador y el taladro.</p> <p>Estando desacoplado el enchufe del cable de encendido o con la bujía desenroscada, poner en movimiento el</p> <p>9</p>
--	---

## 9.2 Encuesta propuesta

<h3>Encuesta para operadores de Tronzadora</h3> <p>Exposición a vibración mano-brazo</p> <p><b>*Obligatorio</b></p> <p>Su EPP es el adecuado para su actividad *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p>El supervisor de seguridad realiza el análisis de tarea previo al inicio de cada actividad *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p><input type="radio"/> Tal vez</p> <p>Tiene pausas activas *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p><input type="radio"/> Tal vez</p>	<p>Realizan mantenimiento preventivos a la máquina tronzadora *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p><input type="radio"/> Tal vez</p> <p>Tuvo capacitación previa al uso de la tronzadora *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p><input type="radio"/> Tal vez</p> <p>Tiene el seguimiento respectivo por parte de los médicos ocupacionales *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p> <p><input type="radio"/> Tal vez</p> <p>La empresa realiza los exámenes ocupacionales anuales *</p> <p><input type="radio"/> Sí</p> <p><input type="radio"/> No</p>
--	---

## 9.3 Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación de riesgo NTP 839



NTP 839

### Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo

*Exposition à vibrations. Évaluation du risque*  
*Vibrations exposure. Risk assessment*

**Redactor:**  
Luis Fajó Serro  
Licenciado en Ciencias Físicas  
CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*El objeto de la presente NTP es el de dar a conocer los fundamentos y el método para la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas y ofrecer, a título ilustrativo, unos ejemplos resueltos que contemplan las cuatro situaciones que pueden presentarse.*

La NTP no son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

#### 1. INTRODUCCIÓN

La creciente utilización de máquinas y herramientas capaces de transmitir vibraciones a los trabajadores que las utilizan plantea la necesidad de regular dicha exposición a fin de garantizar su seguridad y salud. Esta reglamentación incluye básicamente el Real Decreto 1311/2005 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que pueden derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas y, por otra parte, la obligación impuesta por el R.D. 1435/1992 a los fabricantes de máquinas y herramientas de informar sobre el nivel de las vibraciones que emiten.

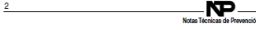
El citado R.D. 1311/2005 es la transposición a la legislación española de la Directiva 2002/44/CE sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) y establece, entre otros aspectos, los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción así como la forma de determinar el parámetro que permite evaluar la exposición. Para esto último hace referencia a la norma ISO 2631 para vibraciones transmitidas al cuerpo entero y UNE-EN ISO 5349 para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo que, en virtud de su cita explícita en el real decreto, deben ser aplicadas obligatoriamente.

El objetivo de esta NTP es exponer de forma concisa la forma de evaluar el riesgo de exposición a vibraciones y ofrecer ejemplos que ilustren la forma de hacerlo.

#### 2. ASPECTOS FUNDAMENTALES

De manera general una vibración puede describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio en que se produce desplazamiento "neto" del objeto que vibra. Es decir, al final de la vibración el objeto queda en la misma posición que estaba en cuanto empezó a vibrar. Dicho de otra manera, no se produce transporte de materia. El movimiento que se produce al pisar la cuerda de una guitarra puede ser un buen ejemplo.

En caso de que el objeto que vibra entre en contacto



NTP 839

### Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo

*Exposition à vibrations. Évaluation du risque*  
*Vibrations exposure. Risk assessment*

**Redactor:**  
Luis Fajó Serro  
Licenciado en Ciencias Físicas  
CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

*El objeto de la presente NTP es el de dar a conocer los fundamentos y el método para la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas y ofrecer, a título ilustrativo, unos ejemplos resueltos que contemplan las cuatro situaciones que pueden presentarse.*

La NTP no son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

#### 1. INTRODUCCIÓN

La creciente utilización de máquinas y herramientas capaces de transmitir vibraciones a los trabajadores que las utilizan plantea la necesidad de regular dicha exposición a fin de garantizar su seguridad y salud. Esta reglamentación incluye básicamente el Real Decreto 1311/2005 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que pueden derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas y, por otra parte, la obligación impuesta por el R.D. 1435/1992 a los fabricantes de máquinas y herramientas de informar sobre el nivel de las vibraciones que emiten.

El citado R.D. 1311/2005 es la transposición a la legislación española de la Directiva 2002/44/CE sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones) y establece, entre otros aspectos, los valores límite de exposición y los valores que dan lugar a una acción así como la forma de determinar el parámetro que permite evaluar la exposición. Para esto último hace referencia a la norma ISO 2631 para vibraciones transmitidas al cuerpo entero y UNE-EN ISO 5349 para las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo que, en virtud de su cita explícita en el real decreto, deben ser aplicadas obligatoriamente.

El objetivo de esta NTP es exponer de forma concisa la forma de evaluar el riesgo de exposición a vibraciones y ofrecer ejemplos que ilustren la forma de hacerlo.

#### 2. ASPECTOS FUNDAMENTALES

De manera general una vibración puede describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio en que se produce desplazamiento "neto" del objeto que vibra. Es decir, al final de la vibración el objeto queda en la misma posición que estaba en cuanto empezó a vibrar. Dicho de otra manera, no se produce transporte de materia. El movimiento que se produce al pisar la cuerda de una guitarra puede ser un buen ejemplo.

En caso de que el objeto que vibra entre en contacto

con alguna parte del cuerpo humano, le transmite la energía generada por la vibración. Esta energía es absorbida por el cuerpo y puede producir en él diversos efectos (no necesariamente perjudiciales) que dependen de las características de la vibración.

En prevención de riesgos laborales se toman en consideración dos tipos de vibraciones mecánicas:

- Las **vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo**, es decir aquellas que transmiten su energía al cuerpo humano a través del sistema mano brazo cuyo origen hay que buscar, por regla general, en las herramientas portátiles (taladros, martillos neumáticos, desbrozadoras, pulidoras, etc.) y que el R.D. 1311/2005 define como "La vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares".
- Las **vibraciones transmitidas al cuerpo entero**, es decir, aquellas que el cuerpo recibe cuando gran parte de su peso descansa sobre una superficie vibrante (asiento o respaldo del puesto de conducción de una máquina móvil, plataformas vibrantes, etc.) que el mismo real decreto define como "la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral".

#### 3. CARACTERÍSTICAS DE UNA VIBRACIÓN

Los efectos que producen las vibraciones en el cuerpo humano dependen, fundamentalmente, de las siguientes características:

- Magnitud de la vibración
- Frecuencia
- Dirección en que incide en el cuerpo
- Tiempo de exposición

La magnitud y la frecuencia de la vibración conjuntamente dan idea de la cantidad de energía que se transmite por la vibración.

La magnitud puede medirse en función del desplazamiento producido por la vibración. Por tratarse de un movimiento también puede medirse en términos de la velocidad o de la aceleración producidas. De estas tres posibilidades se ha convenido en utilizar la aceleración ya que, entre otras razones, los acelerómetros piezoeléctricos presentan importantes ventajas (stabilidad, tamaño, etc.) frente a otros tipos de transductores.

La frecuencia indica el número de veces que vibra por segundo y se mide en hercios (Hz). Las vibraciones producidas por las máquinas, prácticamente nunca van a ser vibraciones de una frecuencia determinada sino una mezcla de vibraciones de diversas frecuencias. De hecho, no se consideran las frecuencias individualmente sino agrupándolas en bandas de tercio de octava. Las octavas que se utilizan en acústica son grupos de frecuencias tales que el límite superior del grupo es el doble que el inferior. Por ejemplo hay una octava en la que se incluyen las frecuencias comprendidas entre 44 y 88 Hz que se caracteriza por su frecuencia central que por convenio se ha establecido en 63 Hz. En el análisis de vibraciones cada una de aquellas bandas se divide en tres resultando las bandas de tercio de octava de 44 a 50 Hz, de 56 a 71 Hz y de 71 a 88 Hz caracterizadas por las frecuencias centrales de 50, 63 y 80 Hz respectivamente.

Con el fin de amortizar las mediciones, se ha convenido que para evaluar la exposición solo se tomen en cuenta las de frecuencias centrales comprendidas entre 6,3 y 1250 Hz en el caso de las vibraciones mano-brazo y entre 0,5 y 80 Hz en el caso de las vibraciones de cuerpo completo. Los instrumentos de medida que son conformes a la normativa actual están dotados de filtros que cumplen con esta condición. Por otra parte, debido a que hay frecuencias más perjudiciales que otras los valores de la aceleración medidos en cada una de las bandas de tercio de octava se ponderan de acuerdo con unos factores que, por regla general, también incorporan dichos instrumentos.

En cuanto a la dirección de incidencia de la vibración interesa fijar en relación a unos ejes ortogonales ligados al cuerpo humano y no a referencias especiales como es habitual. Para ello se han definido para las vibraciones transmitidas al sistema mano brazo o al cuerpo entero los sistemas de coordenadas que se representan en las figuras 1 y 2. Sus características son las siguientes:

- Vibraciones cuerpo entero:
  - Eje x: Dirección espalda – pecho. Sentido positivo: hacia el frente
  - Eje y: Dirección hombro – hombro. Sentido positivo: hacia hombro izquierdo
  - Eje z: Dirección pies – cabeza. Sentido positivo: hacia la cabeza
- Vibraciones mano-brazo:
  - Eje z: Dirección del eje longitudinal del ser humano metacarpiario. Sentido positivo: hacia la extremidad distal del dedo.
  - Eje x: Dirección dorso – palma. Sentido positivo: hacia la palma
  - Eje y: Dirección perpendicular a los otros dos. Sentido positivo: hacia el pulgar

Este último es el sistema biodinámico aunque en la práctica se utiliza el sistema biocéntrico que es esencialmente igual al anterior aunque rotado alrededor del eje x de forma que el eje y coincide con la línea de los nudillos y por tanto con el eje de agarre de las máquinas.

Finalmente, el tiempo de exposición es el tiempo que se está sometido a la vibración durante la jornada laboral. Es un parámetro en cuya determinación hay que ser muy cuidadoso ya que no necesariamente coincide con el tiempo durante el cual se utiliza una máquina, pues con esta misma máquina pueden realizarse diferentes operaciones que representen un nivel de vibraciones también diferente. Para su determinación es fundamental observar el proceso de trabajo y utilizar un cronómetro o, en algunos casos registrar las operaciones realizadas, por ejemplo en video, para poder determinar dicho tiempo con mayor fidelidad.

#### 4. EVALUACIÓN DEL RIESGO

De acuerdo con lo establecido por el Real Decreto 1311/2005 la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas debe hacerse determinando el valor del parámetro A(8), que representa el valor de la exposición diaria normalizada para un período de 8 horas, y comparando el valor obtenido con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite que vienen fijados en el propio real decreto y que se recogen en la Tabla 1. De esta comparación pueden derivarse tres situaciones:

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

Cada una de dichas situaciones conduce, respectivamente, a una de las tres formas de actuación que se secuencian en las figuras 3, 4 y 5.

Aunque la forma de calcular A(8) es diferente según se trate de vibraciones mano-brazo (en cuyo caso el R.D. remite a la norma UNE-EN ISO 5349) o cuerpo entero (caso en el que debemos recurrir a la norma ISO 2631-1 o a su traducción UNE-ISO 2631-1), para calcularlo necesitamos conocer el valor de la aceleración de la vibración y el tiempo de exposición.



	Valor que da lugar a una acción	Valor límite
Vibraciones transmitidas al sistema <b>mano-brazo</b>	2,5 m/s <sup>2</sup>	5 m/s <sup>2</sup>
Vibraciones transmitidas al <b>cuerpo entero</b>	0,5 m/s <sup>2</sup>	1,15 m/s <sup>2</sup>

Tabla 1. Valores que dan lugar a una acción y valores límite

El tiempo de exposición se obtiene a través de la observación del método de trabajo y teniendo en cuenta las consideraciones que hacen las normas citadas sobre los diferentes tipos de exposición.

En cuanto al valor de la aceleración se nos ofrece una doble posibilidad: utilizar valores de la aceleración de los que se dispone de antemano o bien medir dicha aceleración. El artículo 4 del Real Decreto 1311/2005 dice textualmente "El empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que están expuestos los trabajadores..." por lo que queda planteado el problema de cuando es necesario medir o cuando podemos utilizar los valores facilitados por el fabricante o procedentes de bases de datos. (Una de las más importantes puede consultarse en <http://www.vibration.dtu.umu.se>). En el Apéndice 2 de la Guía Técnica del citado real decreto elaborada por el INSHT se establecen los requisitos que lo permiten. Para poder determinar la aceleración en necesidad de recurrir a su medición deben cumplirse todas y cada una de las siguientes condiciones:

- Disponer de los valores de emisión del equipo, que pueden ser suministrados por el fabricante o proceder de otras fuentes.
  - Las condiciones de funcionamiento reales del equipo son similares a aquellas para las que se han obtenido los niveles de emisión publicados.
  - El equipo debe estar en buenas condiciones y su mantenimiento se realiza según las recomendaciones del fabricante.
  - Las herramientas insertadas y los accesorios utilizados deben ser similares a los empleados para la determinación de los valores declarados de la aceleración. Sin embargo, en el caso de las vibraciones mano-brazo debe tenerse en cuenta que los valores de vibración proporcionados por los códigos de ensayo tienden a subestimar el valor real de la vibración de las herramientas cuando estas son utilizadas en el lugar de trabajo. Por ello, el informe técnico CEN/TR 15350:2005 elaborado por el Comité Europeo de Normalización recomienda que para evaluar el riesgo, los valores de emisión declarados se multipliquen por un factor que oscila entre 1,5 y 2 en el caso de herramientas neumáticas o eléctricas.
- En caso de tener que recurrir a la medición es imprescindible lo siguiente:
- Disponer de un instrumento de medida acorde con la normativa vigente. (Básicamente que sea conforme a la norma UNE-EN ISO 9041).
  - Llevar a cabo una observación del método de trabajo para poder establecer un programa de mediciones en función de las diferentes tareas y/o distintos niveles de vibración a que está sometido el trabajador. En dicho programa debe tenerse en cuenta que deben hacerse varias mediciones para cada una de dichas situaciones.

- Colocar los acelerómetros en la posición adecuada y con la orientación correcta.
- Cumplir con los tiempos de medición en cada una de las determinaciones, de acuerdo con lo que establecen las normas citadas en el real decreto, que de manera muy general pueden resumirse así: En el caso de vibraciones de cuerpo entero hay que hacer un número de mediciones que sea representativo de la exposición a vibraciones a lo largo del día, cada una de las cuales debe tener una duración de por lo menos 3 minutos. En el caso mano-brazo el tiempo total de medida, es decir, el número de mediciones por la duración de cada una de ellas, debe ser como mínimo de 1 minuto y debe tenerse en cuenta que no son fiables las mediciones de menos de 8 segundos y que hay que tener por lo menos tres muestras de cada operación medida.

### 5. CÁLCULO DEL VALOR DE A(B)

Conocidos el 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 de A(B) que se hará de manera diferente según se trate de vibraciones mano-brazo o de cuerpo entero. En el caso de las vibraciones transmitidas por el sistema mano-brazo, la aceleración eficaz que se utilizará para la determinación de A(B) es la raíz cuadrada de la suma de cuadrados de los valores eficaces de la aceleración ponderada en frecuencia determinados según los tres ejes de referencia, mientras que en el caso en el caso de las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, se toma el máximo de los valores  $1,4a_{wx}$ ,  $1,4a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ .

Debe tenerse en cuenta que deben considerarse atentamente 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. En cada caso habrá que determinar la aceleración y el tiempo de exposición correspondientes a cada operación.

En función del tipo de vibraciones y de que se trate de una sola fuente de exposición o de varias, pueden plantearse varios casos que pueden ayudar a aclararlo antes expuesto.

#### Exposición a vibraciones mano brazo con una sola fuente de vibración

En caso de que no se disponga de él determinar el valor eficaz de la aceleración ponderada en frecuencia  $a_{wv}$  mediante la expresión

$$a_{wv} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

donde  $a_{wx}$ ,  $a_{wy}$ ,  $a_{wz}$  son las aceleraciones ponderadas en frecuencia según cada uno de los ejes antes descritos.

El valor de A(B) que deberemos comparar con el valor que da a una acción y el valor límite se calcula mediante la expresión

$$A(B) = a_{wv} \sqrt{\frac{T}{8}}$$

en la que  $T_v$  es el tiempo de exposición.

## 9.4 Vibraciones Mecánicas. Medición y Evaluación de la Exposición Humana a las Vibraciones Transmitidas por la Mano. NTE INEN-ISO 5349-2. ECUADOR



Quito – Ecuador

NORMA  
TÉCNICA  
ECUATORIANA

**NTE INEN-ISO 5349-2**  
Primera edición  
2014-01

VIBRACIONES MECÁNICAS. MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN HUMANA A LAS VIBRACIONES TRANSMITIDAS POR LA MANO. PARTE 2: GUÍA PRÁCTICA PARA LA MEDICIÓN EN EL LUGAR DE TRABAJO (ISO 5349-2:2001, IDT)

MECHANICAL VIBRATION. MEASUREMENT AND EVALUATION OF HUMAN EXPOSURE TO HAND-TRANSMITTED VIBRATION. PART 2: PRACTICAL GUIDANCE FOR MEASUREMENT AT THE WORKPLACE (ISO 5349-2:2001, IDT)

Correspondencia:

Esta Norma Técnica Ecuatoriana es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 5349-2:2001.

DESCRIPTORES: Vibraciones mecánicas, medición, evaluación, exposición humana, vibraciones.  
ICS: 13.160

47  
Páginas

© ISO 2001 – Todos los derechos reservados  
© INEN 2014.