



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA**

Proyecto Técnico previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Mecánico

**TEMA:**

---

“ESTUDIO DEL RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN EL PROCESO DE  
ACABADO DE LA EMPRESA LA FORTALEZA CIA LTDA. DE LA CIUDAD  
DE AMBATO.”

---

**AUTOR:** Alex Ricardo Salazar Peña

**TUTOR:** Ing. Mg. Alejandra Lascano

**AMBATO – ECUADOR**

**2016**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ESTUDIO DEL RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN EL PROCESO DE ACABADO DE LA EMPRESA LA FORTALEZA CIA LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”, elaborado por el Sr. Alex Ricardo Salazar Peña, portador de la cedula de ciudadanía 180410877-5 y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- El presente proyecto técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

.....

Ing.Mg. Alejandra Lascano

**TUTOR DE PROYECTO TÉCNICO**

## **AUTORIA DEL PROYECTO TÉCNICO**

El presente proyecto técnico “ESTUDIO DEL RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN EL PROCESO DE ACABADO DE LA EMPRESA LA FORTALEZA CIA LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”, Así como los adjuntos, opiniones, conclusiones y recomendaciones son privilegio del autor, excepto fuentes bibliográficas.

.....  
*Alex Ricardo Salazar Peña*

C.I. 180410877-5

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este proyecto técnico dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando a mis derechos de autor.

Ambato, 17 de agosto del 2016

Autor

.....  
Alex Ricardo Salazar Peña

C.I. 180410877-5

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto técnico está dedicado primero a Dios que me dio salud, vida y sabiduría para continuar siempre adelante, dedico este logro a mis padres: por su apoyo incondicional cada día en los buenos y malos momentos y por sus sabios consejos que me llevaron a lograr este objetivo, a mi padre que desde el cielo me dio las fuerzas necesarias y me colmo de bendiciones, a mi madre que con su sacrificio diario ayudó a la culminación de este proyecto a mis hermanos que estuvieron siempre a mi lado en esta dura etapa universitaria.*

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por brindarme las fuerzas necesarias para alcanzar un logro más de mi vida, a mis padres mis hermanos mis tíos mis primos y a mis verdaderos amigos.*

*A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, a mis maestros que me brindaron su conocimiento necesario y a mi tutora por guiarme exitosamente en el desarrollo de mi proyecto técnico.*

*A La Fortaleza Cía. Ltda., que me supo abrir las puertas de su noble empresa, al Ing. Luis Montenegro y a sus trabajadores agradecerse de corazón por su apoyo total en el desarrollo del proyecto técnico.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### PÁGINAS PRELIMINARES

PÁGINA DE TÍTULO .....	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE GRADO .....	III
DERECHOS DE AUTOR .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS .....	XI
RESUMEN EJECUTIVO .....	XIV

### CAPÍTULO I

#### 1. ANTECEDENTES

1.1 TEMA .....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACION .....	2
1.4 OBJETIVOS .....	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4

### CAPÍTULO II

#### 2. FUNDAMENTACIÓN

2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS .....	5
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	6
2.2.1 SISTEMA DE GESTION EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL	6
2.2.3 FACTORES DE RIESGO FÍSICO.....	6
2.2.4 CONTAMINACIÓN DEL RUIDO OCUPACIONAL .....	7
2.2.2 RUIDO .....	7

2.2.5 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICION .....	11
2.2.5.1 ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA.....	11
2.2.5.2 CALCULO DEL $LAeq,d$ BASADO EN LA TAREA .....	12
2.2.6 ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO.....	14
2.2.7 ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA.....	15
2.2.8 AMBIENTE LABORAL .....	17
2.2.9 MEDIOS DE ATENUACIÓN .....	17
2.2.10 ATENUACIÓN POR EQUIPOS DE PROTECCIÓN .....	17
2.2.11 MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO .....	18
2.2.12 MÉTODO SNR.....	19
2.2.13 VIBRACIONES .....	19
2.2.13.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA VIBRACIÓN .....	20

### CAPÍTULO III

3.2 ESTRTEGIA DE MEDICION.....	33
3.2 EVALUACIÓN DEL RUIDO .....	33
3.2.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL SONÓMETRO PCE-322A.....	33
3.2.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DEL RUIDO LABORAL .....	34
3.2.3.1 RUIDO DE FONDO ( $LPAA$ ) .....	35
TIPO DE RUIDO .....	37
3.2.3.2 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO .....	47
3.3 CÁLCULO DEL ( $LAeq,d$ ) DE ACUERDO A LA TAREA.....	51
3.4 CÁLCULO DEL ( $LAeq,d,m$ ) BASADO EN LA TAREA .....	51
3.5 CÁLCULO DE LA [ $u(LAeq,d)$ ] BADADA EN LA TAREA .....	52
3.6 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA $U$ .....	54
3.7 CÁLCULO DE LA DOSIS PERMITIDA ( $D$ ).....	54
3.8 MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO ÁREA DE PINTURA .....	58
3.9 MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO ÁREA DE REFILADO....	68
3.10 ESTUDIO DE VIBRACIONES .....	78
3.10.1 VIBRACIONES.....	78
VIBRACION TRANSMITIDA AL SISTEMA MANO – BRAZO (VMB).....	78
EVALUACION DE LA EXPOSICION AL SISTEMA MANO – BRAZO.....	78



MEDIDA Y EVALUACION DE VIBRACIONES TRANSMITIDAS POR LA MANO. ....	79
VIBRACIONES TRANSMITIDA A CUERPO COMPLETO (VCC) .....	80
EVALUACION DE LA EXPOSICION A CUERPO COMPLETO (VCC) .....	80
3.10.2 EFECTOS DE LA EXPOSICION DE VIBRACIONES A LA SALUD. .	82
3.10.3 VALORES LIMITE DE EXPOSICION Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCION .....	83
3.10.4 VIBRÓMETRO .....	84
3.10.5 EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A VIBRACIONES .....	84
3.10.6 PASOS PARA EL MANEJO DEL VIBRÓMETRO. ....	85
3.11 DETERMINACION DEL TIEMPO DE EXPOSICION.....	85
3.12 PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICION DE LA EXPOSICION A VIBRACIONES .....	87
3.12.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICION DE VIBRACIÓN. ....	87
3.13 CALCULO DE VIBRACIONES MANO – BRAZO (AREA DE PULIDO)87	
3.13.1 DOSIS DE EXPOSICION (D).....	88
3.13.2 EVALUACION DE RIESGO .....	89
3.14 CALCULO DE VIBRACIONES CUERPO COMPLETO <i>Awx<sub>d</sub></i> .....	89
3.14.1 DOSIS DE EXPOSICION (D).....	90
3.14.2 EVALUACION DE RIESGO .....	90
3.15 MUESTREO DE VIBRACION.....	90
3.16 NOMENCLATURA: .....	91
3.17 ANALISIS DE LA EVALUACION DE LAS VIBRACIONES.....	96
3.18 PLAN DE MANTENIMIENTO .....	96
3.18.1 ANALISIS DE CRITICIDAD .....	96
3.18.2 PRODUCCION.....	97
3.18.3 EQUIPO AUXILIAR.....	97
3.18.4 INFLUENCIA DEL EQUIPO EN EL PROCESO DE ACABADO:.....	97
3.18.5 CALIDAD.....	98
3.18.6 MANTENIMIENTO.....	98
3.18.7 SEGURIDAD.....	99
3.18.8 MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	100
3.18.9 MANTENIMIENTO DE LA PULIDORA.....	101

3.19 METODO AMFE .....	107
------------------------	-----

## **CAPÍTULO IV**

4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
4.2 CONCLUSIONES .....	116
4.3 RECOMENDACIONES .....	117

## **ANEXOS**

<b>ANEXO 1:</b> Especificaciones del vibrometro balmac 230.....	121
<b>ANEXO 2:</b> Especificaciones del sonometro PCE 322A .....	123
<b>ANEXO 3:</b> Tapones auditivos sugeridos para el area de pintura.....	124
<b>ANEXO 4:</b> Tapones auditivos sugeridos para el area de refilado.....	126
<b>ANEXO 5:</b> Certificado .....	127

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

<b>Tabla 1:</b> Niveles Permisibles de ruido .....	9
<b>Tabla 2:</b> Nivel de audición confortable (dB) para cada edad.....	10
<b>Tabla 3:</b> Valores permisibles (VMB) y (VCC).....	22
<b>Tabla 4:</b> Puesto de trabajo Operario de horno.....	25
<b>Tabla 5:</b> Puesto de trabajo Operario de mezcla.....	26
<b>Tabla 6:</b> Puesto de trabajo Operario de inyectora. ....	27
<b>Tabla 7:</b> Puesto de trabajo Operario de refilado. ....	28
<b>Tabla 8:</b> Puesto de trabajo Operario de pintura.....	29
<b>Tabla 9:</b> Puesto de trabajo Operario de empaque. ....	30
<b>Tabla 10:</b> Puesto de trabajo Operario de lavado. ....	31
<b>Tabla 11:</b> Puesto de trabajo Operario de pulido.....	32
<b>Tabla 12:</b> Ficha de identificación del ruido laboral (área de colado).....	38
<b>Tabla 13:</b> Ficha de grafico de ruido aleatorio área de colado .....	39
<b>Tabla 14:</b> Ficha de identificación del ruido laboral (área de pintura).....	40
<b>Tabla 15:</b> Ficha de grafico de ruido aleatorio área de pintura .....	41
<b>Tabla 17:</b> Ficha de identificación del ruido laboral (área de refilado).....	41
<b>Tabla 18:</b> Ficha de grafico de ruido aleatorio área de refilado .....	43
<b>Tabla 19:</b> Ficha de identificación del ruido laboral (área de pulido).....	43
<b>Tabla 20:</b> Ficha de grafico de ruido estable área de pulido .....	45
<b>Tabla 21:</b> Ficha de identificación del ruido laboral (área de empaque).....	46
<b>Tabla 22:</b> Ficha de grafico de ruido aleatorio área de empaque .....	47
<b>Tabla 23:</b> Resultado del nivel de ruido existente .....	48
<b>Tabla 24:</b> Ficha condiciones de trabajo (Operario de pintura).....	49
<b>Tabla 25:</b> Ficha condiciones de trabajo (Operario de refilado) .....	50
<b>Tabla 26:</b> Datos obtenidos .....	52
<b>Tabla 27:</b> Lista de siglas a determinar .....	55
<b>Tabla 28:</b> Ficha evaluación ruido laboral (Pintura).....	56
<b>Tabla 29:</b> Ficha evaluación ruido laboral (Refilado) .....	57
<b>Tabla 30:</b> Resultado de los mecanismos de atenuación en el área de pintura.....	67
<b>Tabla 31:</b> Resultado de los mecanismos de atenuación en el área de refilado. ...	77
<b>Tabla 32:</b> Gravedad de vibraciones para distintas máquinas. ....	82
<b>Tabla 33:</b> Efectos de exposición a vibraciones. ....	83

<b>Tabla 34:</b> TVL Valores limites umbral para vibraciones transmitidas a la mano	86
<b>Tabla 35:</b> Muestreo de vibración .....	90
<b>Tabla 36:</b> Nomenclatura de la tabla de vibraciones.....	91
<b>Tabla 37:</b> Ficha de registro de vibraciones refilado.....	92
<b>Tabla 38:</b> Ficha de registro de vibraciones pintura.....	93
<b>Tabla 39:</b> Área de Pulido .....	94
<b>Tabla 40:</b> Área de Refilado .....	95
<b>Tabla 41:</b> Valores para la tasa de marcha .....	97
<b>Tabla 42:</b> Valores para equipo auxiliar.....	97
<b>Tabla 43:</b> Valores de influencia .....	97
<b>Tabla 44:</b> Valores para la influencia en la calidad del producto final.....	98
<b>Tabla 45:</b> Valores según el costo mensual de mantenimiento.....	98
<b>Tabla 46:</b> Valores para el número de horas de paro por mes:.....	98
<b>Tabla 47:</b> Valores según grado de especialización del equipo.....	99
<b>Tabla 48:</b> Valores de influencia .....	99
<b>Tabla 49:</b> Matriz de criticidad.....	100
<b>Tabla 50:</b> Clasificación de la gravedad del modo fallo según la recuperación en el cliente.....	105
<b>Tabla 51:</b> Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.....	105
<b>Tabla 52:</b> Clasificación de la facilidad del modo de fallo.....	110
<b>Tabla 53:</b> Mantenimiento Autónomo de la Pulidora.....	110
<b>Tabla 54:</b> Carta de lubricación de la Pulidora.....	111
<b>Tabla 55:</b> Inspección mecánica de la pulidora .....	111
<b>Tabla 56:</b> Inspección eléctrica.....	112
<b>Tabla 57:</b> Cronograma de Actividades del Plan de Mantenimiento.....	113
<b>Tabla 58:</b> Presupuesto .....	115

## INDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1:</b> Sonómetro PCE-322A.....	33
<b>Fig. 2:</b> Puntos de afectación del ruido a la persona .....	35
<b>Fig. 3:</b> Tapones auditivos 3M™ E-A-R™ Ultrafit™ .....	59
<b>Fig. 4:</b> Tapones auditivos 3M™ EA -RSOFT FX AREA PINTURA.....	64
<b>Fig. 5F:</b> Tapones auditivos 3M™ SUPERFIT 36 AREA PINTURA .....	67
<b>Fig. 6:</b> Tapones auditivos 3M™ Tapones H31B 300 AREA REFILADO .....	70

<b>Fig. 7:</b> Tapones auditivos 3M™ Tapones MODEL 5000 AREA REFILADO..	73
<b>Fig. 8:</b> Tapones auditivos 3M™ Tapones ULTRA 9000 AREA REFILADO...	76
<b>Fig. 9:</b> Ejes de referencia ( vibracion mano – brazo).....	80
<b>Fig. 10:</b> Ejes de referencia ( vibracion cuerpo entero).....	81
<b>Fig. 11:</b> Vibrómetro Balmac 230 .....	85
<b>Fig. 12:</b> Vibrómetro laboral Balmav 230.....	86
<b>Fig. 13:</b> Limite de aceleracion como una funcion de frecuencia y tiempo.....	87

“ESTUDIO DEL RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN EL PROCESO DE ACABADO DE LA EMPRESA LA FORTALEZA CIA LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”

**AUTOR:** Alex Ricardo Salazar Peña

**TUTOR:** Ing.Mg. Alejandra Lascano

## RESUMEN EJECUTIVO

Para el presente proyecto técnico se utilizó el Sonómetro PCE – 322A, donde la estrategia de medición se justifica de acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 270, al final de la evaluación se determinó que si existe sobreexposición de ruido en la empresa La Fortaleza Cía., Ltda. y las áreas de trabajo en el proceso de acabado con mayor sobreexposición de ruido son pintura y refilado y para las vibraciones el Vibrómetro BALMAC 230 donde se utilizó la Nota Técnica de Prevención NTP 839 donde el objetivo es el dar a conocer los fundamentos y el método para la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones.

Se determinó el nivel diario equivalente al que está expuesto el trabajador para este paso fue necesario conocer las condiciones de trabajo, esta información es importante para determinar si se implanta el Sonómetro o el Dosímetro debido a que las Notas Técnicas de Prevención de ruido NTP 950 y 951 establecen estrategias de medición de ruido para cada uno de los equipos.

Como resultado de vibraciones se determinó que en el puesto de trabajo de pulidor el valor de riesgo es de 2.28 que corresponde a riesgos de nocividad para el sistema mano – brazo y para el sistema cuerpo entero el valor de riesgo es de 0.72 que corresponde a riesgo de molestias medias. Y para el puesto de trabajo de refilado el valor de riesgo es de 0.89 que corresponde a una valoración de molestias medias para las vibraciones mano – brazo y para el sistema cuerpo entero el valor de riesgo es de 0.42 que corresponde a riesgo con molestias medias.

**Palabras claves:** Sonómetro, Vibrómetro, Nota Técnica de Prevención, Mecanismos de atenuación de ruido, Mecanismos de atenuación de vibraciones.

"STUDY OF NOISE AND VIBRATION IN THE PROCESS FINISHING IN THE COMPANY FORTALEZA CIA LTDA OF THE CITY AMBATO".

**AUTHOR:** Alex Ricardo Salazar Peña

**DIRECTED BY:** Ing.Mg. Alejandra Lascano

### **SUMMARY EXECUTIVE**

For this project, the used PCE 322A sonometer, where measurement strategy justified is according the provisions of the technical note noise prevention NTP270, the end of evaluation was determined the existence the noise exposure in the company Fortaleza Cia Ltda and work areas with exposure noise are painting and refile and for vibration the used BALMAC 230 vibrometer where measurement strategy justified is according the provisions of the NTP 839 where the objective is the inform the fundamentals and the method for evaluating the risk arising from exposure to vibration.

Later is determined the equivalent level daily the worker exposed, for this step was necessary to know the working conditions, this information is important for determine the implanted the sonometer or the dosimeter, because the technical notes NTP noise 950 and 951 establish noise measurement strategies for each of the instruments.

As a result of vibration it was determined that the job of polishing the risk value is 2.28 which corresponds to the risk of harmfulness to the hand system - arm and whole body system the risk value is 0.72 which corresponds to risk mean discomfort. And for the job of refile the risk value it is 0.89 which corresponds to an assessment of means discomfort for vibration hand - arm and whole body system the risk value is 0.42 which corresponds to risk with half discomfort.

**Keywords:** Sonometer, Vibrometer, Technical note prevention, Noise attenuation mechanisms, Vibration attenuation mechanisms.

# **CAPITULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 TEMA.**

“ESTUDIO DEL RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN EL PROCESO DE ACABADO DE LA EMPRESA LA FORTALEZA CIA LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”

### **1.2 ANTECEDENTES**

Para la elaboración del presente proyecto técnico se realizó diversas investigaciones en diferentes bibliotecas para obtener mayor información de acuerdo al tema, la información más apreciable se detalla a continuación.

Universidad Técnica de Ambato, tesis de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. “Estudio de ruido, iluminación y vibraciones en la empresa Agroindustrial Agrocueros S.A para mejorar el ambiente laboral” (Edwin Sánchez 2012).

El objetivo general del proyecto de tesis es el de realizar un estudio de ruido, iluminación y vibraciones, para así mejorar el ambiente laboral dentro de la empresa, y como propuesta a la solución del problema realiza medidas de control a los puestos de trabajo con mayor exposición de ruido, con la implementación de equipos de protección auditivo.

Tiene como conclusión: "del análisis realizado se concluye que las condiciones actuales de trabajo como se ejecutan, pueden causar trastornos por ruido con riesgo intolerable."

De la Universidad Técnica de Ambato, trabajo de titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, “La gestión del ruido laboral y su incidencia en las lesiones auditivas de la empresa Aluvidglass Cía. Ltda.” (Andrés Cabrera 2015).

El presente trabajo realiza como objetivo general un estudio de ruido laboral y sus afectaciones en las lesiones auditivas en la empresa Aluvidglass Cía. Ltda., y la propuesta realizada es el diseño de la gestión del ruido laboral en los procesos del vidrio de dicha empresa.



Tiene como conclusión: "la gestión actual del riesgo ruido que presenta la empresa ALUVIDGLASS Cía. Ltda., incide sobre las lesiones auditivas del personal."

Universidad Técnica de Ambato, tesis de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. "Estudio de ruido y vibraciones en la empresa Muebles León de la ciudad de Ambato para mejorar el ambiente laboral" (Jonathan Pazmiño 2013).

Tiene como conclusión: " Se ha evaluado el riesgo físico en cuanto a ruido y vibraciones según los recomienda el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)."

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA. la inexistencia de un estudio de ruido y vibraciones formará una inestabilidad en el bienestar y salud de los trabajadores, en tal sentido, se evidencia la necesidad de vigilar e intervenir en las condiciones de trabajo para identificar, eliminar o modificar estos factores relacionados con el trabajo que presentan un efecto perjudicial para la salud de la fuerza laboral, haciendo compatible el ambiente con las capacidades del trabajador.

El estudio procura valorar los riesgos producidos por el ruido laboral y las vibraciones a los que está expuesto el personal que labora dentro de la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA.

Debido al deficiente análisis de ruido laboral y vibraciones que se ha realizado en la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA. ha ocasionado una alta contaminación acústica por la maquinaria que afecta a los trabajadores en sus actividades diarias.

La empresa LA FORTALEZA CIA LTDA. dedicada a la fabricación de suelas para calzado en poliuretano, se encuentra amenazada por las secuelas de ruidos exorbitantes y por equipos y maquinaria que al instante de ser maniobradas ocasionan vibración, por tal motivo al no contar con un estudio de ruido y vibraciones, el personal que integra la empresa tendrá un efecto perjudicial para la salud y su desempeño laboral.

Tal falencia en la empresa dará como resultado mayor repercusión productiva, económica y social, que en ocasiones son irreparable, existiendo siempre enfermedades laborales por operar con equipos y maquinaria que generan vibración excesiva y ruidos exorbitantes.

El presente trabajo demanda la mayor brevedad permisible para optimizar el ambiente laboral con los requerimientos de mejora continua buscando así la calidad de sus productos y calidad de vida dentro de la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA. de la ciudad de Ambato.

## **INTERÉS POR INVESTIGAR**

Este proyecto satisface al deseo de dar una representación integral de lo que constituye el análisis de ruido laboral y vibraciones en el área de acabado, conocer como incide en el ambiente laboral el nivel de ruido y vibraciones a los trabajadores de la empresa La Fortaleza Cía. Ltda.

El proyecto técnico es de suma importancia para la empresa La Fortaleza Cía. Ltda., debido a que ayudará a la prevención de riesgos laborales en el trabajo, guiados de acuerdo a los reglamentos que el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S) impone, evitando así sanciones por el mismo, mediante el control de la implementación de Sistemas de Seguridad para los trabajadores.

## **UTILIDAD**

Este proyecto técnico es de ayuda para la empresa La Fortaleza Cía.Ltda., debido a que impedirá sanciones por los organismos de control y disminución de los niveles de ruido y vibraciones para los trabajadores expuestos. Este proyecto será la base primordial para que en un futuro se pueda ampliar en este contexto según el crecimiento industrial para la empresa La Fortaleza Cía.Ltda.

## **FACTIBILIDAD**

El presente proyecto técnico tiene la factibilidad por parte de la empresa La Fortaleza Cía.Ltda. Por la facilidad de acceso a información de las diferentes áreas de trabajo, así como el compromiso por parte del personal de la empresa para el cumplimiento del presente tema de investigación.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar un estudio de ruido y vibraciones en el área de acabado de la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA. para mejorar el ambiente laboral.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los niveles de ruido a los que están expuestos los trabajadores de la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA., mediante el Decreto Ejecutivo 2393.
- Determinar los niveles de vibración a los que están expuestos los trabajadores de la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA., en los puestos de trabajo mediante la guía técnica de prevención.
- Establecer mecanismos de atenuación de ruido en los puestos de trabajo considerados como críticos.
- Establecer mecanismos de atenuación de vibraciones en los puestos de trabajo considerados como críticos.

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN**

#### **2.1 INVESTIGACIONES PREVIAS**

En la empresa La Fortaleza Cía.Ltda. de la Ciudad de Ambato no se ha realizado ningún tipo de estudio relaciona con el ruido y vibraciones debido al desconocimiento por parte de los trabajadores y del gerente general, pero existe un malestar ya que las máquinas con las que se trabaja producen un excesivo nivel de ruido y en otra un excesivo nivel de vibraciones esto se da en el proceso de acabado.

Sin embargo, para la realización de este proyecto técnico fueron de gran ayuda los siguientes trabajos de investigación:

Universidad Técnica de Ambato, tesis de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. “Estudio de ruido, iluminación y vibraciones en la empresa Agroindustrial Agrocueros S.A para mejorar el ambiente laboral” (Edwin Sánchez 2012).

Tiene como conclusión: "del análisis realizado se concluye que las condiciones actuales de trabajo como se ejecutan, pueden causar trastornos por ruido con riesgo intolerable."

De la Universidad Técnica de Ambato, trabajo de titulación de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, “La gestión del ruido laboral y su incidencia en las lesiones auditivas de la empresa Aluvidglass Cía. Ltda.” (Andrés Cabrera 2015).

Tiene como conclusión: “la gestión actual del riesgo ruido que presenta la empresa ALUVIDGLASS Cía. Ltda., incide sobre las lesiones auditivas del personal."

Universidad Técnica de Ambato, tesis de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. “Estudio de ruido y vibraciones en la empresa Muebles León de la ciudad de Ambato para mejorar el ambiente laboral” (Jonathan Pazmiño 2013).

Tiene como conclusión: " Se ha evaluado el riesgo físico en cuanto a ruido y vibraciones según los recomienda el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS)."

## **2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.2.1 SISTEMA DE GESTIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL**

Según la norma NTC-OHSAS 18001 (2000), la Seguridad y Salud Ocupacional se definen como “las condiciones y factores que inciden en el bienestar de los empleados, trabajadores temporales, personal contratista, visitantes y cualquier otra persona en el sitio de trabajo”.

La seguridad e higiene industrial aplicadas a los centros de trabajo tienen como objetivo salvaguardar la vida y preservar la salud y la integridad física de los trabajadores, por medio del dictado de normas encaminadas tanto a que se les proporcionen las condiciones adecuadas para el trabajo, tanto en capacitarlos y adiestrarlos para que se eviten, dentro de lo posible, las enfermedades y accidentes laborales.

Según Luis Gaviria (2010) manifiesta que la Seguridad Industrial es una disciplina que se ocupa de la gestión o manejo de los riesgos inherentes a las operaciones y procedimientos en la industria y aún a las actividades comerciales y otros entornos.

Hasta hace algún tiempo solo se tenía en cuenta los riesgos de la salud, posibilidades de accidentes de los trabajadores, además de los posibles daños a las propiedades de la empresa.

La Seguridad Industrial, por lo tanto, pretende de la protección de los trabajadores y su chequeo médico, la ejecución de controles técnicos y la formación vinculada al control de los riesgos.

### **2.2.3 FACTORES DE RIESGO FÍSICO**

Ruido al ser continuo y de impacto en el área de acabado se recomienda realizar mediciones periódicas a fin de evaluar el cumplimiento frente al reglamento 2393 que fija como límite máximo de presión sonora de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. [3]

## **2.2.4 CONTAMINACIÓN DEL RUIDO OCUPACIONAL**

Los términos de ruido y sonido se han utilizado indistintamente y la diferencia entre él no es de naturaleza física, sino más bien cultural y subjetiva llamando ruido al sonido que no nos agrada. [3]

Ruido: Sonido inarticulado y confuso más o menos fuerte.[3]

Sonido: Sensación producida en el órgano de oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos. Efecto de la propagación de las ondas producidas por cambios de densidad y presión en los medios materiales, y en especial el que es audible. [3]

## **2.2.2 RUIDO**

La evaluación de riesgos físico y mecánicos se sistematiza estrictamente, como es en el Decreto Real 1316/89 sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido, el cual define lo siguiente:

- ❖ La medida del ruido.
- ❖ La periodicidad de evaluaciones.
- ❖ Las técnicas de control a manejar en función de los niveles de exposición a utilizar.
- ❖ Los instrumentos de medida y sus condiciones de cuidado.

## **TIPOS DE RUIDO**

De acuerdo a lo determinado en la nota técnica de prevención, evaluación de la exposición del ruido laboral NTP 270 existente diferentes tipos de ruido. [4]

## **RUIDO ALEATORIO**

El ruido aleatorio es cuando la diferencia entre los valores máximos y mínimos del nivel de presión acústica ponderada A ( $LpA$ ) es superior o igual a 5  $dB(A)$  y varía aleatoriamente a lo largo del tiempo. [4]

## **RUIDO ESTABLE**

Se reconoce el ruido estable cuando el nivel de presión acústica ponderada A ( $LpA$ ) permanece substancialmente constante y la diferencia entre los valores máximo y mínimo sea inferior a  $5\text{ dB}(A)$ . [4]

## **RUIDO DE IMPACTO**

Se denomina ruido de impacto cuando la duración es menor a un segundo y cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo. [4]

## **RUIDO PERIÓDICO**

Se llama ruido periódico cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $LpA$  es superior o igual a  $5\text{ dB}(A)$  y tenga una cadencia cíclica. [4]

## **NIVELES PERMISIBLES DEL RUIDO**

El Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, en su artículo 55) Ruidos y vibraciones literal 6 dice: Se fija como límite máximo de presión sonora el de  $85\text{ dB}(A)$  decibeles en escala (A) del sonómetro, tomados en el lugar de trabajo, para un ruido continuo de 8 horas laborables. En lugares de trabajo que requieran actividad intelectual el nivel de ruido permisible no excederá los  $70\text{ dB}(A)$  decibeles de ruido.

**Tabla 1: Niveles Permisibles de ruido**

<b>Nivel sonoro/dB(A-lento)</b>	<b>Tiempo de exposición por jornada / hora</b>
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

**Fuente:** Decreto Ejecutivo 2393

**Elaborado por:** Alex Salazar

Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5 de Real Decreto 286, indica que los valores máximos de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una operación, referidos a los niveles de exposición diaria equivalente  $L_{Aeq,d}$  y los niveles de pico  $L_{pico}$  fija que:

1. Los valores límites de exposición:

$$L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB (A)} \text{ y } L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}.$$

2. Los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB (A)} \text{ y } L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}.$$

3. Los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:

$$L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB (A)} \text{ y } L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}.$$

Según el Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en la Nota Técnica de Prevención 366 “El envejecimiento normal produce cambios en la capacidad auditiva que pueden verse magnificados por la existencia de enfermedades o por los efectos de la exposición ha ambientes sonoros elevados.”

Según este criterio, las pérdidas auditivas pueden clasificarse así:

- Pérdida auditiva inducida por ruido debido a exposición a ambientes laborales ruidosos.
- Nosoacusia: atribuida a causas como sorderas progresivas hereditarias, ciertas enfermedades.



- Presbiacusia: pérdida causada por el progreso de envejecimiento se caracteriza por una pérdida de audición gradual.

**Tabla 2:** Nivel de audición confortable (dB) para cada edad.

Edad (años)	Nivel de audición
15	53.5
20	55.2
25	56.9
30	58.6
35	60.5
40	62.5
45	64.5
50	66.6
55	68.9
60	71.2
65	73.6
70	76.2
75	78.9
80	81.7

**Fuente:** [www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_366.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_366.pdf)

La exposición al ruido durante mucho tiempo disminuye la coordinación y la concentración, lo cual aumenta la posibilidad de que se produzcan accidentes.

El ruido aumenta la tensión, lo cual puede dar lugar a distintos problemas de salud, entre ellos trastornos cardíacos, estomacales y nerviosos. Se sospecha que el ruido es una de las causas de las enfermedades cardíacas y las úlceras de estómago.

El obrero expuesto al ruido puede quejarse de nerviosismo, insomnio y fatiga (se sienten cansados todo el tiempo).

Una exposición excesiva al ruido puede disminuir además la productividad y ocasionar porcentajes elevados de ausentismo.

### **2.2.5 SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN**

Las tres estrategias de medición desarrolladas para la determinación de la exposición al ruido en el trabajo son:

- a) Basada en la tarea: el trabajo a realizar en la jornada laboral se subdivide en un determinado número de tareas representativas que son medidas independientemente. [5]
- b) Basada en el puesto de trabajo (función): la medición se realiza sobre trabajadores que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo. [5]
- c) Jornada completa: la medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada laboral. [5]

La selección de la estrategia de medición más apropiada va a depender de muchos factores tales como el objeto de la medición, la complejidad de las condiciones de trabajo, el número de trabajadores expuestos, la duración de la exposición a lo largo de la jornada de trabajo, e incluso del tiempo disponible por el técnico de prevención para la medición en sí misma y para posterior análisis de los resultados.

Así mismo, la selección se basará en el conocimiento previo de la exposición al ruido que se disponga. Cada una de las estrategias presenta diferentes peculiaridades que le hacen más o menos apropiado para cada situación.

#### **2.2.5.1 ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA**

La jornada de trabajo nominal estudiada debe poder dividirse en tareas u operaciones y concretas, de manera que durante la realización de cada una de ellas el trabajador tenga una exposición al ruido similar, es decir, que se obtenga valores de  $L_{Aeq,T}$  homogéneos. [5]

Las claves del enfoque por tareas son las siguientes:

- Amplio y profundo conocimiento de las condiciones de trabajo. [5]
- Tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruidos significativos y asegurarse de que están incluidos en las tareas definidas y en los periodos de medición. [5]
- La estimación de la duración de la tarea es fundamentalmente y es un factor de incertidumbre a calcular posteriormente. [5]

- Tiempos de medición corto, menor esfuerzo de medición que las otras estrategias. [5]

Cuando resulta aplicable, esta estrategia aporta una valiosa información sobre las contribuciones de las diferentes tareas u operaciones al nivel de exposición diario global. Esto supone una gran ventaja si el objetivo es priorizar actuaciones preventivas en el marco de un programa de control de la exposición al ruido.

Así mismo esta estrategia permite la posibilidad de calcular el nivel de exposición al ruido de jornadas de trabajo diferentes a aquellas en las que se han llevado a cabo las mediciones propiamente dicha, en función de la distribución y la duración de las tareas definidas y medidas.

### 2.2.5.2 CÁLCULO DEL NIVEL DIARIO EQUIVALENTE $L_{Aeq,d}$ BASADO EN LA TAREA.

De acuerdo con la nota técnica de prevención 951 se utilizó las siguientes ecuaciones: [5]

Para el cálculo del nivel de presión sonora basado en la tarea se utilizó la ecuación: [5]

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 * L_{Aeq,T,mi}} \right] dB(A) \quad Ec. 2.1$$

Donde:

$L_{Aeq,T,m}$ : Es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

$I$ : Es el número total de mediciones del puesto de trabajo.

Si los valores obtenidos de  $L_{Aeq,d}$  varían unos a otros en 3 dB (A) o más se deberá llevar a cabo tres mediciones más y revisar las definiciones de las tareas. [5]

Puede calcularse el nivel diario equivalente para cada tarea m, está dado por la ecuación.

$$L_{Aeq,d,m} = L_{Aeq,T,m} + 10 \log \left[ \frac{T_m}{T_o} \right] dB(A) \quad Ec. 2.2$$

Donde:

$L_{Aeq,d,m}$  : Cálculo del nivel diario equivalente

$L_{Aeq,T,m}$ : Es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

$T_m$ : Es la media aritmética

$T_0$ : Es el tiempo laboral (8 horas).

## CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE BASADA EN LA TAREA

Para el cálculo de la incertidumbre basada en la tarea se aplica la ecuación. [5]

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left( \sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right) \text{ Ec. 2.3}$$

Donde:

M: Es el número total de tareas.

m: Es cada tarea definida.

$u_{1a,m}$ : Es la incertidumbre estándar debido al muestreo por tareas.

$u_{1b,m}$ : Es la incertidumbre estándar por la duración de la tarea.

$u_{2,m}$ : Es la incertidumbre del instrumento utilizado.

$u_3$ : Incertidumbre a la posición del micrófono.

$c_{1a,m}$  Y  $c_{1b,m}$ : Son los coeficientes de sensibilidad.

Los coeficientes de sensibilidad se calculan mediante la ecuación siguiente: [5]

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} * 10^{0,1*(L_{AeqT,m} - L_{Aeq,d})} \text{ Ec. 2.4}$$

$$c_{1b,m} = 4,34 * \frac{c_{1a,m}}{T_m} \text{ Ec. 6}$$

Las incertidumbres estándares se calculan mediante las siguientes ecuaciones: [5]

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,m} - \overline{L_{Aeq,T,m}})^2 \right]} \text{ Ec. 2.5}$$

Donde:

I: Es el número total de mediciones de la tarea.

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \text{ Ec. 2.6}$$

Donde:

J: Es el total de observaciones de la duración de la tarea.

### 2.2.6 ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO

Esta estrategia es útil cuando no es sencillo describir el patrón de trabajo y dividirlo en tareas bien definidas. También se aplica cuando no resulta práctico llevar a cabo un análisis de las condiciones de trabajo muy detallada y, por lo tanto, no es necesario un conocimiento de las mismas tan exhaustivo como ocurría en el caso de la estrategia por tareas. [5]

Se realiza mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos equivalentes o de exposición al ruido muy similares. [5]

La Norma UNE ISO 9612:2009 no recomienda el empleo de esta estrategia cuando el trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidoso. [5]

El desarrollo de la estrategia conlleva un mayor tiempo de medición, pero el resultado suele presentar una incertidumbre menor. [5]

Para el cálculo del nivel de presión sonora basado en el puesto de trabajo se utilizó la siguiente ecuación. [5]

$$L_{Aeq,T,e} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^I 10^{0,1 * L_{Aeq,T,n}} \right] dB(A) \quad Ec. 2.7$$

Donde:

$L_{Aeq,T,n}$ : Es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

N: Es el número total de mediciones del puesto de trabajo.

Para calcular el nivel de ruido equivalente diario basado en el puesto de trabajo se utilizó la siguiente ecuación.

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T,e} + 10 \log \left[ \frac{T_e}{8} \right] dB(A) \quad Ec. 2.8$$

Donde:

$T_e$ : Es la duración de la jornada laboral.

## INCERTIDUMBRE BASADO EN EL PUESTO DE TRABAJO

Para el cálculo de la incertidumbre basado en el puesto de trabajo se aplica la siguiente ecuación. [5]

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad Ec. 2.9$$

Donde:

$c_1 u_1$ : Número de mediciones.

Donde el valor de  $u_1$  se calcula mediante la siguiente ecuación. [5]

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \overline{L_{Aeq,T}})^2 \right]} \quad Ec. 2.10$$

Donde:

$L_{Aeq,T,n}$ : Presión sonora equivalente.

N: Numero de mediciones.

$\overline{L_{Aeq,T}}$ : Media aritmética de la muestra.

Si los valores obtenidos de  $c_1 u_1$  es superior a 3,5 dB(A) de acuerdo a la tabla se debe revisar el plan de medición realizado donde N es el número de mediciones realizadas. [5]

### 2.2.7 ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

Esta estrategia cubre la jornada de trabajo por entero, incluyendo tanto exposiciones elevadas al ruido como períodos de menor nivel o “silenciosos”. [5]

La estrategia basada en la jornada completa resulta útil cuando no es sencillo o práctico el describir el patrón de trabajo, al igual que ocurriría en el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo. [5]

Por ello, requiere un menor esfuerzo de análisis de las condiciones de trabajo, pero a cambio, supone mayor esfuerzo de tiempo de medición. [5]

Se recomienda especialmente cuando la exposición al ruido se desconoce en mayor o menor grado, o bien es impredecible o excesivamente compleja. Se emplea también cuando quieren cubrirse todas las contribuciones a la exposición al ruido con total seguridad. Sin embargo, precisamente por ese motivo, hay un mayor riesgo de registrar contribuciones falsas (impactos en el micrófono, interferencias deliberadas o no, etc).

Para minimizar este riesgo, conviene observar al trabajador durante el desarrollo de la medición, en la medida de lo posible, o bien preguntarle a la finalización de la jornada por las tareas desarrolladas y/o las ubicaciones en las que ha trabajado. [5]

Los instrumentos más comúnmente en esta estrategia son los dosímetros. Se recomienda además el empleo de instrumentos de medición personal dotados con registro temporal de la exposición, con el objeto de repasar dicho historial con el trabajador al final del turno y confirmar la actividad laboral desarrollada por éste.

De esta forma, además, podrán eliminarse contribuciones irrelevantes e incluso detectar las tareas de mayor exposición. [5]

Así mismo, es recomendable la realización de entrevistas con los trabajadores y los supervisores e incluso la realización de mediciones puntuales para verificar los niveles de exposición al ruido registrados por los dosímetros, todo ello con el objetivo de confirmar, la validez de las mediciones. También se contempla la posibilidad de medir determinadas tareas con objeto de contrastar los datos obtenidos. [5]

Para el cálculo del nivel diario equivalente basado en la jornada completa debe realizarse tres mediciones en tres jornadas de trabajo y si dicho resultado varía en 3 dB(A) debe realizarse dos mediciones más. [5]

Utilizando las ecuaciones:

$$L_{Aeq,T,e} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 * L_{Aeq,T,n}} \right] dB(A) \quad Ec. 2.11$$

y

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T,e} + 10 \log \left[ \frac{T_e}{8} \right] dB(A) \quad Ec. 2.12$$

## INCERTIDUMBRE BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

Y para el cálculo de la incertidumbre basada en la jornada completa se utilizó la ecuación: [5]

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[ \sum_{n=1}^N (L_{Aeq,T,n} - \overline{L_{Aeq,T}})^2 \right]} \quad Ec. 2.13$$

Para llegar a:

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad Ec. 2.14$$

## **2.2.8 AMBIENTE LABORAL**

Las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo pueden considerarse condiciones laborales protegidas por el ordenamiento jurídico laboral que representa la construcción de un auténtico ambiente laboral. En efecto, esta concepción del ambiente laboral debe integrarse entre las condiciones laborales, especialmente la salud, seguridad e higiene en el trabajo.

## **2.2.9 MEDIOS DE ATENUACIÓN**

Existen dos tipos principales de atenuación:

- Atenuación por equipos de protección.
- Atenuación por barreras.

## **2.2.10 ATENUACIÓN POR EQUIPOS DE PROTECCIÓN**

Los equipos de protección auditivo (E.P.A) son dispositivos destinados a reducir el ruido al que el trabajador está expuesto. [7]

La atenuación sonora es el principal factor a considerar en la selección de un protector auditivo. Este permite garantizar una protección eficaz en términos de reducir el nivel de ruido a niveles de presión sonora bajo el nivel de acción, sin obstaculizar la percepción del habla, señales de peligro o señales necesarias para el ejercicio correcto de la actividad laboral. [7]

A partir del nivel de presión sonora equivalente ( NPS<sub>eq</sub>) del puesto de trabajo y de la curva de atenuación sonora o de los valores alto, medio y bajo (H.L.M) o el valor de reducción de ruido (S.N.R) del protector auditivo, se calculará el nivel de presión sonora efectiva ponderada A, en el oído con el protector auditivo colocado ( L<sub>A</sub> en dB(A)).este resultado se comparará con el nivel de acción para determinar si la protección es adecuada (L<sub>A</sub> < L<sub>ac</sub>).para la correcta selección de los E.P.A se debe proceder al cálculo de atenuación en el cual está basado en distintos procedimientos.[7]

- Método HML (MEDIO).
- Método SNR (BAJA).



### 2.2.11 MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación “A” ( $L_A$ ) y “C” ( $L_C$ ), y la diferencia “ $L_A - L_C$ ”, del puesto de trabajo, también llamado C – A. Además, hay que disponer de los valores alto, medio y bajo del protector auditivo. [7]

A partir de los datos indicados se obtiene el valor PNR (Reducción del nivel de ruido predicho) correspondiente. [7]

Para ruidos de baja frecuencia, es decir, aquellos con frecuencia  $L_C - L_A$  mayores que 2 dB (A) se calculará con la siguiente ecuación.

$$PNR = M - \frac{M-L}{8} (L_C - L_A - 2) \text{ Ec 2.15}$$

Para ruidos de medias o altas frecuencias, es decir, aquellos con diferencias  $L_C - L_A$  menor o igual que 2 dB(A) se calculará con la siguiente ecuación.

$$PNR = M - \frac{M-L}{4} (L_C - L_A - 2) \text{ Ec 2.16}$$

Este valor PNR de un protector auditivo para un tipo de ruido y protector auditivo específico, se resta del nivel existente en el puesto de trabajo, para obtener el nivel de presión sonora efectivo ponderado “A”. [7]

$$LA' = NPS_{eq} - PNR \text{ Ec 2.17}$$

Donde:

M: Atenuación de frecuencia media.

H: Atenuación de frecuencia alta.

L: Atenuación de frecuencia baja.

PNR: Reducción del nivel de ruido predicha.

LA': Reducción del nivel de ruido.

$NPS_{eq}$ : Nivel de presión sonora continua equivalente ponderado A.

Nota: el valor de LA' se redondea al entero más próximo.

### 2.2.12 MÉTODO SNR

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora del puesto de trabajo y el valor SNR (Índice de reducción único) del protector auditivo. [7]

$$LA = LC - SNR \text{ Ec 2.18}$$

Donde:

LA: Reducción del nivel de ruido.

LC: Nivel de presión sonora ponderado C.

SNR: Índice de reducción único.

### 2.2.13 VIBRACIONES

Las vibraciones es un movimiento oscilatorio, las vibraciones de cuerpo completo ocurren cuando el cuerpo está apoyado en una superficie vibrante, por ejemplo: cuando se está sentado sobre un asiento que vibra, de pie sobre un suelo vibrante o recostado sobre una superficie vibrante. Las vibraciones de cuerpo completo se presentan en todas las formas de transporte y cuando se trabaja cerca de maquinaria industrial. [8]

Las vibraciones transmitidas a las manos son las vibraciones que entran en el cuerpo a través de las manos. Están causadas por distintos procesos de la industria en los que se agarran o empujan herramientas o piezas vibrantes con las manos o los dedos. [8]

La exposición las vibraciones transmitidas a las manos pueden producir diversos trastornos. [8]

Los desplazamientos oscilatorios de un objeto implican, alternativamente una velocidad en una dirección y después una velocidad en dirección opuesta. Este cambio de velocidad significa que el objeto experimenta una aceleración constante, primero en una dirección y después en dirección opuesta. [8]

Son numerosas las actividades laborales que suponen una exposición prolongada a vibraciones mecánicas tanto transmitidas al sistema mano – brazo (VMB) como al cuerpo completo (VCC). [8]

De manera general una vibración puede describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio sin que se produzca 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. 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. [8]

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

- Vibraciones transmitidas al sistema mano – brazo
- Vibraciones transmitidas cuerpo entero

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 lo general en la herramientas portátiles (taladros martillos neumáticos, pulidoras, etc) y que el Real Decreto 1311/2005 define como “la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano – brazo, supone riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o articulaciones”. [8]

Las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, es decir aquellas que el cuerpo recibe cuando una gran cantidad de su peso descansa sobre una superficie vibrante, que el Real Decreto 1311/2005 define como “la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral”. [8]

### **2.2.13.1 CARACTERÍSTICAS DE UNA VIBRACIÓN**

Los efectos que producen las vibraciones en el cuerpo humano dependen, fundamentalmente, de las siguientes características: [8]

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

La magnitud y la frecuencia de la vibración conjuntamente dan idea a la cantidad de energía que se transmite por la vibración. [8]

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 aceleración producidas. [8]

De estas tres posibilidades se ha convenido en utilizar la aceleración ya que, entre otras razones, los acelerómetros piezoeléctricos presentan importantes ventajas como: fiabilidad, tamaño, etc., frente a otros tipos de transductores. [8]

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 hacer 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. [8]

En cuanto a la dirección de incidencia de la vibración, interesa fijarla en relación a unos ejes ortogonales ligados al cuerpo humano y no referencias espaciales como es habitual. Para ello se han definido para las vibraciones transmitidas al sistema mano – brazo o al cuerpo entero los sistemas de coordenadas son las siguientes:

- Eje x: dirección espalda – pecho. Sentido positivo: hacia al frente. [8]
- Eje y: dirección hombro –hombro. Sentido positivo: hacia hombro izquierdo. [8]
- Eje z: dirección pies – cabeza. Sentido positivo: hacia la cabeza. [8]

Vibraciones mano – brazo

- Eje z: dirección del eje longitudinal del tercer hueso metacarpiano. Sentido positivo: hacia la extremidad distal del dedo. [8]
- Eje x: dirección dorso – palma. Sentido positivo: hacia la palma. [8]
- Eje y: dirección perpendicular a los otros dos. Sentido positivo: hacia el pulgar. [8]

Este último es el sistema biodinámico, aunque en la práctica se utiliza el sistema basicéntrico que es esencialmente igual al anterior, aunque rotado alrededor del eje x de forma que el eje y coincida con la línea de los nudillos y por lo tanto con el eje de agarre de las maquinas. [8]

Finalmente, el tiempo de exposición es el tiempo que se está sometido a la vibración durante de la jornada laboral.es un parámetro en cuya determinación hay que ser muy

cuidadoso ya que no necesariamente coincide en 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. [8]

Para su determinación es fundamentalmente observar el proceso de trabajo y utilizar un cronometro o, en algunos casos registrar las operaciones realizadas por ejemplo en video, para determinar dicho tiempo con mayor factibilidad. [8]

**Tabla 3:** Valores permisibles (VMB) y (VCC).

	<b>Valor que da lugar a una acción</b>	<b>Valor límite</b>
Vibraciones transmitidas al sistema mano – brazo	2.5m/s <sup>2</sup>	5m/s <sup>2</sup>
Vibraciones transmitidas al cuerpo entero	0.5m/s <sup>2</sup>	11.5m/s <sup>2</sup>

**Fuente:**<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/839%20web.pdf>

**Elaborado por:** Alex Salazar

## **CAPITULO III**

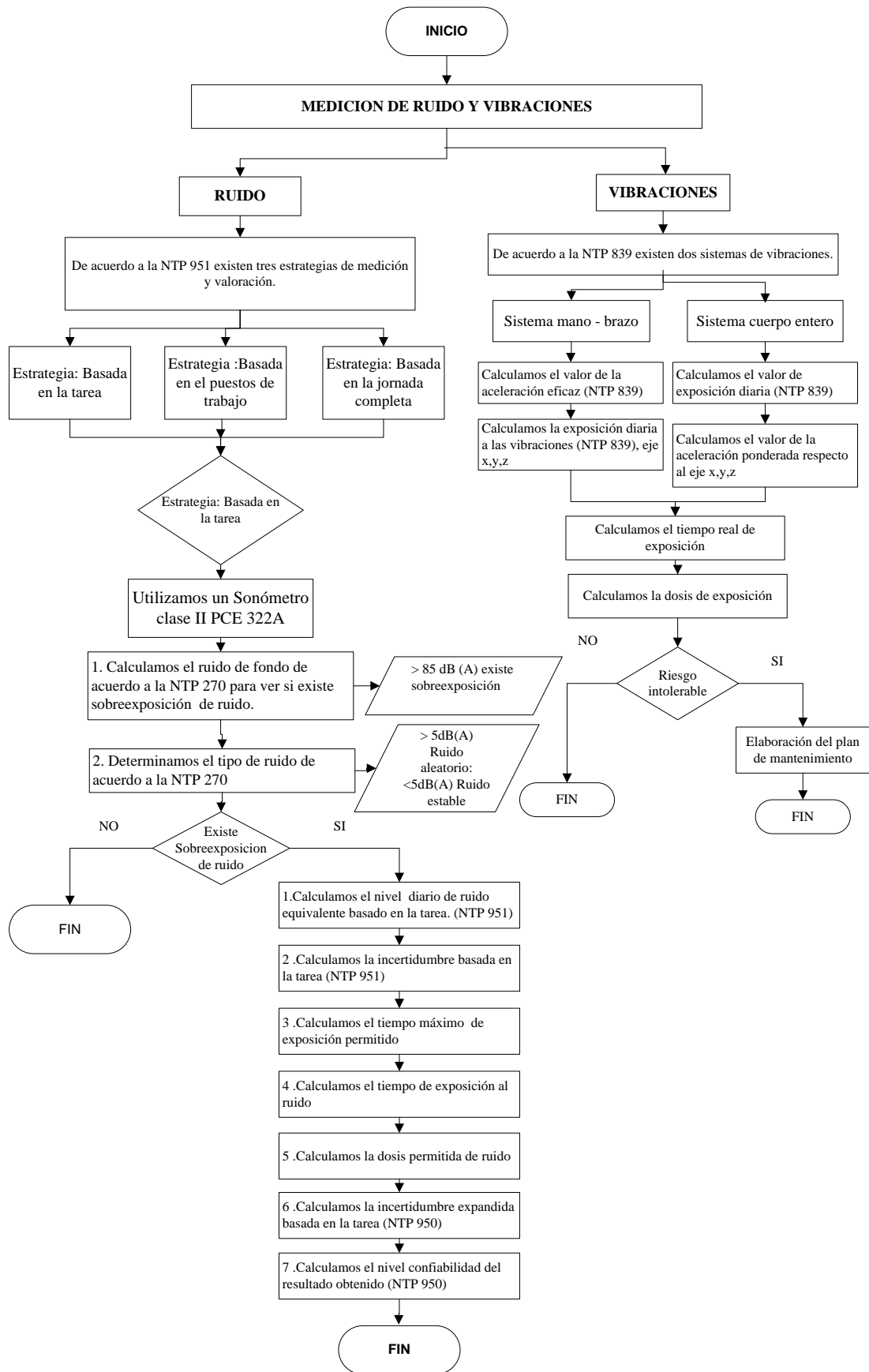
### **DISEÑO DEL PROYECTO**

#### **3.1 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

De acuerdo a la Nota Técnica de Prevención (NTP) 951 existen tres estrategias de medición y valoración de la exposición de ruido: [5]



- Basada en la tarea.
- Basada en el puesto de trabajo (función).
- Jornada completa.

La estrategia más adecuada en el proceso de acabo de la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA para la medición y valoración de la exposición de ruido es la estrategia Basada en la tarea debido a que el puesto de trabajo es fijo ya que el trabajador realiza una sola actividad. [5]



## PUESTOS DE TRABAJO

**Tabla 4:** Puesto de trabajo Operario de horno.

	LA FORTALEZA CÍA. LTDA	
	LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE TRABAJO	CÓDIGO L.F. 001
<b>AREA:</b>	Producción	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de horno	
<b>PROCESO:</b>	Calentamiento de materia prima	
<b>REALIZADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	Poliol ( $C_nH_{2n+2}O_n$ ) e Isocianato ( $C_2H_3NO$ )	
<b>Salidas</b>	Materia prima caliente	
<b>Registros</b>	-	
<b>Equipos y Herramientas</b>	Horno	
<b>Materiales peligrosos</b>	-	
DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Retirar la materia prima de la bodega</li> <li>Ingresar materia prima al horno.</li> <li>Espera (12 horas).</li> <li>Retirar materia prima caliente.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Temperatura del horno: 70°C</li> <li>✓ Temperatura del material: 40°C</li> </ul>		



**Tabla 5:** Puesto de trabajo Operario de mezcla.

	<b>LA FORTALEZA CÍA. LTDA</b>	
	<b>LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>CÓDIGO</b> L.F. 002
<b>AREA:</b>	Producción	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de mezcla	
<b>PROCESO:</b>	Mezcla de materia prima	
<b>REALIZADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poliols (<math>C_nH_{2n+2}O_n</math>) caliente</li> <li>✓ Isocianato (<math>C_2H_3NO</math>) caliente</li> <li>✓ Catalizador</li> <li>✓ Pigmento</li> <li>✓ Endurecedor</li> </ul>	
<b>Salidas</b>	Mezcla	
<b>Registros</b>	-	
<b>Equipos y Herramientas</b>	Mezclador	
<b>Materiales peligrosos</b>	-	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FOTOGRAFIA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar materia prima caliente en el mezclador.</li> <li>• Añadir pigmento.</li> <li>• Añadir endurecedor.</li> <li>• Añadir catalizador.</li> <li>• Espera</li> <li>• Cargar en máquina.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

**Tabla 6:** Puesto de trabajo Operario de inyectora.

	<b>LA FORTALEZA CÍA. LTDA</b>	
	<b>LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>CÓDIGO</b>  L.F.003
<b>AREA:</b>	Acabado	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de inyectora	
<b>PROCESO:</b>	Colado	
<b>REALIZADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	Mezcla	
<b>Salidas</b>	Suelas	
<b>Registros</b>	Consumo de materia prima	
<b>Equipos y Herramientas</b>	Máquina BGM – 24 cabezales Herramientas de ajuste	
<b>Materiales peligrosos</b>	Cloruro de Motileno	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FOTOGRAFIA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montar molde <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Subir molde</li> <li>✓ Asegurar</li> </ul> </li> <li>• Desmoldado <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aspersión de desmoldante sobre los moldes.</li> <li>✓ Secar exceso de desmoldante.</li> </ul> </li> <li>• Colado <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Colocación de poliuretano en los moldes.</li> <li>✓ Sellado de moldes.</li> </ul> </li> <li>• Extracción de suelas. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Extracción.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

**Tabla 7:** Puesto de trabajo Operario de refilado.

	<b>LA FORTALEZA CÍA. LTDA</b>	
	<b>LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>CÓDIGO</b>  L.F. 004
<b>AREA:</b>	Acabado	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de refilado	
<b>PROCESO:</b>	Refilado	
<b>REALIZADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	Suelas	
<b>Salidas</b>	Suelas refiladas	
<b>Registros</b>	-	
<b>Equipos y Herramientas</b>	Máquina Refiladora GP-1 Máquina Refiladora KD-521	
<b>Materiales peligrosos</b>	-	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FOTOGRAFIA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar suela del área de colado.</li> <li>• Coger la suela del contenedor.</li> <li>• Retirar los excesos con la ayuda de la máquina.</li> <li>• Colocar suelas en el contenedor.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		



**Tabla 8:** Puesto de trabajo Operario de pintura.

	<b>LA FORTALEZA CÍA. LTDA</b>	
	<b>LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>CÓDIGO</b>  L.F. 005
<b>AREA:</b>	Acabado	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de pintura	
<b>PROCESO:</b>	Pintura	
<b>REALIZADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	Suelas lavadas	
<b>Salidas</b>	Suelas pintadas	
<b>Registros</b>	Ordenes de pedido	
<b>Equipos y Herramientas</b>	Bandas transportadoras Máquinas de pintura	
<b>Materiales peligrosos</b>	-	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FOTOGRAFIA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de suelas en banda.</li> <li>• Colocación de suelas máquina de pintura.</li> <li>• Pintura.</li> <li>• Extracción de suelas de la máquina de pintura.</li> <li>• Colocación de suelas en banda transportadora.</li> <li>• Extracción de suelas de la banda transportadora.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		



**Tabla 9:** Puesto de trabajo Operario de empaque.

	<b>LA FORTALEZA CÍA. LTDA</b>	
	<b>LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE TRABAJO</b>	<b>CÓDIGO</b> L.F. 006
<b>AREA:</b>	Acabado	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de empaque	
<b>PROCESO:</b>	Empaque	
<b>REALIZADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	Suelas pintadas	
<b>Salidas</b>	Producto terminado	
<b>Registros</b>	Control de ingreso de producto terminado a la bodega	
<b>Equipos y Herramientas</b>	-	
<b>Materiales peligrosos</b>	-	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FOTOGRAFIA</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar hoja de pedido.</li> <li>• Tomar funda plástica.</li> <li>• Retirar suela de contenedor.</li> <li>• Colocar identificación, tamaño, tipo y cantidad de suela.</li> <li>• Colocar en contenedor.</li> <li>• Registro en hoja de control de ingreso de producto terminado a la bodega.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

**Tabla 10:** Puesto de trabajo Operario de lavado.

	LA FORTALEZA CÍA. LTDA	
	LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE Y TRABAJO	CÓDIGO
		L.F. 007
<b>AREA:</b>	Acabado	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de lavado	
<b>PROCESO:</b>	Lavado	
<b>REALIZADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	Suelas refiladas	
<b>Salidas</b>	Suelas lavadas	
<b>Registros</b>	Control de percloroetileno	
<b>Equipos y Herramientas</b>	Lavadora SIREM SRL.	
<b>Materiales peligrosos</b>	Percloroetileno	
DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de suelas refiladas en canastas de la lavadora.</li> <li>• Lavado.</li> <li>• Espera.</li> <li>• Extracción de suelas lavadas.</li> <li>• Colocación en contenedores.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

**Tabla 11:** Puesto de trabajo Operario de pulido.

	LA FORTALEZA CÍA. LTDA	
	LEVANTAMIENTO DE PROCESOS Y PUESTOS DE TRABAJO	CÓDIGO
		L.F. 008
<b>AREA:</b>	Acabado	
<b>PUESTO DE TRABAJO:</b>	Operario de pulido	
<b>PROCESO:</b>	Pulido	
<b>LEVANTADO POR:</b>	Alex Salazar	
<b>Entradas</b>	Suelas refiladas	
<b>Salidas</b>	Suelas pulidas	
<b>Registros</b>	Control de percloroetileno	
<b>Equipos y Herramientas</b>	Pulidora	
<b>Materiales peligrosos</b>	Percloroetileno	
DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFIA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de suelas refiladas en la máquina.</li> <li>• pulido.</li> <li>• Extracción de suelas.</li> <li>• Colocación en contenedores.</li> </ul>		
<b>Observaciones:</b>		

## 3.2 EVALUACIÓN DEL RUIDO

Lo establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo mediante la NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido: indica una metodología que ayuda a determinar el nivel de ruido existente en las diferentes áreas y puestos de trabajo. El equipo utilizado para la medición del ruido fue el Sonómetro PCE-322A.[4]



**Fig. 1:** Sonómetro PCE-322A  
**Fuente:** Manual Sonómetro PCE-322<sup>a</sup>

### 3.2.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL SONÓMETRO PCE-322A

El Sonómetro PCE-322A cumple con las normas estándares IEC61672-1 el cual es de Tipo 2, dispone de un rango de medición de  $(30 - 130) dB(A)$  con una precisión de  $\pm 1,4 dB(A)$ . Los rangos de medición del Sonómetro PCE-322A en bajo son de  $(30 - 80) dB(A)$ , en medio es de  $(50 - 100) dB(A)$ , en alto es de  $(80 - 130) dB(A)$  y en automático es de  $(30 - 130) dB(A)$ . Con una velocidad de obtención de datos de cada segundo. Las partes principales del Sonómetro PCE-322A para la realización de tomas de datos son los siguientes:

1. Encendido y apagado del equipo, para el encendido es suficiente aplastarlo una sola vez, mientras que para el apagado debe ser presionado durante 3 segundos.
2. El botón A/C nos indica la valoración de los datos obtenidos, es recomendable seleccionar A para una toma de datos.
3. El botón FAST/SLOW son utilizados para obtener una medición de ruido rápida o lenta. Es recomendada seleccionar SLOW para una toma de datos más precisos.

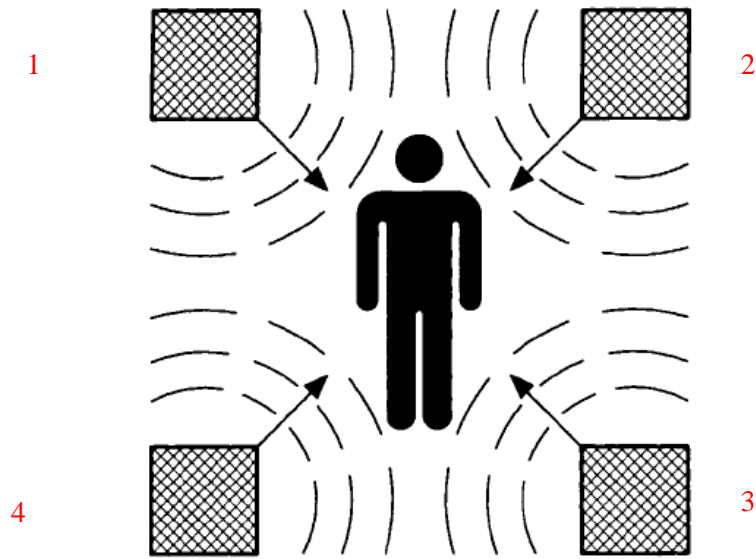


4. El indicador MAX/MIN nos permite conocer el punto máximo de ruido y el punto mínimo de ruido, se recomienda conocer cuál es el punto máximo de ruido en el área de trabajo.
5. El botón REC nos permite grabar los datos, estos datos son almacenados en la memoria interna del Sonómetro PCE-322A.
6. El SETUP nos permite activar y desactivar la conexión del Sonómetro PCE-322A con un computador para la transferencia de datos por conexión de un cable USB.

### **3.2.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DEL RUIDO LABORAL**

El procedimiento de medición del ruido laboral está fundado en metodologías legales tanto a nivel nacional como es el decreto ejecutivo 2393 artículo 55 he internacional como es el caso de la utilización de la nota técnica de prevención de ruido NTP 270 donde la medición se la efectuó con la característica “SLOW” con ponderación de frecuencia A. [3]

Para la realización de las mediciones del nivel de ruido laboral en cada área de trabajo es necesario ejecutarlo el día de mayor generación de ruido para conocer el verdadero nivel de exposición a la que cada área está afectada. Es importante realizar un estudio previo de cada área de trabajo, con el propósito de averiguar cuál es el punto de mayor nivel de ruido como se indica en la figura: [3]



**Fig. 2:** Puntos de afectación del ruido a la persona

**Fuente:** Norma UNE 11690

### 3.2.3.1 RUIDO DE FONDO ( $L_{PA(A)}$ )

Con los datos obtenidos por el Sonómetro PCE-322A procedemos a calcular el ruido de fondo existente en cada área de trabajo, mediante la siguiente ecuación: [4]

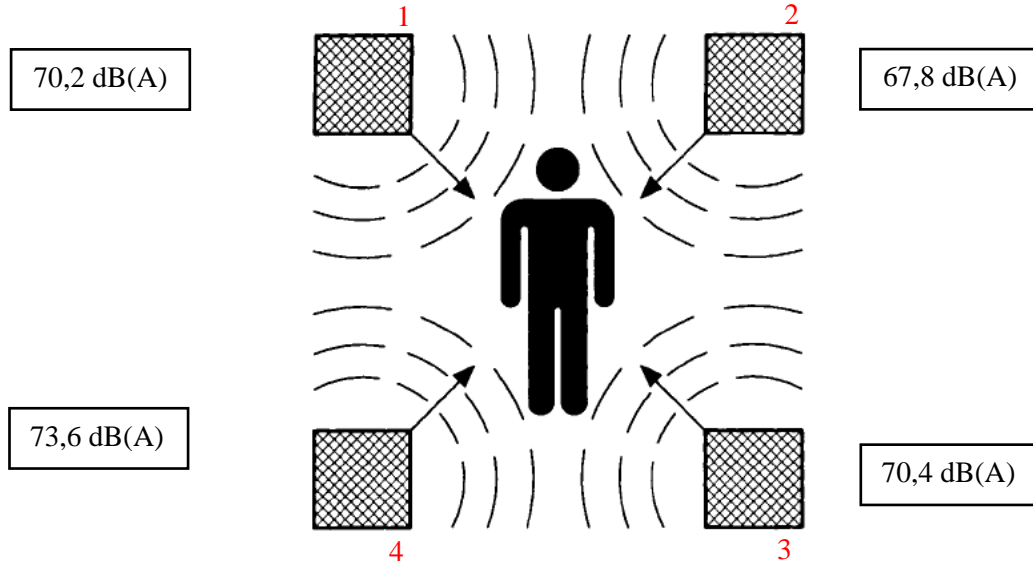
$$L_{PA(A)} = 10 \log \sum_{n=1}^{n=i} (10^{0,1L_{PA(A)}}) \text{ dB}(A) \quad \text{Ec. 3.1}$$

Para determinar el ruido de fondo existente en cada área de trabajo, fue necesario la realización de 5 mediciones con una duración de 15 segundos, al término de cada período se selecciona el último valor, según lo establecido por la Nota Técnica de Prevención al ruido NTP 270 y se procede a la aplicación de la ecuación 3.1. [4]

**Ejemplo:**


**ÁREA DE COLADO**

El estudio previo realizado al área de colado, dió como resultado:



Punto de medición: 4

Datos obtenidos del punto de medición:

Área colado	Mediciones	HH/MM/SS	$L_{PA(Ai)}$ dB(A)
	1	10:55:13	71,2
	2	10:55:28	66,8
	3	10:55:43	79,4
	4	10:56:05	76
	5	10:56:20	77,30

**Elaborado por:** Alex Salazar

$$L_{PA(A)} = 10 \log \sum_{n=1}^{n=i} (10^{0,1L_{PA(Ai)}}) \text{ dB(A)} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$L_{PA(A)} = 82,98 \text{ dB(A)}$$

*Sobreexposición de ruido: No*

## TIPO DE RUIDO


De acuerdo con la nota técnica de prevención NTP 270, evaluación de la exposición al ruido se puede determinar el tipo de ruido mediante la siguiente ecuación: [4]

$$\textit{Tipo de Ruido} = (\textit{Valor máximo} - \textit{Valor minimo}) \textit{ dB(A)} \textit{ Ec. 3.3}$$

### Ejemplo:

#### ÁREA DE COLADO

Datos obtenidos:

	Valor Máximo dB(A)	62,6
	Valor Mínimo dB(A)	81,2

**Elaborado por:** Alex Salazar



$$\textit{Tipo de Ruido} = (\textit{Valor máximo} - \textit{Valor minimo}) \textit{ dB(A)} \textit{ Ec. 3.4}$$

$$\textit{Tipo de ruido} = (81,2 - 62,6)\textit{dB(A)}$$

$$\textit{Tipo de ruido} = 18,6 \textit{ dB(A)} > 5 \textit{ dB(A)}$$

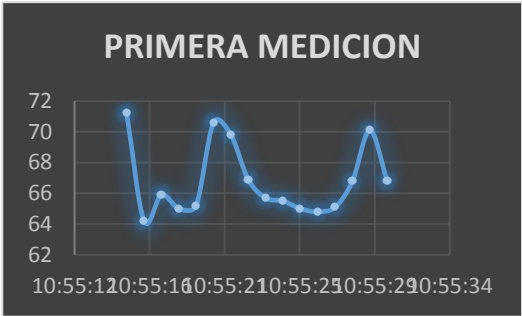
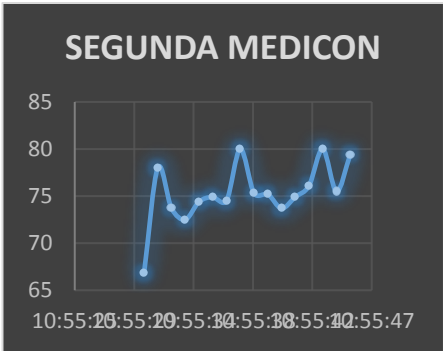
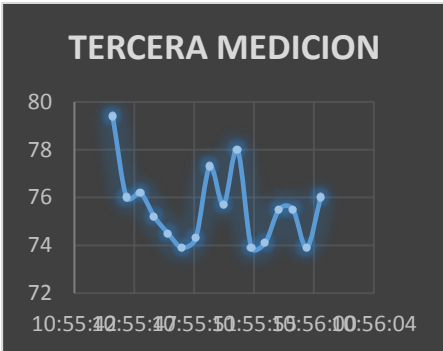
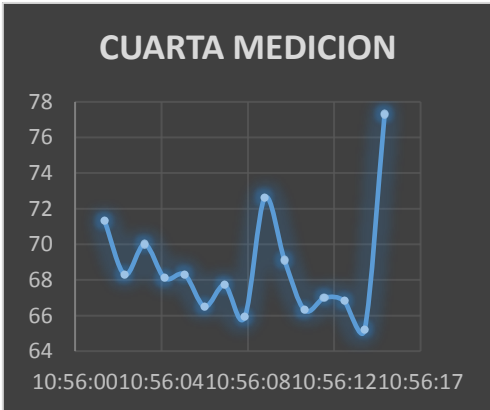
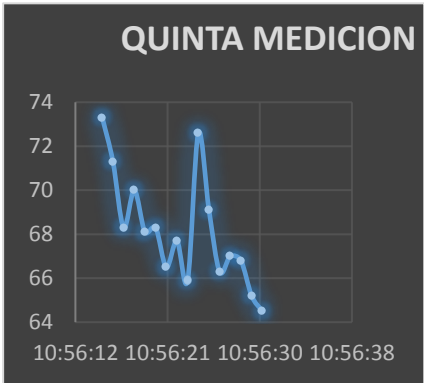
De acuerdo con el resultado obtenido de 18,6 dB(A) en el área de colado y lo establecido en la NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido, determinamos que el ruido existente es: **Aleatorio**. [4]

**Tabla 12:** Ficha de identificación del ruido laboral (área de colado)

					
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL RUIDO LABORAL POR ÁREAS DE TRABAJO</b>					
<b>Nombre de la empresa: LA FORTALEZA LTDA</b> <b>Gerente: Ing.- Luis Montenegro</b> <b>Razón social: LA FORTALEZA LTDA</b> <b>Dirección: Calle3, Bodega 32 Parque Industrial</b>					
<b>Área de trabajo:</b> colado			<b>Datos del Equipo:</b>		
			<b>Equipo:</b> Sonómetro PCE-322A <b>Estándares:</b> IEC61672-1 Type2 <b>Rango de medición:</b> 30-130 dB(A) <b>Precisión:</b> ± 1.4 dB(A)		
			<b>Toma de datos:</b> <b>Fecha:</b> 11 de febrero de 2016 <b>Punto de medición:</b> 4 <b>Altura de medición:</b> Oído de afectación <b>Tiempo de inicio de la medición:</b> 10:55 am <b>Tiempo de finalizada la medición:</b> 10:57 am <b>Valor mínimo de ruido:</b> 62,6 dB(A) <b>Valor máximo de ruido:</b> 81,2 dB(A) <b>Valor promedio:</b> 68,8 dB(A) <b>Número de datos obtenidos:</b> 102		
<b>Norma aplicada:</b> NTP 270					
Nº	Tiempo (HH:MM:SS)	$L_{PA(Ai)}$ dB(A)	$L_{PA(A)}$ dB(A)	Valor Tipo de ruido dB(A)	Tipo de ruido dB(A)
1	10:55:15	71,2	82,98	18,6	Aleatorio
2	10:55:30	66,8			
3	10:55:45	79,4			
4	10:56:00	76			
5	10:56:15	77,30			
Sobreexposición de ruido					<b>NO</b>

**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 13:** Ficha de gráfico de ruido aleatorio área de colado

<b>Gráfico ruido aleatorio área de colado</b>			
<b>Tiempo (HH:MM:SS)</b>	<b><math>L_{PA(A)}</math> dB(A)</b>	<b>Ruido Aleatorio 10:55:15 a 10:55:30</b>	
10:55:15	71,2		
10:55:30	66,8		
10:55:45	79,4		
10:56:00	76		
10:56:15	77,30		
<p><b>Ruido Aleatorio 10:55:30 a 10:55:45</b></p> 		<p><b>Ruido Aleatorio 10:55:45 a 10:56:00</b></p> 	
<p><b>Ruido Aleatorio 10:56:00 a 10:56:15</b></p> 		<p><b>Ruido Aleatorio 10:56:15</b></p> 	

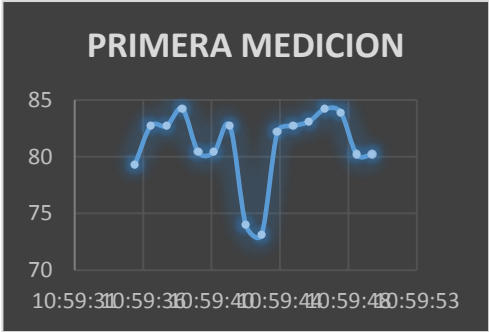
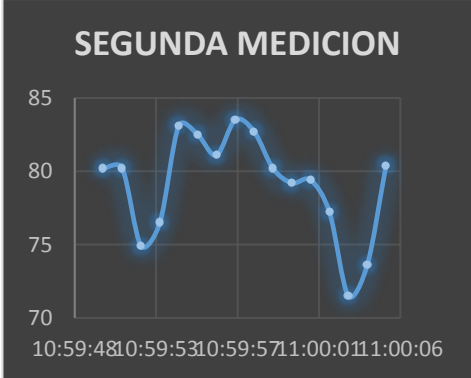
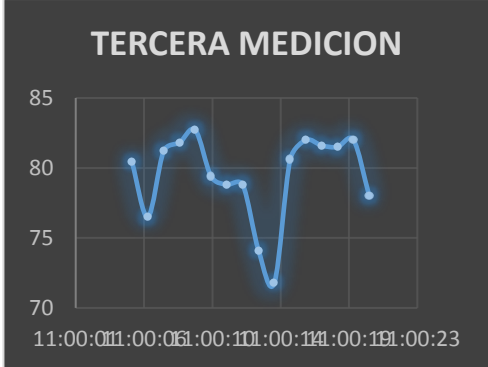
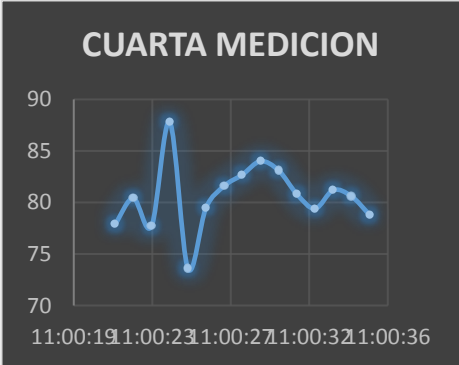
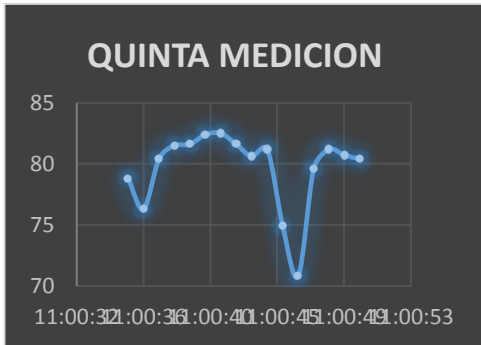
**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 14:** Ficha de identificación del ruido laboral (área de pintura)

					
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL RUIDO LABORAL POR ÁREAS DE TRABAJO</b>					
<b>Nombre de la empresa:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Dirección:</b> Calle3, Bodega 32 Parque Industrial					
<b>Área de trabajo:</b> pintura			<b>Datos del Equipo:</b>		
			<b>Equipo:</b> Sonómetro PCE-322A <b>Estándares:</b> IEC61672-1 Type2 <b>Rango de medición:</b> 30-130 dB(A) <b>Precisión:</b> ± 1.4 dB(A)		
			<b>Toma de datos:</b> <b>Fecha:</b> 11 de febrero de 2016 <b>Punto de medición:</b> 1 <b>Altura de medición:</b> Oído de afectación <b>Tiempo de inicio de la medición:</b> 10:59 am <b>Tiempo de finalizada la medición:</b> 11:01 am <b>Valor mínimo de ruido:</b> 70,4 dB(A) <b>Valor máximo de ruido:</b> 87,8 dB(A) <b>Valor promedio:</b> 79,5 dB(A) <b>Número de datos obtenidos:</b> 116		
<b>Norma aplicada:</b> NTP 270					
Nº	Tiempo (HH:MM:SS)	$L_{PA(Ai)}$ dB(A)	$L_{PA(A)}$ dB(A)	Valor Tipo de ruido dB(A)	Tipo de ruido dB(A)
1	10:59:35	79,3	86,19	17,4	Aleatorio
2	10:59:50	80,2			
3	11:00:05	80,4			
4	11:00:20	78,0			
5	11:00:35	78,8			
Sobreeposición de ruido					<b>SI</b>

**Elaborado por:** Alex Salazar



**Tabla 15:** Ficha de gráfico de ruido aleatorio área de pintura

<b>Gráfico ruido aleatorio área de pintura</b>		
<b>Tiempo (HH:MM:SS)</b>	<b><math>L_{PA(A)}</math> dB(A)</b>	<b>Ruido Aleatorio 10:59:35 a 10:59:50</b>
10:59:35	79,3	
10:59:50	80,2	
11:00:05	80,4	
11:00:20	78,0	
11:00:35	78,8	
<p><b>Ruido Aleatorio 10:59:50 a 11:00:05</b></p> 		<p><b>Ruido Aleatorio 11:00:05 a 11:00:20</b></p> 
<p><b>Ruido Aleatorio 11:00:20 a 11:00:35</b></p> 		<p><b>Ruido Aleatorio 11:00:35</b></p> 

**Elaborado por:** Alex Salazar

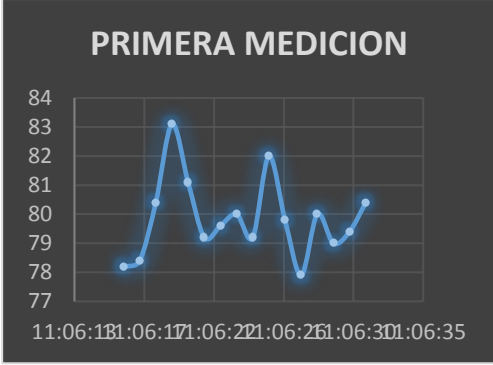
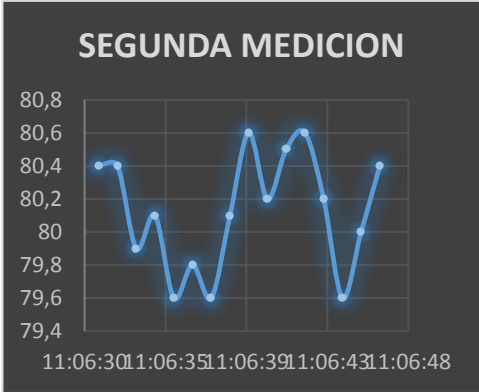
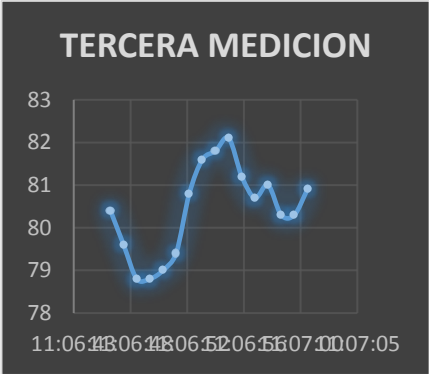
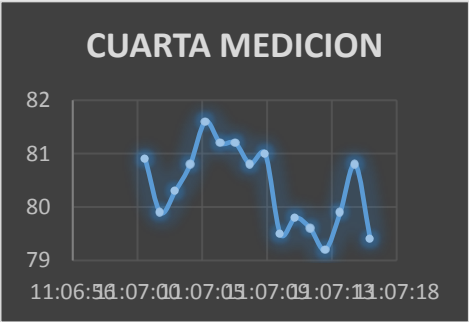
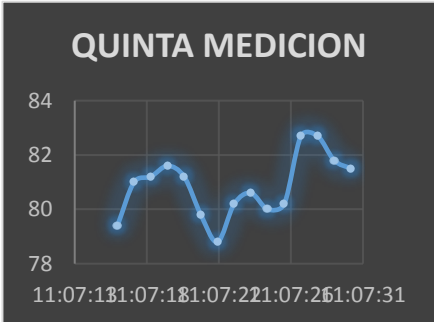


**Tabla 17:** Ficha de identificación del ruido laboral (área de refilado)

					
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL RUIDO LABORAL POR ÁREAS DE TRABAJO</b>					
<b>Nombre de la empresa:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Dirección:</b> Calle3, Bodega 32 Parque Industrial					
<b>Área de trabajo:</b> refilado			<b>Datos del Equipo:</b>		
			<b>Equipo:</b> Sonómetro PCE-322A <b>Estándares:</b> IEC61672-1 Type2 <b>Rango de medición:</b> 30-130 dB(A) <b>Precisión:</b> ± 1.4 dB(A)		
			<b>Toma de datos:</b> <b>Fecha:</b> 11 de febrero de 2016 <b>Punto de medición:</b> 1 <b>Altura de medición:</b> Oído de afectación <b>Tiempo de inicio de la medición:</b> 11:06 am <b>Tiempo de finalizada la medición:</b> 11:08 am <b>Valor mínimo de ruido:</b> 72,9 dB(A) <b>Valor máximo de ruido:</b> 85,1 dB(A) <b>Valor promedio:</b> 80,2 dB(A) <b>Número de datos obtenidos:</b> 105		
<b>Norma aplicada:</b> NTP 270					
N°	Tiempo (HH:MM:SS)	$L_{PA(Ai)}$ dB(A)	$L_{PA(A)}$ dB(A)	Valor Tipo de ruido dB(A)	Tipo de ruido dB(A)
1	11:06:16	78,20	86,95	8,2	Aleatorio
2	11:06:31	80,40			
3	11:06:46	80,40			
4	11:07:01	80,9			
5	11:07:16	79,40			
Sobreexposición de ruido					<b>SI</b>

**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 18:** Ficha de gráfico de ruido aleatorio área de refilado

<b>Gráfico ruido aleatorio área de refilado</b>		
<b>Tiempo (HH:MM:SS)</b>	<b><math>L_{PA(A)}</math> dB(A)</b>	<b>Ruido Aleatorio</b> 11:06:16 a 11:06:31
11:06:16	78,20	
11:06:31	80,40	
11:06:46	80,40	
11:07:01	80,9	
11:07:16	79,40	
<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:06:31 a 11:06:46</p> 		<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:06:46 a 11:07:01</p> 
<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:07:01 a 11:07:16</p> 		<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:07:16</p> 

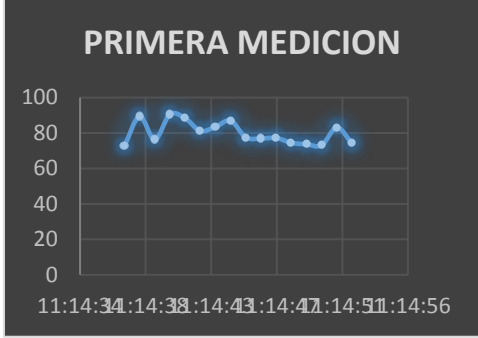
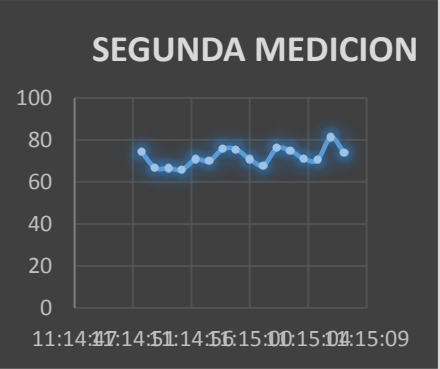
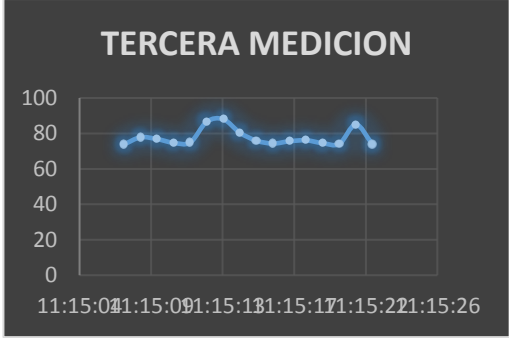
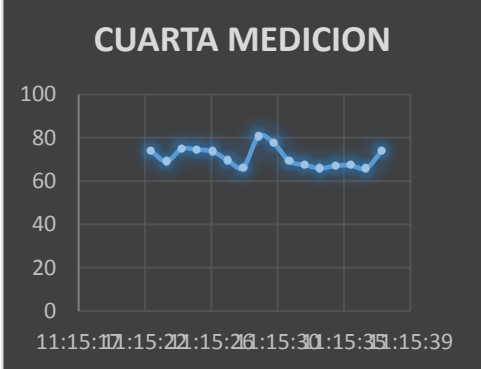
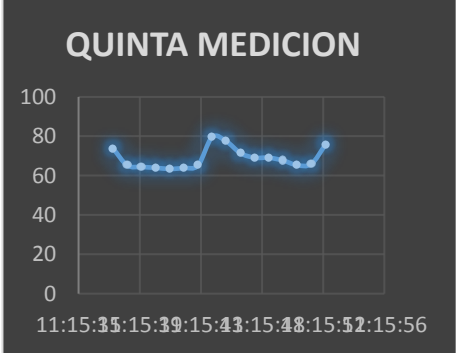
**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 19:** Ficha de identificación del ruido laboral (área de pulido)

					
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL RUIDO LABORAL POR ÁREAS DE TRABAJO</b>					
<b>Nombre de la empresa:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Dirección:</b> Calle3, Bodega 32 Parque Industrial					
<b>Área de trabajo:</b> pulido			<b>Datos del Equipo:</b>		
			<b>Equipo:</b> Sonómetro PCE-322A <b>Estándares:</b> IEC61672-1 Type2 <b>Rango de medición:</b> 30-130 dB(A) <b>Precisión:</b> ± 1.4 dB(A)		
			<b>Toma de datos:</b> <b>Fecha:</b> 11 de febrero de 2016 <b>Punto de medición:</b> 1 <b>Altura de medición:</b> Oído de afectación <b>Tiempo de inicio de la medición:</b> 11:14 am <b>Tiempo de finalizada la medición:</b> 11:16am <b>Valor mínimo de ruido:</b> 72,5 dB(A) <b>Valor máximo de ruido:</b> 74,3 dB(A) <b>Valor promedio:</b> 73,1 dB(A) <b>Número de datos obtenidos:</b> 148		
<b>Norma aplicada:</b> NTP 270					
Nº	Tiempo (HH:MM:SS)	$L_{PA(Ai)}$ dB(A)	$L_{PA(A)}$ dB(A)	Valor Tipo de ruido dB(A)	Tipo de ruido dB(A)
1	11:14:37	72,60	80,68	1,8	Estable
2	11:14:52	74,20			
3	11:15:07	73,80			
4	11:15:22	73,90			
5	11:15:37	73,80			
Sobreexposición de ruido					<b>NO</b>

**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 20:** Ficha de gráfico de ruido estable área de pulido

<b>Gráfico ruido estable área de pulido</b>		
<b>Tiempo (HH:MM:SS)</b>	<b><math>L_{PA(A)}</math> dB(A)</b>	<b>Ruido Estable</b> 11:14:37 a 11:14:52
11:14:37	72,60	
11:14:52	74,20	
11:15:07	73,80	
11:15:22	73,90	
11:15:37	73,80	
<p><b>Ruido Estable</b> 11:14:52 a 11:15:07</p> 		<p><b>Ruido Estable</b> 11:15:07 a 11:15:22</p> 
<p><b>Ruido Estable</b> 11:15:22 a 11:15:37</p> 		<p><b>Ruido Estable</b> 11:15:37</p> 

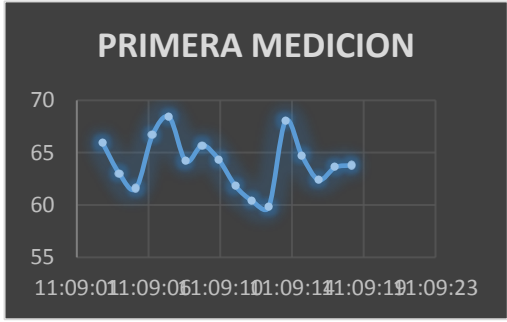
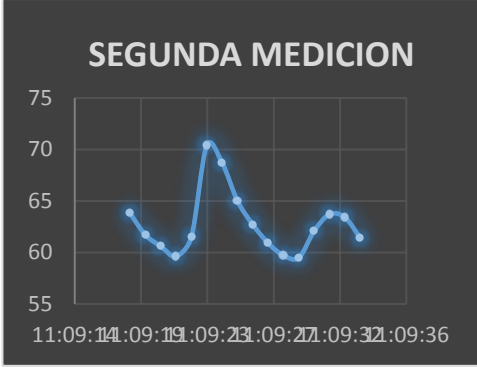
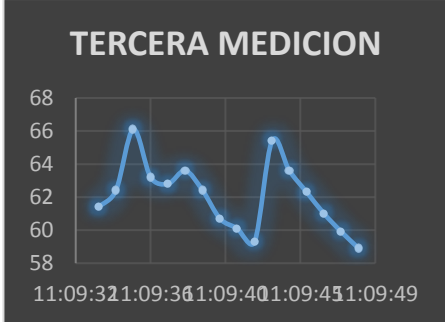
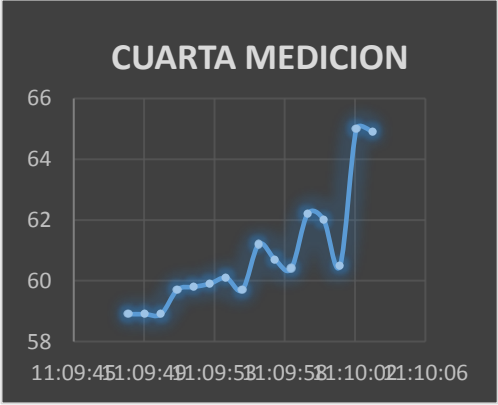
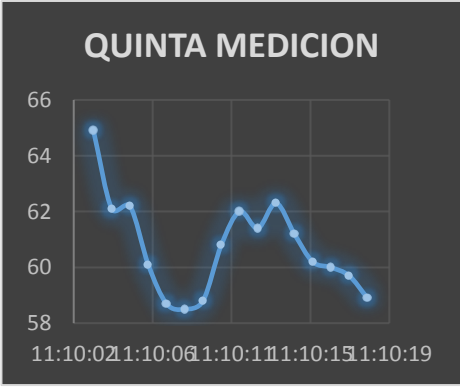
**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 21:** Ficha de identificación del ruido laboral (área de empaque)

					
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL RUIDO LABORAL POR ÁREAS DE TRABAJO</b>					
<b>Nombre de la empresa:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Dirección:</b> Calle3, Bodega 32 Parque Industrial					
Área de trabajo: empaque			Datos del Equipo:		
			<b>Equipo:</b> Sonómetro PCE-322A <b>Estándares:</b> IEC61672-1 Type2 <b>Rango de medición:</b> 30-130 dB(A) <b>Precisión:</b> ± 1.4 dB(A)		
			<b>Toma de datos:</b> <b>Fecha:</b> 11 de febrero de 2016 <b>Punto de medición:</b> 1 <b>Altura de medición:</b> Oído de afectación <b>Tiempo de inicio de la medición:</b> 11:09 am <b>Tiempo de finalizada la medición:</b> 11:11 am <b>Valor mínimo de ruido:</b> 57,1 dB(A) <b>Valor máximo de ruido:</b> 75,4 dB(A) <b>Valor promedio:</b> 61,8 dB(A) <b>Número de datos obtenidos:</b> 114		
			<b>Norma aplicada:</b> NTP 270		
Nº	Tiempo (HH:MM:SS)	$L_{PA(Ai)}$ dB(A)	$L_{PA(A)}$ dB(A)	Valor Tipo de ruido dB(A)	Tipo de ruido dB(A)
1	11:09:03	65,90	70,62	18,3	Aleatorio
2	11:09:18	63,80			
3	11:09:33	61,40			
4	11:09:48	58,9			
5	11:10:03	64,9			
Sobreexposición de ruido					<b>NO</b>

**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 22:** Ficha de gráfico de ruido aleatorio área de empaque.

<b>Gráfico ruido aleatorio área de empaque</b>		
<b>Tiempo (HH:MM:SS)</b>	<b><math>L_{PA(A)}</math> dB(A)</b>	<b>Ruido Aleatorio</b> 11:09:03 a 11:09:18
11:09:03	65,90	
11:09:18	63,80	
11:09:33	61,40	
11:09:48	58,9	
11:10:03	64,9	
<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:09:18 a 11:09:33</p> 		<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:09:33 a 11:09:48</p> 
<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:09:48 a 11:10:03</p> 		<p><b>Ruido Aleatorio</b> 11:10:03</p> 

**Elaborado por:** Alex Salazar

### 3.2.3.2 ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO

Como resultado del análisis de ruido se determina que, si existe sobreexposición de ruido en áreas de trabajo, a continuación, se establece un cuadro resumen del nivel de ruido existente en cada área de trabajo:

**Tabla 23:** Resultado del nivel de ruido existente

N°	Puestos de trabajo	L <sub>PA(A)</sub>	Horas Laborables (h)	Nivel de Ruido Permisible dB(A)	Área Crítica
1	Operario de Colado	82,98	8	85	No
2	Operario de Pintura	86,19	8	85	Si
4	Operario de Refilado	86,95	8	85	Si
5	Operario de Empaque	70,62	8	85	No
7	Operario de Pulido	80,68	8	85	No

Al conocer las áreas de trabajo con sobreexposición de ruido es importante estudiar las condiciones de trabajo a las que están expuestos los trabajadores para poder seleccionar la estrategia medición adecuada según la Nota Técnica de Prevención de ruido 951 existen tres tipos de medición: “basada en la tarea, en el puesto de trabajo y en la jornada completa”. A continuación, se detallan las condiciones de trabajo de cada uno de los puestos de trabajo. [5]

**Tabla 24:** Ficha condiciones de trabajo (Operario de pintura)

											
FICHA DE ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO											
Nombre de la empresa: La Fortaleza Cía. Ltda.			Fecha: 12/02/2016		Área de trabajo: Pintura			Puesto de trabajo: Operario de pintado de suelas			
Nivel de exposición al ruido			Nivel establecido por el decreto ejecutivo 2393				Valor Tipo de ruido dB(A)		Tipo de ruido		
			Nivel sonoro/dB(A)		Tiempo de jornada laboral						
86,19			85		8		17,4		Aleatorio		
CARACTERÍSTICA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL RUIDO											
Número de trabajadores	Ruido predominante		Frecuencia dominante del ruido			Campo de localización		Acceso frecuente a zona de ruido		Movilidad durante la exposición	
	Si	No	Alta	Media	Baja	Directo	Reverberante	Si	No	Si	No
2	x		x			X		X			X
INFORMACIÓN GENERAL DEL PUESTOS DE TRABAJO											
Puesto de trabajo		Tarea sencilla o única operación			Trabajo definido con muchas tareas		Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible				
Fijo	Móvil	Si	No		Si	No		Si		No	
X			X			X				X	
ESTRATEGIA DE MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO											
Estrategia Basada en la Tarea		Estrategia Basada en el puesto de trabajo				Estrategia basada en la jornada completa					
Si		No		Si		No		Si		No	

Elaborado por: Alex Salazar



**Tabla 25:** Ficha condiciones de trabajo (Operario de refilado)

											
FICHA DE ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO											
Nombre de la empresa: La Fortaleza Cía. Ltda.			Fecha: 12/02/2016		Área de trabajo: Refilado			Puesto de trabajo: Operario de refilado			
Nivel de exposición al ruido			Nivel establecido por el decreto ejecutivo 2393				Valor Tipo de ruido dB(A)		Tipo de ruido		
			Nivel sonoro/dB(A)		Tiempo de jornada laboral						
86,95			85		8		8,2		Aleatorio		
CARACTERÍSTICA DE LOS TRABAJADORES EXPUESTOS AL RUIDO											
Número de trabajadores	Ruido predominante		Frecuencia dominante del ruido			Campo de localización		Acceso frecuente a zona de ruido		Movilidad durante la exposición	
	Si	No	Alta	Media	Baja	Directo	Reverberante	Si	No	Si	No
3	X		X			X		x			x
INFORMACIÓN GENERAL DEL PUESTOS DE TRABAJO											
Puesto de trabajo		Tarea sencilla o única operación			Trabajo definido con muchas tareas			Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible			
Fijo	Móvil	Si	No		Si	No		Si	No		
X		X				X		X			
ESTRATEGIA DE MEDICIÓN Y VALORACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO											
Estrategia Basada en la Tarea		Estrategia Basada en el puesto de trabajo				Estrategia basada en la jornada completa					
Si		No		Si		No		Si		No	

Elaborado por: Alex Salazar

### 3.3 CÁLCULO DEL NIVEL DIARIO EQUIVALENTE ( $L_{Aeq,d}$ ) DE ACUERDO A LA TAREA

Según lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 951 cuando existen tareas bien definidas en los diferentes puestos de trabajo, el nivel diario equivalente se medirá de acuerdo a la tarea. El equipo utilizado para determinar los niveles equivalentes de presión sonora ( $L_{Aeq,T,mi}$ ) fue el Sonómetro PCE-322A. [5]

La evaluación de ruido laboral basada en la tarea se realizó con las siguientes especificaciones. [5]

- “SLOW” para una mejor captación de datos.
- Ponderación de frecuencia A ( $dB(A)$ ).
- A10 cm del oído de mayor afectación de ruido.
- Duración de la medición 5 minutos por cada tarea.
- Cuatro ciclos de medición.

### 3.4 CÁLCULO DEL NIVEL DIARIO EQUIVALENTE ( $L_{Aeq,d,m}$ ) BASADO EN LA TAREA

Par el cálculo del nivel equivalente de presión sonora se aplicó la siguiente ecuación. [5]

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 * L_{Aeq,T,mi}} \right] dB(A) \quad Ec. 3.5$$

**Ejemplo:**

Cálculo del  $L_{Aeq,T,m}$  en el área de: Pintura.

**Tabla 26:** Datos obtenidos

<b>Tarea</b>	<b>Horas de trabajo (h)</b>	<b>L<sub>Aeq,T,m1</sub> dB(A)</b>	<b>L<sub>Aeq,T,m2</sub> dB(A)</b>	<b>L<sub>Aeq,T,m3</sub> dB(A)</b>	<b>L<sub>Aeq,T,m4</sub> dB(A)</b>
Obrero de pintura	9	85,6	86,3	85,9	87

**Elaborado por:** Alex Salazar

$$L_{Aeq,T,m} = 10 \log \left[ \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 * L_{Aeq,T,mi}} \right] dB(A) \quad Ec. 3.6$$

$$L_{Aeq,T,m(pintura)} = 86,23 dB(A)$$

Cálculo del  $L_{Aeq,dm}$  mediante la ecuación. [5]

$$L_{Aeq,dm} = L_{Aeq,T,m} + 10 \log \left[ \frac{T_m}{T_o} \right] dB(A) \quad Ec. 3.7$$

$$L_{Aeq,dm(pintura)} = 86,74 dB(A)$$

### 3.5 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE BASADA EN LA TAREA [ $u(L_{Aeq,d})$ ]

La incertidumbre combinada estándar se calcula a través de la ecuación. [5]

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left( \sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right) Ec. 3.8$$

Para el cálculo de los coeficientes de sensibilidad se utilizó las siguientes ecuaciones. [5]

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_o} * 10^{0,1 * (L_{Aeq,T,m} - L_{Aeq,d})} \quad Ec. 3.9$$

$$c_{1a,m(pintura)} = 1$$

$$c_{1b,m} = 4,34 * \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad Ec. 3.10$$

$$c_{1b,m(\text{pintura})} = 4,34$$

El cálculo de las incertidumbres estándares se las obtiene por medio de las siguientes ecuaciones. [5]

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[ \sum_{i=1}^I (L_{Aeq,T,m} - \overline{L_{Aeq,T,m}})^2 \right]} \quad \text{Ec. 3.11}$$

Donde

$$\overline{L_{Aeq,T,m}} = \frac{\sum L_{Aeq,T,mi}}{N} \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$\overline{L_{Aeq,T,m(\text{pintura})}} = 86,2 \text{ dB}(A)$$

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{4(4-1)} (85,6 - 86,2)^2 + (86,3 - 86,2)^2 + (85,9 - 86,2)^2 + (87 - 86,2)^2}$$

$$u_{1a,m(\text{pintura})} = 0,30 \text{ dB}(A)$$

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[ \sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$u_{1b,m(\text{pintura})} = \sqrt{\frac{1}{5(5-1)} (9)^2}$$

$$u_{1b,m(\text{pintura})} = 2,01 \text{ horas}$$

Para el cálculo de la incertidumbre el valor de  $u_{2,m}$  se lo obtiene del instrumento utilizado en este caso fue un sonómetro de clase 2 cuyo valor de  $u_{2,m} = 1,5 \text{ dB}(A)$  mientras que el valor de  $u_3$  es la posición del micrófono, la nota técnica de prevención de ruido NTP 950 recomienda que el valor sea de  $u_3 = 1 \text{ dB}(A)$ .

$$u^2(L_{Aeq,d}) = \left( \sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right) \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$u^2(L_{Aeq,d})_{(vapor)} = [(1)^2(0,30^2 + 1,5^2 + 1^2) + (0,48 * 2,01)^2]$$

$$u^2(L_{Aeq,d})_{(pintura)} = 4,28 \text{ dB}(A)$$

$$u(L_{Aeq,d}) = 2,07 \text{ dB}(A)$$

### 3.6 CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE EXPANDIDA U

Según la nota técnica de prevención de ruido NTP 950 se puede calcular la incertidumbre expandida  $U$  mediante la ecuación.

$$U = k * u \quad \text{Ec. 3.15}$$

$$U = k * u$$

$$U = 1,645 * 2,07$$

$$U = 3,4 \text{ dB}(A)$$

De este modo para obtener el resultado final del nivel diario equivalente aplicamos la ecuación.

$$L_{Aeq,d} \pm U \quad \text{Ec. 3.16}$$

$$L_{Aeq,d} \pm U = 86,74 \pm 3,40$$

Al aplicar un valor de cobertura  $k = 1,645$  tendremos un nivel de confiabilidad de 90% del resultado obtenido con respecto al  $L_{Aeq,d}$ .

### 3.7 CÁLCULO DE LA DOSIS PERMITIDA (D)

El cálculo de la dosis permitida se lo realiza mediante la siguiente ecuación.

$$D = \frac{C1}{TEP_1} + \frac{C2}{TEP_2} + \frac{Cn}{TEP_n} \quad \text{Ec. 3.17}$$

Donde

$$TEP = \frac{T_{ref}}{2^{\left(\frac{L_{Aeq,d} - NPS_{Ref}}{q}\right)}} \quad \text{Ec. 3.18}$$

$$TEP = \frac{8}{2^{\left(\frac{86,74-85}{5}\right)}}$$

$$TEP = 6,29 \text{ (h)}$$

$$D = \frac{C1}{TEP_1} + \frac{C2}{TEP_2} + \frac{Cn}{TEP_n} = \frac{8}{6,29}$$

$$D = 1,43$$

El ejemplo empleado en el área de pintura, dio como resultado que el nivel de dosis es de 1,43 por lo tanto el riesgo es intolerable.

**Tabla 27:** Lista de siglas a determinar

<b>Siglas</b>	<b>Significado</b>
$L_{Aeq,T,m}$	Nivel equivalente de presión sonora
$L_{Aeq,d}$	Nivel diario equivalente
$u(L_{Aeq,d})$	Incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario
$TEP$	Tiempo de exposición máximo permitido
$Cn$	Tiempo de exposición al ruido
$D$	Dosis
$U$	Incertidumbre expandida
$L_{Aeq,d} \pm U$	Nivel de confiabilidad del resultado obtenido


**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 28:** Ficha evaluación ruido laboral (Pintura)

			
FICHA DE EVALUACION DEL RUIDO LABORAL POR PUESTO DE TRABAJO			
<b>Nombre de la empresa:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Dirección:</b> Calle3, Bodega 32 Parque Industrial			
Área: Pintura		<b>Datos generales:</b>	
Tarea		Fecha: 12 de febrero del 2016	
		<b>Tiempo de medición:</b> > 5 minutos <b>Equipo:</b> Sonómetro PCE-322A <b>Estándares:</b> IEC61672-1 Type2 <b>Rango de medición:</b> 30-130 dB(A) <b>Precisión:</b> ± 1.4 dB(A) <b>Altura de medición:</b> Altura del oído	
Pintar las suelas		<b>Norma:</b> NTP 951	
Cálculo del nivel diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ )			
Nº	$L_{Aeq,T,mi}$ dB(A)	$L_{Aeq,T,m}$ dB(A)	$L_{Aeq,d}$ dB(A)
1	85,6	86,23	86,74
2	86,3		
3	85,9		
4	87		
Cálculo de la incertidumbre para el nivel de exposición diario [ $u(L_{Aeq,d})$ ]			
$u^2(L_{Aeq,d})$ dB(A)	$u(L_{Aeq,d})$ dB(A)	$U$ dB(A)	$L_{Aeq,d} \pm U$ dB(A)
4,28	2,07	3,40	87 ± 3
Cálculo de la dosis (D)			
$L_{Aeq,d}$ dB(A)	Cn	D	Puesto Crítico
86,74	9	1,43	Si

**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 29:** Ficha evaluación ruido laboral (Refilado)

			
FICHA DE EVALUACION DEL RUIDO LABORAL POR PUESTO DE TRABAJO			
<b>Nombre de la empresa:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> LA FORTALEZA LTDA <b>Dirección:</b> Calle3, Bodega 32 Parque Industrial			
Área: Refilado		<b>Datos generales:</b>	
Tarea		Refilado de las suelas	
		<b>Fecha:</b> 12 de febrero del 2016 <b>Tiempo de medición:</b> > 5 minutos <b>Equipo:</b> Sonómetro PCE-322A <b>Estándares:</b> IEC61672-1 Type2 <b>Rango de medición:</b> 30-130 dB(A) <b>Precisión:</b> ± 1.4 dB(A) <b>Altura de medición:</b> Altura del oído <b>Norma:</b> NTP 951	
Cálculo del nivel diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ )			
Nº	$L_{Aeq,T,mi}$ dB(A)	$L_{Aeq,T,m}$ dB(A)	$L_{Aeq,d}$ dB(A)
1	83,3	84,64	85,15
2	83,9		
3	85,1		
4	85,8		
Cálculo de la incertidumbre para el nivel de exposición diario [ $u(L_{Aeq,d})$ ]			
$u^2(L_{Aeq,d})$ dB(A)	$u(L_{Aeq,d})$ dB(A)	$U$ dB(A)	$L_{Aeq,d} \pm U$ dB(A)
4,51	2,12	3,49	85 ± 3
Cálculo de la dosis (D)			
$L_{Aeq,d}$ dB(A)	Cn	D	Puesto Crítico
85,15	9	1,15	Si

**Elaborado por:** Alex Salazar



En los puestos de trabajo que son estudiados en la empresa La Fortaleza CIA LTDA no es posible la atenuación de ruido en la fuente y en el medio debido a que el operario está en contacto directo con las máquinas por lo que es necesario dotar al operario de equipos de protección auditivo (E.P.A) los cuales son dispositivos destinados a reducir el ruido al que el trabajador está expuesto.

Para el área de pintura vamos a proceder a realizar el cálculo con tres clases de tapones auditivos para observar cual es el mejor mecanismo de atenuación de ruido:

### **3.8 MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO EN EL ÁREA DE PINTURA**

- **Gerente:** Ing.- Luis Montenegro
- **Razón social:** LA FORTALEZA LTDA
- **Área de trabajo:** Pintura
- **Puesto de trabajo:** Operario de pintura.

**Tipo de control realizado:** En el receptor.

**Mecanismo de atenuación de ruido:** Equipo de protección auditivo.

Procedemos a seleccionar el adecuado equipo de protección auditivo.

#### **Datos**

**Ruido máximo ( $L_C$ ):** 87,8 dB(A).

**Ruido mínimo ( $L_A$ ):** 70,4 dB(A).

Según EN 352-3 1993(Norma Europea de protección auditivo) para niveles de ruido que se encuentre entre valores de  $L_C$  (83 – 93) dB(A) se debe utilizar tapones auditivos.

Los tapones auditivos seleccionados son reutilizables debido a que estos se moldean al oído y ofrecen la protección de atenuación necesaria para el nivel de ruido existente en el puesto de trabajo operario de pintura.

**Norma:** (Norma Europea de protección auditivo) EN 352-3 1993.

**Modelo:** Tapones reutilizables 3M™ E-A-R™ Ultrafit™.

**Marca:** 3M.

Cálculo de reducción del nivel de ruido predicha (PNR) mediante el método alto, medio y bajo.

### **MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO (H, M y L)**

De acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 638 cuando el resultado de  $L_C - L_A$  es  $> 2 \text{ dB(A)}$  se utilizará la siguiente ecuación. [7]

$$\begin{aligned}L_C - L_A: & 87,8 - 70,4 \text{ (dB(A))} \\L_C - L_A: & 17,4 \text{ (dB(A))} \\PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) & \text{ Ec. 3.19}\end{aligned}$$

### **DATOS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVO**

Índice de reducción único (SNR):  $32 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación alta (H):  $33 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación media (M):  $28 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación baja (L):  $25 \text{ dB(A)}$ .

$$\begin{aligned}PNR: M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \\PNR: 28 - \frac{28 - 25}{8} \cdot (87,8 - 70,4 - 2) \\PNR: 5,77 \text{ dB(A)}\end{aligned}$$

## **CÁLCULO DE REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO ( $LA'$ )**

$$LA': NPS_{eq} - PNR$$

$NPS_{eq}$ : Resultado del nivel diario equivalente.

$PNR$ : Reducción del nivel de ruido predicha.

$LA'$ : Reducción del nivel de ruido.

$$LA': (87 - 5,77)dB(A)$$

$$LA': 81,23 dB(A) < 85 dB(A)$$

## **MÉTODO SNR**

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora del puesto de trabajo y el valor SNR (Índice de reducción único) del protector auditivo. [7]

$$LA': LC - SNR$$

$$LA': (87,8 - 32) dB(A)$$

$$LA': 55,8 dB(A) < 85 dB(A)$$

## **CONCLUSIÓN DEL MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO**

El mecanismo de atenuación de ruido que se debe implementar en el puesto de trabajo operario de pintura son los taponos auditivos reutilizables 3M™ E-A-R™ Ultrafit™, debido a que los resultados obtenidos por los dos métodos indican una atenuación de ruido de 81,23 a 55,8 dB(A) llegando a cumplir con lo establecido por el decreto ejecutivo 2393 de 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas.



**Fig. 3:** Tapones auditivos 3MTM E-A-RTM Ultrafit™  
**Fuente:** 3M Productos de protección personal

### ❖ MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO EN EL ÁREA DE PINTURA

- **Gerente:** Ing.- Luis Montenegro
- **Razón social:** LA FORTALEZA LTDA
- **Área de trabajo:** Pintura
- **Puesto de trabajo:** Operario de pintura.

**Tipo de control realizado:** En el receptor.

**Mecanismo de atenuación de ruido:** Equipo de protección auditivo.

Procedemos a seleccionar el adecuado equipo de protección auditivo.

#### **Datos**

**Ruido máximo ( $L_C$ ):** 87,8 dB(A).

**Ruido mínimo ( $L_A$ ):** 70,4 dB(A).

Según EN 352-3 1993(Norma Europea de protección auditivo) para niveles de ruido que se encuentre entre valores de  $L_C$  (83 – 93) dB(A) se debe utilizar tapones auditivos.

Los tapones auditivos seleccionados son reutilizables debido a que estos se moldean al oído y ofrecen la protección de atenuación necesaria para el nivel de ruido existente en el puesto de trabajo operario de pintura.

**Norma:** (Norma Europea de protección auditivo) EN 352-3 1993.

**Modelo:** TAPONES EA -RSOFT FX

**Marca:** 3M.

Cálculo de reducción del nivel de ruido predicha (PNR) mediante el método alto, medio y bajo.

### **MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO (*H, M y L*)**

De acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 638 cuando el resultado de  $L_C - L_A$  es  $> 2 \text{ dB(A)}$  se utilizará la siguiente ecuación. [7]

$$\begin{aligned} L_C - L_A: 87,8 - 70,4 \text{ (dB(A))} \\ L_C - L_A: 17,4 \text{ (dB(A))} \\ PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \text{ Ec. 3.20} \end{aligned}$$

### **DATOS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVO**

Índice de reducción único (SNR):  $39 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación alta (H):  $39 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación media (M):  $36 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación baja (L):  $34 \text{ dB(A)}$ .

$$\begin{aligned} PNR: M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \\ PNR: 36 - \frac{36 - 34}{8} \cdot (87,8 - 70,4 - 2) \end{aligned}$$

$$PNR: 3,85 \text{ dB}(A)$$

### **CÁLCULO DE REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO ( $LA'$ )**

$$LA': NPS_{eq} - PNR$$

$NPS_{eq}$ : Resultado del nivel diario equivalente.

$PNR$ : Reducción del nivel de ruido predicha.

$LA'$ : Reducción del nivel de ruido.

$$LA': (87 - 3,85) \text{ dB}(A)$$

$$LA': 83,15 \text{ dB}(A) < 85 \text{ dB}(A)$$

### **MÉTODO SNR**

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora del puesto de trabajo y el valor SNR (Índice de reducción único) del protector auditivo. [7]

$$LA': LC - SNR$$

$$LA': (87,8 - 39) \text{ dB}(A)$$

$$LA': 48,8 \text{ dB}(A) < 85 \text{ dB}(A)$$

### **CONCLUSIÓN DEL MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO**

El mecanismo de atenuación de ruido que se debe implementar en el puesto de trabajo operario de pintura son los tapones auditivos reutilizables 3M<sup>TM</sup> EA -RSOFT FX, debido a que los resultados obtenidos por los dos métodos indican una atenuación de ruido de 83,15 a 48,8  $\text{dB}(A)$  llegando a cumplir con lo establecido por el decreto ejecutivo 2393 de 85  $\text{dB}(A)$  para una jornada laboral de 8 horas.



**Fig. 4:** Tapones auditivos 3MTM EA -RSOFT FX  
**Fuente:** 3M Productos de protección personal

#### ❖ MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO EN EL ÁREA DE PINTURA

- **Gerente:** Ing.- Luis Montenegro
- **Razón social:** LA FORTALEZA LTDA
- **Área de trabajo:** Pintura
- **Puesto de trabajo:** Operario de pintura.

**Tipo de control realizado:** En el receptor.

**Mecanismo de atenuación de ruido:** Equipo de protección auditivo.

Procedemos a seleccionar el adecuado equipo de protección auditivo.

#### **Datos**

**Ruido máximo ( $L_C$ ):** 87,8 dB(A).

**Ruido mínimo ( $L_A$ ):** 70,4 dB(A).

Según EN 352-3 1993(Norma Europea de protección auditivo) para niveles de ruido que se encuentre entre valores de  $L_C$  (83 – 93) dB(A) se debe utilizar tapones auditivos.

Los tapones auditivos seleccionados son reutilizables debido a que estos se moldean al oído y ofrecen la protección de atenuación necesaria para el nivel de ruido existente en el puesto de trabajo operario de pintura.

**Norma:** (Norma Europea de protección auditivo) EN 352-3 1993.

**Modelo:** TAPONES SUPERFIT 36.

**Marca:** 3M.

Cálculo de reducción del nivel de ruido predicha (PNR) mediante el método alto, medio y bajo.

### **MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO (H, M y L)**

De acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 638 cuando el resultado de  $L_C - L_A$  es  $> 2 \text{ dB(A)}$  se utilizará la siguiente ecuación. [7]

$$\begin{aligned}L_C - L_A: 87,8 - 70,4 \text{ (dB(A))} \\L_C - L_A: 17,4 \text{ (dB(A))} \\PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \text{ Ec. 3.21}\end{aligned}$$

### **DATOS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVO**

Índice de reducción único (SNR):  $36 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación alta (H):  $36 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación media (M):  $33 \text{ dB(A)}$ .

Atenuación baja (L):  $30 \text{ dB(A)}$ .

$$\begin{aligned}PNR: M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \\PNR: 33 - \frac{33 - 30}{8} \cdot (87,8 - 70,4 - 2)\end{aligned}$$



$$PNR: 5,77 \text{ dB}(A)$$

### **CÁLCULO DE REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO ( $LA'$ )**

$$LA': NPS_{eq} - PNR$$

$NPS_{eq}$ : Resultado del nivel diario equivalente.

$PNR$ : Reducción del nivel de ruido predicha.

$LA'$ : Reducción del nivel de ruido.

$$LA': (87 - 5,77) \text{ dB}(A)$$

$$LA': 81,23 \text{ dB}(A) < 85 \text{ dB}(A)$$

### **MÉTODO SNR**

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora del puesto de trabajo y el valor SNR (Índice de reducción único) del protector auditivo. [7]

$$LA': LC - SNR$$

$$LA': (87,8 - 36) \text{ dB}(A)$$

$$LA': 51,8 \text{ dB}(A) < 85 \text{ dB}(A)$$

### **CONCLUSIÓN DEL MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO**

El mecanismo de atenuación de ruido que se debe implementar en el puesto de trabajo operario de pintura son los tapones auditivos reutilizables 3M<sup>TM</sup>SUPERFIT 36, debido a que los resultados obtenidos por los dos métodos indican una atenuación de ruido de 81,23 a 51,8  $\text{dB}(A)$  llegando a cumplir con lo establecido por el decreto ejecutivo 2393 de 85  $\text{dB}(A)$  para una jornada laboral de 8 horas.



**Fig. 5:** Tapones auditivos 3MTM SUPERFIT 36  
**Fuente:** 3M Productos de protección personal

**Tabla 30:** Resultado de los mecanismos de atenuación en el área de pintura.

CLASE DE TAPÓN	NIVEL DE REDUCCIÓN
3M <sup>TM</sup> E-A-R <sup>TM</sup> Ultrafit <sup>TM</sup>	5,77 dB(A)
3M <sup>TM</sup> EA -RSOFT FX	3,85 dB(A)
3M <sup>TM</sup> SUPERFIT 36	5,77 dB(A)

**Elaborado por:** Alex Salazar

De acuerdo con los cálculos realizados en el área de pintura el mecanismo de atenuación más adecuado son los tapones 3M<sup>TM</sup> E-A-R<sup>TM</sup> Ultrafit<sup>TM</sup>

Para el área de refilado vamos a proceder a realizar el cálculo con tres clases de tapones auditivos para observar cual es el mejor mecanismo de atenuación de ruido.

### 3.9 MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO EN EL ÁREA DE REFILADO

- **Gerente:** Ing.- Luis Montenegro
- **Razón social:** LA FORTALEZA LTDA
- **Área de trabajo:** Refilado
- **Puesto de trabajo:** Operario de refilado.

**Tipo de control realizado:** En el receptor.

**Mecanismo de atenuación de ruido:** Equipo de protección auditivo.

Procedemos a seleccionar el adecuado equipo de protección auditivo.

#### **Datos**

**Ruido máximo ( $L_C$ ):** 85,1 dB(A).

**Ruido mínimo ( $L_A$ ):** 72,9 dB(A).

Según EN 352-3 1993(Norma Europea de protección auditivo) para niveles de ruido que se encuentre entre valores de  $L_C$  (83 – 93) dB(A) se debe utilizar tapones auditivos.

Los tapones auditivos seleccionados son reutilizables debido a que estos se moldean al oído y ofrecen la protección de atenuación necesaria para el nivel de ruido existente en el puesto de trabajo operario de refilado.

**Norma:** (Norma Europea de protección auditivo) EN 352-3 1993.

**Modelo:** Tapones H31B 300 .

**Marca:** 3M.

Cálculo de reducción del nivel de ruido predicha (PNR) mediante el método alto, medio y bajo.

## MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO (*H, M y L*)

De acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 638 cuando el resultado de  $L_C - L_A$  es  $> 2$  dB(A) se utilizará la siguiente ecuación. [7]

$$\begin{aligned}L_C - L_A: 85,1 - 72,9 \text{ (dB(A))} \\L_C - L_A: 12,2 \text{ (dB(A))} \\PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \text{ Ec. 3.22}\end{aligned}$$

## DATOS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVO

Índice de reducción único (SNR): 27 dB(A).

Atenuación alta (H): 34 dB(A).

Atenuación media (M): 26 dB(A).

Atenuación baja (L): 16 dB(A).

$$\begin{aligned}PNR: M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \\PNR: 26 - \frac{26 - 16}{8} \cdot (85,1 - 72,9 - 2) \\PNR: 12,75 \text{ dB(A)}\end{aligned}$$

## CÁLCULO DE REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO ( $LA'$ )

$$LA': NPS_{eq} - PNR$$

$NPS_{eq}$ : Resultado del nivel diario equivalente.

$PNR$ : Reducción del nivel de ruido predicha.

$LA'$ : Reducción del nivel de ruido.

$$LA': (87 - 12,75)dB(A)$$
$$LA': 74,25 dB(A) < 85 dB(A)$$

## MÉTODO SNR

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora del puesto de trabajo y el valor SNR (Índice de reducción único) del protector auditivo. [7]

$$LA': LC - SNR$$
$$LA': (85,1 - 27) dB(A)$$
$$LA': 58,1 dB(A) < 85 dB(A)$$

## CONCLUSIÓN DEL MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO

El mecanismo de atenuación de ruido que se debe implementar en el puesto de trabajo operario de refilado son los tapones auditivos reutilizables 3M<sup>TM</sup> H31B 300, debido a que los resultados obtenidos por los dos métodos indican una atenuación de ruido de 74,25 a 58,1 dB(A) llegando a cumplir con lo establecido por el decreto ejecutivo 2393 de 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas.



**Fig. 6:** Tapones auditivos 3MTM Tapones H31B 300  
**Fuente:** 3M Productos de protección personal

## ❖ MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO EN EL ÁREA DE REFILADO

- **Gerente:** Ing.- Luis Montenegro
- **Razón social:** LA FORTALEZA LTDA
- **Área de trabajo:** Refilado
- **Puesto de trabajo:** Operario de refilado.

**Tipo de control realizado:** En el receptor.

**Mecanismo de atenuación de ruido:** Equipo de protección auditivo.

Procedemos a seleccionar el adecuado equipo de protección auditivo.

### **Datos**

**Ruido máximo ( $L_C$ ):** 85,1 dB(A).

**Ruido mínimo ( $L_A$ ):** 72,9 dB(A).

Según EN 352-3 1993(Norma Europea de protección auditivo) para niveles de ruido que se encuentre entre valores de  $L_C$  (83 – 93) dB(A) se debe utilizar tapones auditivos.

Los tapones auditivos seleccionados son reutilizables debido a que estos se moldean al oído y ofrecen la protección de atenuación necesaria para el nivel de ruido existente en el puesto de trabajo operario de refilado.

**Norma:** (Norma Europea de protección auditivo) EN 352-3 1993.

**Modelo:** Tapones MODEL 5000 .

**Marca:** 3M.

Cálculo de reducción del nivel de ruido predicha (PNR) mediante el método alto, medio y bajo.

## MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO (*H, M y L*)

De acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 638 cuando el resultado de  $L_C - L_A$  es  $> 2$   $dB(A)$  se utilizará la siguiente ecuación. [7]

$$\begin{aligned}L_C - L_A: 85,1 - 72,9 \text{ (dB(A))} \\L_C - L_A: 12,2 \text{ (dB(A))} \\PNR = M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \text{ Ec. 3.23}\end{aligned}$$

## DATOS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVO

Índice de reducción único (SNR): 27  $dB(A)$ .

Atenuación alta (H): 31  $dB(A)$ .

Atenuación media (M): 26  $dB(A)$ .

Atenuación baja (L): 17  $dB(A)$ .

$$\begin{aligned}PNR: M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \\PNR: 26 - \frac{26 - 17}{8} \cdot (85,1 - 72,9 - 2) \\PNR: 11,47 \text{ dB(A)}\end{aligned}$$

## CÁLCULO DE REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO ( $LA'$ )

$$LA': NPS_{eq} - PNR$$

$NPS_{eq}$ : Resultado del nivel diario equivalente.

$PNR$ : Reducción del nivel de ruido predicha.

$LA'$ : Reducción del nivel de ruido.

$$LA': (87 - 11,47)dB(A)$$
$$LA': 75,53 dB(A) < 85 dB(A)$$

## MÉTODO SNR

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora del puesto de trabajo y el valor SNR (Índice de reducción único) del protector auditivo. [7]

$$LA': LC - SNR$$
$$LA': (85,1 - 27) dB(A)$$
$$LA': 58,1 dB(A) < 85 dB(A)$$

## CONCLUSIÓN DEL MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO

El mecanismo de atenuación de ruido que se debe implementar en el puesto de trabajo operario de refilado son los tapones auditivos reutilizables 3M™ MODEL 5000, debido a que los resultados obtenidos por los dos métodos indican una atenuación de ruido de 75,53 a 58,1 dB(A) llegando a cumplir con lo establecido por el decreto ejecutivo 2393 de 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas.



**Fig. 7:** Tapones auditivos 3MTM Tapones MODEL 5000  
**Fuente:** 3M Productos de protección personal



## ❖ MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO EN EL ÁREA DE REFILADO

- **Gerente:** Ing.- Luis Montenegro
- **Razón social:** LA FORTALEZA LTDA
- **Área de trabajo:** Refilado
- **Puesto de trabajo:** Operario de refilado.

**Tipo de control realizado:** En el receptor.

**Mecanismo de atenuación de ruido:** Equipo de protección auditivo.

Procedemos a seleccionar el adecuado equipo de protección auditivo.

### **Datos**

**Ruido máximo ( $L_C$ ):** 85,1 dB(A).

**Ruido mínimo ( $L_A$ ):** 72,9 dB(A).

Según EN 352-3 1993(Norma Europea de protección auditivo) para niveles de ruido que se encuentre entre valores de  $L_C$  (83 – 93) dB(A) se debe utilizar tapones auditivos.

Los tapones auditivos seleccionados son reutilizables debido a que estos se moldean al oído y ofrecen la protección de atenuación necesaria para el nivel de ruido existente en el puesto de trabajo operario de refilado.

**Norma:** (Norma Europea de protección auditivo) EN 352-3 1993.

**Modelo:** Tapones ULTRA 9000 .

**Marca:** 3M.

Cálculo de reducción del nivel de ruido predicha (PNR) mediante el método alto, medio y bajo.

## MÉTODO ALTO, MEDIO Y BAJO (*H, M y L*)

De acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 638 cuando el resultado de  $L_C - L_A$  es  $> 2 \text{ dB}(A)$  se utilizará la siguiente ecuación. [7]

$$\begin{aligned} L_C - L_A: & 85,1 - 72,9 \text{ (dB}(A)) \\ L_C - L_A: & 12,2 \text{ (dB}(A)) \\ PNR = & M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \text{ Ec. 3.24} \end{aligned}$$

## DATOS DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVO

Índice de reducción único (SNR):  $22 \text{ dB}(A)$ .

Atenuación alta (H):  $22 \text{ dB}(A)$ .

Atenuación media (M):  $20 \text{ dB}(A)$ .

Atenuación baja (L):  $16 \text{ dB}(A)$ .

$$\begin{aligned} PNR: & M - \frac{M - L}{8} \cdot (L_C - L_A - 2) \\ PNR: & 20 - \frac{20 - 16}{8} \cdot (85,1 - 72,9 - 2) \\ PNR: & 5,1 \text{ dB}(A) \end{aligned}$$

## CÁLCULO DE REDUCCIÓN DEL NIVEL DE RUIDO ( $LA'$ )

$$LA': NPS_{eq} - PNR$$

$NPS_{eq}$ : Resultado del nivel diario equivalente.

$PNR$ : Reducción del nivel de ruido predicha.

$LA'$ : Reducción del nivel de ruido.

$$LA': (87 - 5,1)dB(A)$$

$$LA': 81,9 dB(A) < 85 dB(A)$$

### MÉTODO SNR

Para la aplicación de este método son necesarios los datos del nivel de presión sonora del puesto de trabajo y el valor SNR (Índice de reducción único) del protector auditivo. [7]

$$LA': LC - SNR$$

$$LA': (85,1 - 22) dB(A)$$

$$LA': 63,1 dB(A) < 85 dB(A)$$

### CONCLUSIÓN DEL MECANISMO DE ATENUACIÓN DE RUIDO

El mecanismo de atenuación de ruido que se debe implementar en el puesto de trabajo operario de refilado son los tapones auditivos reutilizables 3M™ ULTRA 9000, debido a que los resultados obtenidos por los dos métodos indican una atenuación de ruido de 81,9 a 63,1 dB(A) llegando a cumplir con lo establecido por el decreto ejecutivo 2393 de 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas.



**Fig. 8:** Tapones auditivos 3MTM Tapones ULTRA 9000

**Fuente:** 3M Productos de protección personal

**Tabla 31:** Resultado de los mecanismos de atenuación en el área de refilado.

<b>CLASE DE TAPÓN</b>	<b>NIVEL DE REDUCCIÓN</b>
3M™ Tapones H31B 300	12,75 dB(A)
3M™ Tapones MODEL 5000	11,47 dB(A)
3M™ Tapones ULTRA 9000	5,1 dB(A)

**Elaborado por:** Alex Salazar

De acuerdo con los cálculos realizados en el área de refilado el mecanismo de atenuación más adecuado son los tapones 3M™ Tapones H31B 300.

#### **RESUMEN DE LOS TAPONES AUDITIVOS**

<b>AREA</b>	<b>CLASE DE TAPON</b>	<b>NIVEL DE REDUCCION</b>	<b>NIVEL DE RUIDO REDUCIDO</b>
<b>PINTURA</b>	3M™ E-A-R™ Ultrafit™	5,77 dB(A)	81,23 dB(A)
<b>REFILADO</b>	3M™ Tapones H31B 300	12,75 dB(A)	63,1 dB(A)

**Elaborado por:** Alex Salazar

Se mejorará el ambiente laboral de los trabajadores de la empresa LA FORTALEZA Cía. Ltda., si se dota a los operadores de equipos de protección auditiva, como son los tapones auditivos recomendados en la tabla de resumen ya que el nivel de ruido que reduce cumple con lo establecido en el Decreto Ejecutivo 2393.

### 3.10 ESTUDIO DE VIBRACIONES

#### 3.10.1 VIBRACIONES

Según el Real Decreto 1311 (2005, p.9) Art.3 da a conocer que son numerosas las actividades laborales que suponen una exposición prolongada a vibraciones mecánicas tanto transmitidas al sistema mano – brazo (VMB) como al cuerpo completo (VCC).

Según el Art.55.RUIDO Y VIBRACIONES del Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, párrafo 3.” Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado”.

##### 3.10.1.1 VIBRACIÓN TRANSMITIDA AL SISTEMA MANO – BRAZO (VMB)

Según la Nota Técnica de Prevención 839, es 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. [8]

#### EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL SISTEMA MANO – BRAZO

Según la Nota Técnica de Prevención 839 la evaluación de la vibración transmitida al sistema mano – brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizada para un período de referencia de 8 horas, A(8), mencionada en la siguiente ecuación:[8]

$$A_{hv,eq} = \sqrt{a_{hw,x}^2 + a_{hw,y}^2 + a_{hw,z}^2} \quad Ec. 3.25$$

Donde:

$a_{hw,x}$ : Valor de  $a_{hw}$ , en m/s<sup>2</sup>, para el eje x.

$a_{hw,y}$ : Valor de  $a_{hw}$ , en m/s<sup>2</sup>, para el eje y.

$a_{hw,z}$ : Valor de  $a_{hw}$ , en m/s<sup>2</sup>, para el eje z.

$A_{hv,eq}$ : Valor total de la aceleración eficaz de las vibraciones.

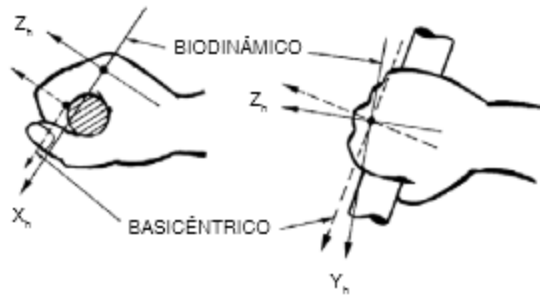
En este caso el valor de exposición diaria [ A (8)] se determina por la siguiente ecuación:

$$A_{hv,eq(d)} = A_{hv,eq(T)} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad Ec. 3.26$$

Donde:

$T_{exp}$ : Tiempo de exposición.

$T_0$ : Tiempo de referencia de 8 horas.



**Figura 9:** Ejes de referencia (vibraciones mano – brazo)

**Fuente:** <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/839%20web.pdf>

## MEDIDA Y EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES TRANSMITIDAS POR LA MANO.

Según la Nota Técnica de Prevención 839, la exposición diaria a las vibraciones se evalúa mediante la siguiente ecuación. [8]

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n A_{hvi}^2 T_i} \quad Ec. 3.27$$

Donde:

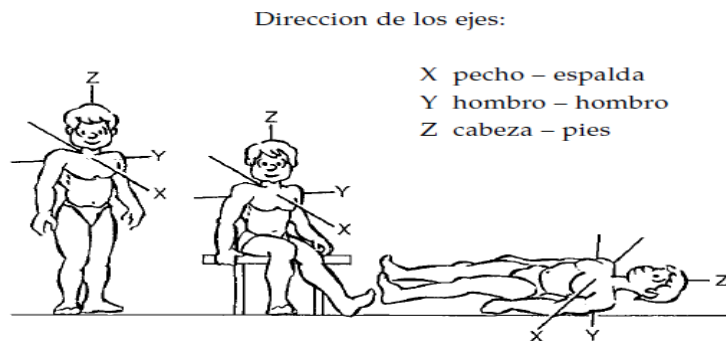
$A_{hvi}$ : Es la magnitud (vector suma) de las vibraciones de la operación  $i$ .

$n$ : Es el número de exposiciones individuales a las vibraciones.

$T_i$ : Es la duración de la operación  $i$ .

### 3.10.1.2 VIBRACIONES TRANSMITIDA A CUERPO COMPLETO (VCC)

Según la Nota Técnica de Prevención 839, es 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. Para determinar la exposición a vibraciones de cuerpo completo del trabajador en posición fija, se deberá efectuar la medición en forma simultanea para cada eje coordenado. [8]



**Figura 10:** Ejes de referencia (cuerpo completo)

**Fuente:** <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/839%20web.pdf>

### EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A CUERPO COMPLETO (VCC)

Según la Nota Técnica de Prevención 839, la evaluación de la vibración transmitida al cuerpo completo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria,  $A(8)$ , expresada como la aceleración continua equivalente para un periodo de 8 horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales, de conformidad con la norma ISO 2631-1:1997. Todas las vibraciones transmitidas al conjunto del cuerpo humano, bien sean vibraciones periódicas, aleatorias o transitorias. Indica los principales factores que influyen para determinar el grado para el que una exposición a las vibraciones será aceptable. [8]

$$A_{wx(d)} = 1.4a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad Ec. 3.28$$

$$A_{wy(d)} = 1.4a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad Ec. 3.29$$

$$A_{wz(d)} = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad Ec. 3.30$$

Donde:

$A_{wx}$ : Aceleración ponderada respecto al eje x.

$A_{wy}$ : Aceleración ponderada respecto al eje y.

$A_{wz}$ : Aceleración ponderada respecto al eje z.

$T_0$ : Duración de referencia de 8 horas.

$T_{exp}$ : Tiempo de exposición.

$A_w$ : Valor eficaz de aceleración respecto de los ejes x, y, z.

El rango de frecuencias considerado es:

- 0.5 Hz – 80 Hz para seguridad, confort y percepción.
- 0.1 Hz – 9.5 Hz para mareos.

Lo mencionado anteriormente se aplica para las transmisiones a través de las superficies soportantes: por el pie para persona erguida, nalgas, espalda y pie para persona sentada o área soportante para persona costada. [8]

Según ISO 2372 (1974), las causas más comunes de vibración en máquinas rotativas pueden ser.

- ❖ Desequilibrio del rotor.
- ❖ Excitaciones de carácter eléctrico y sus armónicos.
- ❖ Armónicos de excitaciones asíncronas del rotor.

Según la velocidad de gravedad de vibraciones se puede separar clases de máquinas y saber si son buenas(A), Satisfactorias (B), Aceptables (C), E Inaceptables (D).



**Tabla 32:** Gravedad de vibraciones para distintas máquinas.

Rangos de velocidad de gravedad de vibraciones	Gravedad de vibraciones para separar clases de las máquinas				
	mm/seg	in/seg	Clase I	Clase II	Clase III
0.28	0.01	A	A	A	A
0.45	0.02				
0.71	0.03				
1.12	0.04	B	B	B	B
1.8	0.07				
2.8	0.11	C	C	C	C
4.5	0.18				
7.1	0.28	D	C	D	D
11.2	0.44				
18	0.71				
28	1.1				
45	1.77				

**Fuente:** <http://www.sinais.es/Recursos/Curso-vibraciones/normativa/iso2372.html>

**Elaborado por:** Alex Salazar

### 3.10.2 EFECTOS DE LA EXPOSICIÓN DE LAS VIBRACIONES A LA SALUD.

Según el Real Decreto 1311/2005, “La exposición a vibraciones mecánicas está asociada a la aparición de determinadas patologías. Esta asociación se encuentra bien determinada en algunos casos (problemas vasculares, nerviosos o musculares).

**Tabla 33:** Efectos de exposición a vibraciones.

<b>VIBRACIONES MANO – BRAZO</b>	<b>VIBRACIONES CUERPO ENTERO</b>
<p><b>Afecciones osteoarticulares</b> Ostonecrosis del escafoides Necrosis del semilunar</p> <p><b>Afecciones neurológicas</b> Neuropatía periférica de predominio sensitivo</p> <p><b>Afecciones vasculares</b> Fenómeno de Raynaud Síndrome del martillo hipotenar</p> <p><b>Alteraciones musculares</b> Dolor, entumecimiento, rigidez, disminución de la fuerza muscular</p>	<p><b>Afecciones de la columna vertebral</b> Discopatias dorso lumbares Lumbalgias Ciática</p> <p><b>Otras alteraciones</b> Digestivas Vasculares periféricas Esfera reproductiva</p>

**Fuente:** <http://vibraciones.insht.es:86/docs/guiaVibraciones.pdf>

**Elaborado por:** Alex Salazar

### **3.10.3 VALORES LIMITE DE EXPOSICIÓN Y VALORES DE EXPOSICIÓN QUE DAN LUGAR A UNA ACCIÓN**

Según el Real Decreto 1311(2005) los valores límites y de exposición son:

1.-Para la vibración transmitida al sistema mano -brazo:

- el valor límite de exposición diaria normalizada para un periodo de referencia de 8 horas se fija en 5 m/s<sup>2</sup>,
- el valor de exposición diaria normalizada para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en 2,5 m/s<sup>2</sup>.

2.-Para la vibración transmitida al cuerpo completo:

- El valor límite de exposición diaria normalizada para un periodo de referencia de 8 horas se fija en  $1.15 \text{ m/s}^2$ ,
- El valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de 8 horas que da lugar a una acción se fija en  $0.5 \text{ m/s}^2$ .

### 3.10.4 VIBRÓMETRO

Según Grupo empresarial siete (2009), es un instrumento de medición normalizado, que se utiliza para medir las vibraciones producidas en máquinas, equipos, cuerpo completo y vibraciones mano – brazo la unidad de medida está en pul/seg.

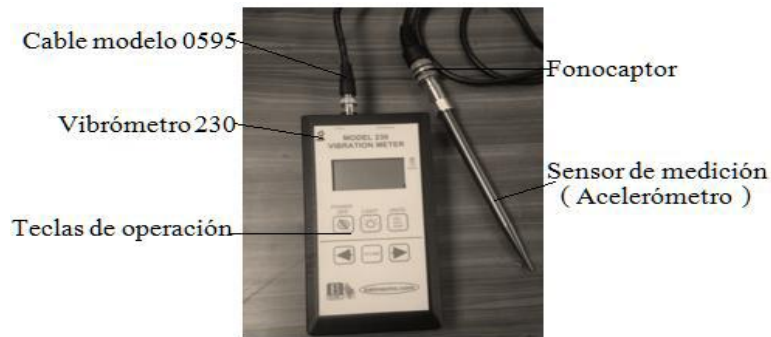


**Figura 11:** Vibrómetro Balmac 230  
**Fuente:**Manual Vibrómetro Balmac 230

### 3.10.5 EVALUACIÓN DE EXPOSICIÓN A VIBRACIONES

Mediante lo establecido en el Real Decreto 1311/2005 y en la Nota Técnica de Prevención 839, sobre la prevención y seguridad de los trabajadores ante riesgos laborales por exposición a las vibraciones, la evaluación se realizará con la determinación del valor de la aceleración eficaz de la vibración a la que está sometida el trabajador, para cada puesto crítico de trabajo.

La evaluación se realizó con un vibrómetro (Balmac 230) que cumple con la norma UNE – 60651 para instrumentos de clase 2.[8]



**Figura 12:** Vibrómetro laboral Balmac 230

**Fuente:** Manual Vibrómetro Balmac 230

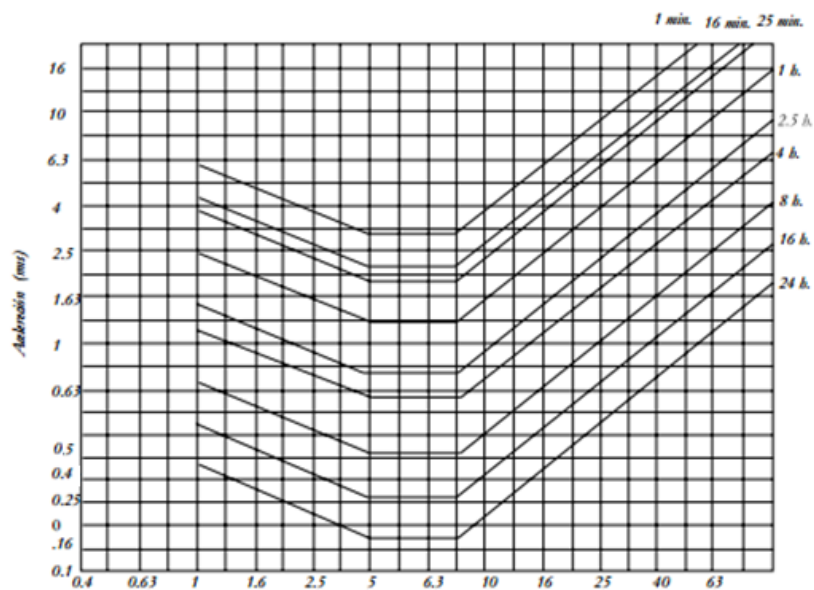
### 3.10.6 PASOS PARA EL MANEJO DEL VIBRÓMETRO.

- **Power, light:** Al presionar dichas teclas se enciende el lector del vibrómetro para apagarlo, se lo deja inactivo unos 15 segundos.
- **Light:** Al presionar dicho botón se enciende la luz de la pantalla.
- **Pantalla:** En la pantalla se mostrará todos los datos referentes a la toma de la aceleración a la que están mostrados los trabajadores.

### 3.11 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Para determinar el valor de la aceleración para un periodo de exposición de 8 horas debe conocerse el tiempo que el trabajador, está expuesto a las vibraciones diariamente.

La aceleración equivalente ponderada en frecuencia máxima permitida ( $A_{eq}$ ) para una jornada de trabajo dependiendo las horas de trabajo será la que se indica en la figura siguiente.



**Figura 13:** Limite de aceleración como una función de frecuencia y tiempo  
**Fuente:**<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/bmficio.12c/doc/bmficio.12c.pdf>

**Tabla 34:** TVL Valores limites umbral para vibraciones transmitidas a la mano

TVL para exposición de la mano a vibración		
Duración de la exposición diaria	Valores cuadráticos medios dominantes	
	m/s <sup>2</sup>	g <sup>x</sup>
4 horas y < 8 horas	4	0.4
2 horas y < 4 horas	6	0.61
1 horas y < 2 horas	8	0.81
menos de 1 hora	12	1.22

**Fuente:**<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/50.pdf>

**Elaborado por:** Alex Salazar

### **3.1 2 PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES**

La exposición a las vibraciones puede variar considerablemente de una operación a otra, debido al uso de diferentes herramientas o a diferentes modos de operación de cada una de las máquinas.

Para la evaluación de vibraciones se debe seguir los siguientes pasos:

- Identificación de las operaciones en el lugar de trabajo.
- Selección de las operaciones a medir.
- Medición de la aceleración para cada operación seleccionada.
- Estimación de tiempo de exposición diario representativo de cada operación.

#### **3.12.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE VIBRACIÓN.**

En la jornada de trabajo se evaluó en un periodo de 8 horas diarias, los valores de exposición a la vibración se los tomo en un periodo de 2 minutos con tres muestras, dependiendo de la actividad. es preferible tomar un determinado número de muestras de corta duración que una sola de larga duración.

Para realizar las mediciones se siguieron los siguientes pasos:

1. Instalar el cable de conexión con el acelerómetro.
2. Encender el instrumento, presionar los botones power y light.
3. Ubicar el acelerómetro de acuerdo a los ejes basicentricos de la mano.
4. Leer la medición de vibración en la pantalla, esperar a que se estabilice para luego registrar dicha medición.
5. Realizar las mediciones para los puestos críticos.

#### **3.13 CÁLCULO DE VIBRACIONES MANO – BRAZO (AREA DE PULIDO)**

$$Ahv(pulido) = \sqrt{a_{hwx}^2 + a_{hwy}^2 + a_{hwz}^2} \quad Ec. 3.31 [8]$$

	$a_{hwx}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{hwy}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{hwz}$ (m/s <sup>2</sup> )
<b>Mano derecha</b>	2.83	1.75	3.74
<b>Mano izquierda</b>	2.65	1.54	3.2

**Fuente:** Alex Salazar

**MANO DERECHA:**

$$A_{hv}(\text{pulido}) = \sqrt{2.83^2 + 1.75^2 + 3.74^2} \quad \text{Ec. 3.32}$$

$$A_{hv} = 5 \text{ m/s}^2$$

**MANO IZQUIERDA:**

$$A_{hv}(\text{pulido}) = \sqrt{2.65^2 + 1.54^2 + 3.2^2} \quad \text{Ec. 3.33}$$

$$A_{hv}(\text{pulido}) = 4.43 \text{ m/s}^2$$

**PARA 8 HORAS LABORABLES:**

$$A_{hv,eq}(\text{pulido}) = A_{hv} \sqrt{\frac{T}{8}}$$

$$A_{hv,eq}(\text{pulido}) = 5 \sqrt{\frac{4}{8}}$$

$$A_{hv,eq}(\text{pulido}) = 3.53 \text{ m/s}^2$$

**3.13.1 DOSIS DE EXPOSICIÓN (D).**

Para el efecto la dosis de vibración (D) se calcula con la siguiente ecuación:

$$D(\text{pulido}) = \frac{(A_{hv})_{eq} T_{max}}{TLV}$$

$$D(\text{pulido}) = \frac{(3.53)}{4}$$

$$D(\text{pulido}) = 0.882$$

### 3.13.2 EVALUACIÓN DE RIESGO

Si la dosis es  $\leq 1$  no se determina riesgo tolerable, caso contrario si la dosis es  $> 1$  el riesgo es intolerable.

Debido a que el valor de la dosis en al área de pulido es menos que uno, el riesgo es tolerable.

### 3.14 CÁLCULO DE VIBRACIONES CUERPO COMPLETO $A_{wx(d)}$

$a_{wx}(m/s^2)$	$a_{wy}(m/s^2)$	$a_{wz}(m/s^2)$
0.14	0.25	0.24

$$A_{wx(d)} = 1.4a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad Ec. 3.34$$

$$A_{wy(d)} = 1.4a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad Ec. 3.35$$

$$A_{wz(d)} = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad Ec. 3.36$$

$$A_{wx(d)} = 1.4(0.14) \sqrt{\frac{8}{8}} = 0.19 m/s^2$$

$$A_{wy(d)} = 1.4(0.25) \sqrt{\frac{8}{8}} = 0.35 m/s^2$$

$$A_{wz(d)} = 0.24 \sqrt{\frac{8}{8}} = 0.24 m/s^2$$

Para determinar el A (8) se toma como valor diario de la exposición para comparar con los valores de referencia, el máximo de los tres valores.

$$A(8) = 0.35 m/s^2$$



### 3.14.1 DOSIS DE EXPOSICIÓN (D)

Para el efecto la dosis de vibración (D) se calcula con la siguiente ecuación.

$$D = \frac{(A_{hv})eqTmax}{TLV}$$

$$D = \frac{0.35}{0.5}$$

$$D = 0.72$$

### 3.14.2 EVALUACIÓN DE RIESGO

Si la dosis es  $\leq 1$  no se determina riesgo tolerable, si la dosis es  $>$  existe riesgo intolerable. Debido a que el valor de la dosis en al área de pulido es menos que uno, el riesgo es tolerable.

### 3.15 MUESTREO DE VIBRACIÓN

**Tabla 35:** Muestreo de vibración

<b>PUESTO FIJO</b>	
<b>Tiempo de exposición</b>	De acuerdo a la tarea
<b>Tipo de exposición</b>	(Mano- brazo) - (cuerpo completo)
<b>Rango de medición</b>	0 - 10 m/s <sup>2</sup>
<b>Numero de muestras</b>	3 mediciones de 2 min

**Fuente:** Manual del vibrómetro BALMAC INC modelo 230

**Elaborado por:** Alex Salazar


### 3.16 NOMENCLATURA:

**Tabla 36:** Nomenclatura de la tabla de vibraciones.

<b>NOMENCLATURA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
$X_m$	Dirección del dorso de la palma
$Y_m$	Dirección perpendicular a dedos
$Z_m$	Dirección del eje longitudinal del tercer hueso metacarpiano
$A_{hvd}$	Aceleración continua equivalente diaria
$A_{hvT}$	Aceleración continua ponderada
TRE	Tiempo real de exposición
TLV	Aceleración eficaz ponderada
D	Dosis de exposición


**Elaborado por:**Alex Salazar

**Tabla 37:** Ficha de registro de vibraciones pulido.

							
<b>FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE VIBRACIONES POR ÁREAS DE TRABAJO</b>							
<b>Nombre de la empresa:</b> La Fortaleza <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> La Fortaleza <b>Dirección:</b> Parque Industrial							
<b>Área de trabajo:</b> pulido							
<b>Edad:</b> 34 años <b>Cintura:</b> 96cm <b>Peso:</b> 132lb <b>Cadera:</b> 101cm <b>Altura:</b> 170cm <b>Cuello:</b> 37cm							
Toma de datos:VIBRACIONES CUERPO ENTERO				Toma de datos:VIBRACIONES MANO - BRAZO			
$X_m(\frac{m}{s^2})$ :	0.158	0.145	0.255	$X_m(\frac{m}{s^2})$ :	3.334	3.751	3.391
$Y_m(\frac{m}{s^2})$ :	0.270	0.248	0.255	$Y_m(\frac{m}{s^2})$ :	3.751	3.609	3.815
$Z_m(\frac{m}{s^2})$ :	0.261	0.239	0.246	$Z_m(\frac{m}{s^2})$ :	2.777	2.672	2.825
$X(\frac{m}{s^2})$ :	0.15	$a_{wx}(\frac{m}{s^2})$ :	0.21	$X(\frac{m}{s^2})$ : 3.31			
$Y(\frac{m}{s^2})$ :	0.26	$a_{wy}(\frac{m}{s^2})$ :	0.36	$Y(\frac{m}{s^2})$ : 3.73			
$Z(\frac{m}{s^2})$ : 0.25				$Z(\frac{m}{s^2})$ : 2.76			
$A_{hvT}(\frac{m}{s^2})$ : 0.36				$A_{hvT}(\frac{m}{s^2})$ : 5.7			
$A_{hvd}(\frac{m}{s^2})$ : 0.36				$A_{hvd}(\frac{m}{s^2})$ : 5.7			
<b>TRE(h):</b> 8				<b>TRE(h):</b> 8			
$TLV(\frac{m}{s^2})$ : 0.5				$TLV(\frac{m}{s^2})$ : 2.5			
<b>D:</b> 0.72				<b>D:</b> 2.28			
<b>RIESGO:</b> Tolerable < 1				<b>RIESGO:</b> Intolerable > 1			

**Elaborado por:** Alex Salazar


**Tabla 38:** Ficha de registro de vibraciones refilado.

							
FICHA DE IDENTIFICACIÓN DE VIBRACIONES POR ÁREAS DE TRABAJO							
<b>Nombre de la empresa:</b> La Fortaleza <b>Gerente:</b> Ing.- Luis Montenegro <b>Razón social:</b> La Fortaleza <b>Dirección:</b> Parque Industrial							
<b>Área de trabajo:</b> refilado							
<b>Edad:</b> 43 años <b>Cintura:</b> 93cm <b>Peso:</b> 136lb <b>Cadera:</b> 106cm <b>Altura:</b> 173cm <b>Cuello:</b> 39cm							
Toma de datos:VIBRACIONES CUERPO ENTERO				Toma de datos:VIBRACIONES MANO - BRAZO			
$X_m(\frac{m}{s^2})$ :	0.131	0.133	0.130	$X_m(\frac{m}{s^2})$ :	2.840	2.860	2.824
$Y_m(\frac{m}{s^2})$ :	0.194	0.197	0.192	$Y_m(\frac{m}{s^2})$ :	1.752	1.765	1.742
$Z_m(\frac{m}{s^2})$ :	0.047	0.047	0.046	$Z_m(\frac{m}{s^2})$ :	3.749	3.775	3.728
$X(\frac{m}{s^2})$ :	0.18	$a_{wx}(\frac{m}{s^2})$ :	0.25	$X(\frac{m}{s^2})$ : 2.84			
$Y(\frac{m}{s^2})$ :	0.27	$a_{wy}(\frac{m}{s^2})$ :	0.38	$Y(\frac{m}{s^2})$ : 1.75			
$Z(\frac{m}{s^2})$ : 0.05				$Z(\frac{m}{s^2})$ : 23.75			
$A_{hvt}(\frac{m}{s^2})$ : 0.38				$A_{hvt}(\frac{m}{s^2})$ : 5.02			
$A_{hvd}(\frac{m}{s^2})$ : 0.27				$A_{hvd}(\frac{m}{s^2})$ : 3.55			
<b>TRE(h)</b> : 4				<b>TRE(h)</b> : 4			
<b>TLV</b> ( $\frac{m}{s^2}$ ): 0.63				<b>TLV</b> ( $\frac{m}{s^2}$ ): 4			
<b>D</b> : 0.427				<b>D</b> : 0.89			
<b>RIESGO:</b> Tolerable < 1				<b>RIESGO:</b> Tolerable < 1			

**Elaborado por:** Alex Salazar


## EVALUACIÓN DE VIBRACIONES

**Tabla 39:** Área de Pulido

					
EVALUACIÓN DE VIBRACIONES					
<b>Nombre de la empresa: LA FORTALEZA LTDA</b>					
<b>Gerente: Ing.- Luis Montenegro</b>					
<b>Razón social: LA FORTALEZA LTDA</b>					
<b>Dirección: Calle3, Bodega 32 Parque Industrial</b>					
valoración	1	2	3	4	5
	Muy satisfactorio	Satisfactorio	molestias medias	perturbaciones	nocividad
puesto	<b>pulidor - Área de acabado</b>				
	Mano – Brazo				
resultados	acel. 5.7 m/s <sup>2</sup>		dos. 2.28	t. 8 horas	
D. Mano - Brazo	<0.1	0.1 - 0.5	0.5 – 1	01-feb	>2
Valoración	Muy satisfactorio	Satisfactorio	molestias medias	perturbaciones	nocividad
	1	2	3	4	5
	<b>cuerpo completo</b>				
Resultados	acel. 0.36 m/s <sup>2</sup>		dos. 0.72	t. 8 horas	
D. Mano – Brazo	<0.1	0.1 - 0.5	0.5 – 1	01-feb	>2
Valoración	Muy satisfactorio	Satisfactorio	molestias medias	perturbaciones	nocividad
	1	2	3	4	5

**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 40:** Área de Refilado

					
<b>EVALUACIÓN DE VIBRACIONES</b>					
<b>Nombre de la empresa: LA FORTALEZA LTDA</b>					
<b>Gerente: Ing.- Luis Montenegro</b>					
<b>Razón social: LA FORTALEZA LTDA</b>					
<b>Dirección: Calle3, Bodega 32 Parque Industrial</b>					
<b>Valoración</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	Muy satisfactorio	satisfactorio	molestias medias	perturbaciones	Nocividad
<b>Puesto</b>	<b>refilado - Área de acabado</b>				
	Mano – Brazo				
<b>resultados</b>	acel. 3.55 m/s <sup>2</sup>		dos. 0.89	t. 8 horas	
<b>D. Mano - Brazo</b>	<0.1	0.1 - 0.5	0.5 – 1	01-feb	>2
<b>Valoración</b>	Muy satisfactorio	satisfactorio	molestias medias	perturbaciones	Nocividad
	1	2	3	4	5
	<b>cuerpo completo</b>				
<b>Resultados</b>	acel. 0.27 m/s <sup>2</sup>		dos. 0.42	t. 8 horas	
<b>D. Mano – Brazo</b>	<0.1	0.1 - 0.5	0.5 – 1	01-feb	>2
<b>Valoración</b>	Muy satisfactorio	satisfactorio	molestias medias	perturbaciones	Nocividad
	1	2	3	4	5

**Elaborado por:** Alex Salazar

### **3.17 ANÁLISIS DE LA EVALUACIÓN DE LAS VIBRACIONES.**

- I. De la tabla de evaluación de pulidor se puede observar que el valor de riesgo de vibraciones es de 2.28 que corresponde a riesgo de nocividad para las vibraciones mano – brazo, en el puesto de trabajo mencionado por valores de aceleración 5.7 m/s<sup>2</sup>. y para las vibraciones cuerpo completo se tiene un valor de riesgo de 0.72 que corresponde a una valoración de molestias medias con una aceleración de 0.36m/s<sup>2</sup>.
  
- II. De la tabla de evaluación de refilado se puede observar que el valor de riesgo de vibraciones es de 0.89 que corresponde a una valoración de molestias medias para las vibraciones mano – brazo, en el puesto de trabajo mencionado por valores de aceleración 3.55 m/s<sup>2</sup>. y para las vibraciones cuerpo completo se tiene un valor de riesgo de 0.42 que corresponde a una valoración de molestias medias con una aceleración de 0.27 m/s<sup>2</sup>.

La implementación del presente plan de mantenimiento preventivo facilitará reducir problemas inesperados, a conservar los activos y a incrementar la vida útil. El propósito del plan de mantenimiento es incrementar al máximo la disponibilidad que el equipo se encuentre en buen estado de funcionamiento la mayor parte del tiempo.

### **3.18 PLAN DE MANTENIMIENTO**

#### **3.18.1 ANALISIS DE CRITICIDAD**

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe definir un alcance y un propósito. [13]

El criterio para realizar el análisis de criticidad se basa en los siguientes aspectos:

### 3.18.2 PRODUCCIÓN

Tasa de utilización: [13]

**Tabla 41:** valores para la tasa de marcha

Calificación	Características
4	>80%
2	Entre 50 y 80 %
1	<50%

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

### 3.18.3 EQUIPO AUXILIAR

Los siguientes valores indican que posibilidad existe de recuperar la producción con otro equipo. [13]

**Tabla 42:** valores para equipo auxiliar

Calificación	Características
5	Sin posibilidad de reemplazo
4	Equipos de la misma clase
1	Equipo con duplicado

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

### 3.18.4 INFLUENCIA DEL EQUIPO EN EL PROCESO DE ACABADO:

**Tabla 43:** valores de influencia [13]

Calificación	Características
5	Parar el proceso
4	Influencia importante
2	Influencia relativa
1	No interviene en el proceso

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>



### 3.18.5 CALIDAD

Influencia del equipo en la calidad del producto final. [13]

**Tabla 44:** valores para la influencia en la calidad del producto final

Calificación	Características
5	Decisiva
4	importante
2	Sensible
1	Nula

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

### 3.18.6 MANTENIMIENTO

Costo mensual del mantenimiento:

**Tabla 45:** valores según el costo mensual de mantenimiento.

Calificación	Características
4	>US \$500
2	US \$100 - 500
1	<US \$500

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

Número de horas paradas por desperfectos en el mes:

**Tabla 46:** valores para el número de horas de paro por mes:

Calificación	Características
4	> 3 horas
2	Entre 1 a 3 horas
1	< 1 hora

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

Grado de especialización del equipo:

**Tabla 47:** valores según grado de especialización del equipo.

<b>Calificación</b>	<b>Características</b>
4	especialista
2	normal
1	Sin especialidad

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

### 3.18.7 SEGURIDAD

Influencia que tiene el equipo en seguridad industrial y medio ambiente. [13]

**Tabla 48:** valores de influencia

<b>Calificación</b>	<b>Características</b>
<b>5</b>	riesgo mortal
4	Riesgo para la instalación
2	Influencia relativa
1	Sin influencia

**Fuente:** <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2004/112490.pdf>

Según Gabriel Sierra (2004, P.86), con la suma de todas las puntuaciones se establecerán tres grupos de criticidad. [13]

- I. Índice de criticidad entre 25 y 35: equipos críticos para los cuales se implementará el plan de mantenimiento preventivo. (color rojo Verona). [13]
- II. Índice de criticidad entre 16 y 24: equipos de importancia media, que en un determinado momento puede llegar a ser críticos. (color amarillo). [13]
- III. Índice de criticidad menor a 15: equipos secundarios en el proceso que pueden ser sometidos a un programa de mantenimiento correctivo, (color azul eléctrico). [13]

**Tabla 49:** Matriz de criticidad para el esmeril de la industria La Fortaleza CIA LTDA.

PULIDO	PRODUCCION			CALIDAD	MANTENIMIENTO			SEGURIDAD	VALOR DE CRITICIDAD
	tasa de marcha	equipo auxiliar	influencia sobre el proceso	influencia en la calidad del producto	costo mensual del MTTO	horas de paro en el mes	grado de especialista	influencia en la seguridad o medio ambiente	
PULIDORA	2	1	2	2	1	1	2	2	13

**Elaborado por:** Alex Salazar

### 3.18.8 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Es aquel que corrige los defectos observados en los equipos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

**FICHA TECNICA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

**DATOS TECNICOS**

<b>EQUIPO:</b>	PULIDORA	<b>MODELO:</b>	
----------------	----------	----------------	--

**DIMENSIONES**

<b>LARGO:</b>	1300 mm	<b>ANCHO:</b>	50 0mm	<b>ALTO:</b>	1100 mm
---------------	---------	---------------	--------	--------------	---------

**LABOR**

<b>CRITICO:</b>	SI	<b>TURNO:</b>	SI	<b>INTERMITENTE:</b>	SI
-----------------	----	---------------	----	----------------------	----

**ACOPLAMIENTO**

<b>ESTACIONARIO:</b>	SI	<b>MOVIL:</b>	
----------------------	----	---------------	--

**SISTEMAS**

<b>ELECTRICO:</b>	SI	<b>LUBRICACION:</b>	NO
<b>NEUMATICO:</b>	NO	<b>HIDRAULICO:</b>	NO

**CARACTERISTICAS**

Carcasa	Discos	Arandela	Interruptor
Porta carbones	rodamientos	engrane	chaveta

**MOTOR ELECTRICO**

<b>FUNCION:</b>	<b>HP</b>	<b>VOLT</b>	<b>AMP</b>	<b>RPM</b>	<b>HZ</b>	<b>MARCA</b>
PRINCIPAL	3.5	220	27	2850	60	DEWALT



**Elaborado por: Alex Salazar**

### **3.18.9 MANTENIMIENTO DE LA PULIDORA**

Para la pulidora que cuenta la empresa se debe realizar modificación de los elementos lo que quiere decir que es un mantenimiento de mejora. Esto se da en elementos como cambio de discos, carbones y ejes que están propensos a mayor desgaste. En otros casos como en lubricación o limpieza se debe realizar un mantenimiento predictivo monitorizado.

### **ANALISIS MODAL DE FALLOS Y DEFECTOS**

Un análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

Es utilizado habitualmente por empresas manufactureras en varias fases del ciclo de vida del producto, y recientemente se está utilizando también en la industria de servicios. Las causas de los fallos pueden ser cualquier error o defecto en los procesos o diseño, especialmente aquellos que afectan a los consumidores, y pueden ser potenciales o reales. El término análisis de efectos hace referencia al estudio de las consecuencias de esos fallos.

### **IMPLEMENTACION**

En un AMFE, se otorga una prioridad a los fallos dependiendo de cuan serias sean sus consecuencias, la frecuencia con la que ocurren y con qué dificultad pueden ser localizadas. Un AMFE también documenta el conocimiento existente y las acciones sobre riesgos o fallos que deben ser utilizadas para lograr una mejora continua. El AMFE se utiliza durante la fase de diseño para evitar fallos futuros. Posteriormente es utilizado en las fases de control de procesos, antes y durante estos procesos. Idealmente, un AMFE empieza durante los primeros niveles conceptuales del proyecto y continúa a lo largo de la vida del producto o servicio.

La finalidad de un AMFE es eliminar o reducir los fallos, comenzando por aquellos con una prioridad más alta. Puede ser también utilizado para evaluar las prioridades de la gestión del riesgo. El AMFE ayuda a seleccionar soluciones que reducen los impactos acumulativos de las consecuencias del ciclo de vida (riesgos) del fallo de un sistema (fallo)

### **PASO 1: SEVERIDAD**

Determinar todos los modos de fallos basados en los requerimientos funcionales y sus efectos ejemplos: cortocircuitos eléctricos, corrosiones o deformaciones.

Es importante apuntar que un fallo en un componente puede llevar a un fallo en otro componente. El modo de fallos debe ser listado en términos técnicos y por función. Un efecto de fallo se define como el resultado de un modo de fallo en la función del sistema percibida por el usuario. Cada efecto recibe un numero de severidad (S) que va desde 1 (sin peligro) hasta 10 (critico).

### **PASO 2: INCIDENCIA**

En este paso es necesario observar la causa de fallo y determinar con qué frecuencia ocurre. Esto puede lograrse mediante la observación de productos o procesos similares y la documentación de su fallo. La causa de un fallo esta vista como un punto débil del diseño. Todas las causas potenciales de modo de fallos deben ser identificadas y documentadas utilizando terminología técnica.

Un modo de fallos recibe un numero de probabilidad (O) que puede ir del 1 al 10. Las acciones deben desarrollarse si la incidencia es alta (>4 para fallos no relacionados con la seguridad y >1 cuando el número de severidad del paso1 es de 9 o 10).

### **PASO 3: DETECCION**

Cuando las acciones adecuadas se han determinado es necesario comprobar su eficiencia y realizar una verificación del diseño. Debe ser seleccionado el método de inspección adecuado, en primer lugar, debe observar los controles actuales del sistema que impidan los modos de fallos que lo detecten antes de que alcancen al consumidor.

Posteriormente debe identificarse técnicas de testeo, análisis y monitorización que hayan sido utilizadas en sistemas similares para detectar fallos.

### **NUMEROS D EPRIORIDAD DE RIESGO**

Los números de prioridad de riesgo no son una parte importante de los criterios de selección de una de acción contra los modos de fallo. Son más bien un parámetro de ayuda en la evaluación de estas acciones. Después de evaluar la severidad, incidencia y defectibilidad de los números de prioridad del riesgo se pueden calcular multiplicando estos tres números:  $RPN = S \times O \times D$ . Esto debe realizarse para todo el proceso o diseño. estas acciones pueden incluir inspecciones específicas, pruebas de calidad, rediseño, etc.

Debe tenerse en cuenta algunos puntos obvios pero importantes:

- Intentar eliminar el modo de fallos
- Reducir la incidencia del modo de fallos
- Mejorar la detección

#### **USOS DE AMFE**

- Desarrollo de un sistema que minimice la posibilidad de fallos
- Evaluación de los requisitos del consumidor para asegurar que estos no causan fallos potenciales.
- Identificación de elementos de diseño que causan fallos.
- Seguimiento y gestión de riesgos en el diseño.
- Asegurar a cualquier fallo que pueda ocurrir no cause daño al consumidor.

#### **VENTAJAS**

- Mejora de la calidad, fiabilidad y seguridad de un producto o proceso
- Mejorar la imagen y competitividad de la organización
- Aumentar la satisfacción del usuario
- Reducir el tiempo y coste de desarrollo del sistema
- Recopilación de información para reducir fallos futuros y capturar conocimiento de ingeniería
- Reducción de problemas posibles con las garantías
- Identificación y eliminación temprana de problemas potenciales

**TABLA 50:** Clasificación de la gravedad del modo fallo según la recuperación en el cliente

<b>GRAVEDAD</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR</b>
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento	1
Baja Repercusiones irrelevantes	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, este observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema	2 - 3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4 - 6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

**Fuente:**[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_679.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf)

**Elaborado por:** Alex Salazar

**TABLA 51:** Clasificación de la frecuencia/probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.

<b>FRECUENCIA</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>VALOR</b>
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible.	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2 – 3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4 – 5



Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

**Fuente:**[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_679.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf)

**Elaborado por:** Alex Salazar

**TABLA 52:** Clasificación de la facilidad del modo de fallo.

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2 - 3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4 - 6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

**Fuente:**[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_679.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_679.pdf)

**Elaborado por:** Alex Salazar

### 3.19 METODO AMFE


AMFE										
Realizado por: Alex Salazar						HOJA N° 1				
EQUIPO/TAG: Pulidora			FECHA: 08/03/2016			NOMBRE FICHA: PU- 01				
N°	FUNCIÓN	FALLO FUNCIONAL	MODO DE FALLO	CAUSA RAÍZ	EFECTO	VALORACIÓN				RECOMENDACIÓN
						S	O	D	NPR	
01	<b>Carbones del motor:</b> Permitir el paso de corriente a las escobillas del motor	El motor no se enciende o tiene un rendimiento demasiado bajo	Perdida de potencia en el motor	Carbones desgastados o cortocircuitados	El motor no funciona correctamente y tiene una baja potencia para el desbaste	1	2	2	4	Revisar el estado de los carbones durante el mantenimiento especificado y cambiar si ya han cumplido su vida útil de trabajo.
02	<b>Perilla de control de velocidad:</b> Permitir el encendido y apagado del equipo	El equipo no se enciende o permanece encendido	Atascamiento de la perilla al momento de ejecutar el encendido o apagado	Exceso de suciedad o resorte dañado	Dificultad para encender o apagar el equipo de forma segura	3	2	2	12	Realizar la limpieza de la perilla después de cada trabajo y no ejercer demasiada fuerza a la perilla cuando presionen.

03	<b>Disco:</b> Efectuar el trabajo de corte o desbaste.	El corte es demasiado pobre y lento	Demora en la ejecución del corte y pérdida rápida de los abrasivos artificiales	Abrasivos artificiales de mala calidad o muy blandos o disco no adecuado para el trabajo que se desea realizar.	Dificultad para ejecutar el corte	1	2	1	2	Revisar el estado de los discos entregados por el proveedor
04	<b>Manija auxiliar:</b> Mantener el control completo de la herramienta	Pérdida del control total de la manija por exceso de Vibración	La manija no se acopla correctamente al equipo se afloja con facilidad	Aislamiento del roscado de la manija o existencia de grasa en el exterior del elemento.	Dificultad para la sujeción del Equipo	1	2	1	2	Realizar la limpieza y revisión del ajuste de la manija
05	<b>Guarda de seguridad:</b> Cubrir ¾ del disco protegiendo al usuario del impacto de partículas suspendidas de material.	Disco descubierto	demasiado impacto del material suspendido hacia el usuario	Guarda de seguridad fisurada, rota, oxidada o deteriorada	Incrustación de partículas suspendidas al usuario o a las máquinas que están a su alrededor	1	3	1	3	Realizar la limpieza de la guarda de seguridad después de cada trabajo y no exponer a golpes, maltrato o ácidos.
06	<b>Pasador de bloqueo:</b> Bloquear el giro del disco en una dirección para la realización del cambio	Inexistencia de bloqueo del Disco	El disco gira a ambos lados y no permite aflojar la tuerca para realizar el cambio.	Resorte dañado o existencia de suciedad o incrustación de material cortado o desbastado en el interior del agujero del Pasador	Dificultar para realizar el cambio del disco abrasivo	1	2	1	2	Realizar la limpieza y lubricación del resorte del pasador

07	<b>Tuerca de montaje:</b> aprisionar el disco contra el porta disco ubicado en el eje evitando que se desprenda	Inexistencia de ajuste entre el disco y el porta disco	Disco no está aprisionado	Tuerca y roscado del eje porta disco Aislado	El equipo no está disponible para el corte	1	3	1	3	No ejercer esfuerzo innecesario al momento de ajustar la tuerca ni tampoco golpear al eje porta Disco y realizar la limpieza para que no se oxide.
08	<b>Cable toma corriente:</b> Permitir el flujo eléctrico desde la toma de corriente hasta la toma del equipo.	Inexistencia del flujo de corriente desde él toma corriente y el equipo	Equipo se encuentra sin voltaje y fuera de servicio	Cable roto internamente por maltrato o cable cortocircuitado	Equipo fuera de servicio	1	3	2	6	No jale el cable ni use para transportarlo

**Elaborado por:** Alex Salazar


**Tabla 53:** Mantenimiento Autónomo de la Pulidora.

	
EQUIPO	INSPECCIONES
<b>PULIDORA</b> <b>CODIGO: PU – 01</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el estado del disco de pulir.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar el estado de la conexión eléctrica.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No ejercer esfuerzo innecesario al momento de ajustar la tuerca.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un manejo adecuado del equipo y no golpearlo.</li> </ul>
<p><b>CONTENIDO GENERAL: LIMPIEZA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Al finalizar la jornada de trabajo limpiar las partes vitales de la maquina con todos los implementos adecuados.</li> </ul> <p><b>NORMAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Utilizar siempre la dotación de seguridad personal entregada por la empresa.</li> <li>➤ Desconectar el interruptor principal si se terminó el trabajo.</li> <li>➤ Mantener el área de trabajo limpio y libre de peligro.</li> <li>➤ Antes de efectuar cualquier actividad de mantenimiento rotule en la unidad de mantenimiento con tarjeta de NO OPERAR.</li> </ul>	

**Elaborado por:** Alex Salazar


El Mantenimiento Autónomo es, básicamente prevención del deterioro de los equipos y componentes de los mismos. El mantenimiento llevado a cabo por los operadores y preparadores del equipo, puede y debe contribuir significativamente a la eficacia del equipo.

**Tabla 54:** Carta de lubricación de la Pulidora

							
Descripción:	Frecuencia:	Mecanismo:	Tipo de lubricación:	Activ:	Tiem:	Tipo:	Cant:
PULIDORA: PU – 01	Trimestral	Rodamientos de eje del motor eléctrico principal	Grasera de mano	AG	30 min	URSA PREMIUM EO2	Necesaria
<b>AG: APLICA GRASA</b>							


**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 55:** Inspección mecánica de la pulidora


	
<b>INSPECCION</b>	
<b>EQUIPO</b>	<b>INSPECCION MECANICA</b>
PULIDORA PU - 01	▪ Revisar el estado de los rodamientos del motor.
	▪ Revisar el estado de brida exterior y brida interior.
	▪ Revisar el estado del eje del husillo.
	▪ Revisar el estado de muela abrasiva.
	▪ Revisar el estado de husillo de tope.

**Elaborado por:** Alex Salazar

**Tabla 56:** Inspección eléctrica

									
<b>MAQUINA:</b>		<b>FABRICANTE:</b>			<b>MODELO:</b>			<b>CODIGO:</b>	
<b>TIPO DE INSPECCION:</b> ELECTRICA					<b>FRECUENCIA:</b> TRIMESTRAL				
<b>ESTADO:</b> BUENO, REGULAR, MALO		<b>ASIGNADA POR:</b>			<b>ASIGNADA A:</b>			<b>FECHA:</b> D/M/A:	
<b>ELEMENTO CONSTRUCTIVO</b>	<b>EQUIPO EN MOVIMIENTO</b>		<b>ESTADO</b>		<b>SE CORRIGIO</b>		<b>SOLICITUD DE TRABAJO</b>		<b>OBSERVACIONES:</b>
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	
Verificar el estado de contactores, interruptores, fusibles y cableado eléctrico.									
Verificar el correcto funcionamiento de los interruptores de parada del motor.									
Verificar que el motor principal no presente ruido, vibraciones.									
Verificar el estado del ventilador del motor principal.									
<b>REALIZADO POR:</b>		<b>FECHA:</b>			<b>REVISADO POR:</b>				

**Tabla 57:** Cronograma de Actividades del Plan de Mantenimiento.

																																																						
CODIGO	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
PULIDORA	LIMPIEZA GENERAL	SEMANAL	█																																																			
	LIMPIEZA MECÁNICA	TRIMESTRAL	█												█																																							
	LIMPIEZA ELÉCTRICA	TRIMESTRAL		█																																																		
	INSPECC. MECÁNICA	SEMESTR.																																																				





**Tabla 58: PRESUPUESTO**

<b>Material</b>	<b>Costo (\$)</b>
Alquiler del Sonómetro clase II (PCE 322 A) (18 h)	800
Alquiler del Vibrómetro clase II (BALMAC 230) (8h)	600
Normas UNE – EN – ISO 11690	600
10% de imprevistos	200
Total	2200

**Elaborado por:** Alex Salazar

## CAPITULO IV

### 4.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.2 CONCLUSIONES

- De acuerdo a la evaluación de ruido y vibraciones en el proceso de acabo en la empresa La Fortaleza Cía.Ltda. en las áreas de pintura y refilado se pudo determinar que si existe sobreexposición de ruido con un nivel de 86.19 dB(A) y 86.95 dB(A) respectivamente, siendo el nivel máximo permitido de 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas según lo establecido por el decreto ejecutivo 2393.
- Se pudo determinar medidas preventivas y correctivas, como la dotación de equipos de protección personal para poder mitigar los diferentes niveles de ruido y establecer un plan de mantenimiento para mitigar los diferentes niveles de vibraciones existentes en los puestos de trabajo esto se debe a que no existe un protocolo de gestión de control de ruido y vibraciones para mejorar el ambiente laboral en la empresa La Fortaleza Cía. Ltda. debido a que los trabajadores no conocen la importancia de la utilización de equipos de protección personal.
- Es importante conocer si el puesto de trabajo es fijo o móvil para la implementación del tiempo de estudio ya que este puede ser de cinco o veinte minutos de acuerdo a lo establecido por la Nota Técnica de Prevención 951.
- Se ha valorado el riesgo físico en cuanto a ruido y vibraciones según lo recomienda el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo siendo para el ruido un nivel máximo de 85 dB(A) y para las vibraciones un nivel máximo en el sistema mano – brazo de 5 m/s<sup>2</sup> y para el sistema cuerpo completo de 1.15 m/s<sup>2</sup>
- Los puestos de trabajo con mayor contaminación acústica para una jornada laboral de 8 horas son: operario pintura con un nivel de 86.15 dB(A) y operario refilado con un nivel de 86.95 dB(A).
- El puesto de trabajo con mayor generación de vibraciones es operario de pulido de suelas en el sistema mano – brazo con un nivel de 5.7 m/s<sup>2</sup>.

- Del estudio realizado se determina que las condiciones actuales de ruido y vibraciones pueden causar trastornos con riesgo intolerable si la dosis de exposición es mayor que 1.

#### **4.3 RECOMENDACIONES**

- Usar obligatoriamente dispositivos de protección individual contra el ruido y vibraciones.
- Implementar un plan de mantenimiento en el área de pulido para que disminuya el nivel de vibraciones.
- Es importante conocer el día de mayor generación de ruido para realizar el estudio y así conocer los puestos de trabajo con mayor contaminación acústica.
- Se recomienda que una vez identificados los ambientes laborales con mayor contaminación acústica es necesario establecer mecanismos de atenuación de ruido.
- Para posteriores evaluaciones se recomienda conocer la Nota Técnica de Prevención de Ruido (N.T.P 950): Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido para determinar la estrategia adecuada de evaluación.
- Para posteriores evaluaciones se recomienda conocer la Nota Técnica de Prevención de vibraciones (N.T.P 839): Exposición a vibraciones mecánicas para conocer los fundamentos y el método para la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones mecánicas.

## BIBLIOGRAFIA

[1] Florida M. (2010) *“La prevención del ruido en la empresa”*. Primera Edición, Fundación Confemetal, Madrid, 15pp.

[2] Menéndez F. (2009) *“Higiene Industrial Manual para la Formación del Especialista”*. Novena Edición, Fotocomposición, España, 30 – 45pp.

[3] Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. *Decreto ejecutivo 2393: reglamento de seguridad y salud de los trabajadores*.

[4] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo *“NTP 270 Evaluación de la exposición al ruido”*. (En línea) Disponible en:[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_270.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_270.pdf).

[5] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo *“NTP 951 estrategia de medición y valoración de la exposición a ruido”*.(En línea) Disponible en:<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/951w.pdf>.

[6] Norma Europea *UNE\_EN-ISO 11690 practica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con nivel del ruido que contiene maquinaria*.

[7] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo *“NTP 638 estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos”*(En línea) Disponible en:[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_638.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_638.pdf).

[8] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo *“NTP 839 exposición a vibraciones”*.(En línea) Disponible

en:<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/839%20web.pdf>.

[9] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo “*real decreto 1435/1992*”.

[10] Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo “*Norma UNE-EN ISO 5349*”.

[11] J. Pazmiño. “*Estudio de ruido y vibraciones en la empresa Muebles León de la ciudad de Ambato para mejorar el ambiente laboral*”. Universidad Técnica de Ambato, Ambato,2013.

[12] I. Orozco. “*Análisis de la contaminación de ruido ocupacional para mejorar el ambiente laboral en la empresa Tenería Díaz, cia ltda*”. Universidad Técnica de Ambato, Ambato,2015.

[13] G. Sierra. “*Programa de mantenimiento para la empresa metalmecánica industrias AVM S. A*”. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga,2004.

# **ANEXOS**

## ANEXO 1.

### ESPECIFICACIONES DEL VIBROMETRO BALMAC 230.



## Model 230M *Metric* Vibration Meter

### Features:

Model 230M (*Metric*) measures and stores overall vibration amplitude in *Metric* units. Measurements are stored in an internal memory for later recall and recording. The portable, battery-operated, hand-held meter features a 100 mV/g Accelerometer for measuring vibration Velocity, Displacement and Acceleration. It features Automatic Amplitude Scaling, Auto Power Off and a large, easy-to-read backlit Display viewable in direct sunlight or low light locations. The Meter includes a 1.5 m straight pickup cable and a magnetic base attachment for the Vibration Pickup.

### Model 230M Metric Kit Includes:

Meter with Batteries, Cable and 601 Pickup  
Magnetic Base  
Probe Tip (1/4-28 Mounting Stud)  
Carrying Case  
Manual and Calibration Certificate  
"B" Book Guide to Vibration Measurement

### Specifications:

**AMPLITUDE METER RANGE (METRIC):**  
Displacement: 0.4 to 1999 micrometers ( $\mu\text{m}$ ) (peak-peak)  
Velocity: 0.02 to 1999 millimeters/sec (mm/sec) (peak)  
Acceleration: 0.01 to 1999 g's (peak)

**RANGE: Automatic Scaling Over 3 Ranges**  
High: 2000  
Medium: 200  
Low: 20

**SENSITIVITY:**  
Displacement: 0.02  $\mu\text{m}$   
Velocity: 0.02 mm/sec  
Acceleration: 0.01 g

**ACCURACY:** 5% of Full Scale

**PICKUP FREQUENCY RESPONSE:** 60 to 420,000 RPM  
(1 to 7,000 Hz)

**DISPLAY:** Graphic LCD with Low Battery Indicator  
**INPUT:** Industrial ICP Accelerometer (100 mV/g)  
Acceleration Range 80 g peak



**OUTPUT:** Signal for Headphones 1/8" Mono Jack  
**CONTROLS:** Sealed 6 Button Keypad  
**POWER:** 4 x AA Alkaline Batteries  
**OPERATING TEMPERATURE:** 32° to 122°F (0° to 50°C)  
**ENVIRONMENT:** Relative Humidity 0-90% Non-Condensing  
**DIMENSIONS:**  
Model 230 19cm H x 10cm W x 4cm D  
Carrying Case 34cm H x 26cm W x 11cm D  
**WEIGHT:**  
Meter and Accessories 2.3 kg  
Meter and pickup 0.6 kg



BALMAC INC.  
8205 Estates Pkwy, Ste N  
Plain City, OH 43064-8080 USA

Telephone: 614-873-8222  
Email: sales@balmacinc.com

[balmacinc.com](http://balmacinc.com)



<b>ESPECIFICACION</b>						
<b>GAMA DE AMPLITUD</b>						
<b>DESPLAZAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>ACELERACION</b>	<b>RANGO</b>	<b>ALTA</b>	<b>MEDIO</b>	<b>BAJO</b>
0.015 a 199.9 milésimas de pulgada	0.001 a 199.9 pulg/s	0.001 a 199.9 gravedades	Automático de la escala en 3 gamas	200	2	2
<b>SENSIBILIDAD</b>						
<b>DESPLAZAMIENTO</b>	<b>VELOCIDAD</b>	<b>ACELERACION</b>				
0.000001 pul (0.001 mil)	0.001 pulg/s	0.001 gravedades				
<b>PRECISION</b>						
5% del valor máximo de la escala						
<b>RESPUESTA DE FRECUENCIA</b>						
de 60 a 420.000 RPM (de 1 a 7.000 Hz)						
<b>GAMA DE AMPLITUD</b>						
<b>PANTALLA</b>						
LCD gráfico con indicador de Batería baja						
<b>DE ENTRADA</b>						
Acelerómetro Industrial ICP (100 mV/g); Rango de aceleración 80 (gravedades)						
<b>DE SALIDA</b>						
Señal de auriculares 1/8 pulg mono señal						
<b>CONTROLES</b>						
Teclado de seis botones						
<b>FUENTE DE PODER</b>						
4 pilas alcalinas (AA)						
<b>TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO</b>						
32 °F a 122 °F (0 °C a 50 °C)						
<b>MEDIO AMBIENTE</b>						
humedad relativa 0 - 90 % sin consideración						
<b>DIMENSIONES</b>						
Modelo 230: 7.67 " alto X 3.97" ancho X 1.73" largo						
<b>PESO</b>						
Mediador y Accesorios 5 libras	Recogida y Cable 1.25 libras					

## ANEXO 2.

### ESPECIFICACIONES SONOMETRO PCE 322A.

Estándares:	IEC61672-1 Type2
Rango de frecuencia:	31,5 ~ 8 KHz
Rango de medición:	30 ~ 130
Valoración:	A / C
Micrófono:	condensador electret de 1/2 pulgadas
Pantalla 1:	LCD de 4 dígitos
Resolución:	0.1 dB
Renovación de valores:	0,5 s
Valoración temporal:	FAST (125mS), SLOW (1 sec.)
Rangos de medición:	Lo: 30 – 80 dB Med: 50 – 100 dB Hi: 80 – 130 dB Auto: 30 – 130 dB
Precisión:	±1,4 dB (bajo condiciones de referencia @ 94 dB, 1 kHz) muestra "Over" cuando el valor de medición actual sea superior al rango de medición seleccionado / muestra "under" cuando el valor de medición actual sea inferior al rango de medición seleccionado
Valor mín./ máx.:	Función Hold para el valor máximo y mínimo
Salida AC:	1 Vrms (relacionado con el valor máximo del rango de medición)
Impedancia de salida:	aprox. 100 ohmios
Salida DC:	10 mV / dB
Impedancia de salida:	1KΩ
Alimentación:	batería de 9 V (para unas 30 h de tiempo operativo)
Adaptador AC:	9 VDC (máx. 8 - 15 VDC, adaptador de red)
Alimentación adyacente:	> 30 mA DC
Temperatura operativa:	0 °C ... +40 °C
Humedad operativa:	10 ... 90 % H.r.
Temperatura de almacén:	-10 °C ... 60 °C
Humedad de almacén:	10 ... 75 % H.r.
Dimensiones:	278 x 76 x 50 mm (largo x ancho x alto)
Peso:	350 g (batería incluida)
Contenido del envío:	batería de 9V, maletín de transporte, destornillador, instrucciones de uso, supresor de ruidos de viento, adaptador de red, software, cable USB y trípode

## ANEXO 3.

### TAPONES AUDITIVOS SUGERIDOS PARA EL AREA DE PINTURA.

**Optime™ I - P3\***

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	11.2	13.4	26.9	33.9	32.0	33.5	36.9
Desviación normal (dB)	2.0	1.9	1.8	1.9	2.4	1.8	1.8
Protección prevista (dB)	9.2	11.5	25.1	31.9	29.6	31.7	35.1

SNR=26dB H=32dB, M=23dB, L=16dB

**BULL'S EYE**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	13.2	10.9	17.3	26.6	28.3	33.5	37.8	37.9
Desviación normal (dB)	3.2	3.2	2.5	2.2	2.7	2.6	2.0	2.6
Protección prevista (dB)	10.0	7.7	14.8	24.4	25.6	30.9	35.7	35.3

SNR=27dB H=32dB, M=24dB, L=16dB

**H31A 300**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	11.2	17.4	29.7	36.2	37.3	34.7	35.7
Desviación normal (dB)	3.7	3.8	2.5	3.1	3.6	3.2	3.7
Protección prevista (dB)	7.5	13.6	27.2	33.1	33.7	31.5	32

SNR=27dB H=33dB, M=26dB, L=16dB

**H31B 300**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	10.2	17.1	29	34.3	37.2	36.6	35.8
Desviación normal (dB)	2.9	2.9	1.8	2.2	3.7	2.3	4.0
Protección prevista (dB)	7.3	14.2	27.2	32.1	33.5	34.3	31.8

SNR=27dB H=34dB, M=26dB, L=16dB

**H31P3\* 300**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	11.8	19.2	28.6	34.3	37.7	37.8	38.0
Desviación normal (dB)	3.2	3.8	2.7	1.8	3.8	2.9	1.9
Protección prevista (dB)	8.6	15.4	25.9	32.5	33.9	34.9	36.1

SNR=28dB H=35dB, M=26dB, L=16dB

**3M PULSAR**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	21.9	19.7	17.7	17.6	21.8	32.8	38.9	33.4
Desviación normal (dB)	4.9	3.7	2.8	2.8	1.8	3.8	3.0	4.9

**CLASSIC Con cordón**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	21.7	23.7	26.1	30.4	30.1	33.8	42.6	42.1
Desviación normal (dB)	6.3	5.6	5.2	5.7	5.3	4.6	4.0	5.7
Protección prevista (dB)	15.4	18.0	20.9	24.6	24.9	29.2	38.6	36.4

SNR=29dB H=30dB, M=26dB, L=23dB

**PRO-SEALS**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	27.8	28.2	26.9	29.2	31.8	33.0	39.1	44.4
Desviación normal (dB)	7.3	7.2	5.9	6.7	5.4	4.5	7.7	4.9
Protección prevista (dB)	20.5	21.0	21.0	22.5	26.4	28.5	31.4	39.5

SNR=29dB H=30dB, M=26dB, L=23dB

**ULTRAFIT**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	29.2	29.4	29.4	32.2	32.3	36.1	44.3	44.8
Desviación normal (dB)	6.0	7.4	6.6	5.3	5.0	3.2	6.0	6.4
Protección prevista (dB)	23.2	22.0	22.7	26.9	27.3	32.8	38.3	38.4

SNR=32dB H=33dB, M=28dB, L=25dB

**TRACERS**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	29.2	29.4	29.4	32.2	32.3	36.1	44.3	44.8
Desviación normal (dB)	6.0	7.4	6.6	5.3	5.0	3.2	6.0	6.4
Protección prevista (dB)	23.2	22.0	22.7	26.9	27.3	32.8	38.3	38.4

SNR=32dB H=33dB, M=28dB, L=25dB

**Optime™ II - H520A**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.6	20.2	32.5	39.3	36.4	34.4	40.2
Desviación normal (dB)	1.6	2.5	2.3	2.1	2.4	4.0	2.3
Protección prevista (dB)	13.0	17.7	30.2	37.2	34.0	30.4	37.9

SNR=31dB H=34dB, M=29dB, L=20dB

**Optime™ II - H520B**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.7	20.4	32.3	39.6	36.2	35.4	40.2
Desviación normal (dB)	1.8	2.6	2.5	2.2	2.4	4.2	2.4

**E-A-RSOFT YELLOW NEONS**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	23.7	30.8	36.1	39.2	39.5	35.8	42.1	46.1
Desviación normal (dB)	6.7	6.5	6.7	4.7	3.9	4.9	3.1	3.3
Protección prevista (dB)	17.0	24.3	29.4	34.5	35.0	30.9	39.0	42.8

SNR=36dB H=34dB, M=34dB, L=31dB

**E-A-RSOFT BLASTS**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	23.7	30.8	36.1	39.2	39.5	35.8	42.1	46.1
Desviación normal (dB)	6.7	6.5	6.7	4.7	3.9	4.9	3.1	3.3
Protección prevista (dB)	17.0	24.3	29.4	34.5	35.0	30.9	39.0	42.8

SNR=36dB H=34dB, M=34dB, L=31dB

**E-A-RSOFT Detección metálica**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	23.7	30.8	36.1	39.2	39.5	35.8	42.1	46.1
Desviación normal (dB)	6.7	6.5	6.7	4.7	3.9	4.9	3.1	3.3
Protección prevista (dB)	17.0	24.3	29.4	34.5	35.0	30.9	39.0	42.8

SNR=36dB H=34dB, M=34dB, L=31dB

**CLASSIC SOFT**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	28.2	30.0	32.3	35.9	38.0	38.5	43.8	43.1
Desviación normal (dB)	6.7	6.4	5.4	4.2	3.7	3.2	3.8	3.8
Protección prevista (dB)	21.5	24.2	27.4	31.7	32.3	35.3	40.0	39.3

SNR=36dB H=36dB, M=35dB, L=29dB

**SUPERFIT 33**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	24.9	27.5	31.2	33.9	34.5	37.5	43.3	45.0
Desviación normal (dB)	7.2	6.9	6.9	7.0	6.0	3.3	3.3	4.8
Protección prevista (dB)	17.7	20.6	24.3	27.0	28.5	34.2	40.1	40.2

SNR=33dB H=35dB, M=29dB, L=26dB

**SuperFit 36**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	29.1	32.4	36.0	39.0	38.9	39.1	43.1	44.0
Desviación normal (dB)	6.2	7.3	7.3	6.8	6.7	3.1	6.1	6.3
Protección prevista (dB)	22.8	25.0	28.7	31.2	32.2	35.9	37.0	38.4

SNR=36dB H=36dB, M=33dB, L=30dB

**E-A-RSOFT FX**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	34.0	37.5	39.5	40.4	38.0	39.0	40.9	47.8
Desviación normal (dB)	5.7	6.0	5.4	5.0	4.2	2.5	3.8	3.9
Protección prevista (dB)	28.9	31.5	33.1	35.4	34.4	37.1	45.1	43.9

SNR=39dB H=39dB, M=36dB, L=34dB

**Optima™ III H540B**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	17.5	24.5	34.5	41.4	39.5	47.3	42.0
Desviación normal (dB)	2.3	2.7	2.0	2.2	2.0	4.4	2.8
Protección prevista (dB)	15.2	21.8	32.5	39.2	37.5	42.9	39.2

SNR=35dB H=40dB, M=32dB, L=23dB

**Optima™ III H540P3\***

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	17.1	24.5	34.8	40.2	39.0	46.7	43.1
Desviación normal (dB)	2.3	2.8	2.2	2.0	1.8	4.2	2.5
Protección prevista (dB)	14.8	21.7	32.6	38.2	37.8	42.5	40.6

SNR=34dB H=40dB, M=32dB, L=22dB

**BULL'S EYE**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	17.4	24.7	34.7	41.4	39.3	47.5	42.0
Desviación normal (dB)	2.1	2.6	2.0	2.1	1.5	4.5	2.5
Protección prevista (dB)	15.3	22.1	32.7	39.3	37.8	43.0	40.0

SNR=35dB H=40dB, M=32dB, L=23dB

**3M SOLAR**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	23.7	30.8	36.1	39.2	39.5	35.8	42.1	46.1
Desviación normal (dB)	6.7	6.5	6.7	4.7	3.9	4.9	3.1	3.3
Protección prevista (dB)	17.0	24.3	29.4	34.5	35.0	30.9	39.0	42.8

SNR=36dB H=34dB, M=34dB, L=31dB

**3M NO-TOUCH**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	30.4	32.3	31.3	33.5	36.1	37.4	47.8	46.5
Desviación normal (dB)	4.1	4.9	4.1	3.8	3.5	4.3	4.3	5.5
Protección prevista (dB)	26.3	27.4	27.2	29.7	32.6	33.1	43.5	41.0

SNR=35dB H=35dB, M=32dB, L=30dB

**3M 1120/1130**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	22.9	27.3	30.8	33.5	36.5	39.0	42.9	45.3
Desviación normal (dB)	4.1	5.4	5.0	5.9	4.0	3.7	4.7	4.0
Protección prevista (dB)	18.8	21.9	25.2	27.6	32.5	35.3	42.2	40.7

SNR=34dB H=37dB, M=31dB, L=27dB

**3M 1100/1110**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	30.0	33.1	36.3	38.4	38.7	39.7	46.3	44.4
Desviación normal (dB)	3.9	5.0	7.4	6.2	5.6	4.3	4.5	4.4
Protección prevista (dB)	26.1	28.1	28.9	32.2	33.1	35.4	41.8	40.0

SNR=37dB H=37dB, M=34dB, L=31dB

# ANEXO 4.

## TAPONES AUDITIVOS SUGERIDOS PARA EL AREA DE REFILADO.

**H31A 300**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	11.2	17.4	29.7	36.2	37.3	34.7	35.7
Desviación normal (dB)	3.7	3.8	2.5	3.1	3.6	3.2	3.7
Protección prevista (dB)	7.5	13.6	27.2	33.1	33.7	31.5	32

SNR-27dB H-33dB, M-25dB, L-15dB

**H31B 300**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	10.2	17.1	29	34.3	37.2	36.6	35.8
Desviación normal (dB)	2.9	2.9	1.8	2.2	3.7	2.3	4.0
Protección prevista (dB)	7.3	14.2	27.2	32.1	33.5	34.3	31.8

SNR-27dB H-34dB, M-25dB, L-15dB

**H31P3\* 300**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	11.8	19.2	28.6	34.3	37.7	37.8	38.0
Desviación normal (dB)	3.2	3.8	2.7	1.8	3.8	2.9	1.9
Protección prevista (dB)	8.6	15.4	25.9	32.5	33.9	34.9	36.1

SNR-28dB H-35dB, M-26dB, L-16dB

**3M PULSAR**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	21.9	19.7	17.7	17.6	21.8	32.8	38.9	33.4
Desviación normal (dB)	4.9	3.7	2.8	2.8	1.8	3.8	3.0	4.9
Protección prevista (dB)	17.0	16.0	14.9	14.8	20.0	29.0	35.9	28.5

SNR-23dB H-27dB, M-19dB, L-17dB

**3M MODEL 5000**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	9.7	14.8	27.7	34.9	35.2	32.0	33.6
Desviación normal (dB)	1.6	2.1	2.0	2.9	3.9	3.5	4.0
Protección prevista (dB)	8.1	12.7	25.0	32.0	31.3	28.5	29.6

SNR-27dB H-31dB, M-25dB, L-17dB

**3M ULTRA 9000**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	11.4	10.4	17.3	22.6	23.3	25.4	27.3	24.2
Desviación normal (dB)	3.7	2.6	2.2	4.0	2.9	3.1	2.9	3.6
Protección prevista (dB)	7.7	7.8	15.0	18.5	20.4	22.3	24.4	20.7

SNR-22dB H-22dB, M-20dB, L-15dB

**3M PULSAR**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	21.9	19.7	17.7	17.6	21.8	32.8	38.9	33.4
Desviación normal (dB)	4.9	3.7	2.8	2.8	1.8	3.8	3.0	4.9
Protección prevista (dB)	17.0	16.0	14.9	14.8	20.0	29.0	35.9	28.5

SNR-23dB H-27dB, M-19dB, L-17dB

**3M MODEL 5000**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	9.7	14.8	27.7	34.9	35.2	32.0	33.6
Desviación normal (dB)	1.6	2.1	2.0	2.9	3.9	3.5	4.0
Protección prevista (dB)	8.1	12.7	25.0	32.0	31.3	28.5	29.6

SNR-27dB H-31dB, M-25dB, L-17dB

**3M ULTRA 9000**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	11.4	10.4	17.3	22.6	23.3	25.4	27.3	24.2
Desviación normal (dB)	3.7	2.6	2.2	4.0	2.9	3.1	2.9	3.6
Protección prevista (dB)	7.7	7.8	15.0	18.5	20.4	22.3	24.4	20.7

SNR-22dB H-22dB, M-20dB, L-15dB

**EAR ULTRART**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	29.2	29.4	29.4	32.2	32.3	36.1	44.3	44.8
Desviación normal (dB)	6.0	7.4	6.6	5.3	5.0	3.2	6.0	6.4
Protección prevista (dB)	23.2	22.0	22.7	26.9	27.3	32.8	38.3	38.4

SNR-32dB H-33dB, M-28dB, L-25dB

**EAR TRACERS**

Frecuencia (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	29.2	29.4	29.4	32.2	32.3	36.1	44.3	44.8
Desviación normal (dB)	6.0	7.4	6.6	5.3	5.0	3.2	6.0	6.4
Protección prevista (dB)	23.2	22.0	22.7	26.9	27.3	32.8	38.3	38.4

SNR-32dB H-33dB, M-28dB, L-25dB

**Optime™ II - H520A**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.6	20.2	32.5	39.3	36.4	34.4	40.2
Desviación normal (dB)	1.6	2.5	2.3	2.1	2.4	4.0	2.3
Protección prevista (dB)	13.0	17.7	30.2	37.2	34.0	30.4	37.9

SNR-31dB H-34dB, M-29dB, L-20dB

**Optime™ II - H520B**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.7	20.4	32.3	39.6	36.2	35.4	40.2
Desviación normal (dB)	1.8	2.6	2.5	2.2	2.4	4.2	2.4
Protección prevista (dB)	12.9	17.8	29.8	37.4	33.8	31.2	37.8

SNR-31dB H-34dB, M-29dB, L-20dB

**Optime™ II - H520F**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.5	20.3	32.6	39.1	35.1	34.7	39.8
Desviación normal (dB)	1.8	2.6	2.4	2.5	2.3	2.7	2.5
Protección prevista (dB)	12.7	17.7	30.2	36.6	32.8	32.0	37.3

SNR-31dB H-34dB, M-28dB, L-20dB

**Optime™ II - H520P3\***

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.1	19.4	32.0	39.9	36.2	35.4	39.2
Desviación normal (dB)	2.3	2.7	2.7	2.4	2.6	4.4	2.6
Protección prevista (dB)	11.8	16.7	29.3	37.5	33.6	31.0	36.6

SNR-30dB H-34dB, M-28dB, L-18dB

**Optime™ II - H520B**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.7	20.4	32.3	39.6	36.2	35.4	40.2
Desviación normal (dB)	1.8	2.6	2.5	2.2	2.4	4.2	2.4
Protección prevista (dB)	12.9	17.8	29.8	37.4	33.8	31.2	37.8

SNR-31dB H-34dB, M-29dB, L-20dB

**Optime™ II - H520F**

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.5	20.3	32.6	39.1	35.1	34.7	39.8
Desviación normal (dB)	1.8	2.6	2.4	2.5	2.3	2.7	2.5
Protección prevista (dB)	12.7	17.7	30.2	36.6	32.8	32.0	37.3

SNR-31dB H-34dB, M-28dB, L-20dB

**Optime™ II - H520P3\***

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Atenuación media (dB)	14.1	19.4	32.0	39.9	36.2	35.4	39.2
Desviación normal (dB)	2.3	2.7	2.7	2.4	2.6	4.4	2.6
Protección prevista (dB)	11.8	16.7	29.3	37.5	33.6	31.0	36.6

SNR-30dB H-34dB, M-28dB, L-18dB

## ANEXO 5. CERTIFICADO

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

*Certificate of calibration*

Calibración Nº TS11/8918

*Calibration Nº*

Página 1 de 2 páginas

Nº Anexos 2

*Page 1 of 2 pages*

#### Tecnologías Servincal S.L.L. LABORATORIO DE METROLOGÍA Y CALIBRACIÓN

C/Kripton 19 A - 47012 Valladolid

Tfno: 983 218 214 Fax: 983 219 015

servincal@servincal.com

www.servincal.com



**OBJETO:** SONÓMETRO  
*Item*

**MARCA:** PCE INSTRUMENTS  
*Mark*

**MODELO:** PCE-322A  
*Model*

**IDENTIFICACIÓN:** 131219251  
*Identification*

**SOLICITANTE:** HIGIELECTRONIX LIMITADA  
*Applicant*

CALLE 65 SUR Nº 68F-05, 2º PISO ESQUINA  
BOGOTÁ

**FECHA/S CALIBRACIÓN:** 17/02/2014  
*Date/s of calibration*

**Nº DE EXPEDIENTE:** 13744  
*Expedient number*

Signatario autorizado  
*Authorized signatory*

Firmado por: MANUEL PALAZUELOS.  
JOSE ANTONIO (AUTENTICACIÓN)  
Fecha y hora: 14.02.2014 11:22:04

Fecha de emisión  
*Date of issue*

17 de febrero de 2014

José A. Manuel Palazuelos  
Director Técnico

Este certificado se expide de acuerdo con las condiciones recogidas en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005.  
Este documento garantiza la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales de los instrumentos utilizados en el laboratorio para las calibraciones, así como la precisión metodológica de los procedimientos y las capacidades de medida del laboratorio.  
Este certificado NO podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

*This certificate is issued in accordance with the UNE-EN ISO/IEC 17025:2005.  
This document assures traceability to national and international standards for instruments used in calibration laboratory, as well as methodological precision in procedures and the measurement capability of the laboratory.  
This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing laboratory.*

TS-RC-07-06-07a #4514



## ARTÍCULO TÉCNICO

### “ESTUDIO DEL RUIDO LABORAL Y VIBRACIONES EN EL PROCESO DE ACABADO DE LA EMPRESA LA FORTALEZA CIA LTDA. DE LA CIUDAD DE AMBATO.”

**Autor:** Alex Ricardo Salazar Peña

**Tutor:** Ing.Mg. Alejandra Lascano

*Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador  
alexsape14@hotmail.com*

#### RESUMEN

El presente proyecto técnico tiene como objetivo general: Realizar un estudio de ruido y vibraciones en el área de acabado de la empresa LA FORTALEZA CIA LTDA. Lo primero que se realizó fue determinar el nivel de ruido laboral y vibraciones al que está expuesto cada área de trabajo en el proceso de acabado, para esto se utilizó el Sonómetro PCE – 322A, donde la estrategia de medición se justifica de acuerdo a lo establecido por la nota técnica de prevención de ruido NTP 270, al final de la evaluación se determinó que si existe sobreexposición de ruido en la empresa La Fortaleza Cía., Ltda. y las áreas de trabajo en el proceso de acabado con mayor sobreexposición de ruido son pintura y refileado y para las vibraciones el Vibrómetro BALMAC 230 donde se utilizó la Nota Técnica de Prevención NTP 839 donde el objetivo es el dar a conocer los fundamentos y el método para la evaluación del riesgo derivado de la exposición a vibraciones.

Luego se determinó el nivel diario equivalente al que está expuesto el trabajador para este paso fue necesario conocer las condiciones de trabajo, esta información es importante para determinar si se implanta el Sonómetro o el Dosímetro debido a que las Notas Técnicas de Prevención de ruido NTP 950 y 951 establecen estrategias de medición de ruido para cada uno de los equipos.



Como resultado del nivel diario equivalente se determinó que los puestos de trabajo de pintura y refilado tienen sobreexposición de ruido, por lo que son considerados como críticos.

Como resultado de vibraciones se determinó que en el puesto de trabajo de pulidor el valor de riesgo es de 2.28 que corresponde a riesgos de nocividad para el sistema mano – brazo y para el sistema cuerpo entero el valor de riesgo es de 0.72 que corresponde a riesgo de molestias medias. Y para el puesto de trabajo de refilado el valor de riesgo es de 0.89 que corresponde a una valoración de molestias medias para las vibraciones mano – brazo y para el sistema cuerpo entero el valor de riesgo es de 0.42 que corresponde a riesgo con molestias medias.

Las medidas preventivas y correctivas en áreas y puestos de trabajo se implantaron de acuerdo a la Norma UNE – EN\_ISO 11690 (práctica recomendada de puestos de trabajo con nivel de ruido que contienen maquinaria). Esta norma indica que se debe realizar un estudio en la fuente, medio y receptor, para establecer los correctos mecanismos de atenuación de ruido.

**Palabras claves:** Sonómetro, Vibrómetro, Nota Técnica de Prevención, Mecanismos de atenuación de ruido, Mecanismos de atenuación de vibraciones.

**"STUDY OF NOISE AND VIBRATION IN THE PROCESS FINISHING IN THE COMPANY FORTALEZA CIA LTDA OF THE CITY AMBATO".**

**AUTHOR:** Alex Ricardo Salazar Peña  
**DIRECTED BY:** Ing.Mg. Alejandra Lascano

*Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Universidad Técnica de Ambato, Ecuador*  
*alexsape14@hotmail.com*

## **SUMMARY**

The present project has the general objective: Perform a study of noise and vibration in the process finishing in the company Fortaleza Cia Ltda for improve the environment working. The first thing that was done is determine the level of noise they are exposed each work are for this, the used PCE 322A sonometer, where measurement strategy justified is according the provisions of the technical note noise prevention NTP270, the end of evaluation was determined the existence the noise exposure in the company Fortaleza Cia Ltda and work areas with exposure noise are painting and refile and for vibration the used BALMAC 230 vibrometer where measurement strategy justified is according the provisions of the NTP 839 where the objective is the inform the fundamentals and the method for evaluating the risk arising from exposure to vibration.

Later is determined the equivalent level daily the worker exposed, for this step was necessary to know the working conditions, this information is important for determine the implanted the sonometer or the dosimeter, because the technical notes NTP noise 950 and 951 establish noise measurement strategies for each of the instruments.

As a result of the daily level equivalent was determined that the operator of painting and refile have exposure to noise, so they are regarded as critical.

As a result of vibration it was determined that the job of polishing the risk value is 2.28 which corresponds to the risk of harmfulness to the hand system - arm and whole body system the risk value is 0.72 which corresponds to risk mean discomfort. And for the job of refile the risk value it is 0.89 which corresponds to an assessment of means discomfort for vibration

hand - arm and whole body system the risk value is 0.42 which corresponds to risk with half discomfort.

Preventive and corrective measures in areas and jobs were implemented according to the UNE – EN \_ISO 11690 (recommended for the design of workstations with noise containing machinery practice). This rule states a study in the source, medium and receiver, for establish mechanism for noise attenuation.

**Keywords:** Sonometer, Vibrometer, Technical note prevention, Noise attenuation mechanisms, Vibration attenuation mechanisms.

## **INTRODUCCIÓN**

El ruido es un contaminante físico que con mayor frecuencia se halla presente en las áreas y puestos de trabajo. Los procesos industriales generan altos niveles de ruido y se conoce que muchos trabajadores se hallan expuesto al nivel de ruido existente en un ambiente de trabajo. [1]

Las vibraciones pueden describirse como el movimiento de un cuerpo sólido alrededor de su posición de equilibrio sin que se produzca desplazamiento neto del objeto que vibra. [8]

Estas exposiciones representan riesgos a la salud y seguridad de los trabajadores.

La exposición a altos niveles de ruido y vibraciones durante una jornada laboral representa efectos negativos para la salud de los operarios de la empresa La Fortaleza Cía. Ltda.

Es común escuchar a los operarios que el ruido y las vibraciones “no les molesta” o que “ya están acostumbrados” esto es una señal de un deterioro en la audición. [2]

En el Ecuador, el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (I.E.S.S) controla a las empresas mediante la creación de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional para los trabajadores, siendo este una exigencia fundamental. [3]

## **METODOLOGÍA**

Según lo establecido por el Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores en su artículo 55 literal 6 dice: establecer como nivel máximo permisible de ruido 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas en empresas que contengan maquinaria de ruido.

Para conocer el ruido de fondo existente en cada área de trabajo se utilizó el Sonómetro PCE – 322<sup>a</sup> y la Nota Técnica de Prevención de ruido NTP 270 evaluación de la exposición de ruido, donde estipula que se debe realizar el estudio el día de mayor generación de ruido y a 10 cm del oído de mayor exposición. [4]

A las áreas de trabajo que superan los 85 dB(A) se implementó un estudio minucioso para conocer las condiciones de trabajo de los trabajadores de la empresa La Fortaleza Cía. Ltda. Con respecto al ruido, esto es importante para determinar la utilización del sonómetro o dosímetro y también para determinar la estrategia de medición de ruido de acuerdo a los establecido por la Nota Técnica de Prevención NTP 951 y conocer el nivel diario equivalente de cada puesto de trabajo. [5]

Las áreas y puestos de trabajo considerados como críticos la norma UNE – EN\_ISO 11690 práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con nivel de ruido que contienen maquinaria, establece realizar un estudio en la fuente, medio y receptor para poder determinar los mecanismos de atenuación del ruido. [6]

En las áreas de pintado y refileado se implementó los mecanismos de atenuación de ruido en el receptor, realizando los respectivos cálculos con tres tipos de tapones auditivos para verificar cuál de ellos es más eficaz.

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

- Vibraciones transmitidas al sistema mano – brazo.
- Vibraciones transmitidas al cuerpo completo.

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 herramientas portátiles como pulidoras. [8]

La vibración que cuando transmite al sistema humano de mano – brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los

trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o articulaciones. [8]

Las vibraciones transmitidas al cuerpo completo, es decir, aquellas que el cuerpo recibe cuando gran parte de su peso descansa sobre una superficie vibrante. [8]

La vibración cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva a riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en particular, lumbalgias y lesiones de la columna. [8]

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

- Magnitud de vibración
- Frecuencia
- 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. [8]

En el área de pulido se implementó un plan de mantenimiento para disminuir las vibraciones al sistema mano – brazo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Las áreas que sobrepasan un nivel de ruido de fondo son: el área de pintura y el área de refileado.

Una vez conocidas las áreas de trabajo con sobreexposición de ruido y las condiciones de trabajo a la que están expuestos los

operarios, la Nota Técnica De Prevención de Ruido NTP 951 establece la estrategia de medición: Basada en la tarea, donde se debe utilizar el sonómetro tipo 1 y un tiempo de 5 minutos por 4 mediciones a cada tarea.

Para establecer mecanismos de atenuación la norma UNE – EN\_ISO 11690 recomendada para establecer medidas de control de ruido, indica realizar un estudio en la fuente, medio y receptor para determinar el correcto mecanismo de atenuación de ruido.

Para los puestos de trabajo, operario de pintura y operario de refilado el estudio en el receptor dio como resultado la implementación de equipos de protección auditivo, el cual se calculó con diferentes clases de tapones auditivos para verificar cuál de ellos tiene mayor eficacia.

**AREA DE PINTURA**



**Fuente:** 3M tapones auditivos – RSOFT FX.



**Fuente:** 3M tapones auditivos E-A-R .



**Fuente:** 3M tapones auditivos SUPERFIT 36.

CLASE DE TAPÓN	NIVEL DE REDUCCIÓN
3M™ E-A-R™ Ultrafit™	5,77 dB(A)
3M™ EA - RSOFT FX	3,85 dB(A)
3M™ SUPERFIT 36	5,77 dB(A)

**Elaborado por:** Alex Salazar

De acuerdo con los cálculos realizados en el área de pintura el mecanismo de atenuación más adecuado son los tapones 3M™ E-A-R™ Ultrafit™

#### AREA DE REFILADO



**Fuente:**3M™ Tapones H31B 300



**Fuente:**3M™ Tapones MODEL 5000



**Fuente:**3M™ Tapones ULTRA 9000

CLASE DE TAPÓN	NIVEL DE REDUCCIÓN
3M™ Tapones H31B 300	12,75 dB(A)
3M™ Tapones MODEL 5000	11,47 dB(A)
3M™ Tapones ULTRA 9000	5,1 dB(A)

**Elaborado por:** Alex Salazar

De acuerdo con los cálculos realizados en el área de pintura el mecanismo de atenuación más adecuado son los tapones 3M™ Tapones H31B 300

Las áreas que están expuestas a vibraciones son: el área de refilado y el área de pulido.

Siendo la más representativa en el área de pulido en el sistema mano – brazo.

De acuerdo con lo establecido por el Real Decreto 1311/2005 la evaluación del riesgo de vibraciones debe hacerse determinado el valor de parámetro A(8), que representa el valor de la exposición diaria normalizada para un periodo de 8 horas, y comparando el valor obtenido con

el valor que da lugar a una acción y con el valor límite.

Para el área de pulido se implementó un plan de mantenimiento.

El mantenimiento es una de las partes fundamentales dentro de la industria, está cuantificado en la calidad de la producción, es por ello que permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos.

### **ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y DEFECTOS**

Un análisis modal de fallos y efectos (AMFE) es un procedimiento de análisis de fallos potenciales en un sistema de clasificación determinado por la gravedad o por el efecto de los fallos en el sistema.

Es utilizado habitualmente por empresas manufactureras en varias fases del ciclo de vida del producto, y recientemente se está utilizando también en la industria de servicios. Las causas de los fallos pueden ser cualquier error o defecto en los procesos o diseño, especialmente aquellos que afectan a los consumidores, y pueden ser potenciales o reales. El término análisis de efectos hace referencia al estudio de las consecuencias de esos fallos.

### **IMPLEMENTACION**

En un AMFE, se otorga una prioridad a los fallos dependiendo de cuan serias sean sus

consecuencias, la frecuencia con la que ocurren y con qué dificultad pueden ser localizadas. Un AMFE también documenta el conocimiento existente y las acciones sobre riesgos o fallos que deben ser utilizadas para lograr una mejora continua. El AMFE se utiliza durante la fase de diseño para evitar fallos futuros. Posteriormente es utilizado en las fases de control de procesos, antes y durante estos procesos. Idealmente, un AMFE empieza durante los primeros niveles conceptuales del proyecto y continúa a lo largo de la vida del producto o servicio.

La finalidad de un AMFE es eliminar o reducir los fallos, comenzando por aquellos con una prioridad más alta. Puede ser también utilizado para evaluar las prioridades de la gestión del riesgo. El AMFE ayuda a seleccionar soluciones que reducen los impactos acumulativos de las consecuencias del ciclo de vida (riesgos) del fallo de un sistema (fallo)

### **PASO 1: SEVERIDAD**

Determinar todos los modos de fallos basados en los requerimientos funcionales y sus efectos ejemplos: cortocircuitos eléctricos, corrosiones o deformaciones.

Es importante apuntar que un fallo en un componente puede llevar a un fallo en otro componente. El modo de fallos debe ser



listado en términos técnicos y por función. Un efecto de fallo se define como el resultado de un modo de fallo en la función del sistema percibida por el usuario. Cada efecto recibe un número de severidad (S) que va desde 1 (sin peligro) hasta 10 (crítico).

### **PASO 2: INCIDENCIA**

En este paso es necesario observar la causa de fallo y determinar con qué frecuencia ocurre. Esto puede lograrse mediante la observación de productos o procesos similares y la documentación de su fallo. La causa de un fallo está vista como un punto débil del diseño. Todas las causas potenciales de modo de fallos deben ser identificadas y documentadas utilizando terminología técnica.

Un modo de fallos recibe un número de probabilidad (O) que puede ir del 1 al 10. Las acciones deben desarrollarse si la incidencia es alta (>4 para fallos no relacionados con la seguridad y >1 cuando el número de severidad del paso 1 es de 9 o 10).

### **PASO 3: DETECCION**

Cuando las acciones adecuadas se han determinado es necesario comprobar su eficiencia y realizar una verificación del diseño. Debe ser seleccionado el método de inspección adecuado, en primer lugar,

debe observar los controles actuales del sistema que impidan los modos de fallos que lo detecten antes de que alcancen al consumidor.

Posteriormente debe identificarse técnicas de testeo, análisis y monitorización que hayan sido utilizadas en sistemas similares para detectar fallos.

### **CONCLUSIONES**

- De acuerdo a la evaluación de ruido y vibraciones en el proceso de acabo en la empresa La Fortaleza Cía.Ltda. en las áreas de pintura y refilado se pudo determinar que si existe sobreexposición de ruido con un nivel de 86.19 dB(A) y 86.95 dB(A) respectivamente, siendo el nivel máximo permitido de 85 dB(A) para una jornada laboral de 8 horas según lo establecido por el decreto ejecutivo 2393.
- Se pudo determinar medidas preventivas y correctivas, como la dotación de equipos de protección personal para poder mitigar los diferentes niveles de ruido y establecer un plan de mantenimiento para mitigar los diferentes niveles de vibraciones existentes en los puestos de trabajo

esto se debe a que no existe un protocolo de gestión de control de ruido y vibraciones para mejorar el ambiente laboral en la empresa La Fortaleza Cía. Ltda. debido a que los trabajadores no conocen la importancia de la utilización de equipos de protección personal.

- Es importante conocer si el puesto de trabajo es fijo o móvil para la implementación del tiempo de estudio ya que este puede ser de cinco o veinte minutos de acuerdo a lo establecido por la Nota Técnica de Prevención 951.
- Se ha valorado el riesgo físico en cuanto a ruido y vibraciones según lo recomienda el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo siendo para el ruido un nivel máximo de 85 dB(A) y para las vibraciones un nivel máximo en el sistema mano – brazo de 5 m/s<sup>2</sup> y para el sistema cuerpo completo de 1.15 m/s<sup>2</sup>
- Los puestos de trabajo con mayor contaminación acústica para una jornada laboral de 8 horas son: operario pintura con un nivel de 86.15dB(A) y operario refilado con un nivel de 86.95dB(A).

- El puesto de trabajo con mayor generación de vibraciones es el operario de pulido de suelas en el sistema mano – brazo con un nivel de 5.7 m/s<sup>2</sup>.

## **BIBLIOGRAFIA:**

[1] Florida M. (2010) *“La prevención del ruido en la empresa”*. Primera Edición, Fundación Confemetal, Madrid, 15pp.

[2] Menéndez F. (2009) *“Higiene Industrial Manual para la Formación del Especialista”*. Novena Edición, Fotocomposición, España, 30 – 45pp.

[3] Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. *Decreto ejecutivo 2393: reglamento de seguridad y salud de los trabajadores.*

[4] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo *“NTP 270 Evaluación de la exposición al ruido”*. (En línea) Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_270.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_270.pdf).

[5] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo *“NTP 951 estrategia de medición y valoración de la exposición a ruido”*. (En línea) Disponible en: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_951.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_951.pdf).

dos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/951w.pdf.

[6] Norma Europea *UNE\_EN-ISO 11690 practica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con nivel del ruido que contiene maquinaria.*

[7] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo “*NTP 638 estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos*”(En línea)

Disponible

en:[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp\\_638.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_638.pdf).

[8] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo “*NTP 839 exposición a vibraciones*”.(En línea)

Disponible

en:<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/821a921/839%20web.pdf>.

[9] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo “*real decreto 1435/1992*”.

[10] Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo “*Norma UNE-EN ISO 5349*”.