



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL
DIRECCIÓN GENERAL DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE
RIESGOS DEL TRABAJO

IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL CONTROL DEL
RUIDO COMO FACTOR DE RIESGO EN LOS TRABAJADORES DE UNA
METALMECÁNICA EN LA CIUDAD DE QUITO

Trabajo de grado presentado como requisito parcial, para optar al
Grado de Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo.

Autor

Ing. Cristian Fernando Cargua Caiza

Director

Ing. Msc. Manuel Santiago Torres Bastidas

Quito – Abril – 2015

CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO

Yo, CRISTIAN FERNANDO CARGUA CAIZA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado para ningún grado o calificación profesional.

Además; y, que de acuerdo a la Ley de propiedad intelectual, el presente Trabajo de Investigación pertenecen todos los derechos a la Universidad Tecnológica Equinoccial, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Cristian Fernando Cargua Caiza

C.I.1714632989

INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

En mi calidad de Director del Trabajo de Grado presentado por el Ing. Cristian Fernando Caiza Cargua, previo a la obtención del Grado de Magister en Seguridad y Prevención de Riesgos del Trabajo, Mención, considero que dicho Trabajo reúne los requisitos y disposiciones emitidas por la Universidad Tecnológica Equinoccial por medio de la Dirección General de Posgrado para ser sometido a la evaluación por parte del Tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, a los 27 días del mes de abril de 2015

Ing. MSc. Manuel Santiago Torres Bastidas
CI. 0500539408

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a las personas que con su confianza, apoyo, me han motivado y me han llevado hasta donde estoy ahora.

“MI FAMILIA”

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todas las bendiciones que dé ha dado y me sigue dando.

A mis padres por el cariño y todo el apoyo incondicional que me han dado.

A mi familia que con sus palabras de apoyo y confianza siempre estuvieron pendientes de mí.

A mis amigos, compañeros que de una u otra forma me apoyaron y apoyan siempre.

A mis maestros, que con sus aportes académicos fueron un ejemplo de valiosos profesionales.

ÍNDICE

<i>CERTIFICACIÓN DEL ESTUDIANTE DE AUTORÍA DEL TRABAJO</i>	<i>ii</i>
<i>INFORME DE APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO</i>	<i>iii</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>iv</i>
<i>ÍNDICE.....</i>	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>ix</i>
<i>ÍNDICE DE GRÁFICOS</i>	<i>xi</i>
<i>ÍNDICE DE ANEXOS</i>	<i>xii</i>
<i>RESUMEN.....</i>	<i>1</i>
<i>SUMMARY</i>	<i>2</i>
<i>INTRODUCCIÓN</i>	<i>3</i>
<i>CAPITULO I.....</i>	<i>5</i>
<i>1 EL PROBLEMA.....</i>	<i>5</i>
1.1 TEMA.....	5
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.3 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.5 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.6.1 OBJETIVO GENERAL	7
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.8 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	9
<i>CAPITULO II.....</i>	<i>11</i>
<i>2 MARCO DE REFERENCIA.....</i>	<i>11</i>
2.1 MARCO TEÓRICO	11

2.1.1	Identificación de riesgos	11
2.1.2	Evaluaciones de Higiene Industrial	12
2.1.3	Los riesgos del trabajo en empresas metalúrgicas	12
2.1.4	Factores de Riesgos Físicos	12
2.1.5	Tipos de Ruido	14
2.1.6	Efectos del Ruido en la Salud.....	16
2.1.7	Valoración o evaluación de los riesgos físicos	17
2.1.8	Procedimiento de medida del ruido.	17
2.1.9	Clasificación de los equipos de medida del ruido.....	18
2.1.10	Método de medida.....	20
2.1.11	Método de ingeniería	21
2.1.12	Método de control	21
2.1.13	Control del Ruido.	21
2.2	MARCO CONCEPTUAL	23
2.3	MARCO ESPACIAL.....	30
2.3.1	La Empresa	30
2.3.2	Localización.....	31
2.3.3	Misión.	31
2.3.4	Visión.	31
2.3.5	Situación Actual	31
2.4	MARCO LEGAL.....	33
2.5	HIPÓTESIS.....	36
CAPITULO III.....		37
3	ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	37
3.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.3	MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	41
3.4.1	POBLACIÓN.....	41
3.4.2	MUESTRA.....	41
3.5	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	41
3.5.1	Variables Dependientes.....	42
3.5.2	Variables Independientes	42

3.6	TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	43
3.7	TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS	44
3.8	CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE INSTRUMENTOS	44
3.8.1	CONFIABILIDAD.....	44
3.8.2	VALIDEZ	44
3.8.3	FUENTES DE INFORMACIÓN	45
CAPITULO IV.....		46
4	RESULTADOS	46
4.1	RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS	46
4.2	RESULTADOS DE LAS MEDICIONES	57
4.3	PROPUESTA DE CONTROL.....	61
CAPITULO V.....		65
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1	CONCLUSIONES.....	65
5.2	RECOMENDACIONES.....	66
BIBLIOGRAFÍA		67
ANEXOS.....		69

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA No. 1 Factores de Riesgos Físicos</i>	13
<i>TABLA No. 2 Efectos del ruido en la salud</i>	17
<i>TABLA No. 3 Variable Dependiente</i>	42
<i>TABLA No. 4 Variable Independiente</i>	42
<i>TABLA No. 5 Pregunta 1</i>	47
<i>TABLA No. 6 Pregunta 2</i>	48
<i>TABLA No. 7 Pregunta 3</i>	49
<i>TABLA No. 8 Pregunta 4</i>	50
<i>TABLA No. 9 Pregunta 5</i>	51
<i>TABLA No. 10 Pregunta 6</i>	52
<i>TABLA No. 11 Pregunta 7</i>	53
<i>TABLA No. 12 Pregunta 8</i>	54
<i>TABLA No. 13 Pregunta 9</i>	55
<i>TABLA No. 14 Pregunta 10</i>	56
<i>TABLA No. 15 Resultado de mediciones de Ruido</i>	57
<i>TABLA No. 16 Calculo de la incertidumbre de la medición</i>	57
<i>TABLA No. 17 Niveles de Presión sonora medidos en la tarea</i>	58
<i>TABLA No. 18 Tiempo de duración de las tareas</i>	58
<i>TABLA No. 19 Niveles de exposición</i>	58
<i>TABLA No. 20 Calculo de duración de la tarea</i>	59
<i>TABLA No. 21 Duración de la tarea</i>	59
<i>TABLA No. 22 Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo.</i>	60
<i>TABLA No. 23 Tiempos de exposición permitidos</i>	63

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA No. 1 Tipos de Ruido</i>	15
<i>FIGURA No. 2 Tipos de Ruido</i>	16
<i>FIGURA No. 3 Sonómetro</i>	19
<i>FIGURA No. 4 Sonómetro</i>	20
<i>FIGURA No. 5: Proceso productivo en metal mecánica</i>	32
<i>FIGURA No. 6 Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo</i>	40
<i>FIGURA No. 7 Sonómetro utilizado para la medición</i>	43
<i>FIGURA No. 8 Nivel de riesgo en función de la dosis del ruido</i>	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>GRAFICO No. 1 Pregunta 1</i>	47
<i>GRAFICO No. 2 Pregunta 2</i>	48
<i>GRAFICO No. 3 Pregunta 3</i>	49
<i>GRAFICO No. 4 Pregunta 4</i>	50
<i>GRAFICO No. 5 Pregunta 5</i>	51
<i>GRAFICO No. 6 Pregunta 6</i>	52
<i>GRAFICO No. 7 Pregunta 7</i>	53
<i>GRAFICO No. 8 Pregunta 8</i>	54
<i>GRAFICO No. 9 Pregunta 9</i>	55
<i>GRAFICO No. 10 Pregunta 10</i>	56

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>ANEXO No. 1 Matriz de identificación, cualitativa y control de riesgos</i>	<i>69</i>
<i>ANEXO No. 2 Encuesta</i>	<i>70</i>
<i>ANEXO No. 3 NTP 951 Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias</i>	<i>72</i>
<i>ANEXO No. 4 NTP 950 Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): Incertidumbre de la medición</i>	<i>79</i>
<i>ANEXO No. 5 NTP 952 Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): Ejemplos de aplicación.....</i>	<i>82</i>

RESUMEN

El ruido es uno de los factores de riesgos más comunes en las industrias y aún más en las industrias metal mecánicas, puesto que con la ejecución de sus procesos productivos generan ruido en la mayoría de procesos.

Dentro del estudio en la empresa metal mecánica se identificó el ruido como un factor de riesgo importante y consecutivamente se realizaron evaluaciones con los métodos del INSHT- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, en sus NTP - notas técnicas de prevención 950, 951 y 952 Estrategias de Medición y Valoración de la Exposición a ruido (incertidumbre de la medición, tipos de estrategias y ejemplos de aplicación), puesto que no existe una metodología nacional para determinar el nivel de presión sonora que se encuentran expuestos los trabajadores. Con los resultados obtenidos en la evaluación se realizó la comparación con los parámetros establecidos en la normativa legal vigente, el cual indica 85 dB (A) como límite permisible para una exposición en 8 horas de trabajo. La metodología establece y muestra posibles estrategias para el planteamiento de las mediciones, en las cuales primero considera análisis de la condición del trabajo después analiza si los trabajadores están expuestos a ruidos iguales, también considera el estudio de la jornada de trabajo nominal y finalmente se selecciona la estrategia de medición.

En la evaluación del ruido como factor de riesgo se ha podido determinar que se deben tomar medidas para atenuar el impacto del ruido en el trabajador, ya sea dotando al trabajador una adecuada protección considerando primero en la fuente, el medio de transmisión, finalmente el receptor, y que debe ser complementado con medidas administrativas, con el fin que el ruido no afecte directamente al trabajador y cause una pérdida de la capacidad auditiva.

Las medidas propuestas de atenuación para disminuir la exposición del trabajador deben ir acompañados de una vigilancia específica de la salud, con protocolos médicos ocupacional específicos de acuerdo al factor de riesgo expuesto en el puesto de trabajo.

SUMMARY

The noise is one of the factors of more common risks in the industries and moreover in the metalworking industry, since that the execution of its productive processes, generate noise in most of them.

Inside the study in the metalworking industry, identified the noise as a factor of important risk and consecutively evaluations were realized with the methods of the INSHT, (its technical prevention notes 950, 951 and 952), strategies of Measurement and Evaluation of the Exhibition to noise (suspense of the measurement, types of strategies and examples of application), because there is not national methodology to determine the level of sonorous pressure that the workpeople are exposed. The results in the evaluation were comparison with established in the current legal regulation, which indicates 85 dB (A) like permissible limit for an exhibition in 8 hours of working.

The methodology establishes and shows possible strategies for the exposition of the measurements, in which first it considers analysis of the condition of the work and later analyzes if the workpeople are exposed to equal noises, also considering the study of the day of nominal work and finally the measurement strategy is selected.

In the evaluation of the noise as factor of risk, it was possible to have determined that owe to take measures to attenuate the impact of the noise in the worker, either be providing the worker a suitable protection either the transmission way is in the source and finally the individual, and that must be complemented by administrative measurements, by the end that the noise does not affect straight the worker and causes a loss of the auditory capacity.

The proposed measurements of extenuation for to diminish the exhibition of the worker must go accompanied by a specific alertness of the health, with medical protocols occupationally specifics in accordance with the factor of risk exhibited in the job.

INTRODUCCIÓN

El ruido es uno de los factores físicos de más incidencia en las industrias a nivel nacional y en la industria manufacturera existe mayor presencia de ruido por el desarrollo de sus procesos productivos. Los trabajadores de las industrias del metal o más conocida como metal mecánica están expuestos al ruido en su puesto de trabajo y a todos los riesgos que con lleva.

El Ecuador no cuenta con datos estadísticos que muestren la afectación debido a la exposición de los diferentes factores de riesgo menos aún si han existido enfermedades declaradas como de tipo ocupacional debidas a la exposición a niveles elevados de ruido.

El Seguro General de Riesgos del Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social cuenta con registros que muestran de manera global tanto accidentes como enfermedades ocupacionales que han sido atendidas por el SGRT, a este antecedente se debe sumar que en el país existe un sub registro de los accidentes laborales y enfermedades profesionales debido a que tanto empleadores como trabajadores no está presente la costumbre o conocimiento de notificar los accidentes laborales y presuntos enfermedades profesionales.

Es motivo de preocupación que haya una informalidad en la contratación de los trabajadores y más aún en la poca o nula gestión en materia de prevención de riesgos laborales. En la actualidad a los empleadores solo ponen énfasis en tratar de cumplir con los mínimos requisitos dados en la legislación nacional de seguridad industrial y salud ocupacional. Producto de esto ha desarrollado empresas dedicadas a realizar trabajos de consultoría de seguridad e higiene laboral, sin embargo esta consultoría no cumple con las metodologías ni parámetro técnico y se convierte en un documento para evitar una sanción por parte de los organismos de control.

Lo cual hace muy difícil que se tenga unos resultados reales para tomar medidas de prevención de riesgos laborales.

En este estudio se plantea una estrategia de evaluación del ruido laboral a través de la aplicación de las NTP- notas técnicas de prevención 950, 951 y 952 Estrategias de Medición y Valoración de la Exposición a ruido (incertidumbre de la medición, tipos de estrategias) dados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo-INSHT.

Para obtener mayor información de las condiciones de trabajo de seguridad y salud ocupacional, se procedió a la aplicación de una encuesta a los trabajadores que conforman el área de producción.

Este trabajo muestra una descripción de la metodología junto con las formulas requeridas para la determinación de la exposición a ruido ocupacional, generando información muy útil para establecer gestión técnica dentro de la organización que conlleve a mejorar el ambiente laboral de los trabajadores a través de la disminución progresiva de este factor de riesgo a niveles en los cuales no represente un riesgo para la salud de los trabajadores.

CAPITULO I

1 EL PROBLEMA

1.1 TEMA

IDENTIFICACIÓN, EVALUACIÓN Y PROPUESTA DEL CONTROL DEL RUIDO COMO FACTOR DE RIESGO EN LOS TRABAJADORES DE UNA METALMECÁNICA EN LA CIUDAD DE QUITO

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ruido y sus efectos perjudiciales han estado presentes desde tiempos atrás, los cuales afectan directamente a los trabajadores en todos los sectores productivos como metalmecánicas, fábricas, talleres, etc. Es hasta la revolución industrial periodo comprendido entre la mitad del siglo XVII y principios del XIX donde suceden eventos que marcaron hitos históricos para las industrias por que comenzaron con la tecnificación de sus maquinarias, procesos, herramientas, materiales, además sufrió el mayor conjunto de transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales de la historia de la humanidad.

Con el pasar del tiempo se fueron formando organismos, comunidades, instituciones que investigan acerca de las afectaciones del ruido en los trabajadores y las formas de cómo controlar y disminuir los efectos en el ser humano.

Ecuador como país en crecimiento ha visto la necesidad de ir avanzando en el mejoramiento de los procesos productivos y de igual manera que estos procesos productivos no afecten la integridad de los trabajadores, complementariamente se ha desarrollado normativa legal aplicable a disminuir la exposición, afectación del ruido en los trabajadores. Sin embargo año a año, aumenta los registros de trabajadores con problemas auditivos. En este contexto es importante resaltar que el sector industrial metalmecánica, donde se utilizan materiales, máquinas herramientas y procesos que en conjunto generan una alta probabilidad de superar los límites permisibles del ruido.

En la ciudad de Quito existe un número considerable de pequeñas, medianas y grandes empresas que tienen como actividad económica la industria metalmecánica, y sus trabajadores no están exceptos a la generación de una hipoacusia producida por ruido, tal es el caso una empresa metalmecánica ubicada en la ciudad de Quito con altos estándares de calidad y que busca el bienestar de sus colaboradores.

1.3 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo es un derecho y un deber social, donde existe una fuente de realización personal y base de la economía de una ciudad y país. La Constitución de la República del Ecuador manifiesta que el Estado garantizará a las personas trabajadoras el pleno respeto a su dignidad, una vida decorosa, remuneraciones y retribuciones justas y el desempeño de un trabajo saludable y libremente escogido o aceptado. (Constitución de la República del Ecuador, p. 29).

Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar. (Constitución de la República del Ecuador, p. 152).

En todas las actividades laborales se ha identificado y estudiado varios factores de riesgos asociados al puesto de trabajo.

Dentro de los factores físicos, el ruido es uno de los elementos que se encuentran presentes en la gran mayoría de actividades productivas y su exposición es una de las principales causas de la pérdida de la audición en América, Europa y el resto del mundo, por tal motivo se han creado y desarrollado organismos para el estudio y control del ruido ambiental y laboral como son OIT, OPS, OMS, NIOSH, INSHT, entre otros más, los cuales han realizado investigaciones sobre el ruido con el objetivo de establecer mecanismos para controlar los efectos en las personas expuestas al mismo.

Día a día se detectan los casos de pérdida de la audición producto de la exposición de los trabajadores al ruido, por tal motivo en el Ecuador se registran

casos de hipoacusia entre otras enfermedades asociadas al puesto de trabajo y su actividad habitual.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Están expuestos los trabajadores que laboran en una empresa metalmecánica ubicada al sur de Quito a ruido excesivo?

1.5 SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las actividades laborales que generan un elevado nivel de ruido en el personal operativo de una empresa metalmecánica?

¿Qué nivel de ruido se genera en el proceso productivo?

¿Cuál es el personal que está más afectado por el ruido en el puesto de trabajo?

¿Qué métodos correctivos se puede proponer para minimizar la exposición del personal operativo a ruido laboral?

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la exposición al ruido en los trabajadores de una metalmecánica ubicada en el sector sur de la ciudad de Quito.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analizar los procesos productivos en una empresa metalmecánica que producen ruido y afectan a la salud de los trabajadores;
- b) Identificar las fuentes, causas, parámetros, condiciones que son generadoras de ruido en una empresa metalmecánica en la ciudad de Quito;
- c) Evaluar la intensidad (decibeles) del ruido que perciben los trabajadores de una empresa metalmecánica de la ciudad de Quito, que afectan la salud;

- d) Elaborar un plan de prevención para disminuir la exposición al ruido de los trabajadores de una empresa metalmecánica de la ciudad de Quito.

1.7 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La Organización Internacional del Trabajo OIT, manifiesta que “Cada 15 segundos, un trabajador muere a causa de accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo”¹ y se estima “El costo de esta adversidad diaria es enorme y la carga económica de las malas prácticas de seguridad y salud se estima en un 4 por ciento del Producto Interior Bruto global de cada año.”¹. Las enfermedades profesionales se mantienen como las principales causas de muerte relacionadas con el trabajo, según estimaciones de la OIT, “2,02 millones de muertes son causadas por diversos tipos de enfermedades relacionadas con el trabajo”²

(OPS) manifiesta que “los tres problemas más comunes de salud ocupacional son el dolor de espalda (37%), pérdida de la audición (16%), y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (13%)”³

Es importante señalar que todas las personas con los avances tecnológicos y la velocidad de crecimiento de las ciudades, estamos expuesto a ruido, el cual es perjudicial para la salud, sin embargo el ruido tiene que ser evaluado y caracterizado para determinar si provoca daño en el órgano de audición.

Se evidencia que en la actualidad existe una falta de prevención de riesgos laborales en todas las actividades económicas, y no es la excepción la empresa metalmecánica, puesto que sus actividades guardan relación directa con el ruido laboral, que por sus procesos productivos es inherente a la actividad realizada.

¹ <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--es/index.htm>

² http://www.ilo.org/safework/events/meetings/WCMS_204931/lang--en/index.htm

³ http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=1527&itemid=1349&limit=1&limitstart=18&lang=es

En nuestro país existen pocos estudios, investigaciones de seguridad y prevención de riesgos en la industria ecuatoriana y solamente se han enfocado en proporcionar equipo de protección personal sin ningún criterio técnico.

La empresa metalmecánica en estudio está ubicada en el sur de la ciudad de Quito utiliza procesos productivos, donde interactúan herramientas manuales, materiales, energías que en conjunto generan ruido y probablemente afecte a la salud de los trabajadores, por tal motivo es importante y necesario realizar un estudio, analizar todas las variables que están relacionadas, con el fin de prevenir la formación y afectación de la sordera profesional.

En la determinación de la exposición al ruido se podrá proponer medidas de control que prioricen la protección del trabajador en sus actividades adecuados de acuerdo a la realidad de la metalmecánica en estudio.

1.8 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El trabajo investigativo está enfocado en área de producción de una metalmecánica la misma que desarrolla los siguientes procesos: recepción de la materia prima, trazado de lámina, corte, doblado, armado, soldadura y pulida dentro de estos se desarrollan tareas como esmerilado, lijado, movimiento de planchas metálicas, alineación y puntas de suelda; se realizó un estudio previo en el mismo que se identificó las características de cómo está organizado la empresa, sus instalaciones, maquinarias y herramientas utilizadas. Luego se procedió a realizar un levantamiento de los diferentes procesos en los cuales se identificó los factores de riesgo laborales presentes en el área de trabajo y se midió y evaluó el riesgo físico - ruido.

Los trabajadores laboran en una jornada de 8 horas diarias de lunes a viernes durante el cual se pudo encontrar dos tipos de ruido: ruido continuo cuando se realiza la actividad de esmerilado y ruido de impacto cuando se voltea y alinea los elementos estructurales, el número de impactos diarios promedio es de 50

durante toda la jornada, por tanto se midió el nivel de presión sonora equivalente y el nivel de pico máximo.

El personal trabaja en horario de 07h00 hasta las 16h00, además tienen una pausa de 15 minutos para comer su refrigerio.

Se realizó la medición y evaluación en los diferentes puestos de trabajo, los mismos que tienen definidos sus tareas y actividades específicas inherentes al mismo, la identificación de tareas y el tiempo de realización de las mismas se realizó mediante entrevistas a los trabajadores y observaciones diarias al puesto de trabajo del personal en el que se obtuvo el tiempo promedio de la realización de cada tarea.

El proceso de soldadura y armado se realizan dentro del taller se realizó mediciones en cinco puntos con el objeto de medir el nivel de presión sonora dentro del taller de metalmecánica.

CAPITULO II

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Identificación de riesgos

La identificación de riesgos es una etapa fundamental en la práctica de la higiene industrial, indispensable para una planificación adecuada de la evaluación de riesgos y de las estrategias de control, así como para el establecimiento de prioridades de acción. Un diseño adecuado de las medidas de control requiere, asimismo, la caracterización física de las fuentes contaminantes y de las vías de propagación de los agentes contaminantes. La identificación de riesgos permite determinar (Berenice I. Ferrari Goelzer, p. 4, Enciclopedia OIT):

- Los agentes que pueden estar presentes y en qué circunstancias;
- La naturaleza y la posible magnitud de los efectos nocivos para la salud y el bienestar. (Berenice I. Ferrari Goelzer, p. 4, Enciclopedia OIT).

La identificación de agentes peligrosos, sus fuentes y las condiciones de exposición requiere un conocimiento exhaustivo y un estudio detenido de los procesos y operaciones de trabajo, las materias primas y las sustancias químicas utilizadas o generadas, los productos finales y los posibles subproductos, así como la eventual formación accidental de sustancias químicas, descomposición de materiales, quema de combustibles o presencia de impurezas. La determinación de la naturaleza y la magnitud potencial de los efectos biológicos que estos agentes pueden causar si se produce una exposición excesiva a ellos exige el acceso a información toxicológica. (Berenice I. Ferrari Goelzer, p. 4, Enciclopedia OIT).

Los agentes que plantean riesgos para la salud en el medio ambiente de trabajo pueden agruparse en las siguientes categorías: contaminantes atmosféricos; sustancias químicas no suspendidas en el aire; agentes físicos, como el calor y el ruido; agentes biológicos; factores ergonómicos, como unas posturas de trabajo o

procedimientos de elevación de pesos inadecuados, y factores de estrés psicosocial. (Berenice I. Ferrari Goelzer, p. 4, Enciclopedia OIT).

2.1.2 Evaluaciones de Higiene Industrial

Las evaluaciones de higiene industrial se realizan para valorar la exposición de los trabajadores y para obtener información que permita diseñar o establecer la eficiencia de las medidas de control. La evaluación de la exposición de los trabajadores a riesgos profesionales, como contaminantes atmosféricos. Es importante tener en cuenta que la evaluación de riesgos no es un fin en sí misma, sino que debe entenderse como parte de un procedimiento mucho más amplio que comienza en el momento en que se descubre que determinado agente, capaz de producir un daño para la salud, puede estar presente en el medio ambiente de trabajo, y concluye con el control de ese agente para evitar que cause daños. La evaluación de riesgos facilita la prevención de riesgos, pero en ningún caso la sustituye. (Berenice I. Ferrari Goelzer, p. 4, Enciclopedia OIT).

2.1.3 Los riesgos del trabajo en empresas metalúrgicas

(Gestal Otero, 1993, p. 7) para este autor “los principales riesgos laborales a que están expuestos los profesionales sanitarios se clasifican, desde el punto de vista etiológico, en”:

- Riesgos mecánicos
- Riesgos físicos
- Riesgos químicos
- Riesgos biológicos
- Riesgos ergonómicos
- Riesgos psicosociales

2.1.4 Factores de Riesgos Físicos

Los fenómenos físicos comúnmente se han conceptualizado en relación con los sentidos del ser humano y que son capaces de captar.

TABLA No. 1 Factores de Riesgos Físicos

No	FACTOR DE RIESGOS
01	Temperatura elevada
02	Temperatura baja
03	Iluminación insuficiente
04	Iluminación excesiva
05	Ruido
06	Vibración
07	Radiaciones ionizantes
08	Radiaciones no ionizantes
09	Presiones anormales
10	Ventilación insuficiente

Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales

Elaborado por: Cristian Cargua

Se refiere a todos aquellos factores ambientales de naturaleza física, que al ser percibidos por las personas, pueden llegar a tener efectos nocivos según la intensidad, concentración y exposición de los mismos.

Marcillo, S. (2006). Expresa que los factores físicos denominados también físicos no mecánicos son generados por la presencia de: Ruido, Temperaturas extremas, Ventilación, Iluminación y Vibración. Ruido, Temperaturas extremas, Ventilación, Iluminación y Vibración.

2.1.4.1 Ruido

Según la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.). El ruido es un sonido no deseado cuyas consecuencias son una molestia para el público, con riesgo para su salud física mental.

2.1.4.2 Sonido

Velasco, S. y López, J. (2001). Definen al sonido como la sensación producida en el órgano del oído por las vibraciones de los cuerpos, transmitidas a través del medio como el aire.

2.1.4.3 Cualidades del sonido

(MAPFRE, 1991) “manifiesta que el sonido tiene tres cualidades, que son: intensidad, tono y timbre” (p. 428).

a. Intensidad

Según sea la vibración de un foco sonoro así será la amplitud, la intensidad es proporcional al cuadrado de dicha amplitud y podemos así clasificar los sonidos en fuertes o débiles.

b. Tono

Es una cualidad mediante la cual distinguimos los sonidos en graves o agudos, de forma que; la sensación sonora aguda procede de sonidos producidos por focos sonoros que vibran a frecuencias elevadas. La sensación sonora grave procede de sonidos producidos por focos sonoros que vibran a frecuencias bajas.

c. Timbre

Cualidad mediante la cual podemos distinguir dos sonidos de igual intensidad e idéntico tono que han sido emitidos por focos sonoros diferentes.

2.1.5 Tipos de Ruido

(MAPFRE, 1991) “establece una división que, en principio, nos parece sencilla y que engloba la mayor parte de los casos que se presentan en la realidad industrial” (p. 443).

2.1.5.1 Ruido Estable: De banda ancha y nivel prácticamente constante que presenta fluctuaciones (± 5 dB) durante el periodo de observación.

2.1.5.2 Ruido Intermitente fijo: En el que se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior fijo. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída de nivel ambiental.

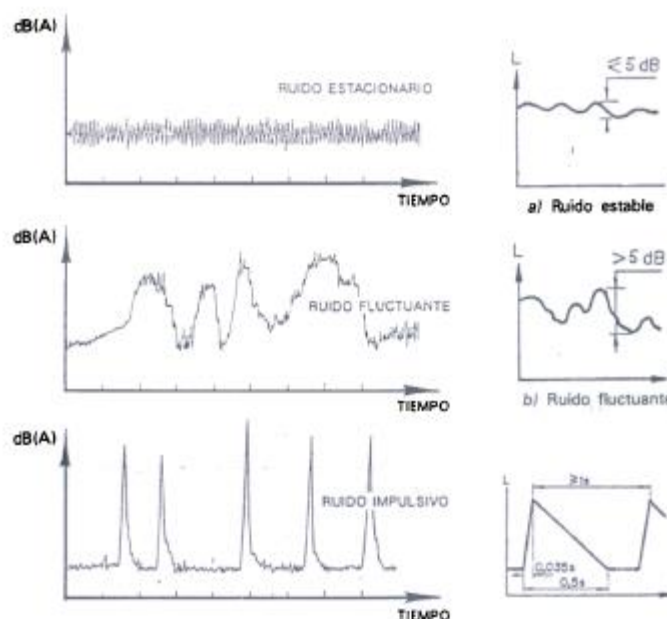
2.1.5.3 Ruido Intermitente variable: Está constituido por una sucesión de distintos niveles de ruidos estables.

2.1.5.4 Ruido fluctuante: Durante la observación, este ruido varía continuamente sin apreciarse estabilidad.

2.1.5.5 Ruido de impulso/impacto: Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total de menos de 500 milisegundos, el tiempo transcurrido entre crestas ha de ser igual o superior a un segundo.

La siguiente figura nos ilustra gráficamente estos conceptos.

FIGURA No. 1 Tipos de Ruido



Fuente: Fundación MAPFRE (p. 444)
Elaborado por: Cristian Cargua

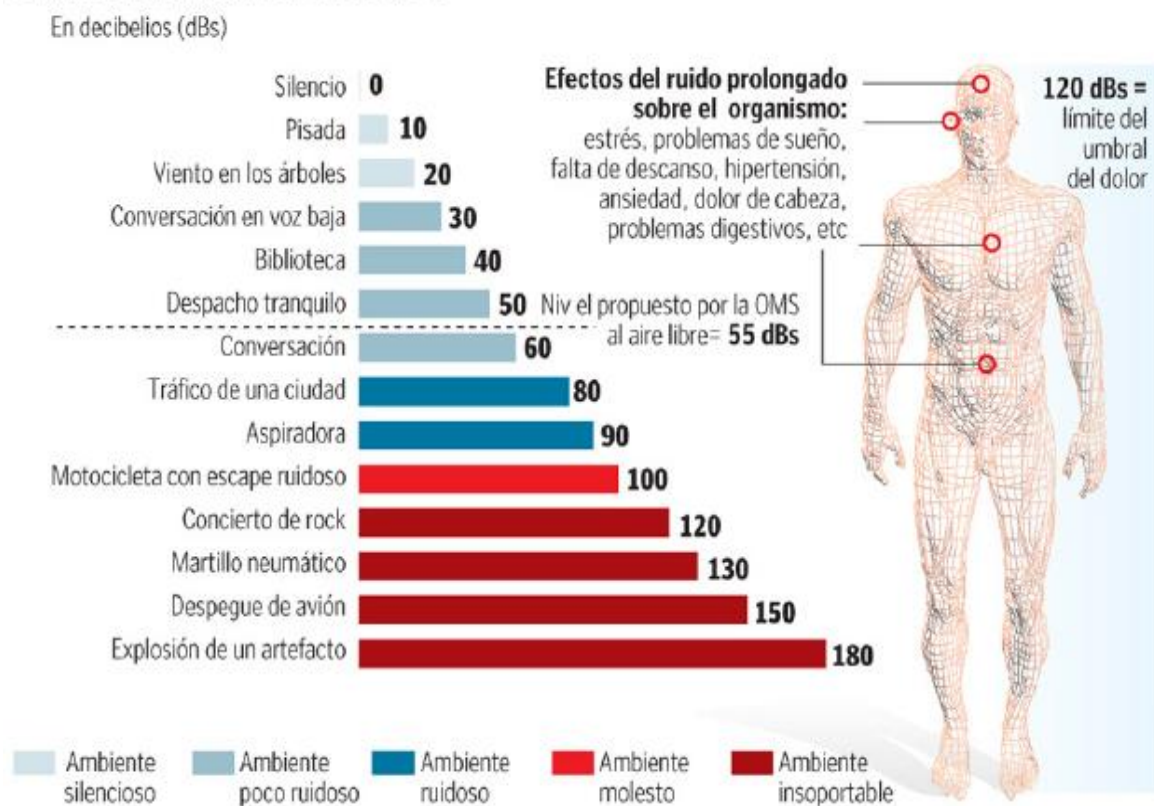
2.1.6 Efectos del Ruido en la Salud

Existe una relación directa entre el ruido y el oído, que su función es de la recepción de los sonidos, por tal motivo es racional pensar que el oído sufra algún tipo de daño por la exposición constante al ruido, la principal afección que puede sufrir el oído es la pérdida de la audición, que puede ser permanente. Además por la exposición a ruido pueden producirse efectos no auditivos que afecten al ser humano.

Velazco, S. y López, J. (2001). Manifiestan que los posibles efectos que puede tener el ruido en la salud pueden ser psicológicos (irritabilidad, agresividad, alteraciones del sueño, etc.) y fisiológicos (sordera, aumento del ritmo cardiaco, presión sanguínea, trastornos digestivos, etc.).

FIGURA No. 2 Tipos de Ruido

SALUD Y NIVELES DE RUIDO



Fuente: Imagen tomada del Instituto Botanical.
Elaborado: Cristian Cargua

TABLA No. 2 Efectos del ruido en la salud

Efectos del ruido en la salud	
Efectos auditivos	Pérdida temporal de audición
	Pérdida permanente de audición <ul style="list-style-type: none"> - Trauma acústico - Hipoacusia por ruido
	Efectos de los ruidos muy intensos
Efectos no auditivos	Efectos fisiológicos no auditivos <ul style="list-style-type: none"> - Aumento de la tensión arterial - Aumento de la frecuencia respiratoria - Úlcera de estómago - Trastornos del sueño
	Dificultad para la comunicación hablada
	Dificultad para concentrarse
	Molestias
	Disminución del rendimiento
	Aumento de los accidentes de trabajo

Fuente: Floría Pedro, 2009
Elaborado: Cristian Cargua

2.1.7 Valoración o evaluación de los riesgos físicos

Para prevenir los efectos perjudiciales del ruido para los trabajadores, es preciso elegir con cuidado los instrumentos, métodos de medición y procedimientos que permitan evaluar el ruido al que se ven expuestos. Es importante evaluar correctamente los diferentes tipos de ruido, distinguir los ambientes ruidosos con diferentes espectros de frecuencias, y considerar asimismo las diversas situaciones laborales.

2.1.8 Procedimiento de medida del ruido.

Para realizar las medidas acústicas de una fuente de ruido particular, se debe seguir los siguientes pasos básicos:

1. Determinar qué cantidades hay que medir;

2. Seleccionar los instrumentos, incluido el tipo de micrófono que se va a utilizar;
3. Determinar el número mínimo de posiciones del micrófono y su localización; dibujar un esquema mostrando la relación entre estas posiciones y la fuente de sonido y cualquier superficie reflectante que pueda afectar a los resultados de la medición;
4. Comprobar la sensibilidad del sistema de medida, realizando todas las calibraciones necesarias;
5. Medir los niveles sonoros de la fuente, anotando todos los valores de los parámetros relevantes seleccionados en los instrumentos;
6. Aplicar todas las correcciones necesarias a las medidas observadas;
7. Hacer un registro escrito de los datos relevantes. Estos datos incluyen los valores de los parámetros seleccionados en los instrumentos.

2.1.9 Clasificación de los equipos de medida del ruido

(MAPFRE, 1991) “Expresa que existe una amplia gama de aparatos de medición de sonido y/o ruido. De los datos de medición que se desean obtener, así como del tipo de ruido que se pretende medir, depende la elección del equipo de medición adecuado” (p. 452).

Entre los instrumentos de medida del ruido cabe citar los sonómetros, los dosímetros y los equipos auxiliares. El instrumento básico es el sonómetro, un instrumento electrónico que consta de un micrófono, un amplificador, varios filtros, un circuito de elevación al cuadrado, un promediador exponencial y un medidor calibrado en decibelios (dB). Los sonómetros se clasifican por su precisión, desde el más preciso (tipo 0) hasta el más impreciso (tipo 3). (Eduard I. Denisov y German A. Suvorov, p. 6, Enciclopedia OIT).

El tipo 0 suele utilizarse en laboratorios, el tipo 1 se emplea para realizar otras mediciones de precisión del nivel sonoro, el tipo 2 es el medidor de uso general, y el tipo 3, el medidor de inspección, no está recomendado para uso industrial. (Eduard I. Denisov y German A. Suvorov, p. 6, Enciclopedia OIT).

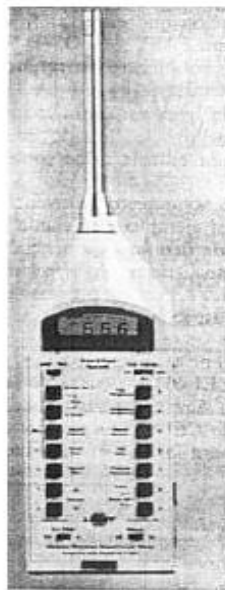
Los sonómetros también incluyen dispositivos de ponderación de frecuencias, que son filtros que permiten el paso de la mayoría de las frecuencias pero que discriminan otras. El filtro más utilizado es la red de ponderación A, desarrollada para simular la curva de respuesta del oído humano a niveles de escucha moderados. Los sonómetros ofrecen asimismo diversas respuestas de medición: la respuesta “lenta”, con una constante de tiempo de 1 segundo; la respuesta “rápida” con una constante de tiempo de 0,125 segundos; y la respuesta “impulsivo” que tiene una respuesta de 35 ms para la parte creciente de la señal y una constante de tiempo de 1.500 ms para la parte decreciente de la señal. (Eduard I. Denisov y German A. Suvorov, p. 6, Enciclopedia OIT).

Entre los más utilizados tenemos:

a. Sonómetro

Instrumento que responde ante el sonido de una forma aproximada a como lo hace el oído humano y que da medidas objetivas y reproducibles. Mide de forma directa el nivel de presión sonora de un fenómeno acústico directamente en decibeles dB.

FIGURA No. 3 Sonómetro



**Fuente: Fundación MAPFRE (p. 458)
Elaborado: Cristian Cargua**

b. Dosímetro

El dosímetro es un monitor de exposición que acumula el ruido constantemente, usando un micrófono y circuitos similares a los medidores de presión sonora. La señal es acumulada en un condensador una vez que ha sido transformada en energía eléctrica.

FIGURA No. 4 Sonómetro



Fuente: Fundación MAPFRE (p. 460)
Elaborado: Cristian Cargua

2.1.10 Método de medida

Los métodos de medida del ruido dependen de los objetivos perseguidos. De hecho, pueden valorarse:

- El riesgo de deterioro auditivo;
- Los tipos de controles técnicos apropiados y su necesidad;
- La compatibilidad de la “carga de ruido” con el tipo de trabajo a realizar,
- El nivel de ruido de fondo necesario para no perjudicar la comunicación ni la seguridad.

La norma internacional ISO 2204 especifica tres tipos de métodos de medida de ruido: a) el método de control, b) el método de ingeniería y c) el método de precisión. (Eduard I. Denisov y German A. Suvorov, p. 7, Enciclopedia OIT).

2.1.11 Método de ingeniería

Con este método, las mediciones del nivel sonoro con factor de ponderación A o las que utilizan otras redes de ponderación se complementan con mediciones que utilizan filtros de banda de octava o de tercio de banda octava. El número de puntos de medición y las gamas de frecuencias se deciden en función de los objetivos de medición. También es preciso registrar factores temporales. Este método es útil para evaluar la interferencia con la comunicación hablada calculando los niveles de interferencia conversacional (Speech Interference Levels, SIL), así como para implantar programas de control técnico del ruido y realizar estimaciones de los efectos auditivos y no auditivos del ruido. (Eduard I. Denisov y German A. Suvorov, p. 7, Enciclopedia OIT).

2.1.12 Método de control

Este es el método que menos tiempo y equipo necesita. Se miden los niveles de ruido de una zona de trabajo con un sonómetro, utilizando un número limitado de puntos de medida. Aunque no se realiza un análisis detallado del ambiente acústico, es preciso observar los factores temporales, como por ejemplo si el ruido es constante o intermitente y cuánto tiempo están expuestos los trabajadores. Suele utilizarse la red de ponderación A, pero si existe un componente predominante de baja frecuencia puede ser apropiado utilizar la red de ponderación C o la respuesta lineal. (Eduard I. Denisov y German A. Suvorov, p. 7, Enciclopedia OIT).

2.1.13 Control del Ruido.

Idealmente, el medio más eficaz de control del ruido es evitar desde el principio que la fuente de ruido entre en la fábrica, implantando un programa eficaz de “adquisición de productos sin ruido” para introducir en el lugar de trabajo bienes de equipo diseñados para producir un bajo nivel de ruido. Para llevar a cabo un

programa de este tipo, es preciso elaborar unas normas claras y bien redactadas que limiten las características de emisión de ruido de los nuevos equipos, instalaciones y procesos de fabricación. Un buen programa también incluye la vigilancia y el mantenimiento. Una vez instalados los equipos e identificado el exceso de ruido por mediciones del nivel sonoro, el problema del control del ruido presenta matices más complejos. Sin embargo, existen soluciones técnicas que pueden aplicarse a los equipos existentes. Además, suele haber más de una opción de control del ruido para cada problema. Por consiguiente, para el responsable del programa de control es importante determinar los medios de reducción del ruido más viables y económicos en cada situación concreta. (Dennis P. Driscoll, p. 8, Enciclopedia OIT).

Existen tres métodos principales para la reducción del ruido:

- a - En la fuente:** es el método más eficiente, porque permite obtener la reducción del ruido interno en el área de trabajo, mejorando así la calidad de los ambientes;
- b – Por el planeamiento físico:** aislar las áreas o máquinas. La disposición apropiada de los equipos, de los sectores y de las estructura de vibración, puede llevar a los niveles acústicos sobre el amparo de la legislación pertinente;
- c – Por el control sistemático de los niveles de ruido:** no permitiendo que estos se eleven, por el desgaste o por la falta de mantenimiento de la maquinaria, a niveles excesivos.

En caso de que no se consiga el resultado deseado en la reducción del nivel de ruido, cabe al empleador como alternativa, el abastecimiento de equipos de protección individual, dando mejor condición para el empleado, además de resguardar legalmente la empresa, siendo el técnico de seguridad industrial y el medico ocupacional el responsable junto con los demás equipos de sensibilizar a los trabajadores, respecto a la necesidad de tomar acciones educativas en lugar de imponer sanciones.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

Fuente: HARRIS, Cyril M (1998). Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido Tercera Edición (pág. 2.1 a 2.22)

Absorción del sonido: (1) La propiedad que poseen materiales, estructuras y objetos de convertir el sonido en calor, dando como resultado la propagación en un medio o la disipación cuando el sonido golpea una superficie. (2) El proceso de disipación de la energía sonora.

Acoplador acústico: Una cavidad de forma y volumen predeterminados utilizada para la calibración de auriculares o micrófonos en conjunción con un micrófono adaptado a la medición de la presión sonora desarrollada dentro de la cavidad.

Acústico, acústica: Los adjetivos calificativos *acústico* y *acústica* tienen los siguientes significados: contiene, produce, surge de, actúa por, o relacionado con el sonido. Se utiliza *acústico* (*acoustic*) cuando el término que se está calificando designa a algo que tiene propiedades, dimensiones o características físicas asociadas con las ondas sonoras (p. ej., impedancia acústica); su utiliza *acústico* (*acoustical*) cuando el término calificado no designa explícitamente a algo que tenga las propiedades, dimensiones o características físicas del sonido (p. ej., ingeniería acústica).

Aislamiento del sonido: La capacidad de una estructura para impedir que el sonido llegue a una habitación receptora. La energía sonora no es necesariamente absorbida; a menudo el principal mecanismo son las reflexiones de vuelta hacia la fuente.

Analizador del sonido: Un aparato para determinar el *espectro* de un sonido.

Aparato de protección auditiva: Aparato personal que se utiliza para reducir los efectos dañinos y/o molestos del sonido en el sistema auditivo.

Audiograma: Gráfico que muestra el nivel auditivo (umbral) en función de la frecuencia.

Audiómetro: Aparato utilizado para medir la agudeza auditiva, específicamente el nivel auditivo.

Auricular: Un transductor electroacústico diseñado para ser estrechamente acoplado al oído, capaz de generar oscilaciones acústicas cuando es excitado por señales eléctricas.

Auricular insertado: Un *auricular* pequeño diseñado para ajustarse en el oído externo o para ajustarse a un elemento conector como un molde de oído.

Belio: Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades proporcionales a la potencia; el número de belios correspondiente a esta relación es el logaritmo de base 10 de la relación. [1 belio = 10 decibelios (dB).]

Cabina audiométrica: Una cabina o habitación que se utiliza para el examen auditivo; está aislada contra el ruido exterior e incorpora algún absorbente del sonido.

Campo sonoro: Una región de un medio elástico (como el aire) que contiene ondas sonoras.

Clase de aislamiento de ruido: Una valoración de número único derivada de los valores medidos de reducción del ruido entre dos espacios cerrados que están conectados mediante una o más vías; esta valoración no se ajusta o normaliza con respecto a un tiempo de reverberación normalizado. Abreviatura: NIC.

Clase normalizada de aislamiento del ruido: Una valoración de número único, parecida a la *clase de aislamiento del ruido*, salvo que los valores de reducción del ruido medidos están normalizados para un tiempo de reverberación de 0,5 segundos. Abreviatura: NNIC.

Coefficiente de absorción del sonido: (1) De forma ideal, la fracción de la potencia sonora incidente al azar que es absorbida (o reflejada) por un material. (2) Una medida de la propiedad absorbente del sonido de un material, tal como se calcula mediante el método ASTM C423. Letra del símbolo: α

Coeficiente de reducción del ruido: Una valoración de número único de las propiedades de absorción del sonido de un material; es la media aritmética de los coeficientes de absorción del sonido a 250, 500, 1000 Y 2000 Hz, redondeado hasta el múltiplo más próximo de 0,05. Abreviatura: NRC.

Conducción del aire: El proceso por el cual el sonido viaja hacia el oído interno a través de una vía en el aire en el canal del oído externo, utilizando entonces la membrana del tímpano y la cadena de huesecillos.

Conducción ósea: La transmisión del sonido al oído interno a través de la vibración mecánica de los huesos craneales y los tejidos blandos.

Decibelio: Una unidad de nivel que denota la relación entre dos cantidades que son proporcionales a la potencia; el número de decibelios es diez veces el logaritmo (de base 10) de esta relación. En muchos campos sonoros, las relaciones de presión sonora no son proporcionales a las correspondientes relaciones de potencia, pero es una práctica habitual ampliar el uso de la unidad a tales casos. Un decibelio es un décimo de un belio. Símbolo de la unidad: dB.

Exposición sonora: La integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación A sobre un intervalo de tiempo igual o mayor al de un suceso. La ponderación de frecuencia puede ser distinta de A si así se indica. Salvo que se especifique lo contrario, se sobreentiende la ponderación de frecuencia A. En el sistema internacional de unidades (SI), la unidad fundamental de exposición sonora se expresa en pascales al cuadrado por segundo, si el tiempo es en segundos, y en pascal es al cuadrado por hora, si el tiempo es en horas. Símbolo de la unidad: Pa²·seg o Pa²·h.

Frecuencia: (1) De una función periódica en el tiempo, el número de veces que la cantidad se repite a sí misma en un segundo (v.g., número de ciclos por segundo). (2) El recíproco del *período*. Unidad: herzio. Símbolo de la unidad: Hz.

Fuente sonora simple (fuente monopolar): Una fuente que irradia sonido por igual en todas las direcciones bajo condiciones de campo libre.

Impacto: Una colisión única de una masa en movimiento con una segunda masa que puede estar en descanso o en movimiento.

Infrasonido: Ondas sonoras con una frecuencia inferior a la que produce la sensación auditiva habitual en los seres humanos, generalmente por debajo de 16 Hz.

Intensidad del sonido: En un punto para una dirección especificada, la tasa media de energía sonora transmitida en una dirección concreta a través de una unidad de área normal a esta dirección en el punto considerado. Unidad: vatio por metro cuadrado. Símbolo de la unidad: W/m^2 . Letra del símbolo: I.

Longitud de onda: De una onda periódica en un medio iso trópico, la distancia perpendicular entre los dos frentes de onda en que los desplazamientos tienen una diferencia de fase de un período completo. Unidad: metro. Símbolo de la unidad: m. Letra del símbolo: λ .

Nivel: El logaritmo de la relación entre una cantidad determinada y una cantidad de referencia del mismo tipo. Hay que indicar la base del logaritmo, la cantidad de referencia y el tipo de nivel. (El tipo de nivel se indica mediante el uso de un término compuesto, como *nivel de potencia sonora* o *nivel de presión sonora*. El nivel de la cantidad de referencia no se modifica ya se elija su punta, rms u otro.)

Nivel de exposición sonora: (1) Para un período de tiempo o un suceso determinado, el logaritmo de la relación entre la integración temporal de la presión sonora al cuadrado con ponderación de frecuencia y el producto de la presión sonora de referencia de 20 micropascales (μPa) por la duración de referencia de 1 segundo (seg). En decibelios, 10 veces el logaritmo de base 10 de esta relación; se asume la ponderación de frecuencia A, salvo que se especifique lo contrario. (2) Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de la relación entre la exposición y la exposición sonora de referencia, E_o , de 400 micropascales al cuadrado por segundo ($400 \mu pa^2 \cdot s$). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: SEL (ASEL, si es con ponderación A). Símbolo: L_{ET} o L_{AE} (L_{AET} , si es con ponderación A).

Nivel de intensidad sonora: Diez veces el logaritmo común (v.g., de base 10) de una intensidad sonora determinada con respecto a la intensidad sonora de referencia de 1 picovatio por metro cuadrado (pW/m^2). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Letra del símbolo: L_i .

Nivel de interferencia del habla: Un índice para evaluar los efectos de interferencia del ruido sobre la inteligibilidad del habla, derivado de la medida del nivel del ruido de fondo de bandas de octava contiguas; v.g., la media aritmética de los niveles sonoros de bandas de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000, 2000 Y 4000 Hz (método de las cuatro bandas) o la media correspondiente a las bandas centradas en 500, 1000 y 2000 Hz (método de las tres bandas). Si se utilizan otras bandas de octava, ha de especificarse. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: SIL.

Nivel de presión sonora de banda de octava (nivel sonoro de banda de octava o nivel de banda de octava): Para una frecuencia de banda de octava, el nivel de presión sonora del sonido contenido dentro de esa banda. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: OBSPL. Símbolo: $L_{1/3}$.

Nivel de ruido: Igual que *nivel sonoro*. Habitualmente utilizado para describir el sonido no deseado.

Nivel sonoro con ponderación A: El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación A. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. A menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra A entre paréntesis, v.g., dB(A), para indicar que se ha utilizado la ponderación A. La Tabla 1.2 presenta los valores de la ponderación A. Abreviatura: AL. Símbolo: L_A .

Nivel sonoro con ponderación C: El nivel sonoro obtenido mediante el uso de la ponderación C. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB; a menudo, el símbolo de la unidad es seguido de la letra C entre paréntesis, v.g., dB (C), para indicar que se ha utilizado la ponderación C. Abreviatura: CL. Símbolo: L_C .

Nivel sonoro continuo equivalente (nivel sonoro promediado en el tiempo): El nivel de un sonido estable que, en un período de tiempo establecido y en una

localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A que el sonido que varía con el tiempo. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: QL. Símbolo: L_{eq} .

Nivel sonoro de 8 horas: El nivel sonoro continuo equivalente con ponderación A para un período de tiempo de 8 horas. Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: 8HL. Símbolo: L_{8h} .

Nivel sonoro máximo con ponderación A: El mayor nivel sonoro medido en un sonómetro, durante un intervalo de tiempo o suceso designado, utilizando la ponderación A y el promedio temporal rápido (*fast*). Unidad: decibelio. Símbolo de la unidad: dB. Abreviatura: MXLA. Símbolo: L_{Amax} .

Octava: El intervalo de frecuencia entre dos sonidos cuya relación de frecuencia es 2.

Onda: Una alteración que se propaga en un medio de tal manera que, en cualquier punto del medio, la cantidad que sirve como medida de la alteración es una función del tiempo; en tanto que, en cualquier instante, el desplazamiento en un punto es una función de su posición.

Oscilación del sonido: Cualquier desviación de la frecuencia en el sonido reproducido que resulta de un movimiento no uniforme del medio de grabación durante el registro, duplicación o reproducción.

Periodo: De una cantidad periódica, el menor incremento de la variable independiente para una función que se repite a sí misma.

Pistófono: Un aparato, utilizado en la calibración de micrófonos, que produce una presión sonora conocida dentro de una cavidad cerrada mediante el movimiento de pistones; el micrófono que se calibra es insertado en la cavidad.

Potencia sonora (de una fuente): En una banda de frecuencia determinada, la tasa por unidad de tiempo en que la energía sonora es irradiada. Unidad: vatio. Letra del símbolo: W.

Receptor: Una persona (o personas) o equipamiento que se ve afectado por el ruido.

Reducción del ruido: La diferencia en el nivel de presión sonora entre dos puntos cualesquiera a lo largo de una vía de propagación del sonido.

Refracción: (1) El fenómeno mediante el cual la dirección de propagación de una onda sonora cambia como resultado de una variación espacial de la velocidad del sonido. (2) El cambio angular en la dirección de una onda sonora al pasar oblicuamente de un medio a otro con distinta velocidad de onda.

Resonancia: De un sistema en oscilación forzada, un fenómeno tal que cualquier cambio, por pequeño que sea, en la frecuencia de excitación da como resultado un descenso en la respuesta del sistema.

Reverberación: La persistencia del sonido en un espacio total o parcialmente cerrado, después de que la fuente de sonido ha cesado; la persistencia es el resultado del reflejo repetido y/o la dispersión.

Ruido: (1) Sonido u otra alteración desagradable o no deseada; sonido no deseado. Por extensión, cualquier alteración no deseada dentro de una banda de frecuencia útil, como ondas eléctricas inadecuadas en un canal o aparato de transmisión. (2) Sonido con naturaleza general aleatoria, cuyo espectro no exhibe componentes de frecuencia claramente definidos.

Sonido: (1) Una alteración física en un medio (p. ej., aire) que puede ser detectada por el oído humano. (2) Sensación auditiva excitada por una alteración física en un medio.

Sonómetro: Un instrumento que es utilizado para la medición del *nivel sonoro*, con ponderación de frecuencia y ponderación exponencial de tiempo promedio estandarizadas. Abreviatura: SLM.

Tapón auditivo: Un *aparato de protección auditiva* que se lleva dentro del canal auditivo externo.

Ultrasonido: Oscilaciones acústicas con una frecuencia por encima del límite superior de frecuencia del sonido audible por el oído humano, aproximadamente 20.000 Hz.

Umbral de audición (umbral de audibilidad): Para un oyente determinado, la presión sonora mínima de un sonido especificado que es capaz de evocar una sensación auditiva. Se asume que el sonido que llega al oído desde otras fuentes es insignificante. (Hay que especificar las condiciones generales de medición, por ejemplo, oír con un oído, dos oídos, en campo libre o con auriculares.)

2.3 MARCO ESPACIAL

2.3.1 La Empresa

Es una empresa familiar que inició su actividad hace 8 años, brindando productos y servicios en metalmecánica, está compuesta de una planta, en la cual se realiza el diseño, construcción e instalación de proyectos mecánicos relacionados con la industria alimenticia.

Los productos y servicios que la empresa proporciona son el diseño, fabricación e instalación de muebles y equipos de acero inoxidable, mismos que se encuentran diseñados con los más altos estándares de calidad.

Actualmente la empresa ha experimentado un crecimiento aproximadamente del 20%, de personal, ventas y producción. Es así, que la empresa principalmente se encuentra posicionando su marca en el mercado y esto ha generado que exista un mayor incremento en la fabricación de equipos de acero inoxidable como: hornos, freidoras, mesas de trabajo, cocinas industriales, accesorios de apoyo, etc.

La empresa se encuentra en proceso de certificaciones de normas de calidad por lo cual se debe cumplir con ciertos parámetros técnicos documentados que son: elaboración de documentos y registros, control de procesos, control de calidad, capacitaciones al personal, herramientas de control de producción y seguridad industrial.

2.3.2 Localización.

La planta de la empresa se encuentra ubicada en la parroquia de Chillogallo al sur de Quito. Actualmente consta de 123 empleados distribuidos en toda la organización.

2.3.3 Misión.

Somos un grupo de empresas que ofrece servicios integrales de alta calidad para la industria alimenticia, hotelera y hospitalaria a nivel nacional mediante la fabricación de diversos equipos de acero inoxidable, generando confianza a nuestros clientes con atención personalizada.

2.3.4 Visión.

Ser líderes nacionales e internacionales en soluciones técnicas, innovando nuestros servicios y productos a las nuevas tecnologías logrando una mayor satisfacción del cliente.

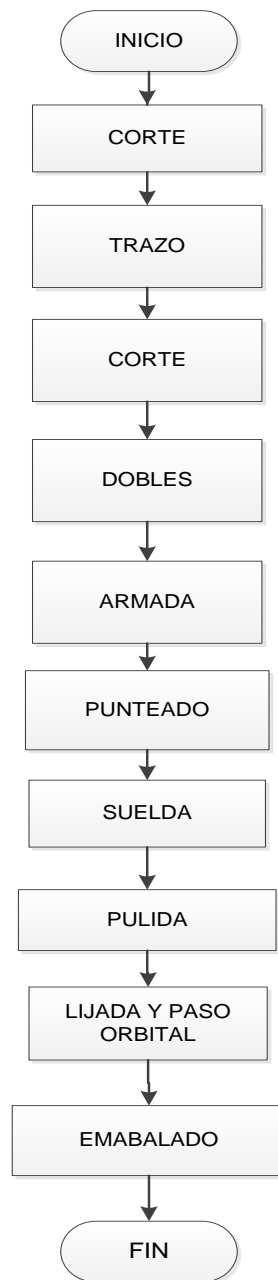
2.3.5 Situación Actual

Actualmente La empresa ha experimentado un crecimiento aproximadamente del 20%, en producción y ventas. Por tal motivo ha generado que exista un mayor incremento en la fabricación de equipos de acero inoxidable como: mesas de trabajo, mesas frías, campanas de extracción, trampas de grasa, cocinas, accesorio.

Al analizar el incremento de la demanda de fabricación de equipos alimentarios, se observa que existe una gran demanda en el consumo de comida rápida en varias ciudades del país; razón por la cual dichas cadenas de comida rápida generan un mayor desgaste en los equipos y maquinarias, mismos que requieren de mantenimiento constante o remplazo de aquellos equipos cuya reparación no es posible.

Su actividad económica y procesos productivos motivan que el personal operativo es quien día a día está expuesto a ruido por las actividades propias del puesto de trabajo.

El proceso productivo inicia con:

FIGURA No. 5: Proceso productivo en metal mecánica

Fuente: Departamento de producción
Elaborado: Cristian Cargua

El horario en el que el personal trabaja es de lunes a viernes de 07h00 a 16h00, sin embargo dependiendo de las necesidades de los clientes en algunas ocasiones la producción se incrementa y el personal tiene que cumplir con la demanda de producción, provocando que el personal trabaje 2 horas extras.

La empresa cuenta con una unidad de seguridad y salud ocupacional conformada con un técnico de prevención de riesgos laborales y un médico ocupacional los cuales cumplen sus funciones de acuerdo a la legislación vigente.

La unidad de seguridad y salud ocupacional ha realizado una evaluación subjetiva de los puestos de trabajo, mediante la matriz de identificación de riesgo con el método de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo- INSHT y han desarrollado los controles necesarios.

El servicio médico de empresa que realiza la vigilancia médica de la salud a los trabajadores de acuerdo a la matriz de identificación de riesgo, también se ha realizado los exámenes médicos conforme con la ley y a los factores de riesgo.

Cuenta con un comité de seguridad y salud en el trabajo integrado conforme lo establece el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, quienes cumplen las funciones establecidas.

En el área de producción trabajan 35 personas 5 personas que conforman el personal técnico y 30 personas que conforman el personal operativo, entre los cuales se encuentran:

- ✓ 12 ayudantes de metalmecánica
- ✓ 6 soldadores
- ✓ 6 armadores
- ✓ 6 cortadores

Todo el personal operativo es de sexo masculino y se encuentra expuesto al ruido, motivo por el cual es objeto de investigación.

2.4 MARCO LEGAL

La Constitución de la República del Ecuador en el art. 326 numeral 5 establece que: *“Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar”*.

El Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo en el Artículo 55 numeral 6 establece los límites de presión sonora *“Se fija como límite máximo de presión sonora el 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. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido”*

El Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo decisión 584 en el Artículo 11, literal b, p 13, indica *“Identificar y evaluar los riesgos, en forma inicial y periódicamente, con la finalidad de planificar adecuadamente las acciones preventivas, mediante sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional específicos u otros sistemas similares, basados en mapa de riesgos”*

El Instrumento andino de seguridad y salud en el trabajo decisión 584 en el Artículo 11, literal c, p 13 indica *“Combatir y controlar los riesgos en su origen, en el medio de transmisión y en el trabajador, privilegiando el control colectivo al individual. En caso de que las medidas de prevención colectivas resulten insuficientes, el empleador deberá proporcionar, sin costo alguno para el trabajador, las ropas y los equipos de protección individual adecuados”*

EL Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo Resolución 957, Artículo 5 literal b, p. 23, manifiesta *“Proponer el método para la identificación, evaluación y control de los factores de riesgos que puedan afectar a la salud en el lugar de trabajo”*

El Código Laboral en su artículo 410 prevé que: *“Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o vida;...Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y*

facilitadas por el empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo";

El artículo 432 del Código de Trabajo dispone que: *"En las empresas sujetas al régimen del seguro de riesgos del trabajo, además de las reglas sobre prevención de riesgos establecidos en este capítulo, deberán observarse también las disposiciones o normas que dictare el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social"*

En el numeral 8 del artículo 42 del Reglamento Orgánico Funcional del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, establece como responsabilidad de la Dirección del Seguro General de Riesgos del Trabajo la siguiente: *"La proposición de normas y criterios técnicos para la gestión administrativa, gestión técnica, del talento humano y para los procedimientos operativos básicos de los factores de riesgos y calificación de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales"*

En el Sistema De Auditoria De Riesgos Del Trabajo; Resolución 333 IESS, Capítulo II, p. 12, indica *"La identificación, medición, evaluación, control y vigilancia ambiental y de la salud de los factores de riesgo ocupacional deberá realizarse por un profesional especializado en ramas afines a la gestión de SST, debidamente calificado."*

El Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo en el artículo 51 determina que *"las empresas deberán implementar el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo, como medio de cumplimiento obligatorio de las normas legales o reglamentarias, considerando los elementos del sistema"*

b) Gestión Técnica

b1) Identificación de factores de riesgo

b2) Medición de factores de riesgo

b3) Evaluación de factores de riesgo

2.5 HIPÓTESIS

El presente estudio pretende demostrar los siguientes supuestos:

- ¿Los procesos productivos de la empresa metalmecánica producen ruido y afectan la salud de los trabajadores?
- ¿Los equipos y herramientas empleados para las actividades realizadas en una empresa metalmecánica presentan niveles de ruido aceptables para los trabajadores?
- ¿Los trabajadores de una empresa metalmecánica perciben decibeles sobre los niveles de normalidad lo que afecta a su salud?
- ¿Un plan de prevención para disminuir la exposición al ruido de los trabajadores de una empresa metalmecánica, disminuirá las afectaciones de salud?

CAPITULO III

3 ESTRATEGIA METODOLÓGICA

3.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para resolver el problema planteado se llevó a cabo una investigación descriptiva cuantitativa de diseño transversal, la misma que permitió obtener una descripción exacta del factor de riesgo objeto de estudio y determinar la situación actual del ruido en el ambiente laboral y el nivel de exposición de los trabajadores operativos de una empresa metalmecánica

Esta investigación al ser cuantitativa permitió recolectar los datos en el área de producción de una empresa metalmecánica en la misma que se produce el ruido industrial por la actividad diaria que realiza el personal operativo y poder establecer los determinantes de riesgo de la exposición de los trabajadores al ruido y con ello las conclusiones del presente estudio.

Se aplicó también la investigación de campo porque se realizaron visitas a las áreas de trabajo de una empresa metalmecánica ubicada en la ciudad de Quito con el objeto de tomar datos de información referente a las actividades, tareas, entorno de trabajo, organización del trabajo, herramientas de trabajo y procedimientos para elaborar una propuesta de esquema de factibilidad y de evaluación del ruido como un factor de riesgo físico.

3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo investigativo tiene como objetivo evaluar el ruido como factor de riesgo físico, se utilizará la investigación descriptiva y la de campo, la que permitirá realizar una evaluación mediante la aplicación de métodos de evaluación del ruido para cada uno de los puestos de trabajo.

3.3 MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que se llevó a cabo una investigación descriptiva de campo se utilizaron métodos como: la observación, encuesta y medición.

Previo al desarrollo de esta investigación se socializó al personal operativo acerca del objeto del estudio de ruido laboral y se solicitó la colaboración del personal a fin de tener datos reales que permitan evaluar la situación actual del ambiente laboral.

La investigación inició con la identificación de riesgos del personal operativo del área metalmecánica, para lo cual se realizó investigación de campo y mediante observaciones y el respectivo análisis basado en la metodología del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo-INSHT se obtuvo la matriz de identificación, cualitativa y control de riesgos; Ver Anexo1

Posteriormente se realizó encuestas; Ver Anexo 2 para determinar la percepción del ruido en el personal operativo de la empresa metalmecánica, para lo cual se efectuó un banco de preguntas, lo que permitió tener un diagnóstico estadístico de la situación en la que se encuentra la empresa con respecto a seguridad industrial, salud ocupacional y objetivamente a la percepción del personal operativo al ruido laboral.

Finalmente la medición de la exposición del personal operativo al ruido laboral se realizó de acuerdo a métodos internacionales debido a que no existen métodos nacionales para la medición: estas mediciones permitieron determinar el nivel de presión sonora generado en la empresa metalmecánica durante el desarrollo de las actividades diarias y el riesgo laboral que este representa, logrando de esta manera cuantificar el ruido y así poder despejar las preguntas formuladas dentro de este trabajo investigativo.

El personal operativo se encuentra distribuido por toda las instalaciones y no se encuentra estático frente a una máquina generadora de ruido, además los

trabajadores permanece dentro del taller durante la jornada de trabajo, motivo por el cual existe ruido que es aportado de por otras fuentes.

Por esta razón se midió el ruido que se genera dentro del taller para lo cual se dividió al área total en cinco puntos y se midió en cada punto el nivel de presión sonora.

En este sentido, se tomó las siguientes consideraciones para realizar la medición del nivel de presión sonora:

1. Se colocó el micrófono del sonómetro cerca del oído del trabajador, esto con la ayuda de un trípode.
2. Se configuró en el equipo tres perfiles de medición:
 - Perfil 1: Filtro A, Detector Slow.
 - Perfil 2: Filtro C, Detector Fast.
 - Perfil 3: Filtro C, Detector Impulso.
3. Se realizó tres lecturas de ruido de 5 minutos cada una.
4. De estas lecturas se obtuvo el nivel de presión sonora equivalente, para esa medición.
5. Se calculó la incertidumbre asociada a la medición.
6. Se calculó los valores de nivel de presión sonora por banda de 1/3 de octava de la medición de cada punto.
7. Se presentaron los resultados.

Se utilizó como metodología de medición la establecida por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo-INSHT, las mismas que están contenidas en las notas técnicas de prevención que conforman el conjunto con la 950, 951 y 952; Ver Anexo 5, las que muestran las estrategias para la medición de ruido, así como los cálculos que se deben realizar para obtener los respectivos resultados.

FIGURA No. 6 Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo

PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Basada en la jornada completa
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	RECOMENDADA	-	-
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	-	RECOMENDADA	APLICABLE
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	-	RECOMENDADA	APLICABLE

Fuente: NTP 951

Elaborado: Cristian Cargua

Se utilizó la estrategia basada en la tarea en la que mediante observación se determinó la duración de la tarea dentro del taller de producción.

1. Se obtuvo la mayor cantidad de información de las condiciones de trabajo generales y específicas durante el proceso productivo.
2. Se dividió el área de producción en 5 puntos.
3. Se contó con un sonómetro integrado con almacenamiento de datos, de marca SVANTEK, modelo 979, el mismo que previamente fue calibrado antes de iniciar la medición.
4. Se colocó el micrófono del sonómetro cerca del oído del trabajador, esto con la ayuda de un trípode.
5. Se realizó tres lecturas de ruido de 5 minutos cada una, debido a que la norma considera que deben llevarse a cabo, al menos 3 medidas. Atendiendo a los resultados de estas 3 mediciones, si los valores difieren

en 3 dB o más se deberá: a) Llevar a cabo 3 o más mediciones de la tarea, con el fin de reducir la incertidumbre asociada.

6. Se toman los datos correspondientes a temperatura y humedad, al inicio y al final, de cada punto de muestreo.
7. De estas lecturas se obtiene el Nivel de Presión Sonora Equivalente, para esa medición.
8. Se realizan los cálculos de acuerdo a lo que establece la Nota Técnica de Prevención - NTP 951 para la estrategia basada en la tarea; Ver Anexo 3
9. Se calcula la incertidumbre asociada a la medición de acuerdo a las Notas Técnicas de Prevención -NTP 951 y 950; Ver Anexo 4
10. Se calcula los valores de Nivel de Presión Sonora por banda de 1/3 de octava de la medición de cada punto.
11. Se presentan los resultados.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1 POBLACIÓN

La población se hace referencia al personal de una empresa metalmecánica del sur de ciudad de Quito, donde se realizará el trabajo de investigación, la misma que es de 30 trabajadores.

3.4.2 MUESTRA

En este caso por tratarse de una población menor a 100 personas la muestra será igual a la población, por lo tanto no se aplicara ninguna técnica de muestreo y por consiguiente la muestra es de 30 personas.

3.5 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

La operacionalización de las variables permitió precisar al máximo el significado que se otorgó al ruido laboral y a los determinantes de riesgo. En la siguiente tabla se representa las variables conceptuales, las variables dimensionales, los indicadores y las escalas consideradas en esta investigación.

3.5.1 Variables Dependientes

TABLA No. 3 Variable Dependiente

Variable Dependiente				
Identificación, evaluación del ruido como factor de riesgo en una empresa metal mecánica				
Concepto	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
Corresponde a los niveles de presión sonora que están expuesto los trabajadores de una empresa metal mecánica	Identificación, medición y evaluación del factor de riesgo ruido.	Resultados de la medición y evaluación del factor de riesgo físico-ruido.	Existen medidas de control para la prevención de este factor riesgos.	Matriz de identificación de riesgos. Metodología científica para medición del factor de riesgo ruido.

Fuente: Autor2015

Elaborado: Cristian Cargua

3.5.2 Variables Independientes

TABLA No. 4 Variable Independiente

Variable Independiente				
Proceso de fabricación de productos metal mecánicos				
Concepto	Dimensiones	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e Instrumentos
Es proceso mediante el cual se transforma las láminas de acero mediante corte, trazado, doblado, soldadura, formado el producto final.	Trabajadores expuestos a riesgos laborales Área de trabajo.	Número de trabajadores. Descripción de los procesos de producción de la población en estudio.	Existen diagramas de flujo establecidos de los productos? Existe procedimientos básicos de producción de los productos? Existe un registro de tareas realizadas?	Encuesta.

Fuente: Autor 2015

Elaborado: Cristian Cargua

3.6 TÉCNICA E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la recolección de datos en esta investigación se aplicó a todo el personal operativo una entrevista sobre la percepción del ruido.

También se utilizó como técnica instrumental un sonómetro el cual almacenaba los datos en el su tarjeta de memoria.

EQUIPO DE MEDICIÓN DE RUIDO.

- Sonómetro y analizador de ruido y vibraciones SV 979.
 - Marca: SVAN 979
 - Tipo 1
 - Análisis de 1/1 y 1/3 de octava.
 - Ponderación frecuencial: A, C y Z.
 - Respuesta temporal: fast, slow impulse.
 - Respuesta de Frecuencia: 3.15 Hz – 20 kHz.
 - Rango dinámico: 22 dBA RMS – 140 dBA Peak.

FIGURA No. 7 Sonómetro utilizado para la medición



**Fuente: Autor 2015
Elaborado por: Cristian Cargua**

3.7 TÉCNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS

Para el procesamiento de datos de la encuesta se usó un software para el tratamiento de datos estadístico como es el Epi Info, el mismo que proporcionó cuadros estadísticos y gráficos que permitieron analizar las variables objeto de este estudio.

Los datos almacenados en la memoria del sonómetro fueron descargados mediante el programa del mismo equipo. Los cálculos y graficas de los datos obtenidos se los proceso mediante una hoja de Excel.

3.8 CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DE INSTRUMENTOS

3.8.1 CONFIABILIDAD

El instrumento de medición sonómetro cumplía con las características básicas de calidad para así lograr que se garanticen los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en el área metalmecánica como son el nivel de presión sonora, el nivel pico y las bandas de tercio de octava. Para garantizar la veracidad de los datos se constató la vigencia del certificado de calibración emitido por el fabricante, de tal manera que los datos obtenidos sean confiables.

Las encuestas estas fueron aplicadas a toda la población objeto de este estudio, las mismas que contenía preguntas específicas escritas en lenguaje comprensible para evitar que afecte a la confiabilidad en la encuesta.

El coeficiente Alfa de Cronbach permitió determinar la confiabilidad y la consistencia de la encuesta.

3.8.2 VALIDEZ

De acuerdo con la metodología descrita por Garcia et al., (2014, NTP 951) el instrumento utilizado para medir el nivel de presión sonora, de acuerdo a la estrategia de medición que se aplicó en esta investigación es un sonómetro el mismo que cumple con los requerimientos para la medición que se efectuó en el personal operativo de acuerdo a la actividad de la empresa.

La validez de la encuesta y entrevista la proporciono el Director de Tesis quien revisó y verificó que las preguntas están acordes a los requerimientos del estudio

3.8.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

En el caso de la investigación se utilizaron varios textos descritos en la bibliografía de la tesis, además del siguiente marco legal y regulatorio.

- Constitución Política de la República del Ecuador.
- Decisión 584 de la CAN, instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Convenios internacionales ratificados por el Ecuador.
- Código del Trabajo.
- Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente del trabajo.
- Reglamento para el funcionamiento de Servicios Médicos de Empresa.
- Normas Técnicas INEN.
- Acuerdos Ministeriales y Resoluciones del IESS.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS

El trabajo de investigación empezó por definir la población que son un total de 30 trabajadores de una empresa metalmeccánica, los mismos que intervienen de manera directa en las actividades de producción. Para la encuesta se realizó una visita de campo en cada puesto de trabajo y se les explicó la manera de ir contestando las preguntas planteadas en la encuesta. En alguno de los casos se tuvo un poco de inconvenientes por el nivel de estudio que tiene el personal de las áreas estudiadas. El tiempo que tomó para la realización de las encuestas fue de 3 días.

Los resultados obtenidos de las encuestas revelo información importante que es de gran utilidad para el análisis, evaluación y control del ruido en la empresa metalmeccánica y que se resume en el siguiente: los trabajadores en su mayoría coinciden que existe ruido en su puesto de trabajo, además que reciben y utilizan el equipo de protección personal para el ruido como factor de riesgo. La empresa si ha informado sobre la existencia de ruido a los trabajadores y también se han hecho reconocimiento médico al oído de los trabajadores, además los trabajadores conocen que se realizan mediciones y evaluaciones del ruido en el área de trabajo.

La información recolectada para permitirá tomar las medidas preventivas y correctivas en relación del ruido como factores de riesgo y el personal que está expuesto en sus áreas de trabajo.

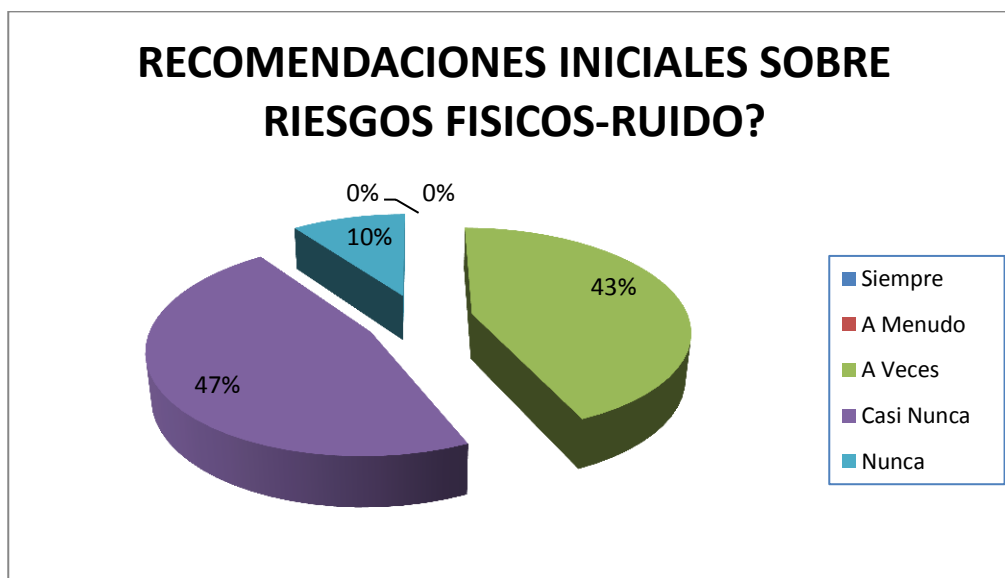
Los datos obtenidos de la encuesta son los siguientes:

TABLA No. 5 Pregunta 1

RECOMENDACIONES INICIALES SOBRE RIESGOS FÍSICOS-RUIDO?				
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%	
1	Siempre	5	0	0
	A Menudo	4	0	0
	A Veces	3	13	43
	Casi Nunca	2	14	47
	Nunca	1	3	10
	TOTAL		30	100

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 1 Pregunta 1



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

a) Interpretación

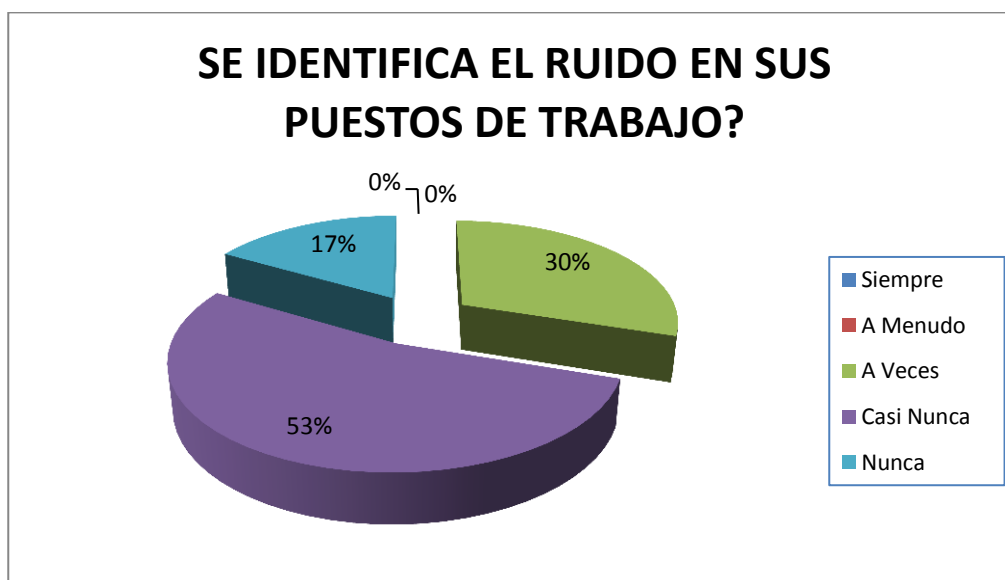
La mayor parte de los trabajadores encuestados coinciden en señalar que en las áreas donde laboran no se han preocupado en darles recomendaciones iniciales sobre el factor de riesgo físico - ruido a los que están expuestos, lo que se refleja en el 47% que dicen casi nunca, 43% a veces y 10% nunca.

TABLA No. 6 Pregunta 2

SE IDENTIFICA EL RUIDO EN SUS PUESTOS DE TRABAJO?				
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%	
2	Siempre	5	0	0
	A Menudo	4	0	0
	A Veces	3	9	30
	Casi Nunca	2	16	53
	Nunca	1	5	17
	TOTAL		30	100

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 2 Pregunta 2



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

b) Interpretación

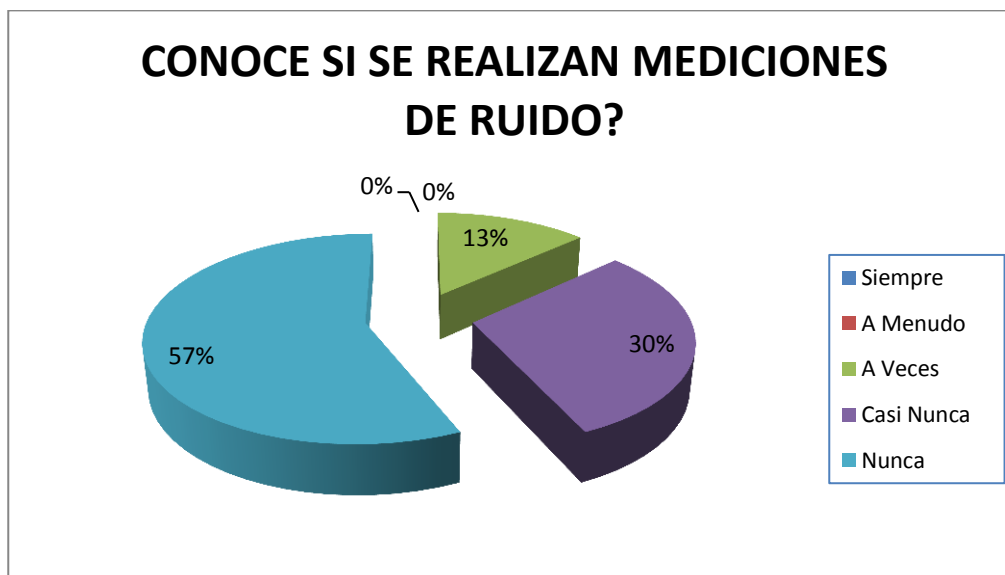
Existe un 53 % de los trabajadores que coinciden en indicar que casi nunca identifican el ruido en su puesto de trabajo mientras que un 30% a veces identifica el ruido en sus puesto de trabajo y un 17% manifiesta que siempre identifica ruido en sus puesto de trabajo.

TABLA No. 7 Pregunta 3

CONOCE SI SE REALIZAN MEDICIONES DE RUIDO?				
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%	
3	Siempre	5	0	0
	A Menudo	4	0	0
	A Veces	3	4	13
	Casi Nunca	2	9	30
	Nunca	1	17	57
	TOTAL		30	100

Fuente: Empresa metalmeccánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 3 Pregunta 3



Fuente: Empresa metalmeccánica
Elaborado por: Cristian Cargua

c) Interpretación

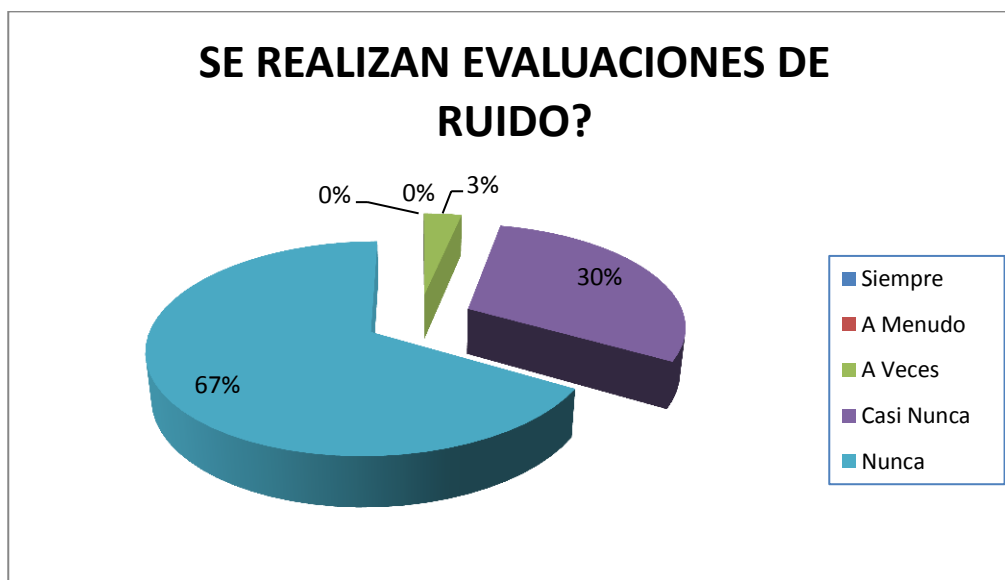
En el gráfico se puede apreciar que un 57 % de los trabajadores opinan que conocen si se realizan mediciones de ruido, un 30 % que casi nunca se realizan mediciones de ruido y un 13% que a veces se realizan mediciones de ruido.

TABLA No. 8 Pregunta 4

SE REALIZAN EVALUACIONES DE RUIDO?				
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%	
4	Siempre	5	0	0
	A Menudo	4	0	0
	A Veces	3	1	3
	Casi Nunca	2	9	30
	Nunca	1	20	67
	TOTAL		30	100

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 4 Pregunta 4



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

d) Interpretación

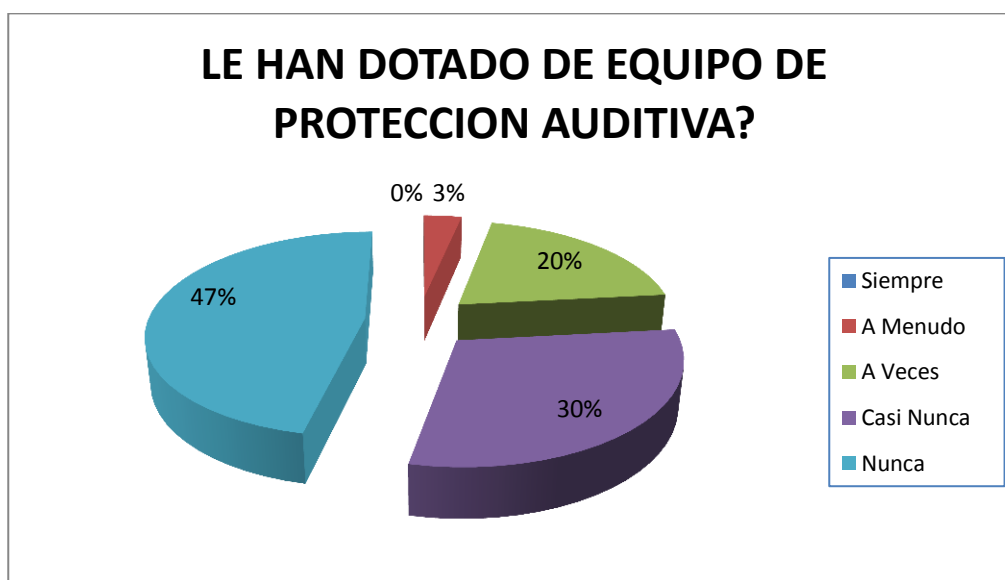
En la gráfica el 67% de los trabajadores concuerdan que se realizan evaluaciones de ruido en la empresa mientras que un 30% indica que casi nunca y el 3% que a veces se realizan las evaluaciones.

TABLA No. 9 Pregunta 5

LE HAN DOTADO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVA?			
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%
5	Siempre	5	0
	A Menudo	4	1
	A Veces	3	6
	Casi Nunca	2	9
	Nunca	1	14
	TOTAL		30

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 5 Pregunta 5



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

e) Interpretación

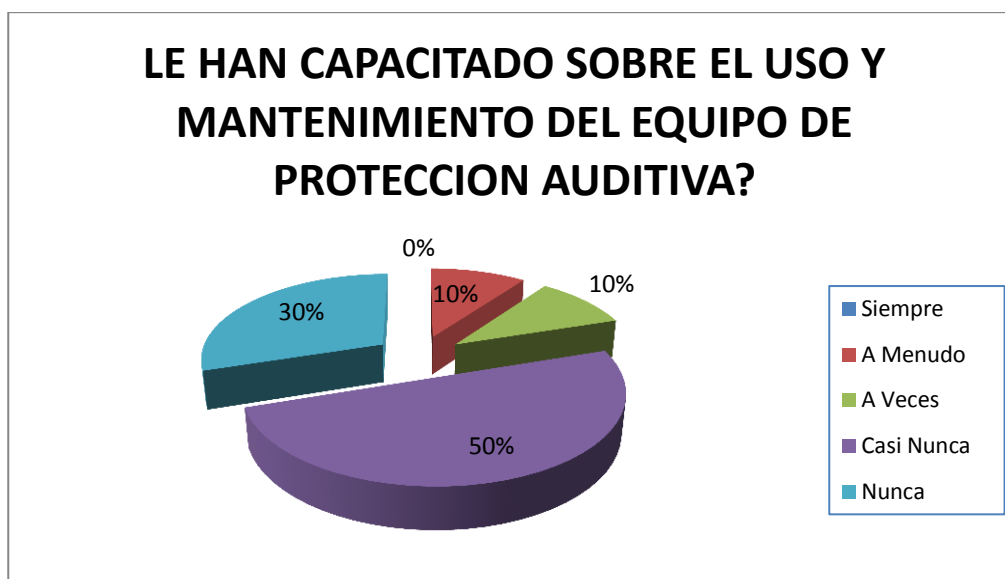
Según los resultados de la gráfica, el 47 % de los trabajadores manifiesta que siempre se les ha dotado de equipo de protección auditiva, el 30 % de los trabajadores incide que casi nunca les han dotado de equipo de protección auditiva, el 20% indica que a veces se les entrega del equipo de protección auditiva y 3% concuerda que a menudo se les entrega el equipo de protección personal.

TABLA No. 10 Pregunta 6

LE HAN CAPACITADO SOBRE EL USO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVA?				
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%	
6	Siempre	5	0	0
	A Menudo	4	3	10
	A Veces	3	3	10
	Casi Nunca	2	15	50
	Nunca	1	9	30
	TOTAL		30	

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 6 Pregunta 6



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

f) Interpretación

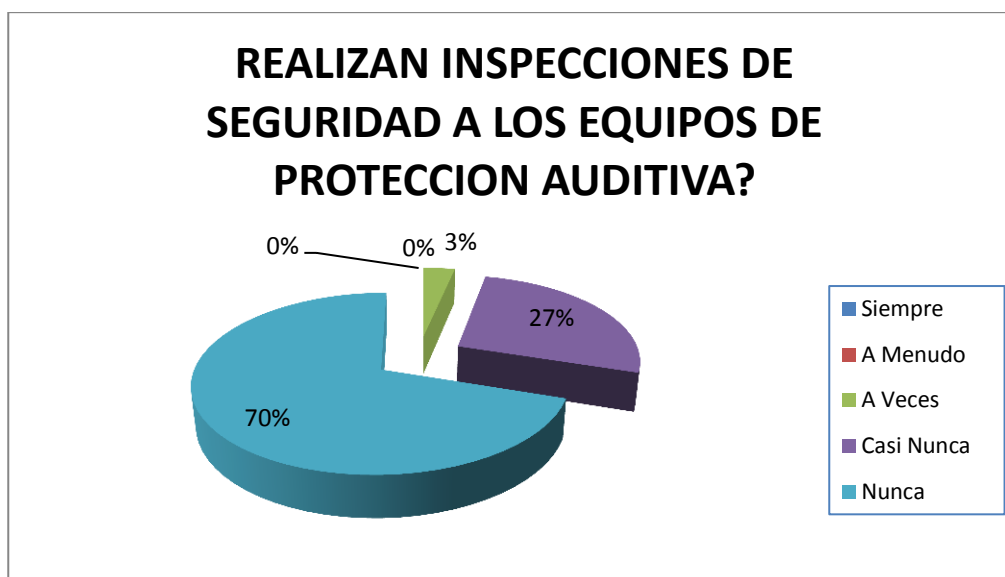
El grafico muestra que el 50 % de los trabajadores concuerdan que siempre han recibido capacitación sobre el uso y mantenimiento del equipo de protección auditiva, el 30% coincide que nunca han recibido capacitación del equipo de protección auditiva, además el 10% manifiesta que a menudo ha recibido capacitación sobre el uso y mantenimiento del equipo de protección auditivo y el 10% restante de los trabajadores expresa que a veces ha recibido capacitación sobre el uso y mantenimiento del equipo de protección auditivo.

TABLA No. 11 Pregunta 7

REALIZAN INSPECCIONES DE SEGURIDAD A LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA?				
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%	
7	Siempre	5	0	0
	A Menudo	4	0	0
	A Veces	3	1	3
	Casi Nunca	2	8	27
	Nunca	1	21	70
	TOTAL		30	

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 7 Pregunta 7



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

g) Interpretación

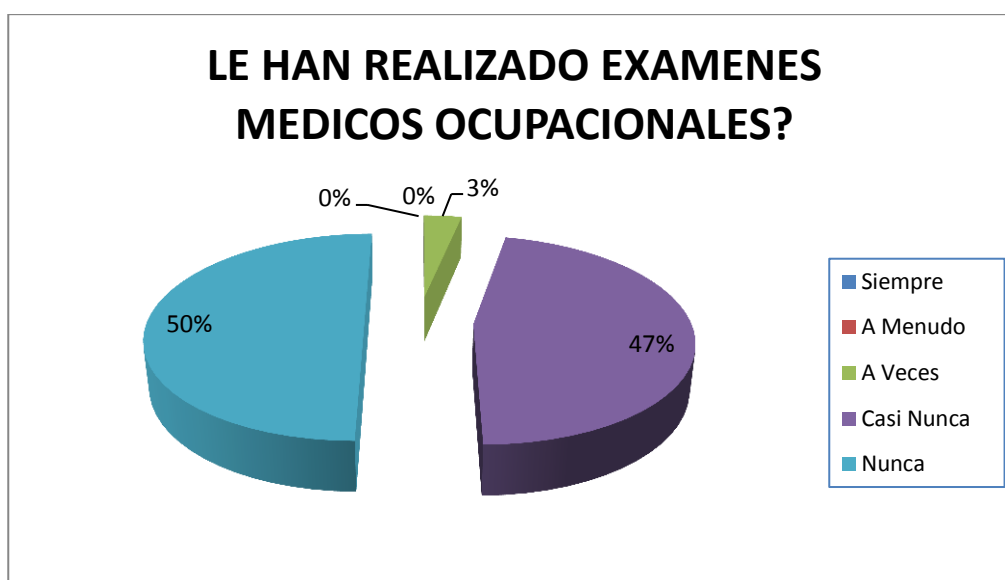
La grafica muestra que el 70 % de los trabajadores realizan inspecciones de seguridad a los equipos de protección auditiva, mientras un 27% coincide que casi nunca realiza inspecciones de seguridad a los equipos de protección auditiva y un 3% de los trabajadores manifiesta que a veces realizan la inspección de seguridad de los equipos de protección auditiva.

TABLA No. 12 Pregunta 8

LE HAN REALIZADO EXÁMENES MÉDICOS OCUPACIONALES?			
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%
8	Siempre	5	0
	A Menudo	4	0
	A Veces	3	1
	Casi Nunca	2	14
	Nunca	1	15
	TOTAL		30

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 8 Pregunta 8



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

h) Interpretación

En el grafico muestra que el 50% de los trabajadores si les ha realizado los exámenes médicos ocupacionales, mientras un 47% manifiesta que casi nunca se realizan los exámenes ocupacionales y el 3 % incide que a veces les realizan los exámenes ocupacionales.

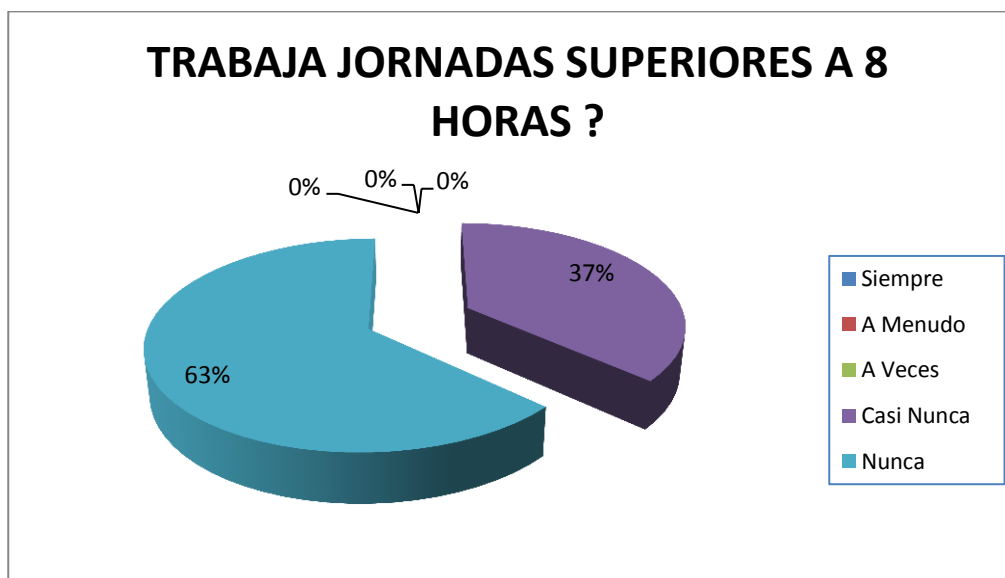
TABLA No. 13 Pregunta 9

TRABAJA JORNADAS SUPERIORES A 8 HORAS			
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%
9	Siempre	5	0
	A Menudo	4	0
	A Veces	3	0
	Casi Nunca	2	11
	Nunca	1	19
	TOTAL		30

Fuente: Empresa metalmecánica

Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 9 Pregunta 9



Fuente: Empresa metalmecánica

Elaborado por: Cristian Cargua

i) Interpretación

En el grafico muestra que el 63% de los operadores trabajan jornadas superiores a 8 horas y el 37 % coincide que casi nunca trabajan jornadas superiores a 8 horas.

TABLA No. 14 Pregunta 10

SE REALIZAN INVESTIGACIONES DE LOS ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDADES OCUPACIONALES?				
PREGUNTA	VALORACIÓN	fi	%	
10	Siempre	5	0	0
	A Menudo	4	2	7
	A Veces	3	1	3
	Casi Nunca	2	4	13
	Nunca	1	23	77
	TOTAL		30	

Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

GRAFICO No. 10 Pregunta 10



Fuente: Empresa metalmecánica
Elaborado por: Cristian Cargua

j) Interpretación

En el grafico muestra que el 77%, de los trabajadores coincide que siempre se realizan las investigaciones de los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales, el 13% manifiesta que casi nunca se ha realizado las investigaciones de los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales además, el 7% concuerda que a menudo se realizan la investigación de los accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales.

4.2 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Las mediciones de ruido se realizaron con el sonómetro en filtro A, y en las tareas realizadas en el día de la medición. Se obtuvieron los siguientes datos:

TABLA No. 15 Resultado de mediciones de Ruido

TAREA	Nivel de Presión sonora ponderado en decibelio dB(A)
Corte y Esmerilado	87,3
	85,7
	85,3
Doblado	84,4
	87,4
	87,5
Soldadura	89,3
	88,1
	86,3
Armado de estructuras	72,8
	76,6
	74,0
Alineación de estructuras metálicas	106,9
	105,9
	106,2

Elaborado: Cristian Cargua

TABLA No. 16 Calculo de la incertidumbre de la medición

TAREA	L1	L2	L3	NPSeq dB(A)	U (K=2)	D
Corte y esmerilado	87,3	85,7	85,3	86,2	± 1,2	1,2
Doblado	84,4	87,4	87,5	86,7	± 2,0	1,3
Soldadura	89,3	88,1	86,3	88,1	± 1,7	1,5
Armado de estructuras	72,8	76,6	74	74,8	± 2,2	0,2
Alineación de estructuras metálicas	106,9	60,9	59,7	102,1	± 31,1	10,7

Elaborado: Cristian Cargua

Con estos datos se selecciona las tareas más importantes para continuar con el estudio.

TABLA No. 17 Niveles de Presión sonora medidos en la tarea

Tarea	LA eq, T (dBA)		
Corte y esmerilado	95,6	98,3	97,8
Soldadura	88,7	88,3	89,4
Armado de estructuras	71,7	70,3	72,3

Elaborado: Cristian Cargua

TABLA No. 18 Tiempo de duración de las tareas

Tarea	Tiempo (horas)		
Corte y esmerilado	0,12	0,10	0,10
Soldadura	3,67	3,50	3,70
Alineación de estructuras metálicas	3,15	3,05	3,20

Elaborado: Cristian Cargua

Luego de la inspección y aplicar las encuestas a los trabajadores se pudo obtener los datos del tiempo de exposición de las tareas anteriormente mencionadas.

Cuando la diferencia de los valores medidos no es mayor a 3dB(A) no se deben realizar más de las tres mediciones que dice la NTP- Nota Técnica de Prevención 950.

Cálculo de los niveles de exposición equivalentes y diarios de cada tarea en dB(A)

Para este cálculo se aplicó las ecuaciones (4) y (5) de la NTP 951, y se obtuvo los siguientes resultados:

TABLA No. 19 Niveles de exposición

Tarea	LA, eq,T	LA eq, d
Corte y esmerilado	97,4	77,6
Soldadura	88,8	85,1
Alineación de estructuras metálicas	71,5	67,3

Elaborado: Cristian Cargua

Cálculo del nivel de exposición diario de la jornada

Aplicando la Ecuación (6) de la NTP 951

Se obtiene que el $L_{A,eq,d}$ es de 86 db(A)

Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

El cálculo de los *coeficientes de sensibilidad* se lo realiza de acuerdo a las ecuaciones (9) y (10) de la a NTP 951 los coeficientes de sensibilidad debidos al muestreo por tareas, **c1a**, y al cálculo de la duración de la tarea, **c1b**, se ilustra en la tabla siguiente:

TABLA No. 20 Calculo de duración de la tarea

Tarea	c1a	c1b
Corte y esmerilado	0,19	7,45
Soldadura	0,87	1,03
Alineación de estructuras metálicas	0,01	0,02

Elaborado: Cristian Cargua

Para el cálculo de las *incertidumbres estándar de cada tarea* se utiliza las ecuaciones (11) y (12) de la NTP 951, las incertidumbres estándar debidos al muestreo por tareas, $u1a$, y al cálculo de la duración de la tarea, $u1b$, para cada una de las tres tareas identificadas se indican en la siguiente tabla

TABLA No. 21 Duración de la tarea

Tarea	u1a	u1b
Corte y esmerilado	0,96	0,09
Soldadura	0,82	0,10
Alineación de estructuras metálicas	0,41	0,08

Elaborado: Cristian Cargua

Según la NTP 950 los valores de la *incertidumbre combinada estándar* debidas al instrumento de medida empleado, u_2 , y a la posición del micrófono, u_3 , en este caso serían: $u_2 = 0.7$ y $u_3 = 1$.

Conforme la ecuación (8) de la NTP 951 la incertidumbre combinada estándar, u nos da como resultado:

$$u_2 = 2,18 \text{ y } u = 1,1$$

Cálculo de la incertidumbre expandida, U

TABLA No. 22 Valores del factor de cobertura, k, para una distribución normal y en función del intervalo.

NIVEL DE CONFIANZA	K	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1.645	12.816
95	1.96	1.645
95.45	2	-
97.5	-	1.96

Fuente: García et al., 2015
Elaborado: Cristian Cargua

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura, k , para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 86 + 2,2 \text{ dB(A)} = 88 \text{ dB(A)}$$

Posteriormente se calcula la dosis diaria recibida por el trabajador la misma que da un valor de $D = 1.03$

FIGURA No. 8 Nivel de riesgo en función de la dosis del ruido

DOSIS DIARIA EQUIVALENTE	NIVEL DE RIESGO
$D \leq \text{al } 50\%$	RIESGO BAJO
$50\% < D \leq 100\%$	<p>RIESGO MEDIO TOMAR LOS CORRECTIVOS NECESARIOS PARA MANTENER LA EXPOSICIÓN DEL TRABAJADOR POR DEBAJO DEL LÍMITE. REALIZAR SEGUIMIENTO PERMANENTE.</p>
$100\% < D \leq 200\%$	<p>RIESGO ALTO SE REQUIEREN ACCIONES INMEDIATAS PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN DEL TRABAJADOR. ANÁLISIS DE CAUSAS SEGUIMIENTO PERIÓDICO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECTIVAS ADOPTADAS PARA DETERMINAR SU EFICACIA.</p>
$D > 200\%$	<p>RIESGO CRÍTICO SE REQUIEREN ACCIONES INMEDIATAS PARA REDUCIR LA EXPOSICIÓN DEL TRABAJADOR. ANÁLISIS DE CAUSAS SEGUIMIENTO PERIÓDICO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECTIVAS ADOPTADAS PARA DETERMINAR SU EFICACIA.</p>

Fuente: García et al., 2015

Elaborado: Cristian Cargua

De acuerdo a los resultados obtenidos el riesgo a los que se encuentra expuesto el ayudante de metalmecánica es de riesgo alto.

4.3 PROPUESTA DE CONTROL

1. De acuerdo a los resultados obtenidos la empresa metalmecánica deberá elaborar e implementar un programa de prevención, que incluya el control y la vigilancia de la salud de los trabajadores expuesto a ruido industrial, con el objeto de prevenir las enfermedades ocupacionales.
2. Controlar el nivel de ruido en la fuente, en el medio de transmisión y en el trabajador, para lo cual se tomaran las acciones siguientes:

En la fuente:

Para el Instituto de salud pública de Chile (2012) El control en la fuente son aquellas medidas que apuntan a la eliminación de la fuente de ruido, sustitución de la misma y/o aplicación del control de ingeniería para la disminución del ruido generado y transmitido, tanto por vía aérea como por vía estructural. Algunas de estas medidas son:

- a) Eliminación de la(s) fuente(s) sonora(s) generadora(s) de ruido;
- b) Impedir el choque entre partes mecánicas, además de la sustitución de equipamientos y maquinarias generadoras de ruido;
- c) Tratamiento del ruido en las superficies interiores de los lugares de trabajo (pisos, cielo, paredes), utilizando materiales absorbentes;
- d) Mantenimiento preventivo, correctivo a las maquinas, de manera que generen menores niveles de ruido;
- e) Modificación de los componentes mecánicos de las fuentes generadoras de ruido a unas con menor posibilidad de daño a la audición de los trabajadores;
- f) Reordenamiento de las fuentes generadoras de ruido en los puestos de trabajo, permitiendo de esa forma disminuyendo el número de trabajadores expuestos a ruido.

En el medio de transmisión:

- a) Modificar el puesto de trabajo o la zona de trabajo con la colocación de barreras entre la fuente generadora de ruido y los trabajadores expuestas a ruido;
- b) Situar al trabajador dentro de una cabina o resguardo insonorizados

En el trabajador:

- a) Capacitar al trabajador sobre los efectos del ruido sobre la salud y los métodos de control que se debe aplicar;
- b) Utilizar el equipo de protección personal (EPP) durante su exposición al ruido.
- c) Rotar al personal en las actividades diarias, aplicar lo que expresa en el art. 55 del Decreto Ejecutivo 2393.

TABLA No. 23 Tiempos de exposición permitidos

Nivel sonoro dB(A-lento)	Tiempo de exposición por Jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
105	0,50
110	0,25
115	0,125

Fuente: Decreto Ejecutivo 2393**Elaborado: Cristian Cargua**

- d) El uso de equipo de protección personal (EPP) por parte de los trabajadores se debe considerar como última medida de protección, siempre y cuando, no sea técnicamente factible la implementación de medidas de control en la fuente o en el medio de transmisión. El uso de EPP debe considerar en las siguientes situaciones:
 - ✓ Mientras se implementan las medidas de control recomendadas;
 - ✓ Cuando se hayan implementado medidas de control, y que pese a esto, aún existan riesgos de daño auditivo para los trabajadores;
- e) La selección, uso, limpieza, mantención y almacenamiento de los elementos de protección personal (EPP) en los lugares de trabajo,

deberá ser realizada de acuerdo al procedimiento elaborado por la unidad de seguridad industrial de la empresa metalmecánica.

- f)** La señalización debe ser ubicada en un lugar que sea visible, el uso obligatorio de protección auditiva.
- g)** Analizar y evaluar el plan de control del ruido para establecer responsabilidades y asignar recursos.
- h)** Mantener los registros tanto de las mediciones de ruido laboral, así como de las audiometrías de los trabajadores.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Con el presente estudio se logró determinar la exposición al ruido en los trabajadores de la empresa metalmecánica ubicada en el sector sur de la ciudad de Quito. En las mediciones y evaluación se nos permitió conocer que existen áreas donde se superan el límite permisible.

Se realizó el análisis de los procesos productivos en la empresa metalmecánica que producen ruido para determinar que las condiciones que afectan directamente a la exposición al ruido.

Se determinó que las principales fuentes, causas de la generación de ruido en las industrias metal mecánicas son los procesos productivos que están involucrados con materia prima, maquinaria y equipos.

Se realizó las mediciones y evaluaciones de la intensidad de ruido que reciben los trabajadores en su puesto de trabajo. Se concluye que existen áreas donde se supera los límites permisibles.

La presencia de ruido inherente a las actividades en la metal mecánica es elevada superando los 85 dB(A)

La existencia de un control administrativo, utilizando medidas organizativas, permite disminuir el tiempo de exposición al ruido de los trabajadores de la empresa, además con el uso del equipo de protección personal se atenúa el nivel de presión sonora equivalente permitiendo precautelar la salud del trabajador.

Se necesita monitorear la capacidad auditiva de los trabajadores expuestos, para prevenir una posible sordera laboral como resultado de la exposición a ruido

durante el trabajo, con un programa de vigilancia de la salud adecuado y no solamente con exámenes audiométricos.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Promover una cultura preventiva en los trabajadores capacitando sobre los efectos del ruido como la normativa vigente que debe cumplirse en cuanto los criterios de exposición al ruido industrial.
2. Promover herramientas administrativas de prevención con el fin de facilitar la acción preventiva en los trabajadores.
3. Promover, transmitir actitudes y conductas seguras en cada actividad que se desarrolle en el trabajo, buscando la implicación de los trabajadores.
4. Capacitar e informar sobre la importancia de la prevención de los riesgos laborales y su afectación por exposición al ruido ocupacional.
5. Realizar campañas de prevención de los efectos sobre la salud que pueden generarse ante la exposición al ruido ocupacional.
6. Realizar un programa detallado de vigilancia de la salud para el ruido ocupacional.
7. Realizar mediciones y evaluaciones de ruido ocupacional, cuando exista algún cambio en su infraestructura o procesos productivos

BIBLIOGRAFÍA

1. CORTEZ, J. (2012). *Seguridad e Higiene del Trabajo - Tecnicas de Prevencion de Riesgos Laborales*. Madrid Espana: Tebar S. L.
2. CREUS, A. y. (2012). *Seguridad e Higiene en el Trabajo – Un enfoque integral*. México DF: Alfaomega.
3. DENISOV, E., Suvorov, G. (1998). Medición del ruido y evaluación de la exposición. En la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo (Vol VI, Capitulo 47, p 47.6). Madrid: OIT-Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales.
4. FALAGAN, M. (2008). *Higiene Industrial – Manual Práctico, Tomos I y II*. Oviedo España: Fundacion Luis Fernandez Velasco.
5. FLORÍA, P. M. (2012). *Gestión de la Higiene Industrial en la Empresa*. España: FC Editorial.
6. GARCÍA, J., y Luna, P. (2012). NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición. Madrid: INSHT.
7. GARCÍA, J., y Luna, P. (2012). NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias. Madrid: INSHT.
8. GARCÍA, J., y Luna, P. (2012). NTP 952: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación. Madrid: INSHT.
9. HARRIS, C. (1988). *Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido*. Madrid España.
10. ISO, 9. (2009). *Acoustics. Guidelines for the measurement and assessment of exposure to noise in a working environment*.
11. ISO, 9. (2012). *Determinación de la exposición ocupacional al ruido- Método de Ingeniería*.
12. MANCERA, M. y. (2013). *Seguridad e Higiene Industrial – Gestión de Riesgos*. México DF.
13. MAPFRE, F. (1991). *Manual de Higiene Industrial*. Madrid España: Editorial MAPFRE.

14. OIT, E. d. (s.f.). Obtenido de <http://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/lang--s/index.htm>
15. OPS, O. P. (s.f.). Obtenido de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=1527&itemid=1349&limit=1&limitstart=18&lang=es
16. ROBLEDOS, F. (2012). *Riesgos Físicos I. Ruido, Vibraciones y Presiones Anormales*. Colombia: Ecoe Ediciones.

ANEXOS

ANEXO No. 1 Matriz de identificación, cualitativa y control de riesgos

IDENTIFICACIÓN, ESTIMACIÓN CUALITATIVA Y CONTROL DE RIESGOS

EMPRESA:	
LOCACIÓN:	
FECHA (día, mes, año):	
EVALUADOR	
CÓDIGO DOCUMENTO:	

INFORMACIÓN GENERAL			F. FISICOS				F. MECANICOS				QUIMIC	GONOMICOS	CUALIFICACIÓN								
			temperatura baja	iluminación insuficiente	ventilación insuficiente	ruido	espacio físico reducido	desorden	maquinaria desprotegida	manejo de herramienta cortante y/o punzante	superficies calientes	caída de objetos en manipulación	proyección de sólidos	polvo inorgánico (mineral o metálico)	humos de soldadura	levantamiento manual de objetos	Posición prolongada de pie	trabajo nocturno	trabajo a presión	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE
ÁREA / DEPARTAMENTO	PROCESO ANALIZADO	ACTIVIDADES / TAREAS DEL PROCESO																			
TALLER	Trazada	Con un marcador trazar sobre la lámina de acero la línea a ser cortada	4	-	6	7	4	-	-	-	-	3	-	-	-	-	4	3	3 y 4	5 y 6	7, 8 y 9
	Corte y pulido	Se corta con la amoladora la lámina de acero	4	-	6	7	4	5	7	7	-	3	6	4	-	-	5	4	3		
	Doblada	Ingresan la lámina cortada a la máquina de doblada	4	-	6	7	4	-	-	-	5	-	-	-	-	-	4	3			
	zaldadura	Se sueldan las partes para unir.	4	3	6	7	4	5	-	-	5	-	-	3	-	5	4	3			
	acabado	Se da forma a la pieza estructural y se realizan las acabados	4	-	6	7	4	5	-	6	-	3	-	-	5	-	4	3			
ADMINISTRACIÓN	Administración	Oficina y asistencia	4	-	4	5	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4				
TOTAL																					

Fuente: Unidad de Seguridad y Salud Ocupacional
 Elaborado por: Cristian Cargua

ANEXO No. 2 Encuesta**ENCUESTA**
Seguridad y Salud en el Trabajo

Señale una opción a cada una de las preguntas presentadas a continuación:

1. ¿RECOMENDACIONES INICIALES SOBRE RIESGOS FISICOS-RUIDO?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

2. ¿SE IDENTIFICA EL RUIDO EN SUS PUESTOS DE TRABAJO?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

3. ¿CONOCE SI SE REALIZAN MEDICIONES DE RUIDO?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

4. ¿SE REALIZAN EVALUACIONES DE RUIDO?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

5. ¿LE HAN DOTADO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVA?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

6. ¿LE HAN CAPACITADO SOBRE EL USO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN AUDITIVA?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

7. ¿REALIZAN INSPECCIONES DE SEGURIDAD A LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN AUDITIVA?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

8. ¿LE HAN REALIZADO EXAMENES MEDICOS OCUPACIONALES?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

9. ¿TRABAJA JORNADAS SUPERIORES A 8 HORAS?

- a) Siempre
- b) A Menudo
- c) A Veces
- d) Casi Nunca
- e) Nunca

10. ¿SE REALIZAN INVESTIGACIONES DE LOS ACCIDENTES DE TRABAJO Y ENFERMEDADES OCUPACIONALES?

- 11. Siempre
- 12. A Menudo
- 13. A Veces
- 14. Casi Nunca
- 15. Nunca

ANEXO No. 3 NTP 951 Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

NP
Notas Técnicas de Prevención

951

Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias

Strategies for measuring and assessing noise exposure (II): Types of strategies
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (II) : types de stratégies

Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES
DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 950 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP trata de la planificación de las mediciones. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 950 y 952. Junto con las NTP 950 y 952 sustituyen a la NTP 270

1. ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO CON EXPOSICIÓN AL RUIDO

El desconocimiento de las características de las exposiciones, es decir, de las condiciones de trabajo en lo que respecta a la exposición al ruido es una de las fuentes de incertidumbre más importantes. Se trata asimismo de una fuente de incertidumbre no evaluable o medible por lo que su control y minimización son muy importantes. Por todo ello, es imprescindible un análisis previo de dichas condiciones en el que deberá participar activamente la empresa en cuestión, tanto los mandos como los trabajadores expuestos, en estrecha colaboración con el técnico de prevención.

La figura 1 muestra el diagrama de flujo de la metodología global aquí descrita.

El objetivo básico de esta metodología es preparar un plan de medición que permita obtener una evaluación representativa y fiable de la exposición.

En primer lugar, conviene realizar un análisis de las condiciones de trabajo lo más exhaustivo posible, estudiando las características de la empresa. El técnico de prevención deberá, asimismo, contrastar los datos aportados con las siguientes fuentes de información:

- Observaciones propias de las condiciones existentes.
- Entrevistas con los mandos y los trabajadores expuestos.
- Si existe una evaluación de la exposición al ruido previa, es importante su consulta.
- En algunos casos, incluso resultará conveniente el realizar medidas puntuales "exploratorias", sobre todo en el caso de situaciones en cierto modo desconocidas. Con todo ello, el técnico de prevención debe:

1. Delimitar en qué áreas de trabajo deberá llevarse a cabo la evaluación de la exposición al ruido.

2. Sobre qué puestos de trabajo o trabajadores deberá realizarse la evaluación y si existe la posibilidad de constituir Grupos de exposición homogénea (en adelante GEH).
3. Tener en cuenta si existe la posibilidad de que ocurran episodios de ruido significativos en la jornada de trabajo.

2. GRUPOS DE EXPOSICIÓN HOMOGÉNEA (GEH)

Un Grupo de exposición homogénea (GEH) es un grupo de trabajadores asignados a puestos de trabajo o tareas similares que están expuestos de forma análoga a fuentes de ruido semejantes. La definición de un GEH requiere del criterio profesional de un técnico de prevención en base a la información recabada con anterioridad.

Los GEH pueden constituirse siguiendo diferentes criterios: en función del puesto de trabajo, de la tarea a desarrollar, del área de trabajo o incluso según el proceso productivo. Su constitución permite muestrear sobre un número representativo de trabajadores de exposición similar. Sin embargo, se trata de un proceso complejo ya que, por un lado, GEH demasiado grandes supondrán exposiciones no del todo homogéneas y, por otro lado, GEH demasiado pequeños conllevarán un mayor esfuerzo de medición. Un GEH puede estar constituido por un solo trabajador, si su exposición es muy específica.

3. ESTUDIO DE UNA JORNADA DE TRABAJO NOMINAL

Con el objetivo de obtener una visión general y una comprensión global de todos los factores que van a influir en

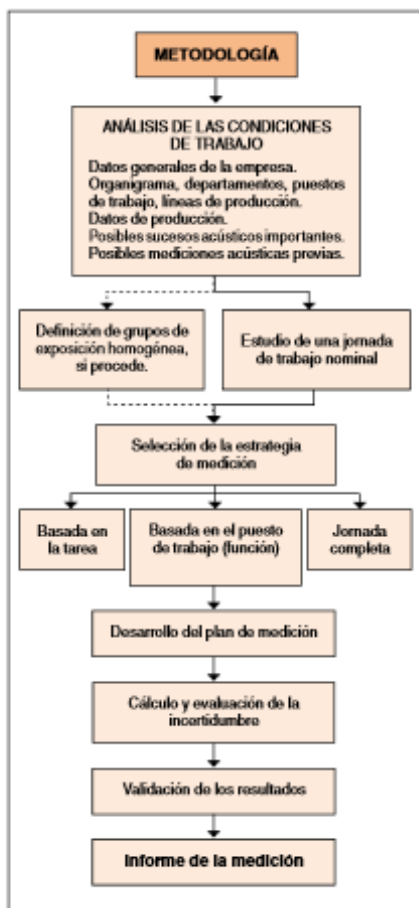


Figura 1. Metodología de actuación para la medición del ruido

la exposición al ruido, conviene determinar una jornada de trabajo nominal, contemplando los siguientes aspectos de la misma:

- Tareas que se realizan, incluyendo sus características y su duración, y variaciones entre las diferentes tareas.
- Principales fuentes de ruido y áreas de trabajo más ruidosas.
- Patrón de trabajo y episodios de ruido significativos que puedan influir en el nivel de ruido.
- Número y duración de posibles descansos, reuniones, etc. y su inclusión o no dentro de la jornada de trabajo habitual.

Esta jornada de trabajo nominal será objeto de la medición para determinar la exposición al ruido, pudiendo tratarse de la jornada en la que se prevea una exposición mayor. En aquellos casos en los que el trabajo varíe notablemente de una jornada a otra, puede ser necesario el

utilizar el promedio semanal, definido en el Real Decreto 286/2006.

4. SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

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

- 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.
- Basada en el puesto de trabajo (función):* la medición se realiza sobre trabajadores que desarrollan diferentes tareas en su puesto de trabajo, difícilmente subdivisibles y, por lo general, en el marco de un GEH.
- Jornada completa:* la medición se lleva a cabo a lo largo de toda la jornada laboral.

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 el posterior análisis de los resultados.

Asimismo, la selección se basará en el conocimiento previo de la exposición al ruido de que se disponga. Cada una de las estrategias presenta diferentes peculiaridades que la hacen más o menos apropiada para cada situación y que se desarrollan en los siguientes apartados.

5. ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA

La jornada de trabajo nominal estudiada debe poder dividirse en tareas u operaciones diferentes 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 obtengan valores de $L_{Aeq,T}$ homogéneos.

Ejemplos de aplicación:

- Taller de corte de piezas y posterior soldadura de las mismas.
- Cadena de montaje de la industria del automóvil.

Las claves del enfoque por tareas son las siguientes:

- Amplio y profundo conocimiento de las condiciones de trabajo.
- Tener en cuenta los posibles episodios de exposición a ruido significativos y asegurarse de que están incluidos en las tareas definidas y en los periodos de medición.
- La estimación de la duración de la tarea es fundamental y es un factor de incertidumbre a calcular posteriormente.
- Tiempos de medición cortos, menor esfuerzo de medición que las otras estrategias.

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.

Asimismo, 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 dichas, en función

de la distribución y la duración de las tareas definidas y medidas.

Duración de la tarea

La duración de la tarea puede ser estimada a partir de la información obtenida de los trabajadores y demás personal entrevistado o bien puede medirse tras repetidas observaciones.

Se calculará entonces la media aritmética, \bar{T}_m , de la duración de cada tarea m a partir de los J valores obtenidos, $T_{m,j}$, aplicando la siguiente ecuación:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad (1)$$

La suma de las duraciones de las diferentes tareas, \bar{T}_m , se corresponderá con la duración de la jornada de trabajo nominal, T_n , según la ecuación:

$$T_n = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m \quad (2)$$

donde \bar{T}_m es la duración media de la tarea m y M es el número total de tareas identificadas.

Obtención de $L_{Aeq,t,m}$ en la estrategia basada en la tarea

Para cada tarea, m , se medirá el $L_{Aeq,t,m}$ correspondiente. La duración de cada medición se prolongará lo suficiente como para que sea ésta representativa de la exposición al ruido durante el desarrollo de la tarea en cuestión.

En este sentido, se deben seguir las siguientes indicaciones:

- Si la tarea dura menos de 5 minutos, la duración de cada medición será equivalente a la duración de la tarea.
- Para tareas de más de 5 minutos, la medición durará, al menos, 5 minutos.
- Si el ruido es cíclico a lo largo de la tarea, cada medida debe cubrir, al menos, 3 ciclos bien definidos. Si la duración de 3 ciclos definidos es menor de 5 minutos, cada medida debe durar, al menos, 5 minutos. La duración de cada medición debe corresponderse siempre con la duración de un determinado número de ciclos enteros.
- También puede optarse por tiempos de medición menores en los casos en los que el nivel de ruido sea constante o bien la tarea contribuya muy poco al nivel de exposición global¹.

En cuanto al número de mediciones a realizar, la norma considera que deben llevarse a cabo, al menos, 3 medidas. Atendiendo a los resultados de estas 3 mediciones, si los valores difieren en 3 dB o más se deberá:

- a) Llevar a cabo 3 o más mediciones de la tarea,
- b) o bien revisar la definición de las tareas y subdividir en tareas más sencillas,
- c) o bien repetir las medidas pero con mayores tiempos de medición.

Con ello lo que se pretende es reducir la incertidumbre asociada.

1. A título orientativo, el NORDIEST METHOD (ver referencia bibliográfica al final de la parte III de esta NTP) considera que si el nivel de presión sonora es inferior en 10dB al valor de referencia su contribución es mínima

Ejemplo: Un trabajador realiza dos tareas A y B bien definidas a lo largo de su jornada laboral de 8h, con una pausa de 30 minutos. La tarea A se realiza durante 5 h. Se trata de una tarea cíclica, cuyos ciclos duran 6 minutos. La tarea B no es cíclica y se lleva a cabo durante 2,5 h.

¿qué tiempos de medición se deberían emplear?

Para la tarea A se tienen que cubrir al menos 3 ciclos en la medición, es decir, la duración mínima de la medida sería de 18 minutos. Y se deben realizar 3 mediciones de dicha duración.

Para la tarea B se llevarán a cabo 3 mediciones de al menos 5 minutos.

A continuación, se calcula el $L_{Aeq,t,m}$ correspondiente a cada tarea mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,t,m} = 10 \lg \left[\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J 10^{0,2 \cdot L_{Aeq,t,m,j}} \right] \text{dB(A)} \quad (4)$$

donde $L_{Aeq,t,m}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y J es el número total de mediciones de la tarea llevadas a cabo.

A partir de aquí, para calcular el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,D}$, hay dos opciones:

1. Por un lado, puede calcularse el nivel de exposición diario equivalente para cada tarea m , $L_{Aeq,t,m}$ mediante la siguiente expresión (5):

$$L_{Aeq,t,m} = L_{Aeq,t,m} + 10 \lg \left[\frac{T_m}{T_0} \right] \text{dB(A)} \quad (5)$$

Y a continuación, calcúlese el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,D}$ mediante la ecuación (6):

$$L_{Aeq,D} = 10 \lg \left[\sum_{m=1}^M 10^{0,2 \cdot L_{Aeq,t,m}} \right] \text{dB(A)} \quad (6)$$

donde M es el nº total de tareas.

2. O bien, obtener directamente el nivel de exposición diario equivalente global, $L_{Aeq,D}$, a partir de los $L_{Aeq,t,m}$ correspondientes a cada tarea, calculados según ecuación (4), mediante la expresión matemática (7) a continuación:

$$L_{Aeq,D} = 10 \lg \left[\sum_{m=1}^M \left(\frac{T_m}{T_0} \right) \times 10^{0,2 \cdot L_{Aeq,t,m}} \right] \text{dB(A)} \quad (7)$$

donde T_0 es el tiempo de referencia, en este caso siempre 8 horas.

Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la tarea

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario $u(L_{Aeq,D})$ se calcula a partir de las distintas contribuciones $c_i u_i$ de las diferentes componentes de incertidumbre, según la siguiente ecuación (8):

$$u^2(L_{Aeq,D}) = \left(\sum_{i=1}^n [c_{i,x}^2 (u_{i,x}^2 + u_{i,y}^2 + u_{i,z}^2) + (c_{i,x} u_{i,x})^2] \right) \quad (8)$$

donde m corresponde a cada tarea definida y M es el número total de tareas y además:

$u_{1,m}$ es la incertidumbre estándar debida al muestreo por tareas.

$u_{10,m}$ es la incertidumbre estándar debida al cálculo de la duración de la tarea.

$u_{2,m}$ es la incertidumbre estándar debida al instrumento de medida empleado.

u_3 es la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono.

$c_{10,m}$ y $c_{2,m}$ son los diferentes coeficientes de sensibilidad. La Norma UNE EN ISO 9612:2009 considera que los coeficientes de sensibilidad debidos tanto al instrumento de medida empleado, $c_{2,m}$, como a la posición del micrófono, $c_{10,m}$, son iguales al del muestreo por tareas, $c_{1,m}$, de forma que en la fórmula se ha simplificado y sólo queda reflejado éste último.

Los valores de $u_{2,m}$ y u_3 son los recogidos en la parte I de esta NTP.

A continuación se muestra el cálculo para los restantes parámetros de la fórmula (8).

Los coeficientes de sensibilidad se calculan según:

$$c_{1,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,2n(L_{m,T,m} - L_{m,T,m})} \quad (9)$$

$$c_{10,m} = 4,34 \times \frac{c_{1,m}}{T_m} \quad (10)$$

Las incertidumbres estándar se calculan según:

$$u_{1,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{m,T,m} - \bar{L}_{m,T,m})^2 \right]} \quad (11)$$

siendo I el número total de mediciones de la tarea.

$$u_{10,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - \bar{T}_m)^2 \right]} \quad (12)$$

siendo J el número total de observaciones de la duración de la tarea.

Asimismo, cuando se trate de rangos de tiempo, es posible aproximar la incertidumbre estándar debida a la duración de la tarea mediante la fórmula:

$$u_{10,m} = 0,5 \times (T_{\max} - T_{\min}) \quad (13)$$

Por último, la incertidumbre expandida se calculará según lo recogido en la parte I de esta NTP.

6. ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO (FUNCIÓN)

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 detallado y, por lo tanto, no es necesario un conocimiento de las mismas tan exhaustivo como ocurría en el caso de la estrategia por tareas.

Se realizan mediciones aleatorias entre los diferentes trabajadores que ocupan puestos de trabajo equivalentes o de exposiciones al ruido muy similares, por lo general, en el marco de un GEH.

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 no recomienda el empleo de esta estrategia cuando el trabajo consta de un pequeño número de tareas muy ruidosas.

El desarrollo de esta estrategia conlleva un mayor tiempo de medición pero el resultado final suele presentar una incertidumbre menor.

Ejemplos de aplicación:

- Línea de emblistado, encajado y empaquetado de una industria farmacéutica.

- Línea de plegado/tren de acabados de una imprenta. Al igual que en el caso de la estrategia basada en la tarea, es imprescindible no descuidar los posibles episodios de elevada exposición al ruido durante el tiempo de medición.

Ambas estrategias - la basada en la tarea y la basada en el puesto de trabajo (función) - no son excluyentes y puede haber casos en los que puedan aplicarse ambas, con resultados igualmente representativos de la exposición.

Plan de medición en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

Una vez identificados los puestos de trabajo a evaluar, deben definirse los GEH que correspondan.

En función del número de trabajadores que constituyan de cada GEH, existe una duración mínima de la duración de la medición, a distribuir entre los miembros de dicho GEH. La tabla 1 muestra el cálculo a realizar.

Número de trabajadores del GEH n_G	Duración mínima acumulada de la medición a distribuir entre los miembros del GEH
$n_G \leq 5$	5h
$5 < n_G \leq 15$	5h + $(n_G - 5) \times 0,5$ h
$15 < n_G \leq 40$	10h + $(n_G - 15) \times 0,25$ h
$n_G > 40$	17h ó subdividir el GEH

Tabla 1. Duración mínima del muestreo en función del nº de trabajadores del GEH

A continuación, teniendo en cuenta que según esta estrategia, deben realizarse, como mínimo, 5 mediciones, se determina el número de medidas y la duración de las mismas de manera que se cumpla la duración mínima obtenida de la tabla 1 o bien se supere.

Ejemplo de cálculo de duración de la medición para un GEH dado, según tabla 1:

Se constituye un GEH de 15 trabajadores. El plan de medición será como sigue:

- La duración mínima acumulada de la medición es de 10 h, según la tabla 1
- Se decide realizar 5 mediciones de 2 h cada una
- Se escogen aleatoriamente 5 trabajadores sobre los realizar las mediciones del tiempo estipulado y a lo largo de la jornada de trabajo.

A la vista del ejemplo de cálculo de duración mínima acumulada, se aprecia el mayor esfuerzo de medición que

supone la estrategia basada en el puesto de trabajo (función), frente a la estrategia basada en la tarea. Además, en el cómputo posterior de la incertidumbre no se contempla la componente debida al cálculo de la duración de la tarea (a menudo muy importante).

Obtención de $L_{Aeq,T}$ en la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

El $L_{Aeq,T}$ correspondiente a cada puesto de trabajo definido en el marco de un GEH se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1 \times L_{Aeq,T,k}} \right] \text{ dBA} \quad (14)$$

donde $L_{Aeq,T,k}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición y N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

Es importante señalar que el valor de T_p se define como el correspondiente a la duración efectiva de la jornada de trabajo y, por lo tanto, NO es el de la duración de cada medición individual realizada sobre los miembros del GEH, según los cálculos de la tabla 1.

A continuación, se promedia a 8 horas para obtener el $L_{Aeq,8h}$ en el marco de la estrategia basada en el puesto de trabajo:

$$L_{Aeq,8h} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \left(\frac{T_p}{T_0} \right) \text{ dB(A)} \quad (15)$$

Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en el puesto de trabajo (función)

Teniendo en cuenta lo recogido en la parte I de esta NTP, la incertidumbre combinada estándar para el nivel de exposición diario $u(L_{Aeq,d})$ se calcula a partir de las diferentes contribuciones $c_i u_i$ de las diferentes componentes de incertidumbre, según la ecuación (16):

$$u^2(L_{Aeq,d}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \quad (16)$$

El valor del factor $c_i u_i$ es función del número de mediciones, N , llevadas a cabo durante el muestreo y del valor de la componente de incertidumbre u_i asociada a los valores de $L_{Aeq,i,n}$ obtenidos.

De esta manera, el valor de u_i se calcula según la fórmula (17):

$$u_i = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{Aeq,i,n} - \bar{L}_{Aeq,i})^2 \right]} \quad (17)$$

donde:

$L_{Aeq,i,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente obtenido en cada medición.

N es el número total de mediciones del puesto de trabajo llevadas a cabo.

$\bar{L}_{Aeq,i}$ es la media aritmética de las N muestras de nivel de presión sonora equivalente realizadas.

Cabe destacar que este valor de u_i sólo se calcula para

utilizarlo como entrada en la tabla 3², junto con el valor de N , y obtener el valor del factor $c_i u_i$.

De cara a una validación de los datos obtenidos, al igual que en el caso de la estrategia por tareas, la norma establece que si el factor $c_i u_i$ obtenido de la tabla 3 es superior a 3,5 dB (resaltados en negrita) se debe revisar el plan de medición diseñado y estudiar la posibilidad bien de modificar los GEH definidos o bien de aumentar el número de mediciones, N , con objeto de reducir la incertidumbre.

Los coeficientes de sensibilidad c_y y c_x debidos, respectivamente al instrumento empleado y a la posición del micrófono valen ambos la unidad. Por su parte, los valores de u_y y u_x son los recogidos en la parte I de esta NTP.

Por último, la incertidumbre expandida se calculará según lo recogido en la parte I de esta NTP.

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".

La estrategia basada en la jornada completa resulta útil cuando no es sencillo o práctico el describir o "diseccionar" el patrón de trabajo, al igual que ocurría en el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo. Por ello, requiere un menor esfuerzo de análisis de las condiciones de trabajo pero, a cambio, supone mayor esfuerzo de tiempo de medición.

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 este 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.

Los instrumentos más comúnmente empleados 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.

Asimismo, 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, en la medida de lo posible, la validez de las mediciones. También se contempla la posibilidad de medir determinadas tareas con objeto de contrastar los datos obtenidos, siguiendo la estrategia correspondiente del apartado 3 del presente documento.

² En Abril de 2011 se publicó un erratum de la Norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor $c_i u_i$ sin necesidad de recurrir a la tabla 3 aquí reproducida.

N	Incertidumbre estándar u_i											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Tabla 3. Valores (en dB) del factor c_{μ} .

PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Basada en la jornada completa
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	RECOMENDADA	-	-
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	-	RECOMENDADA	APLICABLE
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	-	RECOMENDADA	APLICABLE

Tabla 4. Selección de la estrategia de medición según el patrón de trabajo

Obtención de $L_{Aeq,t}$ en la estrategia basada en la jornada completa

Deben realizarse tres mediciones en tres jornadas de trabajo representativas de la exposición al ruido. Aunque, siempre que sea posible, debe cubrirse la jornada completa de trabajo, hay ocasiones en las que esto no es posible. En esos casos, se medirá la mayor parte de la jornada que sea factible, asegurándose de cubrir todos los períodos de exposición significativa.

Si los resultados de las tres jornadas medidas difieren en 3 dB o más, deberán medirse, al menos, dos jornadas más.

Se empleará la ecuación (14) para calcular la "media energética" de los diferentes $L_{Aeq,t}$ registrados y posteriormente, mediante la ecuación (15) se obtiene el $L_{Aeq,t}$.

Cálculo de la incertidumbre de la medición para la estrategia basada en la jornada completa

El procedimiento es el mismo que el descrito para el caso de la estrategia basada en el puesto de trabajo.

En primer lugar, se calculará el valor de u_i mediante la ecuación (17). Con el valor así calculado y con el número, N , de mediciones realizadas, se obtendrá el valor del factor c_{μ} mediante el empleo de la tabla 3. Por

último, se empleará la ecuación (16) para el cálculo de la incertidumbre estándar y posteriormente, mediante la multiplicación por el factor de confianza que se considere, se obtendrá el valor de la incertidumbre expandida, U .

8. OBSERVACIONES ADICIONALES

Existe la posibilidad de emplear más de una estrategia de medición en alguna ocasión. Pueden ocurrir casos en los que durante las jornadas en las que se llevan a cabo las

mediciones, bien siguiendo la estrategia basada en la jornada completa o la basada en la tarea, no se desarrollen algunas tareas que pueden contribuir significativamente a la exposición a ruido. En ese caso, se requerirán mediciones adicionales de dichas tareas.

También es posible que determinados trabajadores desarrollen su jornada laboral de manera desigual y durante la mañana se les aplique una estrategia para el cálculo de su exposición y durante la tarde otra estrategia diferente.

La tabla 4 recoge una guía para la selección de la estrategia de medición en función del patrón de trabajo.

ANEXO No. 4 NTP 950 Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): Incertidumbre de la medición



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

NP
Notas Técnicas de Prevención

950

Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición

*Strategies for measuring and assessing noise exposure (I): Measurement uncertainty.
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (I) : l'incertitude de mesure.*

Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES
DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 951 y 952, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. Esta NTP se centra en el cálculo de la incertidumbre. La bibliografía se ha incluido al final de la NTP 952.

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 951 y 952. Junto con las NTP 951 y 952 sustituyen a la NTP 270

1. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 286/2006, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, introdujo el concepto de incertidumbre en su articulado. Este hecho ha obligado a considerar el dato de la incertidumbre en la expresión final del resultado de una medición de ruido, tal y como ya reflejaba la Directiva europea 2003/10/CE, de la que emana la citada norma española.

En su Anexo II, el citado real decreto establece la necesidad de comparar el resultado de la medición de ruido con los valores de referencia teniendo en cuenta el intervalo de incertidumbre asociado. Asimismo, dispone que la determinación del referido intervalo de incertidumbre se llevará a cabo de conformidad con la práctica metroológica.

En el marco de esa práctica metroológica, la Norma UNE EN ISO 9612:2009 aporta un método para la medición de la exposición al ruido de los trabajadores y para el cálculo del nivel de exposición y de la incertidumbre asociada.

Durante el proceso de redacción de la mencionada norma, se elaboró la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006, publicada por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el año 2008. El Apéndice 5 de dicha Guía Técnica, que recoge los aspectos relativos a las mediciones del nivel del ruido, se inspiró en un borrador de la mencionada norma que, finalmente, no coincidió con la versión definitiva de la misma.

2. CONCEPTOS RELATIVOS A LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO

El resultado de la medición de cualquier magnitud física, como es el ruido, debe ir acompañado de una indicación de la calidad de dicho resultado, de manera que quienes manejen ese dato puedan evaluar la idoneidad del mismo. Sin esta indicación, que es precisamente la incertidumbre, las mediciones no podrían compararse entre sí ni con valores de referencia.

La incertidumbre de medida se define como el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (siendo el mensurando la magnitud particular objeto de la medición). En el caso de la medición de la exposición laboral al ruido, el mensurando es el nivel de exposición diario equivalente, $L_{Aeq,T}$.

Por lo general, en la realización de cualquier medición (no sólo de la exposición al ruido) se cometen imperfecciones que dan lugar a un error en el resultado de la medición.

Los términos error e incertidumbre no son sinónimos, sino que se trata de conceptos diferentes.

El error se define como la diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mensurando. Se trata, por tanto, de un valor y de un concepto ideal que, como tal, puede no conocerse con exactitud jamás. La incertidumbre, en cambio, es un rango, se estima para un procedimiento de medición y, posteriormente, se aplica

a todas las determinaciones descritas en el mencionado procedimiento. Es una expresión del hecho de que, para un mensurando y un resultado de medida dados, no existe un único valor, sino un infinito número de valores dispersos en torno al resultado que son compatibles con todas las observaciones, datos y conocimientos que se poseen y que, con diferentes grados de credibilidad, pueden atribuirse al mensurando.

En la realización de una medición de la exposición al ruido existen numerosas fuentes posibles de incertidumbre debidas tanto a errores como a alteraciones naturales de las condiciones de trabajo. La exactitud y precisión de la medición de la exposición al ruido, objetivos primordiales, van a depender fundamentalmente de un conocimiento profundo de la/s exposición/es, de los aparatos empleados y de la estimación de los tiempos de exposición.

Entre las posibles fuentes de incertidumbre cabe destacar:

- La instrumentación empleada y su calibración.
- La posición del micrófono.
- Las variaciones en el trabajo diario, en las condiciones operativas, etc.
- El tipo de muestreo llevado a cabo, como tal.
- Falsas contribuciones, tales como el viento, corrientes de aire o impactos en el micrófono.
- Un análisis inicial de las condiciones de trabajo deficiente.
- Las contribuciones de fuentes de ruido atípicas tales como conversaciones, música, señales de alarma o comportamientos anormales.

Los errores derivados de los posibles impactos sobre el micrófono, las corrientes de aire o las contribuciones anómalas deben ser controlados y minimizados al máximo, en la medida de lo posible.

Las demás fuentes de incertidumbre en la medición de ruido, por su parte, deben ser también controladas pero en algunos casos imposibles de minimizar. Para su evaluación, son tratadas matemáticamente de forma independiente. Cada componente de incertidumbre se expresa como una desviación estándar y se denomina incertidumbre estándar, u_i .

Para el resultado de la medición de ruido, se calcula la incertidumbre estándar combinada, u , que proviene de la combinación de todas las componentes de la incertidumbre estándar, u_i . Las contribuciones de cada componente se calculan utilizando los correspondientes coeficientes de sensibilidad, c_i . El cálculo es mediante la ecuación:

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2$$

La incertidumbre estándar combinada, u , de una función, y , es la raíz cuadrada de la suma de ciertos términos que son las varianzas de las variables medibles ponderadas de acuerdo a la importancia, que la variación de cada una, tiene en el resultado final. Los coeficientes de sensibilidad (también llamados de ponderación) son las derivadas parciales de la función respecto a las variables medibles.

$$u^2(y) = \left(\frac{\partial y}{\partial x_1}\right)^2 u^2(x_1) + \left(\frac{\partial y}{\partial x_2}\right)^2 u^2(x_2) + \dots + \left(\frac{\partial y}{\partial x_n}\right)^2 u^2(x_n)$$

La incertidumbre estándar combinada u de la función y es una estimación de la desviación estándar y caracteriza la dispersión de los valores que razonablemente pueden ser atribuidos al mensurando, y $u(x_i)$ es la incertidumbre

estándar asociada a las variables medidas. Esta última, cuando se han realizado varias mediciones y se dispone de N valores se calcula a partir de la desviación estándar (σ) de la muestra de la siguiente manera:

$$u(x_i) = \frac{\sigma(x_i)}{\sqrt{N}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [x_i - \bar{x}]^2}{N(N-1)}}$$

A partir de la incertidumbre estándar combinada, u , se obtiene la incertidumbre expandida, U , que aporta el intervalo dentro del cual se encuentra el valor del mensurando con un determinado nivel de confianza. Se calcula multiplicando la incertidumbre estándar combinada, u , por un factor de cobertura, k , que es función del nivel de confianza que queramos asumir.

$$U = k u$$

En este punto se puede escoger entre un intervalo de confianza unilateral o un intervalo de confianza bilateral simétrico. De este modo, el resultado de la medición de la exposición al ruido vendría dado, en el primer caso, por la expresión:

$$L_{\text{med}} \pm U$$

Y en el segundo caso por la expresión:

$$L_{\text{med}} \pm U$$

En cada caso, el valor del factor de cobertura, k , varía, adoptando los valores de la tabla 1 para una distribución logarítmica normal, como es la que se asume para los valores de exposición al ruido.

Nivel de confianza	k	
	Intervalo bilateral simétrico	Intervalo unilateral
90	1,645	1,2816
95	1,96	1,645
95.45	2	-
97.5	-	1,96

Tabla 1. Valores del factor de cobertura, k , para una distribución normal y en función del intervalo

Este es el proceso matemático habitual y adoptado en la Norma UNE EN ISO 9612:2009, que propone un intervalo unilateral con un 95% de nivel de confianza.

3. COMPONENTES DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DEL RUIDO

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 propone tres estrategias de medición (tareas, puesto de trabajo (función) o jornada completa) de cara a garantizar la representatividad de una medición de la exposición al ruido, aportando también los cálculos necesarios para la obtención de las correspondientes incertidumbres.

Para cada estrategia de muestreo existe un trata-

miento matemático diferente de las componentes de la incertidumbre asociada al resultado. Sin embargo, las incertidumbres debidas tanto a los instrumentos de medida empleados como a la posición del micrófono son comunes a las tres estrategias, tal y como se describe a continuación.

Incertidumbre debida a los instrumentos de medida empleados, u_2

En función del instrumento de medida utilizado, se aplicará un valor de incertidumbre estándar diferente.

La utilización de un sonómetro de clase 1, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, conlleva un menor valor de incertidumbre estándar, al tratarse de equipos más precisos y con límites de tolerancia menores.

Sin embargo, el empleo de un sonómetro de clase 2, según las especificaciones de la norma UNE EN 61672-1:2005, o de un dosímetro, que cumpla con la norma UNE EN 61252/A1:2003, supone aplicar un valor mayor de incertidumbre estándar.

Los valores a aplicar según la Norma UNE EN ISO 9612:2009 se recogen en la tabla 2.

Como ya se comentó al inicio del presente documento, para la elaboración de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 del INSHT se empleó un borrador de la Norma UNE EN ISO 9612:2009. Dicho borrador incluía valores inferiores a los reflejados en la tabla 2 para la incertidumbre estándar de los instrumentos de medida, tal y como recoge la citada Guía Técnica.

Tipo de instrumento	u_2
Sonómetro Clase 1	0,7 dB
Dosímetro personal	1,5 dB
Sonómetro Clase 2	1,5 dB

Tabla 2. Incertidumbre estándar de los instrumentos

Para el posterior cálculo de la incertidumbre expandida, estos valores de incertidumbre estándar debida a los instrumentos de medida se multiplican por un coeficiente de sensibilidad, c . En el caso de las estrategias de muestreo basadas en el puesto de trabajo (función) y en la jornada completa, este coeficiente tiene un valor de 1. En el caso de la estrategia de muestreo basada en la tarea, requiere de un cálculo matemático específico que se desarrolla en la parte II de esta NTP.

Incertidumbre debida a la posición del micrófono, u_3

La Norma UNE EN ISO 9612:2009, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1,0 dB.

Sin embargo, conviene señalar que la Guía Técnica refleja diferentes valores para esta incertidumbre estándar, en función del instrumento empleado y la ubicación del trabajador.

ANEXO No. 5 NTP 952 Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): Ejemplos de aplicación



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

NP
Notas Técnicas de Prevención

952

Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III): ejemplos de aplicación

Strategies for measuring and assessing noise exposure (III): Examples of application
Stratégies pour mesurer et évaluer l'exposition au bruit (III) : exemples d'application

Redactores:

Julia García Ruiz-Bazán
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE NUEVAS
TECNOLOGÍAS

Pablo Luna Mendaza
Lda. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES
DE TRABAJO

En el Anexo II (Medición del ruido) del Real Decreto 286/2006, se establece la filosofía en que debe basarse tanto el planteamiento de las mediciones como la comparación de los resultados que se obtienen a través de ellas, con los valores de referencia. En esta Nota Técnica de Prevención, que forma un conjunto con las 950 y 951, se pretende mostrar las posibles estrategias, consideradas técnicamente aceptables, para la medición del ruido, el tratamiento posterior de los resultados y la toma de decisiones para cumplir con el citado real decreto. En esta NTP se muestran casos prácticos y se incluye la bibliografía correspondiente al documento completo.

Vigencia	Actualizada	Observaciones
VÁLIDA		Complementada por las NTP 950 y 951. Junto con las NTP 950 y 951 sustituyen a la NTP 270

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El decibelio es la unidad adimensional empleada para medir niveles de presión acústica. Es el logaritmo decimal de la razón entre el valor eficaz de la presión acústica medida y una presión acústica de referencia, expresadas ambas en Pascuales. Se trata por tanto de una unidad (decibelio) que fluctúa en una escala logarítmica con una amplitud de rango de 0 a 140 frente a otra (Pascal) que varía en una escala aritmética normal con una amplitud muchísimo mayor, cuyo rango va de 20 a 200.000.000.

Debido a la diferencia de escalas entre ambos parámetros, pequeñas diferencias en la medición de un ruido expresadas en decibelios, representan un importante aumento de la energía asociada a ese ruido. Pero al mismo tiempo, esa diferencia en la amplitud de ambas escalas supone que las variaciones en decibelios expresadas a nivel de decimales se corresponden con variaciones poco significativas en la presión acústica.

Por ello, mientras en los cálculos de decibelios se puede emplear un decimal, al expresar el resultado final en las mediciones de ruido conviene redondear al número entero que corresponda.

Lo mismo ocurre en lo referente a la expresión de la incertidumbre asociada. No obstante, en los ejemplos de la presente NTP se ha optado por mantener un decimal para hacer notar las ligeras variaciones entre la aplicación de los diferentes factores de cobertura, k .

En lo que respecta a la valoración de los resultados, una vez calculado el nivel de exposición diario equivalente y el intervalo de incertidumbre asociado se debe comparar el resultado con los valores de referencia. La Norma UNE EN ISO 9612:2009 sólo considera un intervalo de confianza unilateral, de manera que lo que compara con el valor de referencia es la suma $L_{A,eq,d} + U$.

Sin embargo, la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006 asume un intervalo de confianza bilateral, de forma que se compara el valor de referencia con el intervalo comprendido entre $L_{A,eq,d} - U$ y $L_{A,eq,d} + U$. En este caso, puede darse

la situación contemplada en el Anexo II del Real Decreto 286/2006, en la que el valor de referencia se sitúa dentro del intervalo de incertidumbre, esto es entre los valores $L_{A,ref} - U$ y $L_{A,ref} + U$. Se puede optar entonces bien por suponer que se supera dicho valor de referencia o bien por incrementar el número de medidas y/o su duración con el objetivo de reducir el intervalo de incertidumbre.

Esta filosofía queda resumida en la tabla 1, extraída del Apéndice 5 de la Guía Técnica del Real Decreto 286/2006.

Si $L_{A,eq,d} - U \leq L_{ref} \leq L_{A,eq,d} + U$	No se puede extraer una conclusión respecto a la superación del valor de referencia. Debe repetirse o ampliarse el muestreo y conseguir mayor precisión. Se puede optar, a efectos de prevención, por considerar que se sobrepasa el valor de referencia, L_{ref} .
Si $L_{A,eq,d} + U \leq L_{ref}$	No se sobrepasa el valor de referencia
Si $L_{A,eq,d} - U > L_{ref}$	Se sobrepasa el valor de referencia

Tabla 1. Intervalos de decisión

Es importante señalar en este punto que el intervalo bilateral es el adecuado para conocer y expresar el valor de la exposición a ruido. Sin embargo, para la comparación con los valores de referencia, resulta más práctico emplear el intervalo unilateral superior, que para el mismo valor de coeficiente k , aporta un mayor nivel de confianza.

En los ejemplos de esta parte III de la NTP se reflejan ambos para dejar constancia de las diferencias que puede llegar a haber.

2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN LA TAREA

Se desea valorar la exposición a ruido en un puesto de trabajo de recuperación de vidrio en el que se realizan las siguientes operaciones:

- transporte con traspalé del material de vidrio
- descarga en tolva de molino con polipasto
- control del molino de triturar
- descargar molinda en container

Se puede optar por preguntar el tiempo de duración de cada tarea pero para mayor seguridad, en esta ocasión se mide el tiempo de duración de las operaciones que se indica en la tabla 2.

TAREA	Tiempo (minutos)		
Transporte con traspalé	10	9	9
Descarga en tolva	7	10	9
Control del molino	30	31	30
Descargar molinda en container	5	7	6

Tabla 2. Tiempo de duración de las tareas

Los trabajadores que ocupan el puesto a estudiar realizan el trabajo en tres turnos durante 8 horas por turno con 30 minutos de descanso, donde el nivel de presión sonora es menor de 72 dBA.

Se calcula que en cada turno realizan 7 ciclos completos del conjunto total de las cuatro tareas identificadas, repitiéndose tras la descarga el transporte con los traspalés vacíos. De este modo, las duraciones totales de las tareas serían las que se indican en la tabla 3.

TAREA	Tiempo (horas)		
Transporte con traspalé	2,33	2,10	2,10
Descarga en tolva	0,82	1,17	1,05
Control del molino	3,50	3,50	3,62
Descargar molinda en container	0,58	0,82	0,72

Tabla 3. Tiempo acumulado de duración de las tareas

Se decide realizar mediciones del $L_{Aeq,T}$ durante las distintas operaciones, diferenciando bien entre ellas para conocer la aportación de las diferentes fuentes de ruido, con dosímetros personales y se obtienen los resultados indicados en la tabla 4.

TAREA	$L_{Aeq,T}$ (dBA)		
Transporte con traspalé	79,0	81,9	80,2
Descarga en tolva	90,6	92,2	90,0
Control del molino	85,8	86,2	85,0
Descargar molinda en container	85,4	80,2	79,5

Tabla 4. Niveles de presión sonora medidos en las tareas

Como la diferencia entre los valores obtenidos al descargar la molinda es demasiado grande se hacen otras tres mediciones aumentando un poco la duración de cada una. Los resultados se indican en la tabla 5.

TAREA	$L_{Aeq,T}$ (dBA)		
Descargar molinda en container	80,1	82,4	80,6

Tabla 5. Mediciones adicionales en la tarea de descarga

Cálculo de la duración de la tarea

Se calculan las medias aritméticas, T , de la duración de cada tarea a partir de los valores obtenidos (Ecuación (1) de la parte II de esta NTP) (tabla 6).

TAREA	T (h)
Transporte con traspalé	2,2
Descarga en tolva	1,0
Control del molino	3,5
Descargar molinda en container	0,7

Tabla 6. Duración media acumulada de cada tarea

Cálculo de los niveles de exposición equivalentes y diarios de cada tarea en dB(A)

(Ecuaciones (4) y (5) de la parte II de esta NTP) (tabla 7).

TAREA	$L_{Aeq,T}$	
Transporte con traspalé	80,5	74,9
Descarga en tolva	91,0	82,1
Control del molino	85,7	82,2
Descargar molinda en container	81,9	71,3

Tabla 7. Niveles de presión sonora medios por tarea

Cálculo del nivel de exposición diario de la jornada habitual

(Ecuación (6) de la parte II de esta NTP)

El $L_{Aeq,d}$ obtenido es de 86 dB(A)

Cálculo de la incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

El cálculo de los coeficientes de sensibilidad se realiza según las ecuaciones (9) y (10) de la parte II de esta NTP, los coeficientes de sensibilidad debidos al muestreo por tareas, c_{ts} , y al cálculo de la duración de la tarea, c_{tb} , para cada una de las cuatro tareas identificadas son los indicados en la tabla 8.

El cálculo de las incertidumbres estándar de cada tarea se efectúa según las ecuaciones (11) y (12) de la parte II de esta NTP, las incertidumbres estándar debidos al

TAREA	c_{1a}	c_{1b}
Transporte con traspaleté	0,08	0,17
Descarga en tolva	0,43	1,86
Control del molino	0,44	0,55
Descargar molienda en container	0,04	0,23

Tabla 8. Coeficientes de ponderación C_{1a} y C_{1b} por tarea

muestreo por tareas, u_{1a} y al cálculo de la duración de la tarea, u_{1b} , para cada una de las tres tareas identificadas se indican en la tabla 9.

TAREA	u_{1a}	u_{1b}
Transporte con traspaleté	0,85	0,08
Descarga en tolva	0,66	0,10
Control del molino	0,35	0,04
Descargar molienda en container	0,93	0,07

Tabla 9. Incertidumbre estándar u_{1a} y u_{1b} por tarea

Según la parte I de esta NTP, los valores de la *incertidumbre combinada estándar* debidas al instrumento de medida empleado, u_p , y a la posición del micrófono, u_s , en este caso serían: $u_p = 1,5$ y $u_s = 1$.

Según la ecuación (8) de la NTP 951 la Incertidumbre combinada estándar, u_c , sería la indicada en la tabla 10. Resultando $u^2 = 1,44$ y $u = 1,2$

Cálculo de la Incertidumbre expandida, U

La Norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura, k , para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 86 + 2,0 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura, k , para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 86 \pm 2,3 \text{ dB(A)}$$

Al comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006, en el primer caso el nivel de exposición diario equivalente es menor o igual que 88dB(A) en el 95% de los casos, de manera que se supera el nivel superior de exposición, sin lugar a dudas.

TAREA	$(u_{1a}^2 + u_{1b}^2 + u_p^2)$	$c_{1a}^2 \cdot (u_{1a}^2 + u_{1b}^2 + u_p^2)$	$c_{1b}^2 \cdot u_{1b}^2$
Transporte con traspaleté	3,97	0,03	0,01
Descarga en tolva	3,69	0,69	0,19
Control del molino	3,33	0,67	0,02
Descargar molienda en container	4,12	0,01	0,02

Tabla 10. Factores para el cálculo de la incertidumbre combinada

En el segundo caso, tendríamos un nivel de exposición diario equivalente que oscilaría entre los valores de 83,7 y de 88,3 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía Técnica, a efectos de prevención, se optaría por considerar que se supera el nivel superior de exposición.

3. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN EL PUESTO DE TRABAJO (FUNCIÓN)

Se trata de una pequeña empresa de artes gráficas con varios equipos de impresión offset en una misma nave. Los 5 trabajadores son considerados como un Grupo de Exposición Homogénea, desarrollando todos ellos su trabajo en diferentes puntos de la nave y estando expuestos de manera similar a las máquinas en funcionamiento. Realizan jornadas de 8 horas con media hora de descanso en una zona donde el nivel de ruido se estima inferior a 70 dB(A). Se desea valorar la exposición al ruido de los trabajadores.

Según la Norma UNE EN ISO 9612:2009, la duración mínima acumulada de la medición para un GEH de 5 trabajadores es de 5 horas. Por lo tanto el plan de medición consiste en medir 1 hora a cada uno de los trabajadores de la empresa. Se emplean dosímetros personales.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente indicados en la tabla 11.

$L_{Aeq,T}$ (dB(A))	85,5	84,8	86,2	83,9	82,9
---------------------	------	------	------	------	------

Tabla 11. Mediciones sobre un GEH

Para el cálculo del nivel de exposición equivalente y diario del puesto de trabajo en dB(A) se emplean las ecuaciones (14) y (15) de la NTP 951, obteniéndose $L_{Aeq,16}$ (dB(A)) = 84,8 y $L_{Aeq,d}$ (dB(A)) = 84,5.

Cálculo de la Incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

Según la ecuación (17) de la NTP 951, se calcula el valor de la *incertidumbre debida al muestreo basado en el puesto de trabajo (función)*, u_1 , para luego obtener el valor del factor $c_1 \cdot u_1$ en la tabla 3 de dicha NTP¹.

$$u_1 = 1,30$$

$$c_1 \cdot u_1 = 1$$

1. En abril de 2011 se publicó un erratum de la norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor $c_1 \cdot u_1$, sin necesidad de recurrir a la tabla 3 de la parte II de esta NTP y aproximar. El valor en este caso es de 0,94.

Según la ecuación (16) de la NTP 951, se calcula el valor de la *incertidumbre combinada estándar*, u , teniendo en cuenta que en esta estrategia $c_2 = c_3 = 1$, obteniéndose:

$$u^2 = 4,13 \quad u = 2$$

Para el cálculo de la *incertidumbre expandida*, U la norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura, k , para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 85 + 3,3 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura, k , para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} \pm U = 85 \pm 4 \text{ dB(A)}$$

En el primer caso, al comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 asumiríamos como nivel de exposición diario equivalente muy probable un valor de 88 dB(A) aproximadamente, de manera que se supera el nivel superior de exposición, sin lugar a dudas.

En el segundo caso, el nivel de exposición diario equivalente oscilaría entre los valores de 81 y 89 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía, a efectos de prevención, se optaría por considerar que se supera el nivel superior de exposición.

4. EJEMPLO DE CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN DE RUIDO EN LA ESTRATEGIA BASADA EN LA JORNADA COMPLETA

Se desea valorar la exposición al ruido de los trabajadores del departamento de mantenimiento de una industria. Se trata de un equipo de 6 trabajadores que realizan labores a demanda y muy diversas a lo largo de su jornada laboral. Trabajan en turnos de 8 horas, por las mañanas y por las tardes.

Tras analizar las condiciones de trabajo se destacan las siguientes tareas:

- Arreglos en despachos de oficinas de la industria
- Arreglos con radial en el taller
- Sala de calderas
- Transporte con carretillas elevadoras
- Mantenimiento de instalaciones (cambio de luminarias, electricidad, etc)

Se deben muestrear tres jornadas de trabajo diferentes. Por lo tanto, el plan de medición consiste en medir a tres trabajadores: dos en turno de mañana y uno de tarde durante 7,5 horas, que es lo que se considera que dura la jornada efectiva de trabajo. Se emplean dosímetros personales.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente:

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	83,4	81,5	78,9
-------------------	------	------	------

Como los resultados obtenidos difieren en más de 3 dB(A) se miden dos jornadas más, dos trabajadores, uno en turno de mañana y otro de tarde.

Se obtienen los siguientes valores de nivel de exposición equivalente:

$L_{Aeq,T}$ (dBA)	82,8	80,4
-------------------	------	------

Cálculo del nivel de exposición equivalente y diario del puesto de trabajo en dB(A)

(Ecuaciones (14) y (15) de la NTP 951)

$L_{Aeq,10}$ (dBA)	81,7
$L_{Aeq,d}$ (dBA)	81,4

Cálculo de la Incertidumbre asociada al nivel de exposición diario obtenido

Para el cálculo de la *incertidumbre estándar debida al muestreo basado en la jornada completa* se siguen los mismos pasos que en el caso del muestreo basado en el puesto de trabajo (función). Así que según la ecuación (17) de la NTP 951, se calcula el valor de la incertidumbre debida al muestreo, u_1 , para luego obtener el valor del factor $c_1 \cdot u_1$ en la tabla 3 de dicha NTP².

$$u_1 = 1,82$$

$$c_1 \cdot u_1 = 1,5$$

Para el cálculo de la *incertidumbre combinada estándar*, según la ecuación (16) de la NTP 951, se calcula el valor de la incertidumbre combinada estándar, u , teniendo en cuenta que en esta estrategia $c_2 = c_3 = 1$.

$$u = 2,3$$

Para el cálculo de la *incertidumbre expandida*, U , la norma UNE EN ISO 9612:2009 aplica un factor de cobertura, k , para un intervalo unilateral de manera que, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 81 + 3,8 \text{ dB(A)}$$

Si aplicamos un factor de cobertura, k , para un intervalo bilateral simétrico, considerando un nivel de confianza del 95%, quedaría:

$$L_{Aeq,d} + U = 81 \pm 4,5 \text{ dB(A)}$$

En el primer caso, para comparar con los valores de referencia del Real Decreto 286/2006 asumiríamos como nivel de exposición diario equivalente un valor máximo de 84,8 dB(A), de manera que no se supera el nivel superior de exposición. Siguiendo con la filosofía del Anexo II del Real Decreto 286/2006, se optaría tomar más medidas para intentar estrechar el intervalo de incertidumbre y así quedar por debajo del nivel superior de exposición con mayor nivel de seguridad.

En el segundo caso, tendríamos un nivel de exposición diario equivalente que oscilaría entre los valores de 76,5 y de 85,5 dB(A). Siguiendo con la filosofía de la Guía Técnica, a efectos de prevención, se optaría tomar más medidas para intentar estrechar el intervalo de incertidumbre y así quedar por debajo del nivel superior de exposición con mayor nivel de seguridad.

2. En Abril de 2011 se publicó un erratum de la Norma UNE EN ISO 9612:2009 consistente en un archivo Excel que permite calcular la incertidumbre de medida del ruido y que aporta este factor $c_1 \cdot u_1$, sin necesidad de recurrir a la tabla 3 de la parte II de esta NTP y aproximar. El valor en este caso es de 1,49.

BIBLIOGRAFÍA

CANETTO, P., THIÉRY, L.

Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit.
INRS. 2009:77.

GRZEBYK, M., THIÉRY, L.

Confidence intervals for the Mean of Sound Exposure Levels.
AIHA Journal. 2003;64(5):640-645.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Gula Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO

Calculadores para la prevención. 2011.

Disponible en: <http://calculadores.insht.es:86/incertidumbredelruido/introducción.aspx>.

MAUE, JH.

Messunsicherheit bei Lärmmessungen an Arbeitsplätzen nach ISO 9612.

In: *Deutsche Jahrestagung für Akustik, Dresden.*; 2008:2.

NORDTEST METHOD NT ACOU 114.

Measurement of occupational noise exposure of workers: Part I: Survey method. 2003:12.

NORDTEST METHOD NT ACOU 115.

Measurement of occupational noise exposure of workers: Part II: Engineering method. 2003:19.

OIML G 1-100

Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement. 2008:120.

NORMA UNE EN ISO 9612

Acústica - Determinación de la exposición al ruido en el trabajo - Método de Ingeniería. 2009:51.

NORMA UNE EN ISO 9612:2009 ERRATUM

Acústica - Determinación de la exposición al ruido en el trabajo - Método de Ingeniería. 2011:1.