



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Mecánica Industrial**

**MEDICIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DEL RUIDO EN UNA
INDUSTRIA DE MAQUILADO DE TUBERÍA DE ACERO**

LESBIA IVONNE CAMPOSECO ESPINA

ASESORADA POR ING. RONALD FERNANDO MORENO GONZÁLEZ

Guatemala, Octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEDICIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DEL RUIDO EN UNA
INDUSTRIA DE MAQUILADO DE TUBERÍA DE ACERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LESBIA IVONNE CAMPOSECO ESPINA

ASESORADA POR ING. RONALD FERNANDO MORENO GONZÁLEZ
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Hernán Leonardo Cortez Urioste
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocoj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Sergio Antonio Torres Méndez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MEDICIÓN, EVALUACIÓN Y CONTROL DEL RUIDO EN UNA INDUSTRIA DE MAQUILADO DE TUBERÍA DE ACERO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Mecánica Industrial con fecha 11 de Junio de 2001.

Lesbia Ivonne Camposeco Espina

DEDICATORIA

- A DIOS Ya que me brindó la fuerza para seguir adelante.
- A MI MADRE: **María Herlinda Espina Castro**
A esa gran mujer que me ha enseñado con su ejemplo la fortaleza, esfuerzo. Por su amor a la ciencia y a la superación personal.
- A MI PADRE **Gildardo Napoleón Camposeco Guillén**
Por el amor que me ha demostrado y el apoyo en los momentos decisivos de mi vida.
- A MI HERMANO **Allan Napoleón Camposeco Espina**
Porque me acompañó en los momentos más difíciles.
- A MI ESPOSO **Silvio José Vargas Reyes**
Por que siempre creyó en mí, por su apoyo y amor incondicional.
- A MI ASESOR **Ing. Ronald Moreno**
Por su apoyo y amistad.
- AL PUEBLO DE GUATEMALA
Quien a través de la **Universidad de San Carlos de Guatemala** me brindó la oportunidad de adquirir tan valiosos conocimientos y así contribuir al desarrollo de nuestro país.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV

1. EL OÍDO Y EL RUIDO

1.1. El oído	1
1.1.1. Anatomía.....	1
1.1.1.1. Oído externo.....	1
1.1.1.2. Oído medio.....	2
1.1.1.3. Oído interno.....	2
1.1.2. Fisiología	4
1.1.2.1. Oído externo.....	4
1.1.2.2. Oído medio.....	4
1.1.2.3. Oído interno.....	5
1.1.3. Patología.....	5
1.1.4. El proceso auditivo.....	6
1.2. El ruido.....	8
1.2.1. Propiedades del sonido.....	8

1.2.1.1.	Ruido y sonido.....	8
1.2.1.2.	Transmisión del sonido.....	10
1.2.1.3.	Factores que influyen en la percepción del ruido	13
1.2.2.	Pérdida de la audición.....	19
1.2.2.1.	Tipos de pérdida de la audición.....	19
1.2.2.2.	Efectos de la exposición al ruido.....	20
1.2.2.3.	Pérdida de la audición inducida por ruido.....	22

2. DIAGNÓSTICO

2.1.	Medición de los niveles de ruido en áreas y puestos de trabajo	25
2.1.1.	Instrumentos para medición de sonido.....	25
2.1.1.1.	Sonómetros o decibelímetros.....	26
2.1.1.2.	Dosímetros.....	27
2.1.2.	Estudio Previo.....	28
2.1.3.	Tipos de ruido.....	29
2.1.3.1.	Ruido continuo o estable.....	29
2.1.3.2.	Ruido discontinuo o periódico.....	30
2.1.3.3.	Ruido aleatorio.....	32
2.1.3.4.	Ruido de Impacto.....	32
2.1.4.	Metodología de estudio.....	33
2.1.4.1.	Elección del método de medición.....	33
2.1.4.2.	Encuesta preliminar.....	34
2.1.4.3.	Encuesta detallada.....	35
2.2.	Criterios sobre daño-riesgo ocupacional.....	41
2.2.1.	Capacidad auditiva.....	42
2.2.2.	Factores de riesgo.....	42

2.2.3.	Análisis de la exposición al ruido	43
2.2.4.	Reglamentaciones sobre exposición al ruido.....	45
2.2.4.1.	Legislación nacional.....	45
2.2.4.2.	Legislación extranjera.....	46
2.3.	Valoración del nivel de ruido.....	49
2.3.1.	Métodos de comparación.....	49
2.3.1.1.	Elección del Instrumento de medición.....	49
2.3.1.2.	Elección del método de medición.....	50
2.3.1.3.	Encuesta preliminar.....	50
2.3.1.4.	Encuesta detallada.....	50
2.3.2.	Resultado del Estudio.....	59

3. MEDIDAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

3.1.	Método de control para las diferentes áreas de aplicación	61
3.1.1.	Controles de ingeniería.....	61
3.1.2.	Controles administrativos.....	65
3.1.3.	Protección auditiva personal.....	66
3.2.	Programa de reducción del ruido.....	69
3.2.1.	Reducción del ruido en la fuente.....	69
3.2.2.	Reducción del ruido en el trayecto.....	71
3.2.3.	Reducción del ruido en el receptor.....	73

4. PLAN PILOTO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA DE REDUCCIÓN DE RUIDO

4.1.	Planificación de actividades.....	75
4.2.	Programación de recursos.....	77

4.3 Programa de Instalación.....	79
4.4. Sistema de control de instalación.....	82
4.5. Pruebas y sistemas de validación.....	83
4.6. Control del funcionamiento.....	84

5. SEGUIMIENTO Y RETROALIMENTACIÓN

5.1 Medición de la efectividad de las medidas para control del ruido..	87
5.1.1 Audiometría industrial	87
5.1.1.1 Audiometría de umbral.....	88
5.1.1.2 Quiénes deberán ser examinados.....	89
5.1.2. Programas efectivos de retroalimentación.....	90
5.2. Programa para la conservación de la audición.....	95
5.1.2 Propósitos y objetivos	95
5.1.3 Elaboración	97
5.1.4 Administración	97

CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	103
BIBLIOGRAFÍA.....	107
APÉNDICE	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Partes del oído.....	3
2	Transmisión del sonido.....	11
3	Decibelímetro digital.....	26
4	Tipos de protectores con inserción.....	68

TABLAS

I	Ejemplo de niveles de exposición.....	40
II	Exposición permisible al ruido en EE.UU.....	44
III	Relación de los TLVs de los diferentes niveles de intensidad sonora en razón de los tiempos de exposición.....	46
IV	Mediciones en el centro de cada área.....	51
V	Formato de registro.....	52
VI	Medición de niveles máximo y mínimo del ciclo de trabajo.....	52
VII	Puestos LpA \geq 85, No satisfactorios.....	53
VIII	Puestos con niveles inferiores y superiores a 85 dBA.....	53
IX	Medición de niveles y tiempo de exposición del ciclo de trabajo	54
X	Medición de niveles y tiempo de exposición del ciclo de trabajo	55
XI	Medición de niveles y tiempo de exposición del ciclo de trabajo	55
XII	Conversión de minutos a horas del tiempo en cada subciclo.....	57
XIII	Tiempo total de cada subciclo.....	58

XIV	Cálculo de dosificación.....	58
XV	Puestos de trabajo con niveles de exposición no aceptables.....	59
XVI	Medidas de control actuando sobre la fuente.....	70
XVII	Medidas de control actuando sobre el trayecto.....	72
XVIII	Programación de recursos.....	77
XIX	Programa de instalación.....	80
XX	Conversión del tiempo en cada subciclo.....	109
XXI	Tiempo total de cada subciclo.....	110
XXII	Cálculo de dosificación.....	111
XXIII	Conversión del tiempo en cada subciclo.....	111
XXIV	Tiempo total de cada subciclo.....	112
XXV	Cálculo de dosificación.....	113

LISTA DE SÍMBOLOS

Hz	Hertz
λ	Longitud de onda
f	Frecuencia
dB	Decibel
dBA	Decibel red ponderada "A"
log	Logaritmo
L_{Aeq}	Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A
L_{pA}	Nivel de presión acústica ponderada
D	Exposición mixta
C	Tiempo de exposición total a un nivel determinado de sonido.
T	Tiempo total de exposición permitido para determinado nivel de sonido.

GLOSARIO

Audiómetro	Instrumento electrónico que convierte energía eléctrica en energía sonora. Consiste en un oscilador que produce sonidos de tonos puros con frecuencias predeterminados, en un atenuador que controla la intensidad del sonido o tono producido, un interruptor y auriculares a través de los cuales la persona cuya audición se estudia, percibe los tonos.
Baffles	Diafragmas fonoabsorbentes, diseñados para responder a diversos requerimientos en acústica arquitectónica como el control del ruido ambiental.
Difracción	División e inflexión de cualquier movimiento ondulatorio al pasar por los bordes cortantes de un cuerpo, por un pequeño agujero o por una estrecha abertura.
Valores TLV	(<i>Threshold limit values</i>). Los valores que se emplean como guía para el control de los peligros para la salud y representan los niveles a los que casi todos los trabajadores pueden ser expuestos durante períodos prolongados sin que se manifiesten efectos adversos.

Ventiladores helicoidales Equipos concebidos para la extracción-impulsión de grandes caudales de aire a baja velocidad.

Poliamida Termoplástico industrial semicristalino, blanco. Por su viscosidad de fundido suele poder moldearse como monómero (generalmente llamado moldeado) es decir polimerizado en un molde directamente con una forma semiacabada. Esto permite la fabricación de piezas gruesas.

Vibración longitudinal Una vibración es longitudinal cuando la materia vibra en dirección de la propagación.

RESUMEN

En esta investigación se presenta, en primer lugar el marco teórico que servirá de base para la comprensión de diferentes conceptos como sonido y ruido. También se incluye información sobre el oído y se explican sus aspectos básicos: estructura, funcionamiento y causas más comunes de daño.

Luego, se define la metodología de evaluación en donde se determina si los niveles de exposición son aceptables o no a través de evaluación de niveles de ruido que incluye a toda planta. El siguiente paso, es aplicar los distintos métodos de control de ruido, tales como diseño de ingeniería, medidas administrativas o el uso de dispositivos de protección personal para llegar al nivel de reducción deseado.

Se proporciona un plan piloto para la implementación de las medidas propuestas para el control del ruido. Es decir, la forma en que cada propuesta debería ser adoptada. Así como también formas de control de la instalación, pruebas, sistemas de validación y control del funcionamiento.

Por último, se presenta un sistema de retroalimentación y medición de la efectividad de las medidas de control. Y un programa para la conservación auditiva que previene la incapacitación auditiva como resultado de la exposición al ruido durante el trabajo.

OBJETIVOS

- **General**

Determinar si en la industria en estudio existen niveles de exposición al ruido no aceptables que pueden causar daño al trabajador, para luego definir medidas de control de la exposición.

- **Específicos**

- Proporcionar los conocimientos básicos que servirán como plataforma para entender que es el ruido y cómo puede afectar al ser humano.
- Proveer una metodología que permita determinar si los niveles de exposición en las áreas o puestos de trabajo son aceptables o no lo son.
- Definir medidas que ayuden a controlar la exposición de los trabajadores de la industria en estudio a niveles perjudiciales para ellos.
- Proporcionar directrices para la implantación de las medidas propuestas para el control de la exposición al ruido. Así como también formas de control de la instalación, pruebas y sistema de validación y control del funcionamiento.
- Proveer los lineamientos y herramientas para la estructuración y aplicación de un método de medición de la efectividad de las medidas de control y un programa de conservación de la audición.

INTRODUCCIÓN

El ruido es un problema al cual no se le da la importancia que merece, y es, entre todos los riesgos que se dan en la industria, el más común. En épocas anteriores a la Revolución industrial la mayoría de personas no estaban expuestas a niveles elevados de ruido.

Ahora, la situación es distinta, las actividades laborales de los trabajadores significan un mayor riesgo de trastornos, debido a la exposición a niveles más altos. La demanda actual de mejores procesos implica, en muchas ocasiones, contar con máquinas más efectivas y rápidas, lo que a menudo las convierte en más ruidosas.

Este problema se ve agravado por la presencia de niveles elevados en la vida cotidiana (tráfico, aglomeraciones urbanas próximas a zonas industriales, etc.) y el medio de trabajo representa para muchas personas la exposición a niveles de ruido que pueden llegar a intervenir negativamente en el desarrollo de su actividad y causar daños irreversibles para su salud.

La exposición a niveles de ruido muy fuertes o a una larga permanencia en un ambiente ruidoso puede causar una disminución o deterioro importante de la capacidad auditiva y otros defectos fisiológicos que van en detrimento de la salud de los trabajadores y de la productividad de la empresa.

Dicha situación, motiva la realización de este trabajo de investigación, en el cual se busca el reconocimiento, evaluación y control de los niveles de exposición al ruido en una industria de maquilado de tubería de acero, con el objetivo de determinar si existen niveles de exposición no aceptables que pueden causar daño al trabajador, para luego definir medidas de control de la exposición al ruido.

Fundamentalmente, el trabajo incluye una estimación de los niveles de exposición de los trabajadores al ruido. Métodos de control de las exposiciones no aceptables utilizando los métodos de diseño de ingeniería, medidas administrativas o el uso de dispositivos de protección. Aunque muchas veces, éste resulta poco práctico, el método ideal para el control del ruido es el que se dedica a eliminar el ruido en la fuente.

Por último, el trabajo comprende la medición de la efectividad de las medidas de control y verifica la capacidad auditiva de los trabajadores expuestos a través de un programa de conservación de la audición.

En lo que se refiere al ruido en nuestro país, es necesario recurrir al derecho comparado, aplicando legislación extranjera, debido a que la legislación existente es general y cualitativa. La característica de no especificar criterios hace que la ley sea difícil de cumplir, puesto que la determinación de si ha ocurrido una violación de la misma se basa en un juicio subjetivo, y las autoridades se muestran evasivas para hacer cumplir las leyes cualitativas.

La falta de conocimiento que existe en Guatemala con relación a los efectos nocivos del ruido, no sólo para el trabajador, sino también para la industria es preocupante. Es urgente que en los lugares de trabajo se tomen medidas que vayan encaminadas a disminuir los niveles de exposición, con el fin de proteger la salud del trabajador y contribuir a la mejora de la productividad en las industrias. Es importante señalar que los trabajadores también son responsables de su propia seguridad, por ello, para que un programa de control funcione debe de ir acompañado de campañas de concientización sobre los peligros del ruido.

1. EL OÍDO Y EL RUIDO

1.1 El oído

El oído “es el sentido y órgano de la audición”¹. De manera que, es el mecanismo por medio del cual oímos. Este puede dividirse en tres partes, el oído externo, medio e interno; En este capítulo se explican sus aspectos básicos: estructura, funcionamiento y causas más comunes de daño.

1.1.1 Anatomía

1.1.1.1. Oído externo

El oído externo está dividido en dos secciones, la parte visible a la superficie externa de la cabeza (pabellón u oreja) y el canal auditivo externo.

En el extremo interno del oído externo se encuentra la membrana del tímpano, en la piel de la parte externa del canal auditivo se hayan pequeños pelos y glándulas ceruminosas que segregan una sustancia llamada cerumen,

¹ Consejo Interamericano de Seguridad, **Manual de fundamentos de higiene industrial**. (1981) p. 89

que sirve como bactericida y hace difícil la entrada de partículas, además evitar infecciones.

1.1.1.2. Oído medio

Es el espacio de cavidad, de aproximadamente uno o dos centímetros cúbicos de volumen, que se encuentra entre el tímpano y la pared ósea del oído interno (figura 1). En la cavidad del oído medio se ubican los huesillos del oído medio, los huesos más pequeños del cuerpo, que conectan el tímpano con una abertura en la pared del oído llamada ventana oval.

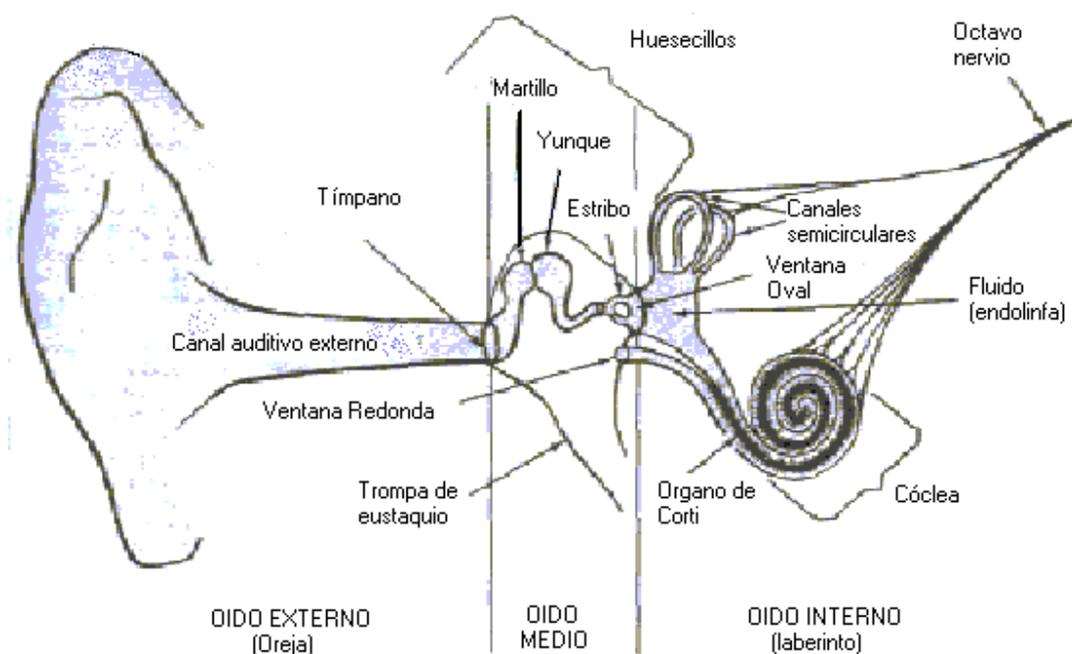
El mecanismo que traslada el sonido está en el oído medio e incluye la trompa de Eustaquio, el tímpano y tres huesitos (martillo, yunque y estribo) que se sostienen por medio de ligamentos y se mueven a través de dos músculos ventana oval y ventana redonda.

1.1.1.3. Oído interno

“ El oído interno o laberinto, posee los receptores de la audición y del equilibrio. Consiste en un laberinto óseo que contiene un laberinto membranoso.”². Este se divide en tres partes: la cóclea, el nervio vestibular y coclear (octavo nervio) y los canales semicirculares (fig. 1).

² Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 259

Figura 1. Partes del oído



Cfr. Consejo Interamericano de Seguridad, **Manual de fundamentos de higiene industrial**, p. 93

1.1.2. Fisiología

1.1.2.1. Oído externo

Su función es simple, la parte externa de la oreja recoge las ondas sonora del aire y las transporta hacia el conducto auditivo de donde son conducidas al tímpano. Las ondas sonoras mueven el tímpano hacia adelante y atrás, produciendo un movimiento mecánico de vibración, que se transmite a los huesitos del oído medio (fig. 1).

1.1.2.2. Oído medio

La principal función del oído medio es transferir la energía sonora desde el oído externo al interno. El tímpano vibra transmitiendo su movimiento al martillo que está unido a él. Luego el movimiento es trasladado del martillo al yunque y al estribo que esta encajado en la ventana oval. Así el movimiento mecánico del tímpano es transmitido eficazmente del oído medio, hasta el fluido del oído interno.

1.1.2.3. Oído interno

El laberinto óseo, está lleno con un fluido (perílinda), en el que flota una membrana tubular (laberinto membranoso). El laberinto membranoso contiene un fluido de composición química levemente diferente al anterior, denominado endolinda, el cual baña los receptores de equilibrio y el órgano auditivo (órgano de Corti) ubicado dentro del laberinto membranoso, que es el órgano receptor final esencial de la audición. "Es una estructura muy compleja que consiste en una estructura de soporte donde descansan las células"³.

La sección anterior (cóclea) tiene la forma de un caracol, enrollado dos veces y media sobre su propio eje; contiene el órgano de Corti. El Sistema vestibular, nuestro sentido del equilibrio depende de los órganos de equilibrio, no de los órganos de audición. Cerca de la cóclea se encuentran los tres canales semicirculares que forman planos en ángulos rectos entre sí, estos canales contienen fluido y mediante complejas redes nerviosas envían señales al cerebro sobre las posiciones del cuerpo.

1.1.3. Patología

Aunque el oído humano está expuesto a muchos desórdenes que pueden causar pérdida de la audición, el principal peligro ocupacional es el exceso de sonidos no deseados (ruido).

³ *Ibid.*, p. 95

Debemos tener en cuenta además las muchas causas no relacionadas con el trabajo que provocan la pérdida de la audición. Aproximadamente un 25 % de trabajadores recientemente contratados llegan a su tarea con un cierto grado preexistente de pérdida de la audición⁴. Los daños auditivos no inducidos por ruido pueden deberse a:

- a. Bloqueo físico de los canales auditivos (por exceso de cera, cuerpos extraños, etc.);
- b. Daño traumático, como la perforación de los tímpanos o desplazamiento de los huesillos;
- c. Daño por enfermedad, enfermedades de la infancia (por ejemplo, viruela), infecciones del oído interno, enfermedades degenerativas, tumores, etcétera;
- d. Daños hereditarios o prenatales;
- e. Daños inducidos por medicamentos, como los provocados por el uso de estreptomycinina o quinina; y,
- f. Presbiacusia. Disminución “natural” de la sensibilidad auditiva debido al envejecimiento.

1.1.4. El proceso auditivo

El oído externo actúa como un embudo y conduce las vibraciones sonoras hasta el tímpano a través del conducto auditivo.

⁴ *Ibid.*, p. 96

El tímpano vibra en respuesta a las ondas sonoras que llegan hasta él. A su vez, este movimiento vibratorio es transmitido a la cadena de tres huesecillos del oído medio, los que conducen la vibración sonora a través del aire que llena la cavidad del oído medio hasta un fluido que se encuentra en el delicado oído interno. La acción vibratoria de los huesecillos provoca ondas en ese fluido, las que estimulan células llamadas ciliadas microscópicas, que a su vez generan impulsos nerviosos que se transmiten a lo largo del nervio auditivo hasta el cerebro, donde son interpretados.

Las secciones externa y media del oído conducen la energía sonora hasta las estructuras más profundas. Por lo tanto, el oído externo y medio en conjunto actúan como parte conductora del mecanismo auditivo. En contraste, las estructuras más profundas, que incluyen el oído interno y el nervio auditivo, se denominan mecanismo sensoneural.

Mientras el mecanismo auditivo funcione normalmente, el oído tiene la capacidad para detectar sonidos de muy poca intensidad y, al mismo tiempo, tolerar sonidos de intensidad muy alta. El sonido más intenso que puede ser tolerado por un oído normal es más de cien millones de veces más fuerte que el más débil que puede detectar. Más aún, un joven con un sentido auditivo normal puede detectar sonidos dentro de una amplia gama de frecuencia, desde los muy graves de 20 Hz. hasta los muy agudos de 20.000 Hz.

La naturaleza ha rodeado al delicado mecanismo auditivo con huesos duros y protectores, pero cualquier parte del oído puede ser dañada.

El lugar donde se produce la lesión así como su extensión serán los determinantes directos del tipo de pérdida de audición resultante.

1.2. El ruido

1.2.1. Propiedades del sonido

1.2.1.1. Ruido y sonido

Sonido. El sonido puede definirse como cualquier variación en la presión (en el aire, agua o algún otro medio) que el oído humano pueda detectar. El número de variaciones de la presión por segundo se denomina frecuencia del sonido y se mide en ciclos por segundo o hertz (Hz).

“El sonido desde el punto de vista de la física son ondas mecánicas que se propagan a través de un medio elástico, o sea, de algo material, bien sea de naturaleza sólida, líquida o gaseosa, y lo hacen a partir de un lugar, que es la fuente sonora”⁵. La percepción del sonido produce una sensación llamada “audición” que es la respuesta sensorial principal; además bajo ciertas condiciones pueden producirse sensaciones subjetivas adicionales, desde presión en la cavidad torácica hasta dolor real en los oídos.

⁵ Vaquero Puerta, José Luis y Rafael Ceña Callejo. **Prevención de riesgos laborales: seguridad, higiene y ergonomía.** (España: Ediciones Pirámide, S.A., 1996) p. 161

Ruido. En sí no tiene una definición rígida. La definición general de los especialistas coincide en usar la palabra ruido para significar “un sonido no deseado por el que escucha”⁶, dado que es desagradable, interfiere con la percepción del sonido deseado y puede ser fisiológicamente dañino.

El ruido no tiene necesariamente ninguna característica física particular que lo distinga de un sonido deseado. Ningún instrumento puede diferenciar un sonido de un ruido, sólo puede hacerlo la reacción humana.

Se ha desarrollado una variedad de métodos para tratar de relacionar las medidas físicas objetivas del sonido, con la percepción subjetiva humana. El propósito de esta sección es describir brevemente los factores involucrados y resumir los aspectos subjetivos importantes del sonido.

El término sonido se aplica, en general, a la forma de energía que produce una sensación auditiva en el hombre, mientras que vibración se refiere usualmente al fenómeno acústico no audible que se reconoce por la experiencia o sensaciones táctiles. Sin embargo, no existen diferencias físicas entre las formas sonoras y vibratorias de la energía sonora.

La generación y propagación del sonido se puede comprender fácilmente por medio de un modelo simple. Considérese una placa suspendida en medio del aire. Cuando se golpea, la placa vibra rápidamente hacia adelante y atrás.

⁶ Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 241

A medida que la placa se desplaza en ambas direcciones comprime el aire causando un incremento pequeño en la presión y cuando revierte su dirección deja un vacío parcial o "enrarecimiento" del aire.

Estas presiones y enrarecimientos alternos del aire provocan fluctuaciones pequeñas, pero repetidas en la presión atmosférica que se extienden desde la placa hacia afuera. Cuando estas variaciones en la presión llegan a un tímpano, provocan su vibración en respuesta a los pequeños cambios en la presión atmosférica. La perturbación del tímpano se traduce en una sensación nerviosa en el oído interno y es llevada hacia el cerebro donde se la interpreta como un sonido.

El sonido está producido invariablemente por algún tipo de movimiento vibratorio. El cuerpo sonoro debe actuar sobre un medio para producir vibraciones características del sonido. Cualquier tipo de vibración puede ser una fuente de sonido, pero por definición, sólo la vibración longitudinal del medio conductor es una onda sonora.

1.2.1.2. Transmisión del sonido

Los sonidos, desde el punto de vista de la física son ondas mecánicas que se propagan a través de un medio elástico, o sea, con cuerpo o material, bien sea de naturaleza sólida, líquida o gaseosa, y lo hacen a partir de un lugar, que es la fuente sonora.

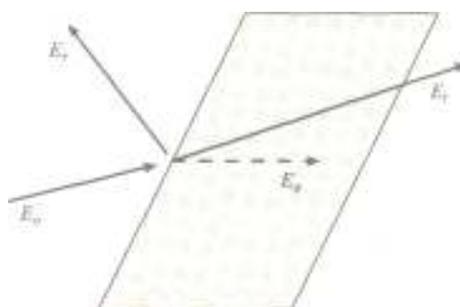
Estas ondas sonoras están sustentadas por la vibración de las partículas del medio elástico, las cuales, oscilando alrededor de un eje unidireccional en su movimiento ondulatorio, originan la vibración de otras partículas por cercanía. Así, la onda sonora se propaga en cadena en todas las direcciones del espacio, aunque a medida que se aleja de la fuente sonora pierde energía, se debilita, sobre todo cuando el medio de transmisión es sólido.

Cuando una onda sonora llega a un obstáculo poseyendo una determinada energía, que llamaremos energía de la onda incidente (E_0), ésta se reparte en las siguiente manera:

- a. La energía que absorbe el obstáculo, o energía de absorción (E_a).
- b. La energía que se refleja, o energía de reflexión (E_r).
- c. La energía que se transmite al medio que está más allá del obstáculo o energía de transmisión.

$$E_0 = E_a + E_r + E_t$$

Figura 2. Transmisión del sonido



Fuente: José Luis Vaquero Puerta y Rafael Ceña Callejo. **Prevención de riesgos laborales: Seguridad, Higiene y Ergonomía**. Pág. 163

La reflexión del sonido es el fenómeno de regreso del sonido producido al chocar la onda sonora con la superficie del obstáculo. En los espacios donde hay varias superficies reflectantes en un espacio cerrado, el conjunto de todas las reflexiones forman la reverberación.

Un efecto curioso es que mantiene el sonido un tiempo después de que la fuente sonora haya cesado de emitir (el tiempo que tarda en desplazarse en el camino de ida y de vuelta). El fenómeno opuesto a la reverberación es la amortiguación, o falta de reflexión en una superficie, y que depende de las características materiales del obstáculo que presenta esa superficie (tal como la porosidad). Amortiguan mucho el corcho, los textiles, la fibra de vidrio, el poliéster expandido, la madera y los aglomerados, el yeso, etc.

La absorción de la energía de la onda sonora por parte de la materia sobre la que incide es otro fenómeno que no hay que confundir con la amortiguación, y que depende de la masa del obstáculo por unidad de superficie expuesta.

El resto de la energía de la onda sonora se transmite a través del obstáculo, por medio de las presiones y depresiones que ponen en vibración las moléculas del material. La energía de transmisión es menor que la incidente, pues es el resultado de restar de ésta la absorbida y la reflejada.

1.2.1.3. Factores que influyen en la percepción del ruido

- A. **Ondas sonoras.** Las ondas sonoras son una forma particular de una clase general de ondas conocidas como ondas elásticas, que pueden presentarse en medios que tienen las propiedades de masa (inercia) y elasticidad. Ya que el aire posee inercia y elasticidad, una onda sonora puede propagarse en él.
- B. **La frecuencia** es el número de veces por segundo que un cuerpo en vibración cumple un ciclo completo de movimiento. El tiempo requerido para cada ciclo se conoce como período de la onda y simplemente, es la inversa de la frecuencia. Para una frecuencia de 100 Hz, el período de vibración es 1/100 ó 0,01 segundo.
- C. **Longitud de onda.** La distancia que recorre una onda sonora en un período o ciclo se denomina longitud de onda del sonido. Para expresarla se emplea la letra griega λ (lambda). La velocidad (m/s) de una onda sonora es siempre igual al producto de la longitud de onda λ (m/s) y de la frecuencia f (Hz):

$$C = \lambda f$$

Si la longitud de onda del sonido es pequeña en comparación con el tamaño del obstáculo (será un sonido de alta frecuencia), el sonido será reflejado o dispersado en muchas direcciones y el obstáculo producirá una sombra.

Como consecuencia de la difracción, una pared resulta de poco valor como protección contra sonidos de baja frecuencia (gran longitud de onda) pero puede ser una barrera efectiva contra los sonidos de alta frecuencia (longitud de onda corta).

D. **Presión del sonido.** El aire está formado por un gran número de moléculas o esferas muy pequeñas distribuidas uniformemente en el espacio y que poseen un movimiento desordenado. Si se encerrara en una caja una porción de espacio, primero sin aire y luego llenándose con aire a temperatura y presión ambiente, se vería que las moléculas de aire ejercen una fuerza sobre las superficies de la caja. Esta fuerza por unidad de área se llama presión atmosférica y está directamente relacionada con la densidad, o el número de moléculas, del aire encerrado en la caja.

E. **Presión de referencia.** Para medir la presión de sonido es necesario tener una presión de referencia. Ya que las presiones de sonido son variaciones muy pequeñas de la presión atmosférica, es conveniente expresar las presiones de sonido en la misma unidad.

Las presiones de sonido medidas tienen poco significado en sí mismas, casi siempre se comparan con alguna base o referencia y se mencionan como “niveles de esa referencia”.

F. **Decibeles.** El decibel (dB) se usa para expresar el nivel de sonido asociado con las mediciones de ruido. Al sonido más débil que puede ser oído por una persona con muy buena audición en un lugar silencioso se le asigna el valor de 0 dB y a 140 dB se alcanza el umbral de dolor.

La selección de una escala práctica para medir los sonidos tiene dos problemas. El primero está causado por el tremendo conjunto de presiones de sonido que se encuentran y el segundo es el resultado de la forma no lineal de la respuesta del oído. Este tiende a responder en forma logarítmica a la intensidad de un estímulo acústico.

Ambos problemas pueden resolverse mediante el uso de una escala logarítmica o de decibeles. Una característica de esta última es que resulta posible mostrar en papel común para gráficos un amplio ámbito de presiones de sonido de modo tal que las pequeñas variaciones están representadas tan exactamente como las más grandes.

Por definición, el decibel (abreviado como dB), es una unidad sin dimensiones usada para expresar el logaritmo del cociente entre una cantidad medida (P_1) y la cantidad de referencia (P_0).

$$\text{dB} = 10 \log (P_1 / P_0)$$

Los decibeles no son unidades lineales como los metros o los litros, sino más bien puntos representativos de una curva rápidamente ascendente.

La razón de una escala tan complicada, es simplemente que el oído humano detecta un gran ámbito de energías acústicas y una escala aritmética común debería ser demasiado larga.

Si se duplica la intensidad de un sonido, aumenta en tres decibeles, no se duplicará su número. Por ejemplo, si una máquina produce un sonido de 90 dB y se coloca otra máquina idéntica junto a la primera, el nivel de sonido combinado será 93 dB, no 180 dB⁷.

G. **La intensidad** depende fundamentalmente de la presión de sonido, pero también es afectada por la frecuencia.

Por lo tanto, los niveles de presión de sonido son sólo un aspecto de la cuestión y pueden ser engañosos. El problema fundamental es que las cantidades a medir deben incluir la reacción del ser humano frente al sonido, reacción que puede estar determinada por factores tan variados como el estado de salud de la persona, las características del sonido y la actitud hacia la persona o dispositivo que genera el sonido. En el curso de los años se han propuesto varios métodos para evaluar los niveles de intensidad y diversos criterios para determinar niveles tolerables de ruido.

Las características físicas de un sonido medidas por un instrumento y el «ruido» de un sonido como propiedad subjetiva pueden estar poco relacionadas.

Un medidor de nivel de sonido es incapaz de distinguir entre un sonido agradable y otro desagradable, sólo mide presiones y frecuencias.

Para diferenciar un sonido agradable de un ruido, es necesaria la reacción humana. La fuerza no es sólo una cuestión de nivel de presión de sonido. Un sonido que tiene una presión sonora constante puede parecer más suave o más fuerte si se altera su frecuencia.

- H. **Perfiles de igual intensidad.** Los perfiles representan los niveles de presión de sonido necesarios, en cada frecuencia, para producir la misma respuesta de intensidad en una persona promedio. Las variaciones en la forma de los perfiles a medida que el nivel de presión de sonido aumenta indican que la respuesta del oído no es lineal, fenómeno que es especialmente notable en las frecuencias bajas.

- I. **Redes ponderadas A.** Parecería ser relativamente sencillo fabricar un circuito electrónico cuya sensibilidad variara en frecuencia en la misma forma que el oído humano. Esto ha sido realizado y se obtuvo como resultado tres diferentes características normalizadas internacionalmente, llamadas redes ponderadas “A”, “B” y “C”. La red “A” fue diseñada para aproximarse a las curvas de igual intensidad para niveles bajos de presión de sonido; la red “B”, para niveles intermedios; y, la red “C” para niveles altos.

⁷ Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 245

Los medidores de niveles de sonido responden más a ciertas frecuencias que a otras, lo que se expresa mediante las redes ponderadas. Las frecuencias muy bajas son discriminadas, atenuadas o filtradas muy severamente por la red “A”, moderadamente por la “B” y prácticamente no filtradas por la “C”. Por tanto, si el nivel de sonido medido de un ruido es mucho más alto en la red “C” que en la “A”, probablemente la mayor parte de la energía del ruido es de baja frecuencia.

Las mediciones ponderadas “A” de nivel de sonido se han convertido en una medida popular para establecer el peligro total por ruido ya que se considera que proporcionan una clasificación de las bandas anchas de ruidos industriales en una forma bastante similar a su efecto lesivo sobre el oído humano.

Los niveles de sonido ponderados “A” han demostrado que proporcionan una buena información sobre interferencia en el habla y condiciones de perturbación de la comunidad y han sido adoptados para estos fines.

Los niveles de sonido ponderados “A”, como clasificación numérica han demostrado, en algunos casos, una excelente concordancia entre los niveles “A” y los efectos subjetivos, mientras que en otros se observan discrepancias relativamente grandes particularmente en relación con ruidos de nivel alto y banda estrecha o tonos puros que superan ampliamente los ruidos de banda ancha.

1.2.2. Pérdida de la audición

1.2.2.1. Tipos de pérdida de la audición

La exposición a sonidos explosivos o bruscos puede romper el tímpano y, posiblemente, dislocar la cadena de huesecillos. Con mayor frecuencia, la exposición excesiva produce una pérdida auditiva que incluye lesión del oído interno.

Esta lesión puede convertirse en un tipo de pérdida de la audición, como se muestra a continuación.

- A. Pérdida Auditiva repentina. Causada por ruidos de impacto, disparos de arma de fuego, bombazos, remachado de metales por percusión, machaqueo, golpes en el oído externo, lo que ocasiona “trauma acústico”.

- B. Alteración temporaria del umbral. La alteración temporaria del nivel del umbral auditivo puede ser provocada por una exposición breve a sonidos intensos. Es mayor inmediatamente después de la exposición a ruidos excesivos y disminuye en forma progresiva al aumentar el período de reposo y a medida que el oído se recupera del sobrestímulo causado por el ruido. Un ruido capaz de provocar una TTS significativa con exposiciones breves, probablemente sea capaz de causar una importante alteración permanente del umbral, luego de exposiciones prolongadas o recurrentes.

- C. Alteración permanente del umbral. La alteración permanente del umbral es semejante a la temporal, excepto en que la recuperación de la pérdida auditiva no es total. Las variables importantes en el desarrollo de alteraciones permanentes o temporarias del umbral auditivo serán: a) nivel de sonido, b) frecuencia de la distribución del sonido, c) duración del sonido, d) el número y duración de los intervalos entre períodos de sonido.

- D. Sordera Ocupacional. Enfermedad que se adquiere en el trabajo por la exposición al ruido, cuando no se usa el equipo de protección auditiva adecuado, y por no tomar las medidas adecuadas para su eliminación desde la fuente que lo produce; su proceso es irreversible.

1.2.2.2. Efectos de la exposición al ruido

La exposición a un ruido muy fuerte o a una larga permanencia en un ambiente ruidoso puede causar una disminución o deterioro importante de la capacidad auditiva; además un estado de audifonía molesto que se manifiesta en los trabajadores generalmente con el decremento de la eficacia en el trabajo.

El efecto del ruido sobre la agudeza auditiva depende de varios factores físicos y de las características de cada persona, presión del nivel sonoro y periodicidad. El riesgo potencial de sufrir efectos auditivos aumentará junto con el tiempo de exposición. Los efectos del ruido sobre los seres humanos pueden clasificarse de la siguiente forma:

- A. El trauma acústico. Es el efecto más evidente causado por los ruidos intensos sobre el organismo humano ya que recae sobre el aparato auditivo, y consiste en una lesión de las células del órgano de Corti, situado en el oído interno o caracol. El daño una vez producido es irreversible a esto se le llama “trauma acústico”. Su progreso conduce a una sordera de recepción de la señal acústica.
- B. Lesiones en otros órganos. Los ruidos continuos e intensos, de forma aislada o en combinación con otros factores, ejercen perturbaciones en el organismo humano como las siguientes:
- a) Hipertensión arterial.
 - b) Taquicardia (aceleración del ritmo del corazón), generado por el “ruido blanco”(formado por una yuxtaposición de todas las frecuencias a una intensidad igual), o bradicardia (enlentecimiento del ritmo del corazón), producido por ejemplo por el ruido de motor.
 - c) Trastornos del ritmo respiratorio.
 - d) Diarrea intermitente.
 - e) En la sangre, alteraciones de las células y de los electrolitos que la componen.
 - f) Perturbaciones de secreciones de hormonas (de amilasas, de corticoides y adrenalina, que tienen relación con el estrés).

- C. Trastornos nerviosos. Según estudios realizados* se encontró en el electroencefalograma de los mamíferos que el “ruido blanco” activa y el de motor inhibe la actividad cerebral. El ruido induce tensión nerviosa, que descarga sobre las vísceras, llegando a producir las enfermedades derivadas del estrés. Además con la edad aumenta se hace menos tolerable el ruido.

- D. Trastornos de tipo psicológico. Estos trastornos pueden provocar modificaciones en el carácter y el comportamiento de los trabajadores: mayor agresividad frente a los demás, ansiedad y una disminución de la memoria. Todos estos motivos pueden causar una reducción en el rendimiento y calidad del trabajo ejecutado.

- E. Problemas de seguridad. Cuando varios ruidos coinciden, los sonidos graves enmascaran a los más agudos, de esta manera los ruidos dominantes pueden ocultar la transmisión de órdenes y avisos verbales de peligro o alarma y así provocar un accidente.

1.2.2.3. Pérdida de la audición inducida por ruido

La pérdida de la audición inducida por el ruido involucra daños estructurales en el órgano del oído. Cuando una persona se expone por primera vez a ruidos peligrosos, en general la alteración inicial observada es una pérdida de la audición en la zona de las frecuencias más altas.

En la mayoría de los casos, la audición vuelve a sus niveles originales luego de un período de reposo, lejos del ruido. Para los fines prácticos, un período de reposo de unas 14 hrs., donde no haya ruido es suficiente para que el umbral vuelva a sus niveles anteriores.

El daño permanente causado por ruido se clasifica generalmente como pérdida de audición debida a ruido o trauma acústico, dependiendo de la naturaleza de la exposición. Los efectos acumulativos a largo plazo de exposiciones repetidas y prolongadas a ruidos peligrosos provocan modificaciones patológicas permanentes en la cóclea y alteraciones irreversibles en los umbrales de la agudeza auditiva, las que se denominan pérdida auditiva inducida por ruido. Sin embargo, debido a que la pérdida auditiva puede progresar, nuevas exposiciones son capaces de provocar un mayor daño. Cuando la pérdida auditiva incluye las frecuencias del habla, se presentan considerables dificultades para seguir las conversaciones.

El efecto del ruido sobre la audición depende de la cantidad y características del mismo, así como de la duración de la exposición. En algunos casos, el trabajo durante unas pocas horas o días en un ambiente industrial ruidoso o la exposición a un solo sonido de intensidad nociva puede ser suficiente para producir una pérdida auditiva permanente. Esto se denomina, con frecuencia, trauma acústico. Sin embargo, otras personas, trabajando durante años en el mismo ambiente ruidoso no son afectadas y retienen su agudeza auditiva normal. El deterioro más importante de la audición se produce durante los primeros 5 a 10 años de trabajo en un ambiente donde el ruido constituye un riesgo.

El ruido es una causa penetrante e insidiosa de la pérdida auditiva; no provoca dolor a menos que sea tan fuerte como una detonación de rifle. Los oídos tienen un gran poder de recuperación luego de exposiciones breves y temporarias al ruido y, en general, se reponen durante la noche. Sin embargo, la exposición prolongada a ruidos intensos lesiona gradualmente el oído interno.

La susceptibilidad a la pérdida auditiva inducida por ruido varía mucho de un individuo a otro. Por encima de ciertos niveles de intensidad extremadamente altos, se considera que todos los individuos son susceptibles siempre que la exposición sea suficientemente prolongada. En general, los estudios de alteraciones temporarias del umbral no proporcionan información sobre la susceptibilidad de los individuos a la alteración permanente del umbral.

Los problemas de comunicación de una persona que sufre una pérdida auditiva inducida por ruido son muy frustrantes, ya que resulta fácilmente malinterpretada por su familia y amigos. Este problema provoca con frecuencia un comportamiento auditivo inconsistente, la persona parece oír muy bien en ciertos momentos y muy mal en otros. Por lo tanto, se la acusa de «no prestar atención».

Por todo lo anterior, resulta útil determinar la relación todos los factores que afectan el grado y extensión de la pérdida auditiva para determinar si existe riesgo de lesión.

2. DIAGNÓSTICO

El objetivo de este capítulo es proveer una metodología que permita determinar el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (L_{Aeq} ⁸ por sus siglas en inglés), que es representativo de las condiciones de exposición al ruido existentes en un lugar.

2.1. Medición de los niveles de ruido en los diferentes puestos de trabajo de la empresa

2.1.1. Instrumentos de medición de sonido

El instrumento que se utiliza para medir las variaciones de presión de sonido en el aire es el medidor de nivel, el cual es básicamente un voltímetro electrónico sensible que mide la señal eléctrica de un micrófono, que generalmente se provee unido al instrumento.

La señal de corriente eléctrica alterna del micrófono es amplificada lo suficiente para que, luego de ser convertida en corriente continua por medio de un rectificador, pueda mover el indicador. A continuación se presentan algunos tipos de instrumentos de medición para diferentes tipos de sonido.

2.1.1.1. Sonómetros o decibelímetros

Este instrumento responde ante el sonido de forma aproximada a como lo hace el oído humano y proporciona medidas objetivas y reproducibles. Mide de forma directa el nivel de presión sonora de un fenómeno acústico, y lo representa en decibeles (dB). Existen dos tipos: convencionales e Integradores.

Figura 3. Decibelímetro Digital



Fuente: <http://oci.nosis.com.ar/ociusers/10800/O6521794.htm>

a) Convencionales. Dan mayor énfasis a los sonidos recientes, dentro de un número limitado de tiempos de promediación que están prefijados y que son relativamente cortos. Podrán emplearse únicamente para la medición del **Nivel promedio ponderado A** (L_{pA}) cuando el ruido sea estable. La lectura promedio se considerará igual al **nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A** (L_{Aeq}).

⁸ Gil Fisa Antonio y Pablo Luna Mendaza, NTP 270: **Evaluación de la exposición al ruido.**

b) Integradores - promediadores. Intentan solucionar el problema de medición de los ruidos industriales, proveniente de las fluctuaciones de nivel con que se manifiestan. Por ello, ofrecen tiempos de promediación largos, de minutos u horas. Dan igual énfasis a todos los sonidos existentes en el período de promediación. Y Podrán emplearse para la medición del L_{Aeq} de cualquier tipo de ruido.

2.1.1.2. Dosímetros

Relacionan los niveles de presión sonora con los tiempos de exposición a esos niveles, para mostrar un valor de «dosis» del ruido. Añaden el ruido constantemente, al acumular la señal en un condensador una vez que ha sido transformada en energía eléctrica.

Los mencionados aparatos de medida tienen estas aplicaciones⁹:

- a. **Los sonómetros convencionales**, sólo ante ruidos estables, permiten valorar el nivel de presión acústica ponderada (L_{pA}), la lectura promediada en tiempo (T) y el nivel diario equivalente, aplicando la fórmula correspondiente (Ver sección 2.1.4.).

Determinación de niveles representativos. www.mtas.es/insht/ntp/ntp.htm

⁹ Gil y Mendaza, *op. cit.*

- b. **Los sonómetros integradores** admiten leer el nivel promediado en tiempo y el nivel diario equivalente, con éste se pueden obtener los datos necesarios, a un costo accesible.

- c. **Los dosímetros** podrán ser utilizados para la medición directa del L_{Aeq} , de cualquier tipo de ruido. Se utiliza principalmente cuando se necesita medir la exposición de un trabajador en un puesto que implica movimientos a diferentes sitios mientras cumple sus tareas. Pero, tienen la desventaja de que su costo suele ser muy elevado, por lo que a la hora de escoger siempre debe evaluarse el costo/beneficio, de acuerdo a las necesidades del estudio.

Todos los instrumentos pueden ser de "tipo 1" o de "tipo 2" (prescripciones establecidas por la norma CEI-804) y se considerará, en general, un error de ± 1 dB cuando se utilizan instrumentos del "tipo 2" y ningún error instrumental cuando el aparato sea del "tipo 1".

2.1.2. Estudio previo

Si se necesita saber si es necesario hacer un estudio sobre niveles de ruido en un ambiente determinado, se debe determinar si probable que exista un problema de ruido, se ha de hacer una evaluación sobre ruido en aquellas áreas donde resulta difícil comunicarse por medio del habla en tonos normales a un metro de distancia.

Otro indicador de la necesidad de realizar un estudio sobre ruido, es el hecho de que la gente se queje de que luego de estar expuesta a niveles altos de sonido durante su turno de trabajo, nota que el habla y otros sonidos resultan amortiguados durante horas o que oyen zumbidos continuos.

2.1.3. Tipos de ruido

2.1.3.1. Ruido continuo o estable

Se define como **El ruido de banda ancha, de nivel y espectro aproximadamente constantes a los cuales un trabajador está expuesto durante una jornada de trabajo.** También es definido como **"Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} sea inferior a 5 dB"¹⁰.**

Un gran número de operaciones industriales incluye este tipo de ruido. La mayoría de los criterios de daño-riesgo establecidos se refieren a este tipo de exposición al ruido, dado que es más fácil de definir en términos de amplitud, contenido de frecuencias y tiempo de duración.

¹⁰ Gil y Mendaza, *op. cit.*

Siendo el ruido estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho período.

Si la medición se hace con un sonómetro, se realizarán como mínimo 5 mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ($L_{Aeq, T}$) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se obtendría directamente el $L_{Aeq, T}$. Como precaución podrían efectuarse un mínimo de tres mediciones de corta duración a lo largo del período T y considerar como $L_{Aeq, T}$ la media aritmética de ellas.

2.1.3.2. Ruido discontinuo o periódico

Es “aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica”¹¹. La exposición a un ruido intermitente puede definirse como “exposición a un nivel de presión de sonido de banda ancha varias veces durante la jornada normal de trabajo”¹². Está definido por los siguientes factores:

¹¹ Gil y Mendaza, *op. cit*

¹² Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 260

- Tiempo que dura cada pico.
- Tiempo que dura el intervalo entre los picos.
- Intensidad del punto máximo de pico.
- Intensidad del punto más bajo.

A su vez, el ruido discontinuo puede ser **rítmico o periódico o bien arrítmico o aleatorio**.

El inspector o supervisor de planta que periódicamente se traslada de una oficina relativamente silenciosa a las áreas ruidosas de producción es un ejemplo de una persona sometida a este tipo de ruido ambiental.

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios períodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro según lo indicado en el inciso de Instrumentos de Medición (2.1.1).

Si la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente (L_{Aeq}) obtenidos es inferior o igual a 2dB, el número de mediciones puede limitarse a **tres**. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de **cinco**.

El $L_{Aeq,T}$ se calcula entonces a partir del valor medio de los L_{Aeq} obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica en el siguiente inciso.

2.1.3.3. Ruido aleatorio

Es "aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo es superior o igual a 5 dB, variando aleatoriamente a lo largo del tiempo"¹³.

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

Método directo. El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado.

Método de muestreo. Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos.

2.1.3.4. Ruido de impacto

"Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo"¹⁴. Es un ruido aislado, que dura menos de 1 segundo, un sonido repentino y rápido.

¹³ Gil y Mendaza, *op. cit*

¹⁴ Gil y Mendaza, *op. cit*

La evaluación del ruido de impacto se efectuará mediante la medición del nivel de pico, que se realizará en el momento en que se espera que la presión acústica instantánea alcanza su valor máximo.

"Los instrumentos empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si éste ha superado los 140 dB, deben tener una constante de tiempo en el ascenso no superior a 100 microsegundos. Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A, podrá considerarse que el nivel de pico no ha sobrepasado los 140 dB cuando el L_{pA} no ha sobrepasado los 130 dBA"¹⁵.

2.1.4. Metodología de evaluación

2.1.4.1. Elección del método de medición

Antes de iniciar el procedimiento de medición, se selecciona el método a utilizar, según el objetivo del estudio. Los métodos de medición del sonido pertenecen a dos grandes categorías: **medición de la fuente y medición del ruido-ambiente**. **Las mediciones de las fuentes** son aquellas que se hacen con el propósito de determinar las características del ruido emitido por la fuente. Ésta puede ser un único equipo o una combinación de equipos. Por ejemplo, un motor eléctrico o una planta entera pueden ser considerados una fuente de ruido.

¹⁵ Gil y Mendaza, *op. cit*

El número de mediciones a realizar y el tipo de instrumentos necesarios dependen de la información que se desea obtener. Si el objetivo es comprobar el cumplimiento de una especificación predeterminada sobre ruido, la medición será relativamente sencilla y sólo hará falta la elección del instrumento adecuado.

Pero si el objetivo es reducir el ruido producido por las operaciones industriales, como lo es el caso de éste estudio, la situación es más compleja y se hace necesaria la **medición del ruido-ambiente**. El uso de decibelios en nivel A (dBA), como se vio en el capítulo anterior, simplificará mucho la recolección de los datos en la medición de los niveles de sonido.

2.1.4.2. Encuesta preliminar

La medición del ruido-ambiente requiere comenzar con una encuesta preliminar de niveles de ruido que incluya a todas las áreas de la industria, para ubicar operaciones o áreas donde los trabajadores puedan estar expuestos a niveles de ruidos peligrosos.

En esta encuesta se utilizan el mismo procedimiento realizado en el Estudio Previo en todas las áreas. Antes del siguiente paso, la empresa deberá decidir si se adquirirá el equipo medidor de nivel de sonido y se entrenará personal para emplearlo o si se contratará el servicio de una empresa externa. La importancia del problema del ruido, el tamaño de la planta y la naturaleza del trabajo influirán sobre esta decisión.

En la mayoría de las industrias, las encuestas sobre ruido son realizadas por un ingeniero calificado, un audiólogo, un higienista industrial o un profesional de prevención de accidentes.

La encuesta preliminar no define el ruido del ambiente con profundidad, sólo proporciona datos suficientes para establecer en cuales áreas existe un problema potencial de ruido.

2.1.4.3. Encuesta Detallada

Para determinar los lugares específicos que requieren de un estudio y atención particular, se utiliza la encuesta detallada. En esta encuesta se realiza, de ser necesario, un análisis en cada posición de trabajo, para definir el nivel de exposición promedio ponderada (L_{pA}) en el tiempo de exposición del trabajador.

El propósito de efectuar una encuesta detallada sobre el ruido es: a) obtener información específica sobre los niveles de ruido que existen en cada puesto de trabajo, b) desarrollar guías para establecer controles de ingeniería y/o administrativos; c) definir áreas donde se necesitará protección auditiva; y d) determinar las áreas de trabajo donde es aconsejable y/o necesario realizar los estudios audiométricos de los trabajadores.

Además los datos de la encuesta detallada sobre ruido serán usados para desarrollar políticas y procedimientos de control (capítulo 3) y para determinar el cumplimiento de las normas internacionales.

Como guía general para realizar una encuesta de ruido la información registrada debe ser suficiente para permitir que cualquier otro individuo que tome el informe use el mismo equipo y ubique las diversas posiciones de medición llegue finalmente a reproducir las mediciones y/o el registro de los datos.

La encuesta detallada sobre ruido tiene tres pasos básicos:

Paso 1: Medición en áreas. Usando el medidor de nivel de sonido ajustado para una respuesta ponderada en “A” se registra el nivel máximo de ruido que se produce regularmente en el centro de cada área de trabajo (El tamaño del área de trabajo para estas mediciones debe limitarse a 93 m² máximo¹⁶).

Si el nivel máximo de ruido no excede los 84 dBA puede suponerse que todos los trabajadores del área medida cumplen sus tareas en un ambiente satisfactorio en lo referente a ruido. Si los niveles medios en el centro del área caen entre 84 y 92 dBA, entonces se necesita más información por lo que debe pasarse a la siguiente etapa.

¹⁶ Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 258

Paso 2: Mediciones en los puestos de trabajo. Para evaluar la exposición al ruido de la gente que trabaja en lugares donde las mediciones en el centro del área de trabajo se encuentran entre 84 y 92 dBA, deben realizarse mediciones en la ubicación normal de trabajo de cada persona.

Si el nivel varía en forma regular se registran tanto el máximo como el mínimo. Si el nivel de ruido medido nunca es mayor de 85 dBA, la dosis acumulativa de ruido será menor que la unidad y la exposición al ruido puede considerarse satisfactoria. A la inversa, si el nivel de ruido nunca desciende de 85 dBA, se supone que la dosis acumulativa de ruido en ese puesto de trabajo debe ser mayor que la unidad, lo que indica una exposición al ruido no satisfactoria.

Paso 3: Duración de la exposición. En los puestos de trabajo donde el ruido que se produce varía entre niveles superiores e inferiores a 85 dBA, debe realizarse un análisis usando para el cálculo de esta situación los factores de exposición al ruido y tiempo.

Esto se realiza identificando el ciclo de trabajo, esto es, el mínimo conjunto ordenado de tareas que se repite cíclica y sucesivamente a lo largo de la jornada de trabajo, constituyendo el quehacer habitual del individuo que ocupa dicho puesto.

Luego se registra el tiempo en minutos que el trabajador pasa en cada área de trabajo y el nivel y tipo de ruido a que está expuesto en cada tarea.

Esta información puede obtenerse consultando al trabajador o a su supervisor o por inspección visual.

Para las actividades de un día determinado, puede emplearse un enfoque de guía y consulta¹⁷ sobre la información que debe proporcionar.

Para obtener una información básica de cómo funciona el trabajo en lo concerniente a la duración de las operaciones y porcentaje de tiempo que el trabajador pasa en cada una de esas áreas, el interrogatorio a los supervisores de primera línea es el camino más aconsejable. En cuanto a los tipos de equipos productores de sonido que se hallan en las áreas de trabajo se consulta también al encargado de mantenimiento que regularmente es el experto en el equipo.

"El conocimiento de las fuentes generadoras de ruido y de los ciclos de trabajo permite establecer grupos homogéneos de puestos si la exposición es equivalente. Esto simplifica el número de mediciones a realizar, extrapolarlo los datos obtenidos para un puesto de trabajo a todo el grupo homogéneo"¹⁸.

¹⁷ Esto se realiza requiriendo a cada trabajador que mantenga un registro general del área de trabajo/tiempo de sus actividades diarias y luego consultándolo al final del período de trabajo para confirmar si se ha registrado información suficiente. También es posible realizarlo asignando a una persona para la documentar las actividades y los tiempos ambos ejecutados en cada puesto. En algunos casos puede resultar útil que un trabajador use un dosímetro de ruido que registre la exposición diaria.

¹⁸ Gil y Mendaza, *op. cit.*

También pueden estudiarse los registros de producción, una observación visual permite obtener información sobre la extensión del problema provocado por el ruido.

Las medidas de la exposición al ruido deben efectuarse con un instrumento de medición de sonido ponderación frecuencial A, procurando apuntar con el micrófono a la zona donde se obtenga mayor lectura, a unos 10 cm de la oreja del operario, y, si es posible, apartando a dicho operario para evitar apantallamientos con su cuerpo.

Se recomienda utilizar un formato para todas las mediciones en el que se incluya como mínimo la siguiente información: nombre de la personal que realiza el estudio sobre ruido, junto con la fecha, ubicación de la medición y tiempo.

Si se desea, se pueden completar los registros con los números de serie de los medidores de niveles de sonido y la fecha de su calibración. Los controles de la calibración de los instrumentos deben realizarse antes, durante y después de la encuesta de nivel de sonido.

Cuando los trabajadores están expuestos a diferentes niveles de sonido durante el día, debe calcularse la "exposición mixta" usando la fórmula:

$$\text{Exposición mixta (D)}^{19} = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n}$$

Donde cada "C" es el tiempo de exposición total a un nivel de ruido determinado y cada "T" el tiempo total de exposición permitido para ese nivel. "Si la suma de las fracciones es igual o mayor a 1 se considera que la exposición mixta sobrepasa el valor límite"²⁰, a este tipo de cálculo se le llama dosificación.

Por ejemplo, a lo largo de su día de trabajo un operador está expuesto a los siguientes niveles de sonido:

Tabla I. Ejemplo de niveles de exposición

Nivel de exposición	Tiempo de cada Tarea	Tiempo permitido
95 dBA	1 horas	2
85 dBA	3.5 horas	8
90 dBA	2 horas	4
105 dBA	0.25 horas	1/2

El procedimiento a seguir es sumar las fracciones de tiempo transcurrido en cada tarea entre el tiempo permitido para ese nivel.

¹⁹ Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 259

²⁰ Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 259

$$\frac{1}{2} + \frac{3.5}{8} + \frac{2}{4} + \frac{0.25}{0.5} = 1.94$$

Como la suma es mayor que 1 se concluye que el operador está expuesto excesivamente al ruido durante su día de trabajo.

2.2. Criterios sobre daño-riesgo ocupacional

"Un criterio es una norma, regla o test, mediante el cual puede formarse un juicio"²¹. En un estudio de la exposición al ruido es necesario definir el criterio sobre daño-riesgo ocupacional, esto significa que se debe saber cuales son niveles máximos permisibles para intervalos de tiempo determinados, que si son sobrepasados, dan como resultado alteraciones dañinas en los niveles auditivos de los trabajadores expuestos.

La aceptabilidad de un nivel de ruido determinado está en función de muchas variables. En esta investigación la atención se centra en la forma de controlar la exposición al ruido para evitar los efectos de ésta sobre los trabajadores. Por lo anterior es necesario contar con criterios justos, confiables y prácticos para determinar el daño-riesgo producido por el ruido.

²¹ Consejo Interamericano de Seguridad, *op. cit.*, p. 248

2.2.1. Capacidad auditiva

Un criterio que puede ser utilizado para establecer que los niveles a los que están expuesto son dañinos o no aceptables, son los exámenes de la capacidad auditiva.

Para determinar si existe incapacidad auditiva las evaluaciones deben hacerse en términos de la capacidad de un individuo para oír el habla cotidiana en condiciones normales.

La capacidad de una persona para oír frases y repetirlas correctamente en se considera como evidencia satisfactoria de una adecuada capacidad auditiva. La capacidad de un individuo de oír el habla está relacionada con la de oír tonos puros. Por lo que los exámenes auditivos que emplean tonos puros son muy usados.

2.2.2. Factores de riesgo

Si se somete el oído a niveles altos de ruido durante un período suficiente puede producirse cierta pérdida auditiva. Y existen muchos factores que afectan al grado y extensión dicha pérdida: la intensidad o sonoridad del ruido (nivel de presión de sonido), el tipo de ruido (espectro de frecuencias), período diario de exposición (ciclo del trabajo diario), duración total del trabajo (años de trabajo), susceptibilidad individual, edad del trabajador, coexistencia de pérdida auditiva y enfermedad del oído, características del ambiente donde se produce el ruido, distancia de la fuente, posición del oído con respecto a las ondas sonoras.

Los primeros cuatro son los factores más importantes y a ellos nos referimos cuando se habla de exposición al ruido. Por lo tanto, no sólo es necesario conocer cuánto ruido, sino también el tipo y tiempo de exposición al mismo.

2.2.3. Análisis de la exposición al ruido y niveles ambientales de referencia

Corrientemente se piensa que cualquier exposición de los oídos sin protección a niveles de sonido superiores a 115 dBA es peligrosa y debe ser evitada. Puede considerarse que la exposición a niveles de sonido inferiores a 70 dBA no es peligrosa y no produce pérdida auditiva permanente.

La mayoría de las exposiciones al ruido en la industria se encuentran en el ámbito de 45 dBA y se requiere información adicional, tal como el tipo de ruido y duración de la exposición.

Hasta el momento no han podido ser relacionados directamente el efecto etéreo de la exposición al ruido y la energía del mismo. Por ejemplo, duplicando el contenido de energía no se produce una pérdida auditiva doble, sin embargo, en general, cuanto mayor sea la energía total del ruido, menor será el tiempo de exposición requerido para producir la misma pérdida auditiva; pero se desconoce la relación exacta entre tiempo y energía.

También debemos conocer la exposición total durante el período laboral de la vida de una persona para llegar a una conclusión válida acerca de cómo el ruido afectará la pérdida auditiva.

Los niveles que evitan el trauma acústico o dañan el oído que puede llevar a la sordera, son llamados niveles ambientales de referencia²² (TLV'S por sus siglas en Inglés). Estos establecen que aquel daño puede alcanzarse con 85-90 dB(A) de exposición 8 horas al día. La siguiente tabla relaciona los límites de los diferentes niveles de intensidad sonora del ruido continuo en razón de los tiempos de exposición.

Tabla II. Relación de límites de los diferentes niveles de intensidad sonora en razón a los tiempos de exposición

Horas al día	DB(A)
16	80
8	85
4	90
2	95
1	100
1/2	105
1/4	110
1/8	115

Fuente. José Luis Vaquero Puerta y Rafael Ceña Callejo. **Prevención de riesgos laborales: Seguridad, Higiene y Ergonomía.** Pág. 171

²² Valores de la Unión Europea.

2.2.4. Reglamentaciones sobre exposición al ruido

Por otro lado, también puede determinarse si un criterio es aplicable al riesgo de daño por ruido es conveniente analizar varias normas. Por eso, en esta sección se presenta la legislación nacional existente y algunas normas internacionales, para luego, seleccionar las normas en las cuales se basarán los juicios acerca de los niveles aceptables de exposición ocupacional.

2.2.4.1. Legislación Nacional

La legislación que regula la exposición al ruido en Guatemala es el Decreto No. 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, "**Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente**", que en su capítulo IV, artículo 17, dice: "El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos correspondientes que sean necesarios, en relación con la emisión de energía en forma de ruido, sonido, microondas, vibraciones, ultrasonido o acciones que perjudiquen la salud física y mental y el bienestar humano, o que cause trastornos al equilibrio ecológico. Se consideran actividades de degradar el ambiente y la salud, los sonidos o ruidos que sobrepasen los límites permisibles cualesquiera que sean las actividades o causas que los originen".

Los reglamentos a que se hace referencia en este artículo hasta la fecha no han sido emitidos; y, según el Ministerio del Ambiente, los límites permisibles pueden ser cualesquiera de los límites dictados por organismos internacionales tales como la Comisión Europea (CE), *Occupational Safety and Health Standard* (OSHA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), entre otros.

2.2.4.2. Legislación Extranjera

Las normativas sobre exposición ocupacional al ruido en Estados Unidos están dictadas por la OSHA que en 1974, propuso una norma²³ que limitaba el nivel de exposición del trabajador a 90 dBA, calculado como un promedio ponderado en 8 horas (Tabla II).

Tabla III. Exposición permisible al ruido en EE.UU.

Duración por día, Respuesta lenta en horas	Nivel de sonido En dBA
8.....	90
6.....	92
4.....	95
3.....	97
2.....	100
1.....	102
1 ½.....	105
½.....	110
¼ o menos.....	115

Fuente: Consejo Interamericano de Salud, **Manual de fundamentos de higiene industrial**, pág. 238.

Se ha de notar que la tabla III define la exposición permisible al ruido. Por otro lado, se considera la “**exposición**” como una función tanto del nivel de sonido, como de la duración en horas por día.

²³ 29 CFR 1910.95 *Occupational Safety and Health Standard Act.*

Así por ejemplo, un trabajador puede estar expuesto a 90 dBA durante un total de 8 horas por día, pero si el nivel de sonido aumenta a 95 dBA, el tiempo de exposición máxima permisible desciende a 4 horas por día. Cada aumento de 5 dBA en el nivel de sonido disminuye el tiempo de exposición permisible a la mitad.

Otro ejemplo de legislación sobre exposición al ruido es España en donde la misma está regulada por el Real Decreto 1316/89, que si bien establece como límite de exposición absoluto un nivel diario equivalente a 90 dBA, deja bien claro que el empresario está obligado **“con carácter general a reducir al nivel más bajo, técnica y razonablemente posible los riesgos derivados de la exposición al ruido, habida cuenta del progreso técnico y de la disponibilidad de medidas de control del ruido, en particular en su origen, aplicadas a las instalaciones u operaciones existentes”**²⁴(Art. 2.1).

Así pues, en esta legislación el valor de 90 dBA no representa el límite de lo tolerable, sino la frontera a partir de la cual hay, en cualquier caso, que tomar medidas para reducir la exposición. En aquellos casos en los que el nivel diario equivalente se sitúa entre 80 y 90 dBA, es obligatorio adoptar progresivamente medidas preventivas en forma de mediciones ambientales, exámenes de salud de los trabajadores, protecciones auditivas para los trabajadores, etc.

²⁴ Fernando G. Benavides *et al.* **Glosario de prevención de riesgos laborales.** (España: Editorial Masson, 1998) p. 77

La legislación italiana, por otro lado considera que se puede causar daños auditivos si se sobrepasa el nivel de presión sonora (LPS por sus siglas en Italiano) que nuestro oído esta en capacidad de soportar. El Decreto Legislativo 277/91 fija tres valores limites de exposición al ruido (80, 85 y 90 dBA) a cuya superación esta orientado el cumplimiento de ciertas obligaciones para el empleador y para los trabajadores. De cualquier modo, el empleador está obligado a reducir al mínimo el ruido producido también por debajo de 80 dBA (Art. 41 apartado 1 D.Lgs. 277/91).

Como ya se ha visto antes para evitar el trauma acústico o daño en el oído que conlleva sordera se han impuesto los niveles de 85-90 dB(A) de exposición durante la jornada laboral, tanto si se trata de exposiciones continuas o de un número elevado y repetido de exposiciones de corta duración.

La reducción del ruido producido por máquinas, equipos e instalaciones es generalmente compleja y muy costosa. De ahí que los legisladores suelen considerar límites relativamente “conservadores”. En otras palabras, se suele considerar que límites “demasiado” estrictos podrían representar para las empresas costes excesivos para la salud financiera y, en consecuencia se adoptan decisiones que suelen ser conscientemente gravosas para la salud de los trabajadores.

Prueba de lo anterior es el preámbulo de la Directiva europea del Consejo de 12 de mayo de 1986, relativa a la exposición al ruido durante el trabajo, uno de cuyos párrafos señala: “Considerando que la situación actualmente existente en los Estados miembros no permite fijar un valor de exposición al ruido por debajo del cual no se presente riesgo alguno para el oído de los trabajadores...”.

En consecuencia, para efectos de este estudio se usará como criterio el límite de 85 dBA tomando en cuenta la tabla II, ya que se desea efectuar una evaluación del nivel de exposición y evitar lo mejor posible el daño a la salud del trabajador. Luego, se derivarán una serie de recomendaciones que pueden ser aplicados según la capacidad de la industria en estudio.

2.3. Valoración del nivel de ruido

2.3.1. Métodos de comparación

Establecido el método, se pasa ahora a la aplicación del mismo, como se muestra a continuación.

2.3.1.1. Elección del Instrumento de medición

Para la toma de las medidas de los niveles de exposición se ha escogido el Sonómetro Integrador-Promediador. Se decidió emplear este instrumento para facilitar la medición ya que este tipo de instrumento mide cualquier clase de ruido. En el tipo de industria en estudio existe la posibilidad de que aquellos se presenten.

2.3.1.2. Elección del método de medición

Debido a que se tiene como objetivo reducir el ruido generado por las operaciones industriales se necesitó una Medición del ruido ambiente.

2.3.1.3. Encuesta preliminar

Este paso consiste en determinar en cuales áreas de la industria resulta difícil comunicarse en tonos normales a un metro de distancia. Las áreas evaluadas fueron las siguientes:

- a. Corte
- b. Taller de insumos
- c. Formado
- d. Procesos y Roscado
- e. Bodega Industrial
- f. Bodega Cañería
- g. Taller mecánico

Según el criterio especificado anteriormente se determinó la existencia de un problema potencial de ruido en las áreas de Formado, Procesos y Roscado.

2.3.1.4. Encuesta detallada

La información obtenida de la encuesta preliminar indica que en aquellas áreas debe hacerse un análisis más detallado siguiendo los pasos de la encuesta detallada como se ve a continuación.

Paso 1: Medición en áreas

Se registró el nivel máximo que se produce en el centro de las áreas mencionadas anteriormente, los resultados se muestran en la tabla IV y se han marcado con negrilla las áreas de las cuales se necesita más información pues el nivel medido se encuentra entre 84 dBA y 92 dBA.

Tabla IV. Mediciones en el centro de cada área

MEDICIONES EN ÁREAS								
Área	Tamaño del área	No. de trabajadores	Mediciones en dB					— X
			1	2	3	4	5	
Corte	82 m ²	11	78	79	82	84	90	83²⁵
Taller	24 m ²	3	82	83	81	84	82	82
Formado	92 m ²	33	88	89	93	89	92	90
Procesos y Roscado	89 m ²	24	85	90	95	102	98	94²⁶
Bodega Industrial	91 m ²	6	74	76	82	75	78	77
Bodega Cañería	90 m ²	11	70	72	79	74	84	76
Taller Mecánico	80 m ²	5	72	67	70	72	69	70

Paso 2: Mediciones en los puestos de trabajo

Se realizaron mediciones en la ubicación normal de trabajo de cada persona del área de corte y formado, registrando el nivel máximo y el mínimo. Como ayuda para la toma de datos se empleó el formato que se muestra a continuación.

²⁵ Se ha seleccionado este valor por su cercanía al límite de decisión (84 dBA).

²⁶ Este valor indica en definitiva que en esta área existe un nivel de exposición inaceptable y será necesario implantar medidas de control.

Tabla V. Formato de registro. Muestra la información esencial que debe llevar una medición

MEDICIÓN EN LOS PUESTOS DE TRABAJO		
AREA:.....	No.de Trabajadores:.....	Documento No. Hoja: De...
Sección:	Máquina y/o equipo:.....	Fecha de estudio:
Puesto:	Capacidad:.....	Elaborado por:
Operación:.....		

En la tabla VI se muestra los valores máximos y mínimos de las mediciones hechas en la ubicación de cada puesto de trabajo en las áreas que presentaron un problema potencial de ruido.

Tabla VI. Medición de niveles máximo y mínimo del ciclo de trabajo

MEDICIÓN DE NIVELES					No. de trabajadores		
Área	Sección	Puesto	Operación	Mín.		Máx.	
1	Corte	Slitter 1 y 2	Gruísta	Transporte de MP	2	78	80 ²⁷
2	Corte	Slitter 2	Operador y Ayudante	Corte de bobinas	6	77	90
3	Formado	Molino 1 y 2	Gruísta	Abastecer tiras	2	81	82 ¹⁹
4	Formado	Molino 1	Operador de Aspa	Aspa y Almacenador	2	90	101
5	Formado	Molino 1	Operador y Ayudante	Operación de molino	2	90	99
6	Formado	Molino 1	Ayudante	Empaque	4	87	93
7	Formado	Molino 2	Operador de Aspa	Operación de Aspa	2	84	91
8	Formado	Molino 2	Operador de Floop	Operación de Floop	2	84	92
9	Formado	Molino 2	Operador y Ayudante	Operación de molino	4	87	97
10	Formado	Evacuación	Ayudante	Evacuación de tubo	4	89	108
11	Formado	Molino 3	Grupo homogéneo	Formado de costanera	8	77	98

De los datos anteriores se listan a continuación los puestos en los que el nivel nunca descendió de 85dBA. Por tanto, se supone que la dosis acumulativa de ruido en estos puestos (véase sección 2.1.4) es mayor que la unidad.

²⁷ Estos niveles indican que los niveles de ruido a que se está expuesto en estos puestos son aceptables.

Lo anterior indica una exposición al ruido no satisfactoria y se necesita implantar medidas de control.

Tabla VII. Puestos LpA \geq 85, No satisfactorios

ÁREAS	SECCIÓN	OPERACIÓN	PUESTO
Formado	Molino 1	Operación de Aspa y Floop	Operador
Formado	Molino 1	Operación de molino	Operador y ayudante
Formado	Molino 1	Empaque	Ayudante
Formado	Molino 2	Operación de Floop	Operador del Floop
Formado	Molino 2	Operación de molino	Operador y Ayudante
Formado	Evacuación	Evacuación de tubo	Ayudante

Paso 3. Duración de la exposición

En el caso de los puestos cuyos niveles de exposición son inferiores y superiores a 85 dBA (Tabla VIII), el análisis debe hacerse tomado en cuenta varios factores como lo son niveles de exposición al ruido y tiempo de exposición a cada nivel.

Tabla VIII. Puestos con niveles inferiores y superiores a 85 dBA

ÁREAS	SECCIÓN	OPERACIÓN	PUESTO
Corte	Slitter 2	Corte de bobinas	Operación y ayudante
Formado	Molino 2	Operación de Aspa	Operador
Formado	Molino 3	Formado de costanera	Operador y ayudante

En los puestos que se componen de tareas que no tiene el mismo nivel de exposición, ha sido necesario determinar el nivel de ruido y la duración de la exposición al mismo dentro de cada una de ellas.

Para esto se determinó el ciclo de trabajo de cada puesto, luego el tiempo que el trabajador transcurre en cada tarea o subciclo y por último se hicieron mediciones del nivel de exposición en cada subciclo. Los resultados se muestran en las tablas IX a la XI.

Tabla IX. Medición de niveles y tiempo de exposición del ciclo de trabajo

MEDICIÓN DE NIVELES											
AREA: Formado			No. de trabajadores: 6			Documento No. 1					
Sección: Costanera			Máquina: Roladora			Fecha de estudio: 04/05/02					
Puesto: Operador y ayudante			Velocidad prom. 50 m/m			Elaborado por: Lesbia Camposeco					
Operación: Formado de Costanera											
DATOS DEL CICLO					PRODUCTO EN ESTUDIO						
Tiempo total del ciclo: 46.95 minutos					Descripción: Costanera de 2 x 2"						
Duración total de la jornada: 11.5 horas					Longitud: 6 m						
Horas de descanso: 30 minutos											
CICLO					MEDICIONES (dBA)						
No	DESCRIPCIÓN DEL SUBCICLO					1	2	3	4	5	X
1	Preparación y corte de punta para soldar				1.83	78	76	76	77	79	77.2
2	Martillar				0.0017	99	97	96	99	98	98
3	Soldadura eléctrica "empalme de tiras"				0.0833	78	76	76	77	78	77
4	Avanzar tira con empalme y cortar empalme				2.258	81	83	82	82	81	82
5	Formado de una tira completa				15.667	82	82	83	82	83	82
6	Tomar y apilar tiras en mesa				15.667	93	95	92	96	97	94.6
7	Avanzar cola de tira para unirla con la siguiente				1.873	77	76	75	79	77	76.8
8	Cerrar mordaza de aspa para montar la tira				3.282	76	75	79	77	77	76.8
9	Montar la tira al aspa con grúa y abrir mordaza				4.053	75	79	77	77	76	76.8
10	Flejar atado				2.237	92	96	95	93	97	95

Tabla X. Medición de niveles y tiempo de exposición del ciclo de trabajo

MEDICIÓN DE NIVELES										
AREA: Corte			No. de trabajadores: 6			Documento No. 2				
Sección: Slitter 2			Máquina: Slitter			Fecha de estudio: 04/05/02				
Puesto: Operador y Ayudante			Operación: Corte de bobinas			Elaborado por: Lesbia Camposeco				
DATOS DEL CICLO				PRODUCTO EN ESTUDIO						
Tiempo total del ciclo: 64.11 minutos				Descripción: Lámina rolada en caliente						
Duración total de la jornada: 11.5 horas				Ancho de bobina: 1010 mm						
Tiempo de descanso: 30 minutos				Peso/bobina: 11.2 Kg. Calibre: 2.6 mm						
CICLO				Tiempo	MEDICIONES (dBA)					
No	DESCRIPCIÓN DEL SUBCICLO			(min)	1	2	3	4	5	X
1	Corte de fleje con pulidora y preparación de bobina			2.218	85	89	86	87	88	87
2	Cizallamiento (corte) de lámina			0.033	90	89	88	96	89	90
3	Avance de lámina			6.14	78	79	76	76	75	76.8
4	Operación de Corte			10.199	82	83	92	91	90	87.6
5	Arreglar tiras			19.913	80	77	79	77	78	78.2
6	Preparar rebobinador y sacar tiras			25.606	77	79	80	78	77	78.2

Tabla XI. Medición de niveles y tiempo de exposición del ciclo de trabajo

MEDICIÓN DE NIVELES										
AREA: Formado			No. de trabajadores: 2			Documento No. 3				
Sección: Molino 2			Máquina: Molino 2			Fecha de estudio: 04/05/02				
Puesto: Operador de Aspa			Velocidad línea prom. 100 m/min			Elaborado por: Lesbia Camposeco				
Operación: Operar Aspa y Floop										
DATOS DEL CICLO				PRODUCTO EN ESTUDIO						
Tiempo total del ciclo: 11.78 minutos				Descripción: Tubo industrial redondo 1"						
Duración total de la jornada: 11.5 horas				Longitud: 6 m						
Horas de descanso: 30 minutos				Norma: BS						
CICLO				Tiempo	MEDICIONES (dBA)					
No	DESCRIPCIÓN DEL SUBCICLO			(min)	1	2	3	4	5	X
1	Preparación de tira para desembobinado			1.105	83	84	85	84	83	83.8
2	Corte de orilla con pulidora			0.373	84	83	82	86	84	83.5
3	Preparación para "empalme de tiras" (soldar)			1.228	84	83	84	85	83	83.8
4	Tiempo de espera para carga del floop y arranque			4.032	85	84	86	84	85	84.8
5	Opera Floop "reembobinar la tira en la canasta"			4.048	91	92	93	94	91	92.2
6	Frenara Floop y preparar tira para soldar con la siguiente			0.994	84	85	86	87	84	85.2

Debido a que las mediciones se efectuaron con un sonómetro integrador-promediador las lecturas tomadas representan el promedio de los niveles durante el tiempo (T) de cada medición (15 segundos). Pero para tener un dato más exacto se realizaron cinco mediciones a lo largo del período T y se consideró como $L_{Aeq T}$ la media aritmética de ellas.

Como ya se mencionó los puestos en estudio se componen de tareas con exposiciones a diferentes niveles, se hace necesario entonces calcular la dosificación existente en los puestos para saber si la exposición es aceptable o no.

Para esto se realizó el procedimiento que se muestra a continuación, tomando los datos de la tabla X correspondiente a los puestos de operador y ayudante de Slitter ²⁸ en el área de corte. Los cálculos de los demás puestos de este paso se encuentran en el Apéndice 1.

- A. Pasar a horas el tiempo en minutos que se determinó que el trabajador pasa en cada área de trabajo o tarea;

²⁸ Slitter es la máquina que corta una bobina de lámina en varias secciones de diferente ancho de acuerdo al diámetro requerido para el tubo.

Tabla XII. Conversión de minutos a horas del tiempo en cada subciclo

Subciclo	t min	t hr
1	2.22	0.04
2	0.03	0
3	6.14	0.1
4	10.20	0.17
5	19.91	0.33
6	25.61	0.43
	64.11	1.07

B. Para saber cual es el tiempo total que el trabajador pasa en cada tarea es necesario determinar cuantos ciclos transcurren en cada jornada de trabajo de la siguiente manera:

a) Pasar el tiempo total de un ciclo a horas.

$$64.11 \text{ min./ciclo} * 1 \text{ hr.} / 60 \text{ min.} = 1.07 \text{ hr./ ciclo}$$

b) Determinar el número de ciclos por día tomando en cuenta que la jornada de trabajo tiene una duración de 11.5 hora al día.

$$\frac{11.5 \text{ hr/día}}{1.07 \text{ hr/ciclo}} = 10.75 \text{ ciclos/ día}$$

c) El tiempo total que un trabajador pasa en cada subciclo se calcula multiplicando el número de ciclos al día por el tiempo de cada tarea.

Tabla XIII. Tiempo total de cada subciclo

Subciclo	t hr	t hr/día trabajado
1	0.04	0.43
2	0.00	0.00
3	0.10	1.08
4	0.17	1.83
5	0.33	3.55
6	0.43	4.62
	1.069	11.503

C. Dividir el tiempo total transcurrido en cada área de trabajo por el tiempo permisible aceptado para el nivel de ruido en cada subciclo, usando la fórmula:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} = D^{29}$$

Tabla XIV. Cálculo de dosificación

Niveles de ruido (dBA)	Tiempo medido(hr)	Tiempo permisible(hr)	Suma de Fracciones
87	0.43	6.4	0.07
90	0.00	4	0.00
76.8	1.08	sin límite	0.00
87.6	1.83	5.92	0.31
78.2	3.55	sin límite	0.00
78.2	4.62	sin límite	0.00
	Suma de fracciones		0.38

²⁹ Proceso de Dosificación, Sección 2.1.3.3.

- D. Sumar las fracciones resultantes para obtener la clasificación de la exposición de ese trabajador. Cualquier combinación de exposiciones fraccionadas que exceda de la unidad, indica una exposición que supera los niveles permisibles.

La dosis acumulativa de ruido es mayor que la unidad para los siguientes puestos: Operador de Aspa y Floop de Molino 2, y Operador y Ayudante de Molino 3 en el área de formado.

2.3.2. Resultado del estudio

El estudio realizado indica que las áreas con niveles de exposición no aceptables son:

Tabla XV. Puestos de trabajo con niveles de exposición no aceptables

ÁREAS	SECCIÓN	OPERACIÓN	PUESTO
Procesos y Roscado	Todas	Todos	Todos
Formado	Molino 1	Operación de Aspa y Floop	Operador
Formado	Molino 1	Operación de molino	Operador y ayudante
Formado	Molino 1	Empaque	Ayudante
Formado	Molino 2	Operación de Floop	Operador del Floop
Formado	Molino 2	Operación de molino	Operador y Ayudante
Formado	Evacuación	Evacuación de tubo	Ayudante
Formado	Molino 2	Operación de Aspa y Floop	Operador
Formado	Molino 3	Formado de Costanera	Operador y Ayudante

En los puestos detallados anteriormente deben investigarse las causas y desarrollar un programa de medidas de control técnicas y/o administrativas, lo cual es el tema del siguiente capítulo.

3. MEDIDAS DE CONTROL Y PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

3.1. Método de control para las diferentes áreas de aplicación

Conociendo ya las áreas en que existe problema de ruido, el siguiente paso es aplicar métodos de control de ruido, tales como diseño de ingeniería, medidas administrativas o el uso de dispositivos de protección personal para llegar al nivel deseado, estos métodos se explican a continuación.

3.1.1. Controles de ingeniería

Los controles de ingeniería son todos los procedimientos no incluidos en los métodos de protección administrativa o individual³⁰, que reducen el nivel de ruido como se detalla a continuación:

- A. Mantenimiento. Que ahorra ruido innecesarios debidos a ajustes por desgaste.
 - a) Reemplazo o ajuste de piezas gastadas o desbalanceadas de las máquinas.

³⁰ Consejo Interamericano de Seguridad, **Manual de fundamentos de higiene industrial**, pág. 262

- b) Lubricación de las piezas de las máquinas y empleo de aceites de corte.
- c) Forma y afilado adecuado de las herramientas de corte.

B. Reemplazo de máquinas

- a) Máquinas más grandes y lentas en vez de otras más pequeñas y rápidas.
- b) Prensas en lugar de martillos.
- c) Cizallas rotativas en vez de cizallas en escuadra.
- d) Prensas hidráulicas en lugar de las mecánicas.
- e) Correas de transmisión en vez de engranajes.

C. Sustitución de procesos

- a) Compresión en vez de remachado por impactos.
- b) Soldadura en vez de remachado
- c) Trabajo en caliente en lugar de en frío
- d) Prensado en vez de laminado o forjado
- e) Sustituir prensas metálicas por hidráulicas
- f) Los martillos neumáticos por los de acción electromagnética
- g) Las herramientas portátiles neumáticas por otras eléctricas.
- h) Los expulsos neumáticos por otros mecánicos
- i) Los ventiladores helicoidales por los centrífugos
- j) Los engranajes rectos por los helicoidales, por correas trapezoidales, por la transmisión por fricción o por los engranajes de poliamida.
- k) Reducir las velocidades de rotación.
- l) Introducir escalonamientos en las operaciones con útiles de corte.

D. Manipulaciones técnicas *sobre las máquinas*. La principal forma como se producen ruidos es a partir de fenómenos de choque, roce o fricción o golpes, que se pueden evitar.

- a) Choques de superficies duras: cambiarlas por otras absorbentes. (plástico, caucho)
- b) Choques bruscos: aumentar el tiempo de impacto.
- c) Turbulencias en las salidas de aire comprimido: regular la presión de salida a la mínima posible, y adecuar la orientación de los chorros.
- d) Fricción en las salidas de gases como escape: colocar silenciadores.
- e) Golpes entre partes móviles de máquinas: evitar picos de fuerza.
- f) Transmisión del ruido a otros elementos de las máquinas: evitar transmisión de energía mecánica de éstas a sus carcasas y unirlos a sus conducciones por elementos elásticos.
- g) Roce de elementos de corte: diseño de sierras circulares.

E. La fuerza impulsora de las superficies vibratorias puede ser reducida por:

- a) Reducción de las fuerzas
- b) Disminuyendo al mínimo la velocidad de rotación
- c) Aislamiento

F. La respuesta de las superficies vibratorias puede ser reducida por:

- a) Amortiguación
- b) Soporte adicional
- c) Aumento de la rigidez del material
- d) Aumento de la masa de las partes que vibran

G. Reducción de la transmisión sonora a través de sólidos mediante el uso de:

- a) Montajes flexibles
- b) Secciones flexibles en las cañerías
- c) Acoplamientos flexibles de ejes
- d) Secciones de tela en conductos
- e) Pisos elásticos

H. Reducción del ruido producido por flujo gaseoso mediante

- a) Silenciadores de entrada y salida
- b) Paletas de ventiladores diseñadas para reducir turbulencia.
- c) Ventiladores grandes de baja velocidad en vez de los más pequeños y de mayor velocidad.
- d) Reducción del caudal del flujo (aire).
- e) Aumento de la transversal de las corrientes
- f) Reducción de la presión
- g) Reducción de la turbulencia del aire

I. Reducción del ruido disminuyendo su transmisión a través del aire

- a) Uso del material que absorbe ruido en papeles y cielorrasos de las áreas de trabajo.
- b) Empleo de métodos de absorción de sonido a lo largo del trayecto de transmisión
- c) Confinamiento total de cada máquina .
- d) Uso de *baffles*
- e) Confinamiento de máquinas muy ruidosas en cámaras acústicamente aisladas.

J. Aislamiento del trabajador, en una casilla prácticamente a prueba de ruido para él y sus ayudantes.

K. Aislamiento de las máquinas ruidosas, se puede llegar a disponer de instalaciones especiales que aíslen la fuente de ruido. En todo caso, las máquinas fijas deben estar debidamente aisladas en sus apoyos.

3.1.2. Controles administrativos

Existen también métodos alternativos en los que puede controlarse la exposición de los trabajadores, por medidas administrativas. Cambiando solamente los esquemas de producción o rotando al personal con el objetivo de que el tiempo de exposición se centre dentro de los límites seguros.

Los controles administrativos deben interpretarse como toda decisión administrativa que signifique una menor exposición del trabajador al ruido.

Esto incluye acciones como transferir trabajadores desde un lugar de trabajo donde hay un nivel de ruido alto a otro con un nivel menor, si es que este procedimiento permite que su exposición diaria sea menor.

También en esta categoría está la implementación de procedimientos de compra de equipo que especifiquen niveles máximos de exposición al ruido que se desea en la ubicación del trabajador.

3.1.3. Protección auditiva personal

Cuando las medidas de control no pueden ser puestas en práctica de inmediato y/o mientras se establecen esos controles, el personal debe ser protegido de los efectos de los niveles excesivos de ruido. En la mayoría de los casos esa protección se logra mediante el uso de protectores auditivos.

Los protectores auditivos personales son dispositivos que actúan como barreras acústicas que disminuye la cantidad de ruido que llega al oído interno. La capacidad de un dispositivo protector para amortiguar (en decibeles) es la diferencia en el nivel medido de audición de un observador con protectores auditivos o sin ellos (umbral de referencia).

Estos equipos pueden clasificarse en cuatro grupos:

A. **Encerramiento.** Está incorporado en un equipo que encierra totalmente la cabeza. Un ejemplo típico es el casco que usa un astronauta. Son adecuados para ser usados sólo en situaciones especiales como frente a niveles de ruido muy altos, también para reducir el sonido transmitido por conducción ósea y cuando es necesaria la protección de la cabeza contra golpes o proyectiles.

B. Inserción auricular. Generalmente se conocen como tapones. Son baratos, pero su vida útil es limitada: de sólo una vez y a varios meses de uso. La tasa de atenuación que presenta este tipo se encuentra entre 22 y 23 dBA. Existen tres clases de tapones:

Tapones amoldables. Que se ajustan a todos los oídos. Pueden ser desechables o Semidesechables. Desechables, hechos de algodón encerado o de fibras acústicas, se desechan después de usarlos una vez. Es importante recalcar que materiales solos como el algodón o la tela no ofrecen ninguna protección. Semidesechables, hechos de esponja amoldada o de material espumoso, se introducen a presión al oído donde se expanden hasta quedar ajustados. Se pueden usar hasta por una semana.

Tapones premoldeados. Llamados también reutilizables. Son tapones prefabricados hechos de silicio suave, caucho o plástico. Los hay Tipo universal, que se ajustan a la mayor parte de los conductos auditivos; y Tipo tamaño variado, vienen en varios tamaños para un mejor ajuste. Y tienen una vida útil de 3 a 6 meses según el uso.

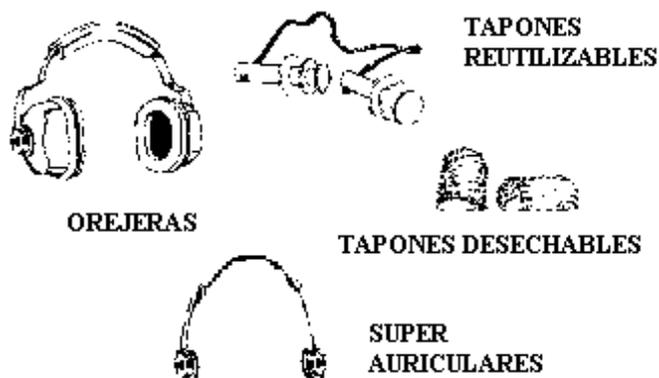
Tapones moldeados a la medida, de acuerdo con la forma exacta del oído. Se coloca un compuesto moldeable de silicio, caucho o plástico en cada oído y se deja hasta que se solidifique. Una vez solidificado se puede usar directamente o como molde para los tapones definitivos.

C. **Super auriculares.** Sellan la abertura externa del canal auditivo para obtener la atenuación del sonido. Son de un material blando, semejante al caucho, que se sostiene en su lugar mediante una banda liviana o sostén que lo sujeta a la cabeza. La tasa de atenuación está entre 22 y 23 dBA.

D. **Circum auriculares.** Generalmente se les llaman orejeras y consisten en dos dispositivos en forma de copa o de cúpula que cubren totalmente la oreja y se adhieren al costado de la cabeza mediante una almohadilla adecuada.

Las copas se mantienen en posición mediante un soporte elástico o banda de plástico que rodea la cabeza. La tasa de atenuación está entre 22 y 29 dB.

Figura 4. Tipos de protectores con inserción



Fuente: Laser Lab. **Rumore in ambiente di lavoro.** www.laserlab.it/documenti

3.2. Programa de reducción del ruido

El programa de control del ruido es el conjunto de medidas de prevención-protección, así como la secuencia de actuaciones a realizar ante el problema de la exposición a niveles no aceptables.

Para facilitar la aplicación de los métodos de control del ruido en cada problema de ruido, estos se han clasificado en tres partes:

- a. Una fuente de radiación de energía
- b. Un trayecto que recorre la energía sonora
- c. Un receptor como el oído humano

Si cada parte del sistema, fuente, trayecto y receptor, es examinado detalladamente, el problema total será mucho más fácil de resolver.

3.2.1. Reducción del ruido en la fuente

El método más conveniente para controlar un problema de ruido, es reducir al mínimo el ruido en la fuente. Consiste en la modificación del equipo y estructuras existentes o la consideración de medidas de reducción de ruido en la etapa de diseño de nueva maquinaria y equipo.

En esta industria se ha determinado que en la medida en que la empresa este capacitada, debe acatar las siguientes recomendaciones, para las diferentes áreas:

Tabla XVI. Medidas de control actuando sobre la fuente

Área	Propuestas
CORTE	
Operación de corte	Cambio de la maquina de corte por una más silenciosa.
Cizalla a escuadra	Reemplazo por cizalla rotativa
Uso de pulidora para cortar fleje	Reemplazar la pulidora por una cortador de fleje.
FORMADO: Molino 1	
Limpieza de empalme con pulidora	Reemplazo de proceso: Limpieza química
Funcionamiento de transmisiones ½	Mantenimiento: Reparación de transmisiones desajustadas
Corte del tubo(Cortadora)	Control administrativo: Reducir la velocidad de rotación
Dona al final de formado	Control administrativo: Reducir el nivel de presión
Aspa desajustada	Mantenimiento: Eliminar el desajuste
FORMADO: Molino 2	
1. Limpieza de empalme con pulidora	Reemplazo de proceso: Limpieza química
2. Carga de Floop	Mantenimiento: Eliminar desajustes de piezas
3. Transmisiones ½	Mantenimiento: Reparación de transmisiones desajustadas
4. Corte de tubo (cortadora)	Control administrativo: Reducir la velocidad de rotación

Continuación

FORMADO: Evacuación		
1. Evacuación (cama de evacuación)		<ul style="list-style-type: none">▪ Control administrativo: establecer un proceso en el cual el tubo sea manipulado de tal manera que se produzca el menor ruido posible.▪ Reemplazo: En el futuro se debe buscar la automatización de este proceso.
PROCESOS		
1. Colocar tubos para empaacar	EMPAQUE	Implantación de maquinaria: empaquetadora automática.
2. Roscado de tubo	ROSCADORA	Mantenimiento: ajuste de la máquina
3. Mesa Galopante	ROSCADORA	Control administrativo: Regulación de velocidad

3.2.2. Reducción del ruido en el trayecto

Debido a que muchas veces no es posible reducir el ruido en la forma deseada mediante control en la fuente, debe considerarse la modificación del trayecto del ruido y del receptor.

La reducción del sonido a lo largo de su trayecto puede realizarse de muchas maneras, mediante una pantalla o confinamiento de la fuente, aumentando la distancia entre la fuente y el receptor o colocando una pantalla entre la fuente y el receptor. Puede evitarse que el ruido entre o salga de un lugar cerrado sellando todas las salidas.

El empleo de materiales acústicos (corcho, *duroport*, fibra de vidrio, plástico, caucho, etc.) en las paredes, cielorrasos y pisos para absorber las ondas sonoras y reducir las reverberaciones puede disminuir el ruido en forma significativa. El ruido producido por una fuente se traslada en todas direcciones y cuando las ondas sonoras chocan contra objetos sólidos, como máquinas o paredes, son reflejadas.

Por lo tanto, el nivel total del ruido dentro del local depende del ruido directo y del reflejado. La aplicación a las paredes de un material que absorba el sonido puede reducir el nivel de ruido reflejado en el local, pero no tiene ningún efecto sobre el directo proveniente de la fuente.

Tabla XVII. Medidas de control actuando sobre el trayecto

Área	Propuestas
FORMADO: Molino 1	
Carga en Floop	Encerramiento de la máquina.
Corte del tubo(Cortadora)	Encerramiento de la máquina.
FORMADO: Molino 2	
Carga de Floop	Encerramiento de la máquina.
Corte del tubo(Cortadora)	Encerramiento de la máquina.

3.2.3. Reducción del ruido en el receptor

La reducción del ruido en el receptor se efectúa mediante la protección personal, la modificación de los esquemas del trabajo, la rotación del personal para reducir el tiempo de exposición y el confinamiento o aislamiento del trabajador.

Además, la tarea también puede ser confinada a un área limitada, pero solamente en los casos en que el número de trabajadores es pequeño y el proceso lo permite.

En el caso de esta industria, como medida provisional se debe proporcionar protectores auditivos de uso obligatorio a todos los trabajadores que ocupan puestos con problema de ruido en las áreas de formado, procesos y roscado, mientras se implantan las medidas de control más complejas.

En la selección del protector se han de tomar en cuenta los niveles de ruido de las diversas áreas, la información sobre atenuación proporcionada por los fabricantes, y el área específica en la que se utilizarán.

Para elegir un dispositivo protector, otras consideraciones a tener en cuenta son la frecuencia de exposición a] ruido excesivo (una vez por día, una vez por semana o muy esporádicamente).

Por otra parte, si la exposición al ruido es relativamente frecuente y el trabajador debe usar el dispositivo protector durante un período prolongado un dispositivo de inserción probablemente satisfará las necesidades y además la inversión es menor, de cualquier manera es preferible el tipo orejera por su vida útil aunque presentan dos desventajas: la inversión es más elevada y crea más resistencia al cambio en los trabajadores que deben usarlas.

Si las exposiciones al ruido son intermitentes este tipo de protector es probablemente más conveniente, ya que los tapones son más difíciles de sacar y volver a poner.

Si requerimos además protección ocular se recomienda el uso de protectores con patillas tipo cable. Este tipo permitirá la menor abertura posible entre el ajuste y la cabeza.

Porque el tipo de trabajo demanda usar protectores por un tiempo amplio se recomienda el uso de protectores auditivos con una tasa de reducción de ruido de 23 dB como mínimo; estos podrían ser de inserción reutilizables o del tipo orejeras que por el material tienen la ventaja de contar con una vida útil mayor que la de los otros tapones, aunque como se mencionó anteriormente en comparación con los tapones reutilizables y desechables, tiene un precio más elevado.

4. PLAN PILOTO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL RUIDO

Por implantación del programa de control del ruido se entiende el conjunto de medidas a tomar y secuencia de acciones a realizar para asegurar la eficacia operativa del mismo. El plan de implantación busca cumplir el propósito de contar con directrices que marquen el camino a seguir a la hora de ejecutar el programa de control del ruido.

Para la administración de la implantación se tomó en cuenta la planificación al establecer el plan de acción y definir subplanes para coordinar las actividades, la organización se aplica al determinar qué actividades se llevaran a cabo y quién lo debe realizar.

La ejecución del plan se facilita con un programa de instalación y dado que las circunstancias varían en el momento de la ejecución, se ha previsto un sistema de control de la instalación y su funcionamiento.

4.1. Planificación de actividades

La responsabilidad de la implantación del programa de control recae sobre el titular de la actividad en este caso el gerente de producción.

Además todos deberán participar activamente en la implantación, el personal directivo, técnico, mandos intermedios y trabajadores.

La adecuación de los trabajadores a las necesidades del programa no se limitará a dotación de equipos y medios de protección. A tal fin se celebrarán reuniones informativas a las que asistirán todos los ocupantes de la planta, en las que se explicará el programa de control, entregando a cada uno por escrito los procedimientos generales de autoprotección a conocer y aplicar. Estas se referirán, al menos, a:

- Qué es el ruido y cómo puede afectar al ser humano.
- Precauciones a adoptar para evitar las causas que pueden originar daño al trabajador.
- Forma en que debe informarse cuando se detecte una anomalía en el programa.
- Forma en que se les transmitirá los cambios e información acerca del programa.
- Información sobre lo que se debe hacer y lo que no para apoyar la implantación del programa.
- Compromiso de los trabajadores a cumplir con las normas para la implantación del programa de control del ruido.

Al menos una vez al año se programarán cursos y actividades de este tipo.

La coordinación de acciones necesarias para la implantación y ejecución del programa de control se realizará, designando a un jefe encargado de la implantación y un comité conformado en partes iguales por representantes de los trabajadores y de la empresa.

4.2. Programación de recursos

Tabla XVIII. Programación de recursos

Control administrativo			
Área	Actividad	Mano de obra	\$
FORMADO: Molino 1			
Corte del tubo(Cortadora)	Reducir la velocidad de rotación	N/A	N/A
Dona al final de formado	Reducir el nivel de presión	1	N/A
FORMADO: Molino 2			
Corte de tubo (cortadora)	Reducir la velocidad de rotación	N/A	N/A
Evacuación (cama de evacuación)	Hacer descender lentamente el producto de tal manera que se produzca el menor ruido posible.	N/A	N/A
	Reemplazo: En el futuro se debe buscar la automatización de este proceso.	N/A	145,000
Cercanía del compresor	El compresor debe ser trasladado al exterior de la planta.	2	80

Continuación

PROCESOS			
Roscadora: Mesa Galopante	Regulación de velocidad		
Bodegas: Lanzar polines desde torres	Reunirlos y bajarlos con grúa	N/A	N/A
Mantenimiento			
Aspa desajustada, Molino 1	Eliminar el desajuste y cambiar piezas	1 Mecánico	500
Carga de Floop, Molino 2	Eliminar desajustes de piezas y cambiar piezas	1 Mecánico	600
Transmisiones ½	Reparación de transmisiones desajustadas	1 Mecánico	70
Roscado de tubo, Roscadora	Mantenimiento completo de los cabezales	1 Mecánico	1500
Mesa Galopante, Roscadora	Evitar desajustes que produzca ruido	1 Mecánico	90
Controles de Ingeniería			
Área	Actividad		
FORMADO: Molino 1			
Limpieza de empalme con pulidora	Capacitación para evitar el uso de pulidora, haciendo un buen empalme	N/A	N/A
FORMADO: Molino 2			
Limpieza de empalme con pulidora	Capacitación para evitar el uso de pulidora, haciendo un buen empalme	N/A	N/A
FORMADO: Costanera			
Limpieza de empalme con pulidora	Cambio de equipo: Empalmadora automática	N/A	5,000

Continuación

Cortadora Hidráulica con sistema de transporte neumático	Colocar silenciador neumático	1Mecánico	40
Uso de martillo para preparar punta de tira	Cambio de equipo: Empalmadora automática	N/A	5,000
Formado de costanera ½	Uso de aceite lubricante	N/A	25
EVACUACIÓN			
Colocar tubos para empacar	Implantación de maquinaria: empaquetadora automática.	N/A	145,000
FORMADO: Molino 1			
Carga en Floop	Encerramiento de la máquina.	M.O contratada	900
Corte del tubo (Cortadora)	Encerramiento de la máquina.	M.O contratada	700
FORMADO: Molino 2			
Carga de Floop	Encerramiento de la máquina.	M.O contratada	1000
Corte del tubo (Cortadora)	Encerramiento de la máquina.	M.O contratada	800

4.3. Programa de instalación

Siguiendo un orden de prioridades y costos y de acuerdo con un calendario, se programarán las actividades siguientes:

Tabla XIX. Programación de instalación

Control administrativo		
Area	Actividad	Duración
FORMADO: Molino 1		
Corte del tubo (Cortadora)	Reducir la velocidad de rotación	1 día
Dona al final de formado	Reducir el nivel de presión	1 día
FORMADO: Molino 2		
Corte de tubo (cortadora)	Reducir la velocidad de rotación	1 día
Evacuación (cama de evacuación)	Implantación de procedimiento que permita descender el producto lentamente.	2 semanas
Evacuación (cama de evacuación) Método Alternativo	Reemplazo: En el futuro se debe buscar la automatización de este proceso.	1 año
Cercanía del compresor	El compresor debe ser trasladado al exterior de la planta.	4 días
PROCESOS		
Roscadora: Mesa Galopante	Regulación de velocidad	3 días
Bodegas: Lanzar polines desde torres	Implantar procedimiento para reunir y bajar el producto por medio de grúa puente.	2 semanas
Mantenimiento		
Aspa desajustada, Molino 1	Alinearla y cambiar piezas desgastadas	3 semanas
Carga de Floop, Molino 2	Alinear y cambiar piezas	4 semanas

Continuación

Transmisiones ½	Reparación de transmisiones desalineadas y cambio por desgaste	1 semana
Roscado de tubo, Roscadora	Mantenimiento completo de los cabezales	4 semanas
Mesa Galopante, Roscadora	Graduar movimiento para conseguir que éste sea constante sin cambios intempestivos	1 semana
Controles de Ingeniería		
FORMADO: Molino 1		
Limpieza de empalme con pulidora	Capacitación para evitar el uso de pulidora, haciendo un empalme adecuado.	
FORMADO: Molino 2		
Limpieza de empalme con pulidora	Capacitación para evitar el uso de pulidora, haciendo un buen empalme.	2 semanas
FORMADO: Costanera		
Limpieza de empalme con pulidora	Cambio de equipo: Empalmadora automática	2 semanas
Cortadora Hidráulica con sistema de transporte neumático	Colocar silenciador neumático	3 días
Uso de martillo para preparar punta de tira	Cambio de equipo: Empalmadora automática	5 semanas
Formado de costanera ½	Uso de aceite lubricante	
EVACUACIÓN		
Colocar tubos para empacar	Implantación de maquinaria: empaquetadora automática.	10 semanas

Continuación

FORMADO: Molino 1		
Carga en Floop	Encerramiento de la máquina.	2 semanas
Corte del tubo (Cortadora)	Encerramiento de la máquina.	1 semana
FORMADO: Molino 2		
Carga de Floop	Encerramiento de la máquina.	2 semanas
Corte del tubo (Cortadora)	Encerramiento de la máquina.	1 semana

4.4. Sistema de control de instalación

Será necesario que se establezca un sistema de control de la instalación, es decir, un procedimiento que tenga como objetivo controlar si la instalación o implantación de medidas se esta desarrollando de acuerdo a lo planificado.

Una forma de controlar alguna anomalía es verificando periódicamente la ejecución del programa de instalación con ayuda de un diagrama de Gantt y así corregir cualquier desviación.

4.5. Pruebas y sistemas de validación

Implantadas las medidas para controlar el ruido será necesario comprobar si éstas son efectivas, para esto es necesario hacer pruebas y elaborar sistemas de validación. Se definirán criterios de validación, es decir cuando se dirá que la implantación de una medida es aceptable.

Para contestar a ésta interrogante deben realizarse nuevamente una encuesta detallada como la del capítulo 2. Dado que ya se cuenta con datos de las primeras fases, sólo se realizan los últimos pasos, como se muestra a continuación:

1. Hacer las mediciones del nivel y duración en cada tarea, en los puestos con niveles no permisibles.
2. Dividir el tiempo total transcurrido para cada nivel de ruido, por el tiempo permisible aceptado para ese nivel de ruido, y
3. Sumar las fracciones resultantes para obtener la clasificación de la exposición de cada puesto. Recordemos que si la sumatoria no excede la unidad, la exposición no es dañina, por lo tanto se ha reducido a niveles no perjudiciales y las medidas han sido efectivas.

4.6. Control del funcionamiento

Periódicamente se debe controlar el funcionamiento de las medidas implantadas para lo cual se incluirán las siguientes actividades:

- A. Programa de mantenimiento de mecanismos de control de ruido. Se debe definir un programa de mantenimiento preventivo que incluya los equipos instalados con la aplicación de los controles de ingeniería, vigilando que el cambio de equipo funcione adecuadamente para su fin y que no represente peligro para el trabajador. Además el programa incluirá la planificación de la aplicación constante de las medidas de mantenimiento que se determinaron ayudarían a reducir el ruido.

- B. Programa de información periódica a los trabajadores. El control del ruido no se limitará a la implantación de medidas administrativas o técnicas. Por lo que se celebrarán reuniones informativas a las que asistirán todos los trabajadores, en las que se explicarán las respectivas medidas implantadas, realizando charlas y entregando por escrito material con información sobre el riesgo que existe, los efectos y la forma de autoprotegerse.

- C. Mediciones del nivel de ruido en el ambiente. Significa que periódicamente se realizarán mediciones del ruido ambiente para determinar si la aplicación de las diferentes medidas de control están dando el resultado esperado: la reducción de la exposición al ruido. Para esto se aplicará la metodología vista en el capítulo 2.

D. Supervisión del uso de protectores auditivos. Formar conciencia en los trabajadores de la importancia del uso de protección personal muchas resulta bastante difícil. La tendencia de la resistencia al cambio puede ser vencida a través de un adecuado programa de información y el compromiso de la dirección, el cual no sólo debe existir sino debe ser transmitido al trabajador.

E. Supervisión de la aplicación de los procedimientos implantados. Las medidas administrativas podría parecer que son tal las más fáciles y rápidas de aplicar. Y en cierto sentido lo son. La poca o casi nula inversión que se necesita para implantarlas hace posible que su inicio sea casi inmediato. Pero hay un factor muy importante que se debe tomar en cuenta: el recurso humano el cual debe administrarse con astucia. Al igual que para el uso de la protección personal, la aplicación de procedimientos a través de los trabajadores debe ir acompañada de capacitación constante, control del cumplimiento y algo muy importante, debe siempre existir un canal de retroalimentación para que aquellos como dueños del proceso, puedan dar sugerencias y comentarios que ayuden en la mejora continua de los procedimientos.

5. SEGUIMIENTO Y RETROALIMENTACIÓN

5.1. Medición de la efectividad de las medidas para control del ruido

Para que el programa de control funcione será fundamental medir su efectividad, el proceso de control será continuo y se llevará siempre registro de los resultados obtenidos. A continuación se presenta un método de medición de dicha efectividad y el programa de conservación de la audición que se recomienda para esta industria.

5.1.1. Audiometría industrial

La audiometría es "un método preventivo de exploración de la percepción auditiva, que permite el diagnóstico a tiempo de la existencia de trauma acústico"³¹.

Es una herramienta muy valiosa, que se utilizará para evaluar la efectividad de las medidas de control del ruido. Además, será una parte importante del programa de conservación de la audición.

³¹ José Luis Vaquero Puerta y Rafael Ceña Callejo. **Prevención de riesgos laborales: Seguridad, Higiene y Ergonomía.** (España: Ediciones Pirámides, S.A., 1996) p. 171

Con el examen audiométrico a los trabajadores se buscará conseguir los objetivos que se detallan a continuación:

1. Vigilar la efectividad de las medidas para control de ruido midiendo los umbrales auditivos de los trabajadores expuestos;
2. Proporcionar un registro de la agudeza auditiva del trabajador;
3. Detectar si hay variaciones significativas en el umbral auditivo de los trabajadores expuestos durante el período de su empleo.
4. Obtener un audiograma de base de la capacidad auditiva individual en el momento de examen de preadmisión.

5.1.1.1. Audiometría de umbral

Para determinar el umbral auditivo de los trabajadores se empleará la audiometría de umbral. La cantidad que interesa no es el nivel de presión de sonido del umbral auditivo normal, sino la magnitud de la desviación con respecto a un umbral de referencia establecido. Los niveles umbrales auditivos son aquellas intensidades para frecuencias específicas a los que un sonido o un tono puede ser oído.

El registro de los umbrales auditivos medios es el audiograma. Los estudios audiométricos también pueden registrarse en forma de audiograma en los cuales se traza la intensidad sonora (en decibeles) y la frecuencia (en hertz).

5.1.1.2. Quiénes deberán ser examinados

- a. Los estudios umbrales auditivos deberán hacerse desde el momento en que se inicia el proceso de contratación a esto se le llamará “estudio de preadmisión”; a todos los postulantes se les exigirá que presenten los resultados de este estudio, incluso aquellos que serán destinados a áreas no ruidosas.

- b. Esto permitirá tener un registro del comportamiento de la condición auditiva de los trabajadores en el trabajo, ya que, se contará con umbrales auditivos de referencia para cada individuo que servirá para comparaciones futuras. Los estudios auditivos de preadmisión son esenciales para que la empresa quede libre de responsabilidades frente a pérdidas auditivas preexistentes detectadas más tarde.

- c. Las personas que trabajan en áreas donde la exposición al ruido excede los niveles de exposición permisibles (Tabla XV), deberán ser sometidas a estudios auditivos periódicos de 1 a 5 años.

- d. El siguiente estudio luego de la admisión del trabajador deberá realizarse 9 o 12 meses después, dependiendo de la exposición al ruido del trabajador.

Deberá tomarse en cuenta que la exposición al ruido no es la única causa que provoca una alteración en el audiograma de una persona. Cuando se detecta una variación en el estado auditivo, debe determinarse cuál ha sido la causa. Los resultados de los audiogramas se verán afectados por cierto, por la colocación debida de los auriculares y un ruido excesivo en la habitación donde se realiza el estudio y también por cambios fisiológicos como estado de salud y edad. La motivación de la persona y su actitud hacia el examen pueden afectar su realización.

5.1.2. Programas efectivos de retroalimentación

Para conseguir que un programa de retroalimentación sea efectivo debe considerarse los siguientes puntos:

- a. Personal calificado;
- b. Vigilancia médica;
- c. Ambiente de test adecuado;
- d. Equipo calibrado; y,
- e. Registros adecuados.

A. Personal calificado. Los exámenes audiométricos deberán ser realizados por una persona calificada como una enfermera especialmente entrenada o un audiólogo.

Con el fin de mantener la motivación necesaria para un buen test audiométrico, la persona a cargo del programa audiométrico deberá realizar una supervisión sistemática. La supervisión debe incluir una revisión periódica de los procedimientos de exámenes empleados para asegurar que se ajusten a los procedimientos establecidos.

B. Vigilancia médica. La vigilancia médica será esencial para que el programa de exámenes auditivos cumpla el doble fin de detectar pérdidas auditivas y proporcionar registros. Si, cuando se ponga en práctica el programa, la empresa no cuenta con un departamento médico, podrá contratarse servicio médico por horas para que brinde la vigilancia necesaria.

El examen de preadmisión deberá proporcionar una historia detallada del trabajador y se sugiere llevar registro en formularios con la siguiente información: Experiencia ocupacional previa del aspirante y un registro personal de enfermedades y lesiones. Para los aspirantes que trabajan en ambientes ruidosos, la historia debe detallar si han estado expuestos al ruido en trabajos anteriores.

La fase médica del interrogatorio debe incluir frecuencia de dolor de oídos, secreción y daño auditivos, cirugía (del oído o mastoidea), lesiones en la cabeza con pérdida del conocimiento, zumbidos en los oídos, pérdidas auditivas en los familiares inmediatos, uso de medicamentos e historia de exposiciones alérgicas o tóxicas. Con este propósito puede diseñar un formulario especial.

C. Ambiente de test adecuado. Deberá cuidarse que las relaciones auditivas se realicen en una habitación o cabina de test que cumpla con los requisitos necesarios³².

D. Equipo calibrado. La cabina al igual que el audiómetro deberán estar calibrados y en perfectas condiciones, para que el examen sea válido.

E. Registros adecuados.

- El formulario médico empleado en los programas de estudios audiométricos debe incluir todos los datos básicos relacionados con la evaluación auditiva. Cada vez que se examina la audición de un trabajador deben registrarse los valores umbrales auditivos, la historia de exposición al ruido y la historia clínica correspondiente. El trabajador debe ser identificado por el nombre, número de legajo, sexo y edad. La información complementaria incluye la fecha del test, el día de la semana, la hora del día, condiciones del examen y nombre del examinador.

- Los registros audiométricos serán archivados, por lo menos mientras dure el contrato con el trabajador, pues podrán constituir la base de un convenio en un reclamo por pérdida auditiva.

³² Por ejemplo *American National Standard Institute S3.1-1960 (R1971), Criteria for Background Noise in Audiometer Rooms.*

El audiograma de preadmisión podrá demostrar que el trabajador tenía una pérdida auditiva previa en el momento de incorporarse a la empresa y puede eximir a ésta de responsabilidad frente al reclamo del trabajador que sostiene que sufrió dicha pérdida mientras trabajaba para la misma. Los audiogramas periódicos constituyen un perfil de la agudeza auditiva del trabajador. Debe prestarse especial interés a los trabajadores susceptibles al ruido, aquellos que sufren pérdidas auditivas incapacitantes con más rapidez que sus otros compañeros sometidos a una exposición equivalente. Cualquier alteración con respecto a audiogramas previos debe ser investigada.

El programa de estudios audiométricos deberá ser práctico y factible, en esta industria donde el número total de trabajadores a estudiar es menor de 500 y donde resultaría inconveniente adquirir una cabina y un audiómetro.

En ese caso, sería más económico considerar un servicio de exámenes audiométricos móvil o enviar a los trabajadores al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, quien presta este servicio, aunque, siempre que se pueda, es preferible contratar los servicios de un centro auditivo privado con equipo y personal adecuado o a un médico o audiólogo calificados para su examen audiométrico.

Los exámenes audiométricos deben realizarse con la frecuencia indicada por el médico o audiólogo de la empresa.

El programa audiométrico industrial puede identificar a personas que han tenido alteraciones en el umbral no relacionadas con la exposición al ruido. Estos trabajadores deben ser enviados a su médico particular para su diagnóstico y tratamiento. Sin embargo, cuando se encuentran trabajadores que presentan variaciones en los umbrales relacionados con la exposición al ruido deberá seguirse el siguiente procedimiento:

- a. Controlar el ajuste del protector auditivo, si el trabajador lo usa;
- b. Repetir o iniciar sesiones educativas para estimular el uso de los protectores auditivos, en el caso que éstos no hubieran sido usados; y,
- c. Investigar los niveles de ruido en el área de trabajo, especialmente si una encuesta previa sobre nivel de sonido, no ha revelado peligros de ruido, para verificar la eficacia de las medidas tomadas en la reducción del nivel de ruido.

Para llegar a decisiones inteligentes sobre el programa de control, es necesario conocer la información sobre exposición al ruido correlacionada con los resultados audiométricos. Si todos los estudios auditivos y la opinión médica señalan un deterioro progresivo de la audición de un trabajador, el encargado de Seguridad e Higiene puede insistir en el uso del equipo protector auditivo y en que se controle el tiempo de exposición del individuo a ruido excesivo.

No deben extraerse conclusiones sobre el ruido general del ambiente basándose en las alteraciones auditivas de un solo trabajador debido a la existencia de grandes variaciones individuales en la susceptibilidad al ruido.

Sin embargo, sí podrán sacarse conclusiones de las alteraciones promedio, o de la ausencia de ellas, en un grupo de trabajadores expuestos al mismo ruido ambiental.

5.2. Programa para la conservación de la audición

Un programa de conservación auditiva efectivo es el que previene la incapacitación auditiva como resultado de la exposición al ruido durante el trabajo. Se requiere un programa de conservación de la audición si la exposición del trabajador al ruido excede los límites en vigencia (Tabla III).

5.2.1. Propósitos y objetivos

Los propósitos y objetivos del programa de conservación auditiva deberán ser discutidos en todos los niveles de la administración. Para que un programa de conservación de la audición tenga éxito, es esencial una colaboración total entre la dirección de la empresa y los trabajadores.

La gerencia de la empresa, desde los niveles más altos hasta los supervisores de primera línea debe crear, apoyar y comprender las razones y objetivos del programa. Los trabajadores también deben entender que el propósito principal de ese programa es proteger su propia audición.

Los niveles gerenciales más altos deberán establecer la política de conservación de la audición y respaldar lo siguiente:

- a. Conjuntamente los ingenieros de planta, de proyectos, de Seguridad e Higiene Industrial y de mantenimiento, deben ser responsables de que todas las medidas de control o reducción del ruido dadas anteriormente sean puestas en práctica;
- b. Los proveedores de maquinaria deben ser informados que los nuevos equipos deberán cumplir las especificaciones de la empresa sobre niveles permisibles e ruido; y,
- c. Se debe definir un plan de capacitación del personal sobre los riesgos, sus efectos y como protegerse, luego el supervisor debe obligar a usar el protector auditivo personal en áreas donde sea necesario. El personal o gerentes de Seguridad e Higiene Industrial y de recursos humanos deben aconsejar sobre la política y procedimientos que deben ser establecidos con el fin de obtener el apoyo de los supervisores y trabajadores para el programa. La enfermera y el médico serán, en general, los responsables del archivo de los registros médicos correctos.

5.2.2. Elaboración

Los procedimientos generales que deberán llevarse a cabo de forma constante en el programa de conservación de la audición son:

- a. evaluación de la exposición al ruido periódicamente y mantener una clasificación de las operaciones o áreas de trabajo, según el nivel de exposición y grado de peligro.
- b. Cuando sea posible, control de exposiciones peligrosas al ruido mediante medidas de ingeniería que se habían definido como parte del plan de control y que no se pudieron aplicar por cualquier causa ;
- c. Consideración de la eliminación o reducción de las exposiciones al ruido en el planteamiento de nuevas operaciones y en las compras de nuevo equipo o maquinaria;
- d. Uso de dispositivos auditivos protectores personales: con una tasa de reducción de por lo menos 23 dB mientras el ruido no pueda ser controlado adecuadamente por medidas administrativas o de ingeniería;
- e. Medición de la capacidad auditiva por medio de exámenes audiométricos de los trabajadores expuestos a niveles excesivos de ruido.

5.2.3. Administración

Para una mayor efectividad, la responsabilidad de la administración en un programa de conservación de la audición deberá ser confiada a una sola persona. Son necesarias autoridad y responsabilidad centralizadas para asegurar una total coordinación y dirección.

La decisión acerca de quién debe ser esa persona generalmente se basa en la importancia del peligro del ruido, el tamaño de la empresa y la naturaleza de las operaciones.

En el caso de esta empresa que posee menos de 500 trabajadores, el responsable del programa de conservación auditiva podrá ser el gerente de planta u otro jefe de alta jerarquía responsable de las relaciones industriales, de seguridad e higiene industrial o del personal.

Cabe mencionar que en empresas con más de 500 trabajadores o con operaciones distribuidas en varios locales, el administrador del programa puede ser un vicepresidente o gerente, un director de prevención de accidentes, un director de relaciones industriales, un higienista industrial o un médico. Algunas empresas han contratado a un audiólogo para esta tarea.

El administrador del programa de conservación de la audición tendrá en general a su cargo las siguientes actividades:

- a. Formulación, administración y establecimiento de los cambios necesarios en el programa de conservación de la audición;
- b. Presentación de informes regulares, anuales, mensuales o semanales sobre el estado del programa;

- c. Actuar como asesor sobre todos los temas relacionados con la conservación de la audición cuando sea consultado por la administración (Gerentes, Jefes o supervisores) y por departamentos, tales como Compras, Ingeniería, Médico, Relaciones industriales y Personal o Recursos Humanos.
- d. Supervisar o cooperar estrechamente con el supervisor en el entrenamiento de los trabajadores acerca del uso apropiado de los protectores auditivos personales;
- e. Actualizarse en lo materia de leyes que regulan la exposición al ruido, para asegurarse que el programa cumple con los requerimientos de éstas.
- f. Establecer especificaciones para los dispositivos protectores auditivos que usarán los trabajadores. La asistencia que el administrador necesitará depende del tamaño y política operativa de la empresa, de la naturaleza y del tipo de las operaciones y del grado de peligro del ruido.

El éxito del programa de conservación de la audición en esta industria requiere los esfuerzos conjuntos de la dirección, de los departamentos de producción, Seguridad e Higiene Industrial, de compras, de mantenimiento y del supervisor, así como de cada trabajador.

CONCLUSIONES

1. El estudio realizado indica que existen niveles de exposición no aceptables, por tanto deben investigarse las causas y desarrollar un programa de medidas de control. (ver Tabla XV)
2. La exposición a niveles de ruido no aceptables o a una larga permanencia en un ambiente ruidoso puede causar una disminución o deterioro importante de la capacidad auditiva y otros defectos fisiológicos que pueden afectar la salud de los trabajadores y su productividad.
3. Para llegar al nivel de exposición deseado, es necesario utilizar los métodos de diseño de ingeniería, medidas administrativas o el uso de dispositivos de protección de acuerdo a la posibilidad de la empresa y el grado de eficacia que se desee.
4. El método ideal para controlar la exposición a riesgos auditivos es disminuir el nivel de ruido a través de controles de ingeniería, es decir en la fuente, pero estos controles pueden resultar demasiado caros y limitar las necesidades operacionales.
5. No es suficiente evaluar las condiciones que existen en la industria en estudio y luego implantar medidas para su control. Se hace necesario contar con procedimientos que verifiquen constantemente la efectividad de las medidas aplicadas y un programa de conservación auditiva que

controle la capacidad auditiva de los trabajadores expuestos para prevenir la incapacitación auditiva como resultado de la exposición al ruido durante el trabajo.

6. La falta de conocimiento que existe en Guatemala con relación a los efectos nocivos del ruido, no sólo para el trabajador, sino también para la industria es preocupante. Es urgente que en los lugares de trabajo se tomen medidas que vayan encaminadas a disminuir los niveles de exposición, con el fin de proteger la salud del trabajador y contribuir a la mejora de la productividad en las industrias.

RECOMENDACIONES

1. Es importante señalar, que el control del ruido se debe iniciar desde la etapa de planeamiento de un proyecto para la constitución de una planta o parte de ella. Esta anticipación, ahorra costos a largo plazo asociados con las medidas de control del ruido.
2. Para evitar inversiones mayores para controlar el ruido en el equipo ya existente, es necesario comprar equipo que incluya en el diseño del mismo el control del ruido, ya que generalmente el equipo existente en cualquiera planta es seleccionado por ser el método más económico y eficiente para fabricar.
3. En materia de ruido, en nuestro país, es necesario recurrir al derecho comparado, aplicando legislación extranjera, pues la legislación existente en lo que se refiere al ruido "Ley de protección y Mejoramiento del Medio Ambiente" es general y cualitativa. La característica de no especificar criterios hace que la ley sea difícil de cumplir, puesto que la determinación de si ha ocurrido una violación de la misma se basa en un juicio subjetivo, y las autoridades se muestran evasivas para hacer cumplir las leyes cualitativas.
4. En esta industria, no se aconseja utilizar como medida de control de la exposición de los trabajadores la rotación de personal, pues es poco práctica, ya que los puestos de trabajo son muy diferentes unos de

otros. El confinamiento de los trabajadores sería bastante costoso pues el tipo de maquinaria y procesos lo dificulta en gran manera.

5. Se debe tomar conciencia de que nuestro papel como compradores en la eliminación del problema del ruido es trascendental, debido a que, si los compradores de equipos industriales exigen máquinas más silenciosas, los diseñadores le darán más importancia al problema, y en el futuro los requerimientos de niveles de presión de sonido, serán una característica incluida en la maquinaria.
6. Cuando se compre un equipo, deberá tomarse en cuenta no sólo, que el nivel de presión de sonido que emita esté abajo del límite, sino también, que sumado al conjunto de equipos no se rebase dicho límite.
7. Es necesario proveer de inmediato de protectores auditivos a los trabajadores de aquellas áreas en que se determinó que existen niveles de exposición al ruido no aceptables.
8. La implementación de medidas de control a los trabajadores, deben ir acompañadas de reuniones informativas y capacitación sobre la importancia del control del ruido en su trabajo, para evitar la resistencia al cambio que pueda presentarse.

9. Dado que la exposición a niveles altos de ruido en la vida cotidiana como el de motocicletas, aviones, etc., ocurre fuera del trabajo y esto puede ser una causa importante de daño al oído. Es muy importante el conocimiento de estas exposiciones no ocupacionales al ruido por parte del médico, la enfermera, el higienista y el profesional de prevención de accidentes u otra persona responsable de los exámenes auditivos, para evitar confundir las causas no ocupacionales con las ocupacionales.

10. Los estudios auditivos de preadmisión son esenciales para que la empresa quede libre de responsabilidades frente a pérdidas auditivas preexistentes detectadas más tarde.

11. El control del ruido se debe iniciar desde la etapa de planeamiento de un proyecto relacionado con maquinaria, considerando la posibilidad de que existan niveles de ruido excesivos en la planta. Esta anticipación puede ahorrarnos costos a largo plazo, asociados con las medidas de control de ruido.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benavides, Fernando G. **Glosario de prevención de riesgos laborales.** España: Editorial Masson, S.A., 1998. 90 pp.
2. Consejo Interamericano de Seguridad (CIAS). **Manual de fundamentos de higiene industrial.** E.E.U.U.: s.e., 1981. 1284 pp.
3. Costantini, Matteo y Lorenzo Rolfo. **Effetti causati dal rumore.**
www.fis.unipr.it
4. Decreto No. 68-86. 27 de octubre de 1986. **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente.**
5. Gil Fisa, Antonio y Pablo Luna Mendaza. **NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.**
www.mtas.es/insht/ntp.htm
6. Laser Lab. **Rumore in ambiente di lavoro.** Revisión 2.1 01/05/2001.
www.laserlab.it/documenti
7. Montoya Melgar, Alfredo y Jaime Pizá Granados. **Curso de seguridad y salud en el trabajo.** España: Editorial McGraw-Hill, 1996. 380 pp.
8. Pérez Alencart, Alfredo y Justo Reguero Celada. **Manual práctico de seguridad e higiene en el trabajo.** España: Editorial Tecnos, S.A., 1990. 223 pp.
9. Vaquero Puerta, José Luis y Rafael Ceña Callejo. **Prevención de riesgos laborales: seguridad, higiene y ergonomía.** España: Ediciones Pirámide, S.A., 1996. 308 pp.

APÉNDICE

Cálculos de dosificación

Área: Formado

Sección: Molino 3

Puesto: Operador y Ayudante Operación: Formado de costanera

1. Pasar a horas el tiempo en minutos que se determinó que el trabajador pasa en cada área de trabajo o tarea;

Tabla XX. Conversión del tiempo en cada subciclo

Subciclo	t min	t hr
1	1.83	0.03
2	0.00	0.00
3	0.08	0.00
4	2.26	0.04
5	15.67	0.26
6	15.67	0.26
7	1.87	0.03
8	3.28	0.05
9	4.05	0.07
10	2.24	0.04

2. Para saber cual es el tiempo total que el trabajador pasa en cada tarea es necesario determinar cuantos ciclos transcurren en cada jornada de trabajo de la siguiente manera:

b) Pasar el tiempo total de un ciclo a horas.

$$46.95 \text{ min./ciclo} * 1 \text{ hr} / 60 \text{ min.} = 0.78 \text{ hr} / \text{ciclo}$$

b) Determinar el número de ciclos por día tomando en cuenta que la jornada de trabajo tiene una duración de 11.5 hora al día.

$$\frac{11.5 \text{ hr/día}}{0.78 \text{ hr/ciclo}} = 14.74 \text{ ciclos/ día}$$

c) El tiempo total que un trabajador pasa en cada subciclo se calcula multiplicando el número de ciclos al día por el tiempo de cada tarea.

2.2.5. Tabla XXI. Tiempo total de cada subciclo

Subciclo	t hr	t hr/día trabajado
1	0.03	0.44
2	0.00	0.00
3	0.00	0.00
4	0.04	0.59
5	0.26	3.83
6	0.26	3.83
7	0.03	0.44
8	0.05	0.74
9	0.07	1.03
10	0.04	0.59
	0.78	11.5

3. Dividir el tiempo total transcurrido en cada área de trabajo por el tiempo permisible aceptado para el nivel de ruido en cada subciclo, usando la fórmula:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} = D^{33}$$

³³ Proceso de Dosificación, Sección 2.1.3.3.

Tabla XXII. Cálculo de dosificación

Niveles de ruido (dBA)	Tiempo medido(hr)	Tiempo permisible(hr)	Suma de Fracciones
77.2	0.44	sin límite	0.00
98	0.00	1.4	0.00
77	0.00	sin límite	0.00
82	0.59	sin límite	0.00
82	3.83	sin límite	0.00
94.6	3.83	2.16	1.77
76.8	0.44	sin límite	0.00
76.8	0.74	sin límite	0.00
76.8	1.03	sin límite	0.00
95	0.59	2	0.30
	Suma de fracciones		2.07

4. La suma de las fracciones es mayor que la unidad.

Área: Formado Sección: Molino 2
Puesto: Operador Operación: Operar de Aspa y Floop

1. Pasar a horas el tiempo en minutos que se determinó que el trabajador pasa en cada área de trabajo o tarea;

Tabla XXIII. Conversión del tiempo en cada subciclo

Subciclo	t min	t hr
1	1.11	0.019
2	0.37	0.006
3	1.23	0.021
4	4.03	0.067
5	4.05	0.068
6	0.99	0.017
	11.78	0.196

2. Para saber cual es el tiempo total que el trabajador pasa en cada tarea es necesario determinar cuantos ciclos transcurren en cada jornada de trabajo de la siguiente manera:

a) Pasar el tiempo total de un ciclo a horas.

$$11.78 \text{ min./ciclo} * 1 \text{ hr.} / 60 \text{ min.} = 0.20 \text{ hr./ ciclo}$$

b) Determinar el número de ciclos por día tomando en cuenta que la jornada de trabajo tiene una duración de 11.5 hora al día.

$$\frac{11.5 \text{ hr/día}}{0.20 \text{ hr/ciclo}} = 57.50 \text{ ciclos/ día}$$

d) El tiempo total que un trabajador pasa en cada subciclo se calcula multiplicando el número de ciclos al día por el tiempo de cada tarea.

2.2.6. Tabla XXIV. Tiempo total de cada subciclo

Subciclo	t hr	t hr/día trabajado
1	0.019	1.09
2	0.006	0.35
3	0.021	1.21
4	0.067	3.85
5	0.068	3.91
6	0.017	0.98

3. Dividir el tiempo total transcurrido en cada área de trabajo por el tiempo permisible aceptado para el nivel de ruido en cada subciclo, usando la fórmula:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} = D^{34}$$

Tabla XXV. Cálculo de dosificación

Niveles de ruido (dBA)	Tiempo medido(hr)	Tiempo permisible(hr)	Suma de Fracciones
83.8	1.09	sin límite	0.00
83.5	0.35	sin límite	0.00
83.8	1.21	sin límite	0.00
84.8	3.85	8	0.48
92.2	3.91	3.12	1.25
85.2	0.98	7.84	0.13
	Suma de fracciones		1.86

4. Al sumar las fracciones el resultado muestra que es mayor que la unidad.

³⁴ Proceso de Dosificación, Sección 2.1.3.3.