

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

**CREGANNA  
MEDICAL**

***“Control de la exposición a niveles de presión sonora en el Área de Corte  
y Estirado de la empresa Creganna Medical, Costa Rica”***

Proyecto de graduación para optar por el título de bachiller en Ingeniería en  
Seguridad Laboral e Higiene Ambiental

**Elaborado por:** María del Pilar Brosed Lizano

**Profesor asesor:** Ing. Ara Villalobos Rodríguez. MGP

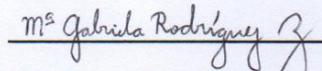
**Asesor industrial:** Laura Molina

Octubre, 2016

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DEL PROYECTO DE  
GRADUACIÓN

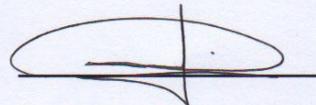
Proyecto de graduación defendido públicamente ante el tribunal examinador integrado por los profesores BQ. Gabriela Rodríguez Zamora, e Ing. Esteban David Arias Monge, como requisito para optar al grado de Bachiller en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La orientación y supervisión del trabajo desarrollado por el estudiante, estuvo a cargo del profesor asesor Ing. Ara Villalobos Rodríguez.



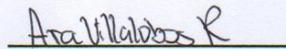
BQ. Gabriela Rodríguez Zamora

**Profesor evaluador**



Ing. Esteban David Arias Monge

**Profesor evaluador**



Ing. Ara Villalobos Rodríguez

**Profesor asesor**



María del Pilar Broseid Lizano

**Estudiante**

Cartago, 12 de octubre de 2016.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios, por ser la mayor guía en éste camino llamado vida y ayudarme a cumplir mis metas.

Quiero agradecer a mis papás y a mis hermanos por ser mi mayor apoyo y mi pilar, por ser mi guía en todo momento, por dar los mejores consejos y por ser parte siempre de mis alegrías y tristezas, dando siempre los mejores consejos para levantar el ánimo y seguir adelante en todo momento para alcanzar las metas que me propongo y no dejar que me rindiera en ningún momento.

A la empresa Creganna Medical, por estar siempre disponibles y con las puertas abiertas brindándome toda la información necesaria para culminar con éxito el proyecto de graduación.

A mis amigos por estar siempre presentes, levantando el ánimo y brindando consejos cuando las cosas se han puesto difíciles.

Un agradecimiento especial a la profesora Ara Villalobos por su apoyo y paciencia, por brindar las mejores ideas y consejos para lograr mis objetivos; así como también a la profesora Gabriela Rodríguez y Esteban Arias por todos sus aporte y recomendaciones para realizar un mejor trabajo; y a todos los profesores que cada semestre brindaron su aporte para enseñarme todo lo que se y convertirme en una buena profesional

En general quiero agradecer a todas esas personas que de una u otra forma fueron parte de éste proceso tan importante en mi vida, por haber hecho de mis años universitarios los mejores que pude tener, por hacerme crecer como persona cada día. Gracias a todos.

## DEDICATORIA

A mis papás y hermanos, los cuales fueron mi mayor apoyo e inspiración; sin cuya ayuda éste proceso hubiera sido más difícil; y a todas aquellas personas que también formaron parte del camino.

## RESUMEN

El presente proyecto se desarrolló en Creganna Medical, en la Zona Franca Metropolitana, en Barreal de Heredia, una empresa dedicada a la manufactura de catéteres.

Como objetivo general se propusieron controles sobre la exposición de los niveles de presión sonora presentes en el Área de Corte y Estirado de la compañía.

El proyecto se desarrolló, como se dijo, en el Área de Corte y Estirado, conformada por seis colaboradores, debido a que se observó la necesidad de determinar si las condiciones de exposición ocupacional a niveles de presión sonora son las recomendadas, para evitar en un futuro daños a la salud de los trabajadores.

Para el análisis de la situación actual, se recopiló información mediante el uso de herramientas elaboradas previamente, que ayudaron a identificar los elementos que pueden afectar los niveles de presión sonora en el departamento y también a evaluar los niveles encontrados; por último, se proponen métodos de control ingenieril y administrativos para que estos disminuyan.

Por medio del mapa de ruido, se determinó que los niveles de presión sonora en ambos edificios no bajan de 80 dB (A). Así, uno de los factores más influyentes en los niveles son los cambios de grosor en el material que se corta. Asimismo, la evaluación de la exposición personal al nivel sonoro continuo equivalente superó los 85 dB, límite establecido por la norma INTE 31-08-02-00.

Con base en la evaluación, se determina que el diseño de un encerramiento en las máquinas servirá como un método de control ingenieril para disminuir la exposición al ruido ocupacional en el Área de Corte y Estirado, así como también la implementación de un programa de prevención por exposición al ruido.

**Palabras clave:** Catéteres, niveles de presión sonora, ruido, nivel sonoro continuo equivalente, mapa de ruido.

## ÍNDICES

### Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	4
A. Identificación de la empresa.....	4
1. Misión.....	4
2. Visión.....	4
3. Antecedentes históricos.....	4
4. Ubicación geográfica.....	5
5. La organización.....	6
6. Número de empleados.....	6
7. Tipos de productos.....	7
8. Mercado.....	7
9. Proceso productivo del área de corte y estirado.....	7
B. Planteamiento del problema.....	8
C. Justificación del problema.....	8
D. Objetivos del proyecto de graduación.....	10
1. Objetivo general:.....	10
2. Objetivos específicos:.....	10
E. Alcances y limitaciones del trabajo.....	10
1. Alcance.....	10
2. Limitaciones.....	11
2. MARCO TEÓRICO.....	12
3. METODOLOGÍA.....	16
A. Tipo de investigación.....	16
B. Fuentes de información.....	16
1. Fuentes primarias.....	16
2. Fuentes secundarias.....	17

C. Población y muestra .....	18
D. Operacionalización de variables .....	21
E. Descripción de instrumentos .....	24
F. Plan de análisis.....	25
4. Análisis de la situación actual .....	26
A. Características presentes en el área de trabajo .....	26
B. Factores personales sobre la percepción de ruido en el área de trabajo .....	26
C. Resultados de las evaluaciones.....	31
5. CONCLUSIONES.....	42
6. RECOMENDACIONES .....	43
7. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN.....	44
Programa de prevención por exposición a ruido en el Área de Corte y Estirado .....	45
8. BIBLIOGRAFÍA.....	102
I. ANEXOS.....	107
II. APÉNDICES .....	118

### Índice de tablas

Tabla 3.1 Evaluaciones realizadas.....	18
Tabla 3.2 Operacionalización del objetivo 1 .....	21
Tabla 3.3 Operacionalización del objetivo 2 .....	22
Tabla 3.4 Operacionalización del objetivo 3 .....	23
Tabla 4.1 Nivel de exposición a ruido de los colaboradores del edificio 1 .....	36
Tabla 4.2 Nivel de exposición a ruido de los colaboradores del edificio 2.....	36
Tabla 4.3 Tiempos máximos de exposición colaboradores edificio 2 .....	37
Tabla 4.4 Frecuencia predominante por máquina en el edificio 1.....	38

## Índice de figuras

Figura 1.1 Organigrama Creganna Medical.....	6
Figura 3.1 Plan de análisis .....	25
Figura 4.1 Mapa de ruido edificio 1 .....	32
Figura 4.2 Mapa de ruido edificio 2 .....	34

## Índice de gráficos

Gráfico 4.1 Porcentaje de trabajadores según el nivel de molestia de ruido en el puesto de trabajo .....	27
Gráfico 4.2 Nivel de molestia de ruido de los colaboradores de acuerdo a su puesto de trabajo .....	28
Gráfico 4.3 Porcentaje de colaboradores a los que les molesta el ruido de acuerdo al momento del día en la jornada de trabajo.....	29
Gráfico 4.4 Porcentaje de colaboradores que pierden la concentración durante la jornada de trabajo debido al ruido .....	30
Gráfico 4.5 Frecuencia de síntomas por exposición al ruido.....	31
Gráfico 4.6 Niveles de presión sonora vs. tiempo en el cuadrante 2 .....	33
Gráfico 4.7 Niveles de presión sonora vs. tiempo cuadrante 3 .....	35
Gráfico 4.8 Promedio de decibeles por frecuencia máquina 2 del edificio dos en el punto crítico.....	39
Gráfico 4.9 Promedio de decibeles por frecuencia máquina 6 del edificio dos en el punto crítico.....	40

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1.1 Ubicación de los edificios de Creganna Medical.....	5
Ilustración 4.1 Identificación del punto crítico de la máquina 2 del edificio 2.....	39
Ilustración 4.2 Identificación del punto crítico de la máquina 6 del edificio 2.....	40

## 1. INTRODUCCIÓN

### A. Identificación de la empresa

#### 1. Misión

“Vamos a hacer crecer nuestro negocio de manera rentable mediante la entrega de valor a nuestros clientes a través de un servicio excepcional, excelente calidad y soluciones innovadoras, y por impulsar la mejora continua en todas las áreas de nuestro negocio.

Crecimiento rentable garantizará que aseguramos nuestro futuro, habilitamos la reinversión para el crecimiento, ofrecemos oportunidades para todo el personal y ofrecer una rentabilidad para nuestros inversores”.

#### 2. Visión

“Vamos a ser el socio líder en la industria de soluciones de dispositivos mínimamente invasivos”

#### 3. Antecedentes históricos

Establecida en Irlanda en 1980, como Creganna, la compañía se dedicó inicialmente a brindar servicios subcontratados para soluciones de ingeniería. En 1999, la empresa entró en la industria de dispositivos médicos y desde 2003 se centra exclusivamente en este sector.

La compañía ha experimentado un crecimiento significativo en el sector de dispositivos médicos desde 2000 a través de una combinación de nuevos productos, tecnologías y desarrollos de servicios, expansión geográfica y adquisiciones.

Hoy Creganna Medical opera en una red que abarca cuatro continentes y es uno de los tres mejores proveedores de implementos médicos mínimamente invasivos y soluciones de outsourcing de dispositivos médicos en el mundo. La compañía tiene su sede en Irlanda y opera como una sociedad de responsabilidad limitada.

#### 4. Ubicación geográfica

Creganna Medical se ubica en la provincia de Heredia, en la Zona Franca Metropolitana, en los edificios 3-C y A-B6.

En la siguiente imagen se puede observar la ubicación de ambos edificios:

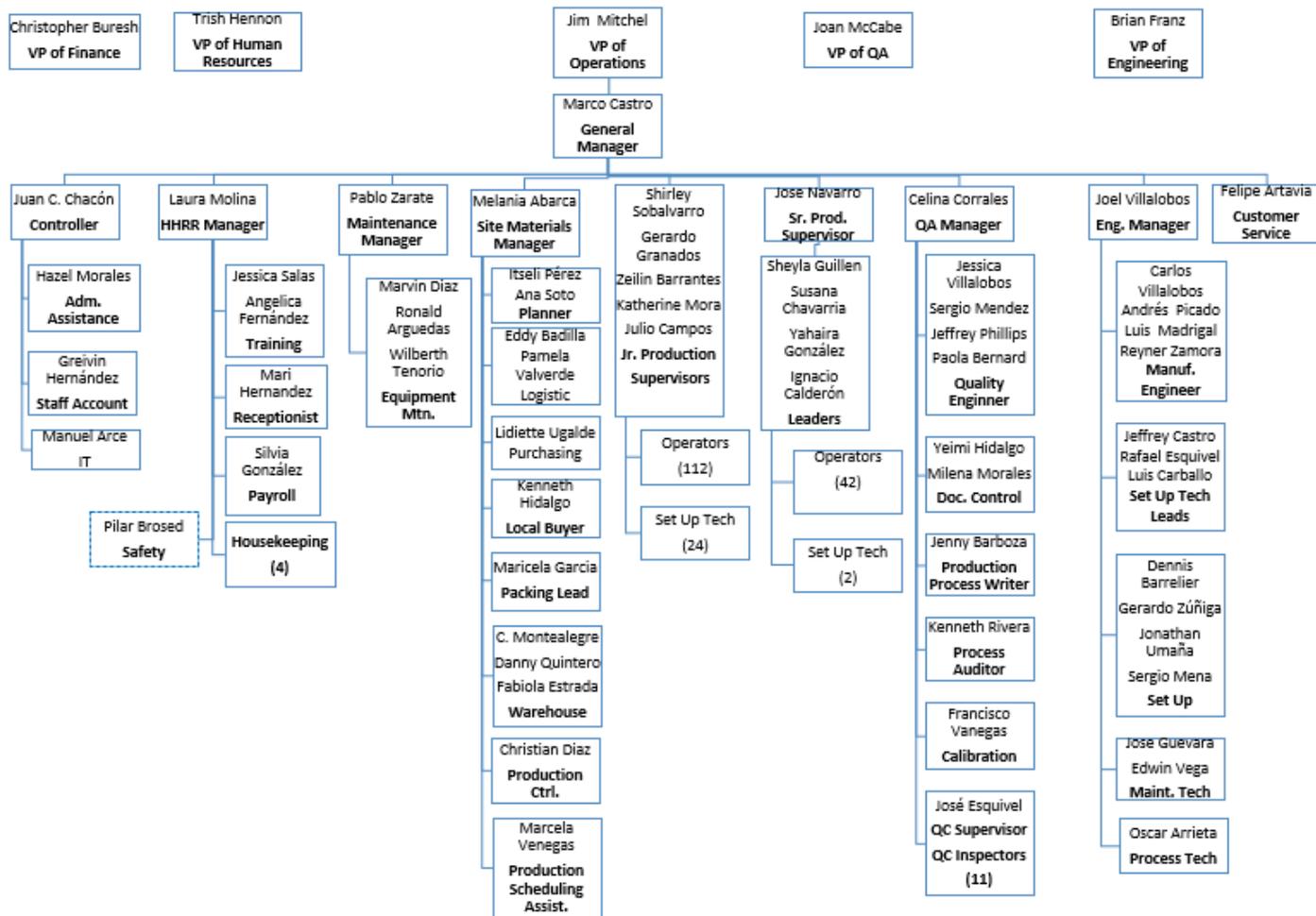
Ilustración 1.1 Ubicación de los edificios de Creganna Medical



Fuente: Google Maps

## 5. La organización

Figura 1.1 Organigrama Creganna Medical



Fuente: Gerencia Creganna Medical, 2016

Actualmente, la empresa cuenta con un Departamento de Salud Ocupacional, el cual pertenece al Área de Recursos Humanos.

## 6. Número de empleados

Creganna Medical cuenta con 273 colaboradores, distribuidos en sus dos edificios, en distintas jornadas de trabajo. El área administrativa cuenta con 35 colaboradores (de lunes a viernes de 6 a.m. a 3.45 p.m.), la de producción se divide en

dos turnos (de lunes a jueves de 6 a.m. a 6 p.m. y de 6 p.m. a 6 a.m.) y los fines de semana un turno (sábado y domingo 6 a.m. a 6 p.m.). El Área de Corte y Estirado no trabaja los viernes.

## 7. Tipos de productos

La empresa Creganna Medical fabrica alambres guía (guide wires), resortes (coils) y mandriles de soporte que se utilizan en catéteres para aplicaciones de tratamiento médico preventivo o correctivo en humanos.

Se manufacturan catéteres con forma de tubo estrecho y alargado, que pueden ser introducidos dentro de un tejido, vena o arteria; y que permiten la inyección de fármacos, el drenaje de líquidos o bien el acceso de otros instrumentos médicos.

## 8. Mercado

Los productos fabricados en Creganna Medical van dirigidos principalmente a doctores o empresas distribuidoras de componentes médicos.

## 9. Proceso productivo del área de corte y estirado

El proceso consiste en colocar la bobina del alambre de acero inoxidable en la máquina cortadora, la cual endereza y corta a una longitud aproximada la mayoría de los tipos de alambre, cuyo diámetro y longitud va a depender de la solicitud del cliente. Se utiliza una máquina con un panel para controlar las funciones.

## B. Planteamiento del problema

Según indica el encargado de seguridad laboral\* de la casa matriz de la compañía, en Irlanda, su área es prioritaria debido a que los clientes de la empresa se encuentran en Europa y Estados Unidos, que se rigen bajo estrictas normas de seguridad debido a su legislación; de este modo, en caso de no cumplir con los requisitos establecidos por ellos, la organización se puede ver expuesta a multas.

Debido a lo anterior, su gerente de recursos humanos afirma que los clientes, que visitan regularmente la empresa, solicitan estudios sobre mediciones del agente físico de ruido, con el objetivo de conocer las condiciones en las que laboran los empleados. El proceso de corte y estirado, a su vez, es el que genera más ruido, de acuerdo a lo indicado por los clientes en sus visitas.

Actualmente, el proceso de corte y estirado se encuentra en ambos edificios, no obstante, a pesar de ser un proceso conocido, en la empresa no existen estudios relacionados con la medición de niveles de presión sonora, por lo tanto, no hay información técnica que permita establecer métodos de control ni los riesgos ante la exposición, mientras, a su vez, los trabajadores reportan al encargado en seguridad laboral sobre frecuentes dolores de cabeza, irritabilidad, desconcentración y sensaciones de zumbido.

## C. Justificación del problema.

La empresa está pasando por un proceso de expansión, por lo que adquirió un segundo edificio dentro de la Zona Franca Metropolitana, en Barreal de Heredia. De acuerdo con la gerente de recursos humanos, anteriormente el edificio era utilizado por una empresa prestamista, por lo tanto, las condiciones estructurales no fueron pensadas para una planta de producción, así pues las oficinas administrativas se encuentran al lado del área en la que se está generando el ruido.

Actualmente, la empresa no cuenta con ningún estudio relacionado con los niveles de presión sonora en los dos edificios, por lo que no se sabe si en el Área de Corte y Estirado son potencialmente peligrosos para la audición de los colaboradores, ya

que el encargado en seguridad laboral afirma que estos presentan frecuentemente dolores de cabeza, irritabilidad, desconcentración y sensaciones de zumbido.

El ingeniero de producción encargado del área explica que el trabajo realizado en Corte y Estirado es el primero dentro de la cadena de producción presente en Creganna Medical, por lo que es importante que los colaboradores tengan la máxima concentración para que el resultado se dé con la mayor precisión y exactitud, ya que, si las piezas no van cortadas del tamaño requerido, el proceso no puede continuar, lo que provocaría que los demás se atrasen hasta tres horas.

Según un estudio realizado por los doctores del servicio de otorrinolaringología del Hospital General ubicado en México, se estima que un tercio de la población mundial padece algún grado de sordera o pérdida auditiva causada por la exposición a sonidos de alta intensidad. Cualquier persona expuesta a ruido de forma repetida puede desarrollar una hipoacusia progresiva al cabo de los años. (Urbina, 2011)

Por otro lado, según un estudio del Hospital del Trabajador de Santiago, Chile, en 2011, esta hipoacusia se presenta como un traumatismo o enfermedad profesional en individuos que ejercen ocupaciones en un medio en el que se mantiene de forma prolongada un ruido superior a 80 dB, conocido como traumatismo acústico crónico. (Urbina, 2011)

La pérdida auditiva inducida por el ruido es un mal irreversible, pero prevenible, que continúa siendo una de las principales causas de enfermedad ocupacional. En Estados Unidos de América, la pérdida auditiva inducida por exposición al ruido de origen industrial es una de las diez enfermedades ocupacionales más frecuentes. En ese país se ha estimado que la exposición a un nivel de ruido ocupacional superior a 90 decibeles (A) afecta a una población de 2,9 a 3,4 millones de trabajadores, mientras que en el intervalo de exposición de 85 a 90 dB (A) se encuentran entre 5,2 y 8,9 millones de trabajadores. En México, la frecuencia de la sordera traumática fue de 19 286 casos registrados durante el periodo de 1982 a 1996, y en 1996, esta enfermedad representó 49,9% del total de las molestias ocupacionales registradas. (Hernández, Santos, Becker, 2000)

Por otro lado, un tercio de la población mundial y el 75 % de los habitantes de ciudades industrializadas padecen algún grado de sordera o pérdida auditiva por exposición a sonidos de alta intensidad. La Organización Panamericana de la Salud refiere una prevalencia promedio de hipoacusia del 17% para América Latina, en trabajadores con jornadas de ocho horas diarias, durante cinco días a la semana con una exposición que varía entre diez a quince años. En Estados Unidos, la pérdida auditiva inducida por exposición al ruido de origen industrial es una de las enfermedades ocupacionales más frecuentes. En Europa se estima que alrededor de 35 millones de personas están expuestas a niveles de ruidos perjudiciales. (Medina, Velásquez, Giraldo, Henao y Vásquez, 2013)

#### D. Objetivos del proyecto de graduación.

##### 1. Objetivo general:

Proponer controles de exposición a los niveles de presión sonora presentes en el Área de Corte y Estirado de la empresa Creganna Medical, Costa Rica.

##### 2. Objetivos específicos:

- Identificar los factores que pueden afectar los niveles de presión sonora en el Área de Corte y Estirado.
- Evaluar los niveles de presión sonora que se generan en el Área de Corte y Estirado y el NSCE al que se exponen los trabajadores.
- Plantear métodos de control administrativos e ingenieriles para el Área de Corte y Estirado en la empresa Creganna Medical Costa Rica.

#### E. Alcances y limitaciones del trabajo.

##### 1. Alcance

Este proyecto tiene como fin determinar si el Área de Corte y Estirado cumple con las normativas y la reglamentación de exposición a ruido para sus tareas, así como brindar métodos de control que permitan mejorar las condiciones actuales del área en

estudio de la empresa Creganna Medical. Abarca la realización de mediciones de niveles de presión sonora en los dos edificios en el turno de día, así como evaluaciones por frecuencia en cada una de las fuentes y de exposición personal. Se toma como referencia la jornada diurna, ya que es la que cuenta con la mayor cantidad de colaboradores y de máquinas en funcionamiento.

El método de control va enfocado únicamente al Área de Corte y Estirado, por lo que no puede ser utilizado en otras áreas que puedan ser afectadas por altos niveles de presión sonora.

## 2. Limitaciones

Con respecto a la metodología de medición en la fuente, se tuvo la limitante de no poder apagar las máquinas que no se estuvieran evaluando, debido al retraso que se podía tener en la producción; por lo tanto, las mediciones de los niveles de presión sonora se realizaron con todas las máquinas y equipos encendidos al mismo tiempo.

Además, las mediciones por frecuencia para dicha metodología sólo se pudieron realizar a un 1 m, debido a que a los 2 m y 3 m se encontraban otras máquinas, estanterías y paredes, lo que dificultó realizar las mediciones en esos puntos.

## 2. MARCO TEÓRICO

El sonido se conoce como una onda que se propaga por el aire y de ese modo llega a nuestros oídos. Más técnicamente, se conoce como un fenómeno físico que consiste en la alteración mecánica de las partículas de un medio elástico (el aire, pero también un líquido o un sólido), producido por un elemento que se encuentre en vibración, capaz, de ese modo, de producir una sensación auditiva. Por lo tanto, es el resultado de los cambios de presión que se dan en un medio y son causados por vibraciones. Es importante, eso sí, tomar en cuenta que esas partículas no viajan a través del aire, sino que se mueven (vibran) en torno a un punto y de esa manera transmiten su energía a otra adyacente hasta que esos cambios de presión logran llegar a nuestros oídos. Dentro de las características principales del sonido en encuentran la frecuencia, el nivel de presión sonora y la duración. El nivel de presión sonora es la “fuerza”, “energía” o “intensidad” que posee la onda sonora al llegar al receptor. (Santacreu, 2012)

Hay que tomar en cuenta que el ruido, al igual que otros contaminantes, afecta al ser humano. Los daños provocados pueden ser de tipo fisiológico, en diferentes partes y tejidos del cuerpo humano, o de tipo psicológico. De cualquier manera, está comprobado que el ruido afecta a cualquier ser vivo, y es importante mencionar que un mismo sonido puede ser agradable para unos y desagradable para otros. Incluso, el mismo sonido puede ser agradable en periodo diurno y, en cambio, no ser tolerable por la noche. (Barti, 2013)

Además de la pérdida de audición, la exposición al ruido en el lugar de trabajo puede provocar otras complicaciones, como problemas de salud crónicos, ya que esta, durante mucho tiempo, disminuye la coordinación y la concentración, por lo tanto, aumenta la posibilidad de accidentes. También, el ruido aumenta la tensión, lo cual puede dar lugar a distintos problemas de salud, como los trastornos cardiacos, estomacales y nerviosos; además, una exposición excesiva al ruido puede disminuir la productividad y ocasionar porcentajes elevados de ausentismo. (OIT, 2016)

El ruido no siempre es el mismo, debido a que existen diferentes tipos, que se pueden clasificar de la siguiente forma: ruido periódico, en el que la diferencia entre los valores máximo y mínimo de presión acústica es mayor o igual a los 5 dB y se da en forma cíclica; ruido estable, que se conoce como aquel en el que el nivel de presión

acústica ponderada A (LpA) permanece constante a lo largo del tiempo; se considera que se cumple dicha condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de presión acústica es inferior a los 5 dB; ruido aleatorio, es aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de presión acústica es mayor o igual a 5 dB, pero en éste caso varía de forma aleatoria a lo largo del tiempo, y, por último, el ruido de impacto, en el que el nivel de presión acústica disminuye de forma exponencial con el tiempo y su duración es menor a un segundo. (NTP 270, 1999)

El ruido es uno de los riesgos más preocupantes y a la vez al que menos importancia se le da. Cabe mencionar que después del sentido de la vista, la audición es el sentido responsable captar la información del entorno alrededor de la persona. Por lo tanto, es probable que debido a la escasa importancia que se le da al oído, la disminución de la capacidad auditiva en los trabajos no se considere un riesgo demasiado grave. (Grau y Grau, 2006)

Es muy importante tomar en cuenta que el ruido en un área de trabajo no solo puede ser molesto a la percepción de los colaboradores, sino que también puede provocar daños a la salud de los trabajadores y de ese modo afectar el ambiente de trabajo y, a la vez, la pérdida de la capacidad auditiva es el efecto perjudicial del ruido más conocido y probablemente el más grave, pero no el único. (Suter, 2012)

Hay que tener presente que no todas las veces que una persona pierde la audición es debido a exposición ocupacional al ruido, ya que hay dos formas en las que una persona puede sufrir daños: factores congénitos o adquiridos. Así, las causas más importantes de la sordera congénita son la hereditaria y las tóxicas. Por otra parte, las causas de la sordera adquirida son muchas y las más importantes se pueden clasificar en causas cerebrales, enfermedades infecciosas generales, infecciones del oído, agentes físicos, agentes tóxicos, misceláneos. (Henaó, 2007)

La pérdida de la audición también dependerá del tiempo de exposición a ruido al que se encuentre la persona, ya que se trata del tiempo real y efectivo durante el cual un contaminante ejerce su acción agresiva sobre la persona que está efectuando un trabajo. Cabe resaltar que no se refiere al tiempo que el colaborador permanece en el puesto, pues este generalmente es mayor al de exposición, debido a los descansos y tiempos muertos en la jornada laboral. Los límites suelen referirse normalmente a tiempos de

exposición establecidos, relacionados con una jornada laboral normal de ocho horas. (Falagán, 2009)

Para realizar la medición de los niveles de presión sonora de determinada área, se puede aplicar el método de mapa de ruido, el cual consiste en dividir el área en cuadrantes del mismo tamaño y realizar el recorrido en forma de “s”, tomando las mediciones con el uso de un sonómetro en cada cuadrante. (INSHT, 1998)

Si se quiere medir el nivel de presión acústica que hay en un punto, lo más habitual es utilizar un instrumento de lectura directa, como el sonómetro. El sonómetro es un instrumento electrónico capaz de medir el nivel de presión acústica, expresada en decibelios, sin considerar su efecto fisiológico. (Baraza, Castejón y Guardino, 2014)

También se puede hacer uso de un dosímetro, un dispositivo con micrófono y una serie de circuitos medidores de presión sonora. La medición de la dosis acumulada en el tiempo se refleja en un monitor que permite conocer el porcentaje dosis del ruido recibido por el colaborador que lo porta, ya sea durante toda la jornada laboral o a lo largo de un determinado número de ciclos de trabajo. Sirve para todo tipo de ruidos, ya sea en puestos fijos o móviles. Cabe destacar que los efectos del ruido sobre el ser humano no solo dependen de la presión, sino también de la frecuencia. (Álvarez, 2013)

Luego, al tener los resultados de las mediciones realizadas, es necesario optar por un método de control que brinde una solución al problema, el cual consiste en el proceso de toma de decisiones para tratar o reducir los riesgos, para implementar las medidas correctoras, exigir su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia. (Creus y Mangosio, 2011)

Para aplicar un método de control, debe tenerse claro qué tipo de intervenciones o métodos de control son los más adecuados para el riesgo encontrado. Los métodos de control suelen dividirse en tres categorías: controles técnicos, administrativos y equipos de protección personal. (Herrick, 2012)

Al momento de determinar las medidas para el método de control, desde el punto de vista preventivo es preferible actuar, en primer lugar, sobre el origen del riesgo, luego sobre el medio de transmisión y por último sobre el receptor. Esto debido a que, cuando actuamos sobre el origen, se consigue aislarlo o, al menos, logramos disminuir la

posibilidad de que se materialice el daño; en mayor medida que si actuamos sobre el medio de transmisión o sobre el receptor (Carrasco y Cano, 2006).

Para controlar la exposición al ruido en un área de trabajo, se puede recurrir a métodos ingenieriles, como modificar el equipo o el área de trabajo para hacerlos más silenciosos. De tal manera, se incluye cualquier procedimiento técnico que logre reducir el nivel de sonido, y se puede aplicar en acciones sobre la fuente y contra la transmisión o propagación del ruido. (NTP 960, 2006)

### 3. METODOLOGÍA.

#### A. Tipo de investigación

El tipo de investigación en el que se enfoca este proyecto es la aplicada, ya que se realizó una propuesta de solución ante un problema que debe ser tratado.

También es de tipo mixto, debido a que se realizaron análisis tanto cualitativos como cuantitativos. Los primeros porque se recolectaron datos mediante el uso de encuestas aplicadas a los colaboradores, y los segundos porque se llevaron a cabo mediciones de los niveles de presión sonora en los diferentes puestos de trabajo del Área de Corte y Estirado.

#### B. Fuentes de información

##### 1. Fuentes primarias

- **Libros**

Salud ocupacional. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Higiene industrial. Barcelona: Editorial UOC.

Acústica medioambiental (Vol. I).

Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería. Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.

Riesgos ambientales en la industria. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.

Higiene Industrial Aplicada. Asturias: Fundación Luis Fernández Velasco.

Capítulo 30 Higiene industrial. En: enciclopedia de la OIT. D- INSHT.

- **Normativa**

NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos

NTP 950. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I).

NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias

NTP 952. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III).

NTP 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización.

NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico.

INTE 31-08-02-00. Higiene Industrial. Medio ambiente laboral. Determinación del nivel sonoro continuo equivalente en los centros de trabajo.

Reglamento para el control de ruidos y vibraciones

Procedimiento para la medición de ruido

- **Reglamentos**

- **Tesis**

## 2. Fuentes secundarias

Base de datos de e-libro

Base de datos de ProQuest

Base de datos de EBSCO

Base de datos de Ebrary

Normas Inteco

INTE 31-09-16-2000: Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.

### C. Población y muestra

Las evaluaciones se realizaron en el Área de Corte y Estirado en los dos edificios de Creganna Medical en Costa Rica, en horario diurno, debido a que es el que cuenta con la mayor cantidad de colaboradores. Así, la jornada se extiende de lunes a jueves de 6 a.m. a 6 p.m.; los viernes el proceso de corte y estirado no se encuentra en funcionamiento.

Las evaluaciones consistieron en la aplicación de cuestionarios al personal de corte y estirado, de áreas aledañas y al personal de mantenimiento; mediciones de niveles de presión sonora mediante el uso del mapa de ruido, otras por frecuencia en las fuentes y dosimetrías a los colaboradores del Área de Corte y Estirado.

En la siguiente tabla se puede observar con detalle la información para cada valoración, tomando en cuenta que se evaluó el total de los trabajadores de corte y estirado en ambos edificios y el total de la jornada:

Tabla 3.1 Evaluaciones realizadas

	<b>Edificio 1</b>	<b>Edificio 2</b>
<b>Cuestionario higiénico</b>	Se le aplicó a la líder del área, que es la misma en ambos edificios.	
<b>Cuestionario sobre percepción de ruido</b>	Se les aplicó a los dos colaboradores del área.	Se les aplicó a los cuatro colaboradores del área, así como a los 20 trabajadores de los departamentos aledaños, debido a que, como se mencionó, la planta no cuenta con ninguna

	<b>Edificio 1</b>	<b>Edificio 2</b>
		división y los procesos se encuentran muy cercanos.
<b>Entrevista sobre mantenimiento de máquinas de corte y estirado</b>	Se aplicó a los cinco colaboradores del departamento de mantenimiento.	
<b>Cantidad de colaboradores en el área de corte y estirado</b>	Dos	Cuatro
<b>Medición de NPS (mapa de ruido)</b>	<p>Mediciones cada 30 minutos.</p> <p>Se cubrió el 100% de la jornada (de 6 a.m. a 6 p.m.).</p>	<p>Mediciones cada 30 min.</p> <p>Se cubrió el 100% de la jornada (de 6 a.m. a 6 p.m.).</p> <p>En este caso, se tomaron en cuenta toda el Área de Corte y Estirado y aledañas; debido a que la planta no cuenta con ninguna división.</p>
<b>Medición en la fuente</b>	<p>Se cuenta con tres máquinas.</p> <p>Se determinó el punto crítico (NPS) en cada fuente.</p> <p>Se realizaron siete mediciones en las frecuencias de 63 Hz a 8 000 Hz, en el punto</p>	<p>Se cuenta con seis máquinas.</p> <p>Se determinó el punto crítico (NPS) en cada fuente.</p> <p>Se realizaron siete mediciones en las frecuencias de 63 Hz a 8 000 Hz, en el punto crítico</p>

	<b>Edificio 1</b>	<b>Edificio 2</b>
	crítico en periodos de 30 min cada una.	en periodos de 30 min cada una.
<b>Dosimetrías</b>	Se cubrió el 100% de la jornada (de 6 a.m. a 6 p.m.).	Se cubrió el 100% de la jornada (de 6 a.m. a 6 p.m.).

Fuente: Brosted, P.

#### D. Operacionalización de variables

- **Objetivo 1:** Identificar los factores que pueden afectar los niveles de presión sonora en el Área de Corte y Estirado.

Tabla 3.2 Operacionalización del objetivo 1

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos/ Herramientas
Factores que afectan los niveles de presión sonora en el área de trabajo	Conjunto de factores que van a provocar que los niveles de ruido se eleven, ya sean las máquinas, las personas o el tipo de construcción del edificio.	Cantidad de máquinas cortadoras. Cantidad de materiales utilizados en el proceso. Características del área (elementos del local, ubicación de las máquinas). Cantidad de producción.	Cuestionario "Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico", del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Encuesta higiénica.
		Frecuencia de mantenimiento de las máquinas. Piezas dañadas.	Entrevista aplicada al personal del área de mantenimiento sobre el tipo de máquina y el mantenimiento que se realiza.

Fuente: Brosed, P. 2015

- **Objetivo 2:** Evaluar los niveles de presión sonora que se generan en el Área de Corte y Estirado y el NSCE al que se exponen los trabajadores.

Tabla 3.3 Operacionalización del objetivo 2

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos/ Herramientas
Niveles de presión sonora del Área de Corte y Estirado	Es la intensidad de sonido que llega a los trabajadores del Área de Corte y Estirado y es medida en decibeles (A).	Niveles de presión sonora (dB (A)). y dB (L)	Bitácora de recolección de datos Metodología de mapa de ruido. Metodología de evaluación en la fuente.
Nivel sonoro continuo equivalente (NSCE)	Es el nivel sonoro continuo equivalente medio en dB (A) de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada, cuya energía sonora sea igual a la del ruido variable medido estadísticamente a lo largo de la misma.	Nivel sonoro continuo equivalente (dB (A))  Dosis diaria (porcentaje dosis)	Bitácora Método para calcular NSCE (INTE 31-08-02-2000: Determinación del nivel sonoro continuo equivalente en los centros de trabajo, NTP 950: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I), NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias, NTP 952: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III).) Bitácora

Fuente: Brosed, P. 2015

- **Objetivo 3:** Proponer métodos de control para el área de corte y estirado.

Tabla 3.4 Operacionalización del objetivo 3

Variable	Conceptualización	Indicadores	Instrumentos/ Herramientas
Métodos de control ingenieriles y administrativos	Son el conjunto de herramientas ingenieriles y administrativas que permiten brindar una solución ante la exposición de niveles de ruido ocupacional que pueden causar daño a los trabajadores	Encerramiento de nueve máquinas y controles administrativos (programa de prevención por exposición a ruido en el Área de Corte y Estirado)	NTP 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización. INTE 31-09-09-00 Guía para la elaboración del programa de salud y seguridad en el trabajo. Aspectos generales. Curva de valoración NC-70.

Fuente: Brosed, P. 2015

## E. Descripción de instrumentos

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizaron una serie de herramientas que permitieron la recolección de la información. A continuación se presenta su descripción:

### **Objetivo 1:**

#### **Encuesta higiénica de ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico**

Permite conocer con detalle las características del ruido presente en el Área de Corte y Estirado, tomando en cuenta factores como características de la tarea realizada, fuentes de ruido, mantenimiento de equipos, características del ruido, etc. (Ver anexo 1)

**Cuestionario “Ruido: Evaluación y acondicionamiento ergonómico”, del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España.**

Sirve para conocer la percepción que tienen los colaboradores del ruido en el área de trabajo, tomando en cuenta malestares que puedan presentar. (Ver anexo 2)

**Entrevista aplicada al personal de mantenimiento sobre el mantenimiento realizado a las máquinas**

Herramienta que permite saber si el mantenimiento realizado a las máquinas es correctivo o preventivo, el tipo de máquina, la antigüedad y demás factores que permitan la realización del proyecto. (Ver apéndice 1)

### **Objetivo 2:**

**Bitácora de recolección de datos con los niveles de presión sonora de cada cuadrante**

Esta tabla va a permitir anotar los niveles de presión sonora obtenidos en cada uno de los cuadrantes evaluados, en la cual se pueden observar las mediciones de cada minuto en el recorrido realizado por los cuadrantes. (Ver apéndice 2).

### **Bitácora de recolección de datos con los niveles de análisis de fuente**

Consiste en un cuadro que permite anotar los datos de los niveles de presión sonora en los puntos alrededor de la máquina, así como también las mediciones por frecuencia del punto determinado como el más crítico. (Ver apéndice 3).

### **Bitácora de recolección de datos con los porcentajes de dosis**

Permite anotar los datos obtenidos de las mediciones de los dosímetros, indicando el % dosis obtenido por colaborador y el tiempo de medición. (Ver apéndice 4).

### **Método de mapa de ruido**

Es un método que consiste en dividir en cuadrantes del mismo tamaño el área en la que se va a realizar la medición de los niveles de presión sonora (Robles y Arias, 2016), con un sonómetro convencional. Una vez delimitado cada cuadrante, se enumeran en forma de “s” y se procede a realizar las mediciones en el centro del cuadrante cada minuto, realizando recorridos cada 30 min (ver apéndice 5 y 6). Luego se procede a realizar un promedio logarítmico de los valores obtenidos en cada cuadrante, para determinar en cuál o cuáles se obtiene el mayor nivel de presión sonora.

La fórmula utilizada para la obtención del promedio por cuadrante es la siguiente:

$$L_p = 20 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{p1}}{20}} \right)$$

Donde:

L<sub>p</sub>: Promedio nivel de presión sonora

N: Número de mediciones por cuadrante

L<sub>p1</sub>: Nivel de presión sonora por medición

### **Metodología para análisis de fuente**

Consiste en la evaluación de los niveles de presión sonora en distintos puntos alrededor de una fuente (a distancias de 1 m, 2 m y 3 m, haciendo un recorrido en forma

de telaraña) (Robles y Arias, 2016), con un sonómetro integrador, para identificar el punto con el NPS más alto y en dicho punto se realizan, como mínimo, siete mediciones en cada una de las frecuencias (de 63 Hz a 8 000 Hz) y así determinar la frecuencia que predomina.

### **Dosimetrías**

Metodología para la evaluación de la exposición al ruido en la que se mide el nivel de porcentaje de dosis que recibe el trabajador a nivel de oído (INTE 31-08-02-00), durante un periodo determinado de la jornada laboral. Se recomienda que se evalúe al menos el 75% de la jornada laboral. Consiste en colocarle un dosímetro al colaborador, el cual al final de la medición va a dar un resultado de porcentaje dosis de la exposición durante el tiempo de evaluación. Con ese resultado se puede determinar el nivel sonoro continuo equivalente mediante la siguiente fórmula:

$$NSCE = 85 + 9,97 \text{LOG} \left( \frac{\%D}{12,5 * t} \right)$$

De ese modo se puede determinar el tiempo máximo de exposición de cada colaborador, utilizando la siguiente fórmula:

$$T \max \left( \frac{h}{\text{día}} \right) = \frac{8}{2^{(NSCE-85)/3}}$$

### **Gráficos y tablas**

Permiten observar los resultados de una forma clara y ordenada para facilitar su interpretación, ya que proporcionarán los resultados obtenidos de las encuestas, así como cuál o cuáles cuadrantes presentan mayores niveles de presión sonora y también los niveles de ruido percibidos por los colaboradores.

Los gráficos que se van a utilizar en su mayor parte son circulares, pues permiten visualizar fácilmente la proporción de los resultados, asimismo, habrá gráficos de barras, que demuestran los cambios que tienen los datos en un periodo de tiempo, y

de dispersión, con los que se puede observar la relación que existe entre los datos obtenidos de las mediciones.

### **Herramienta de cálculo: Microsoft Office Excel 2010**

Es un programa con el cual se realizó un análisis estadístico con el uso de fórmulas aplicadas a los datos obtenidos en las mediciones, y, a la vez, permitió graficar dichos resultados.

### **Objetivo 3**

#### **Técnicas y normativas que permitan formular un método de control apto para las condiciones del lugar de trabajo**

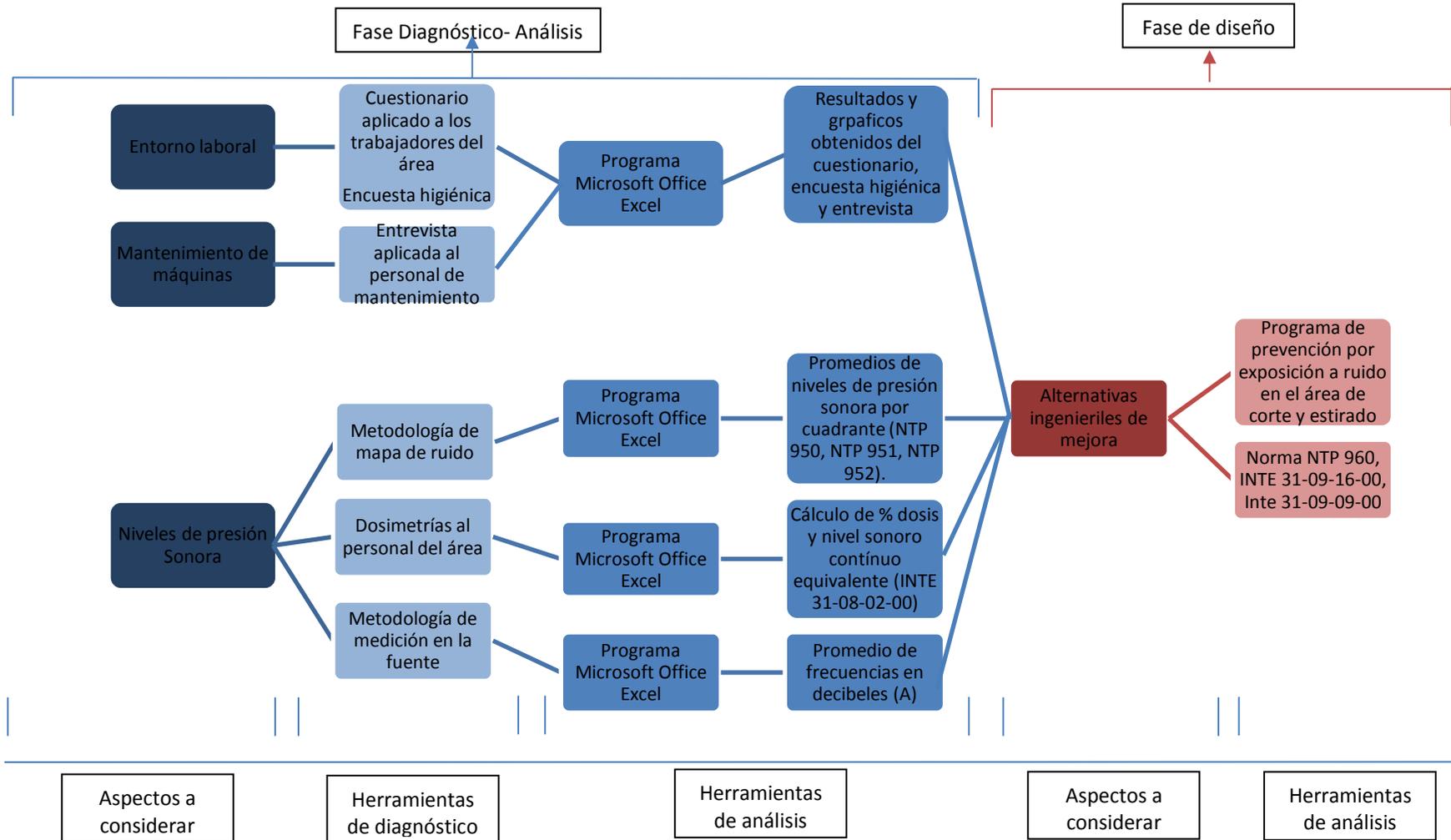
Son un conjunto de técnicas, normas y reglamentos que permiten brindar los métodos de control más apropiados para el área seleccionada en el estudio.

Algunos de los documentos que fueron consultados son los siguientes:

INTE 31-09-09-00 Guía para la elaboración del programa de Salud y Seguridad en el trabajo. Aspectos generales.

También se utiliza el método para el diseño de un encerramiento, el cual toma en cuenta el tamaño de la máquina y el tipo de material de construcción del encerramiento, de manera que aísla a los trabajadores de la exposición a los niveles de ruido presentes en el área de trabajo.

F. Plan de análisis  
 Figura 3.1 Plan de análisis



Fuente: Brosed, P

#### 4. Análisis de la situación actual

##### A. Características presentes en el área de trabajo

En edificio 1 cuenta con tres máquinas cortadoras, mientras que en el edificio dos hay seis, las cuales realizan el trabajo de enderezar el alambre de acero inoxidable enrollado en bobinas y al mismo tiempo cortarlo de acuerdo con las especificaciones del cliente.

Los colaboradores que se encuentran en el puesto de trabajo se encargan de colocar la bobina en la máquina, configurarla para el enderezado y corte con la medida correspondiente, además de estar pendientes de que el alambre no se salga de la línea y caiga al piso. En el caso del edificio uno, se tienen dos colaboradores en el área, y en el edificio dos se tienen cuatro a cargo del proceso realizado por las seis máquinas.

La líder del área indica, en el cuestionario higiénico, que los trabajadores no se quejan de forma frecuente sobre el ruido presente, además de que este es generado por las máquinas del Área de Corte y Estirado.

El proceso de corte y estirado no se encuentra aislado en ninguno de los edificios, pues se ubica en la planta al lado de otros procesos sin separación alguna, por lo que eso provoca la exposición a ruido de los colaboradores de las demás áreas.

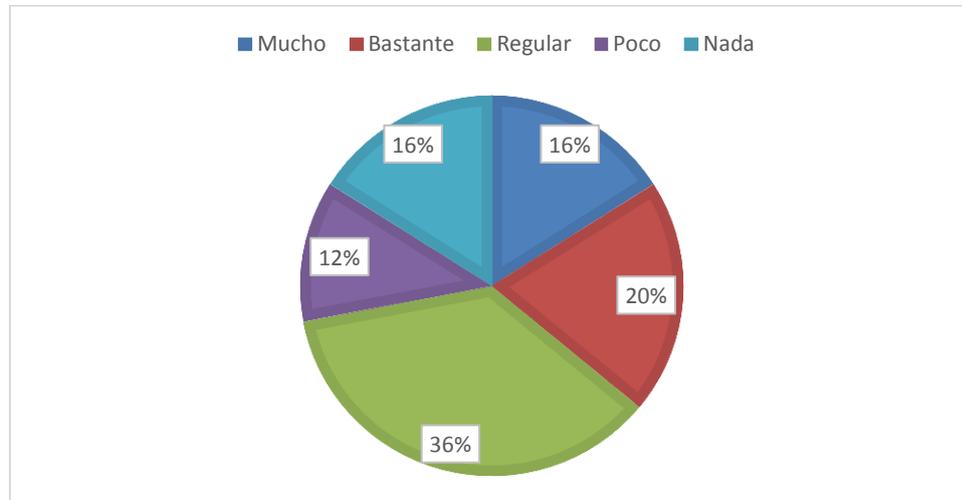
Mediante los resultados obtenidos de la encuesta realizada al personal de mantenimiento (Ver apéndice 7), ellos indican que en ocasiones los colaboradores del área les mencionan que las máquinas hacen mucho ruido porque les falla una pieza; así, la alternativa de solución que mencionó el personal de mantenimiento para disminuir el ruido en el Área de Corte y Estirado es realizar un tipo de encerramiento para las máquinas.

##### B. Factores personales sobre la percepción de ruido en el área de trabajo

Mediante la aplicación de una encuesta estructurada al personal de corte y estirado y procesos aledaños en el edificio dos, y a los colaboradores de corte y estirado del edificio uno, se logró identificar la percepción que ellos tienen sobre el ruido presente en la planta de producción. (Ver apéndice 8)

El siguiente gráfico muestra la molestia de los trabajadores al ruido en su puesto de trabajo para ambos edificios:

Gráfico 4.1 Porcentaje de trabajadores según el nivel de molestia de ruido en el puesto de trabajo

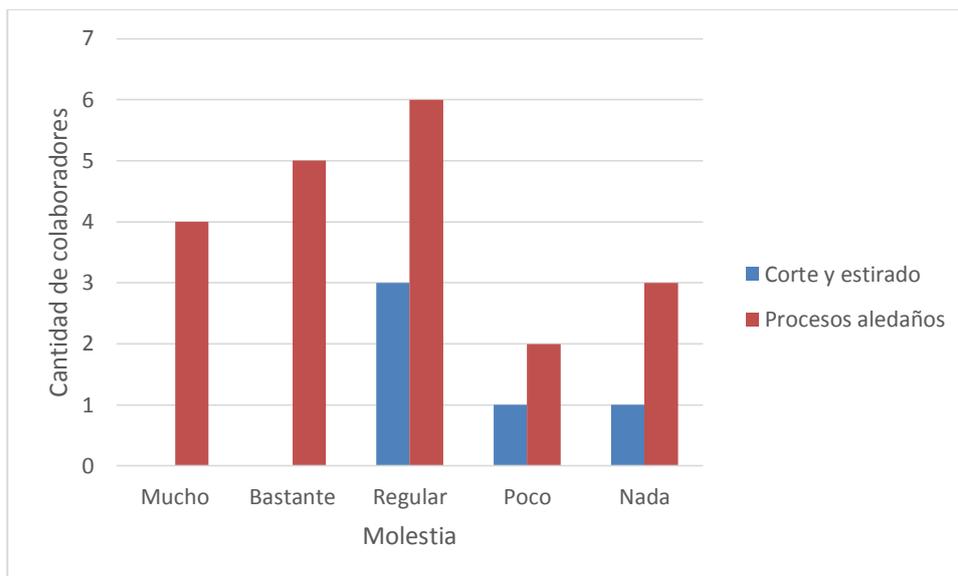


Fuente: Brosed, P

Como se puede observar en el gráfico 4.1, el mayor porcentaje de los colaboradores mencionan que el ruido les molesta de forma regular, mientras el siguiente porcentaje más alto (20%) indica que le molesta bastante. Es importante mencionar que los colaboradores dicen que el nivel de ruido depende del material que se está cortando, además de que estar toda la jornada escuchando el ruido es cansado, según categorizan, pero que llegan a “acostumbrarse”, asimismo, afirman que el ruido de la máquina se incrementa si tiene algún fallo mecánico.

Adicionalmente, para el caso del edificio dos se procedió a realizar un comparativo de los resultados obtenidos de la opinión de los trabajadores con respecto a la molestia que genera el ruido en su puesto de trabajo, separando en grupos lo indicado por el personal de corte y estirado y lo que mencionaron los que laboran en departamentos aledaños. En el siguiente gráfico se puede observar lo expuesto por los cuatro colaboradores del Área de Corte y Estirado, y de los 20 de las otras:

Gráfico 4.2 Nivel de molestia de ruido de los colaboradores de acuerdo a su puesto de trabajo

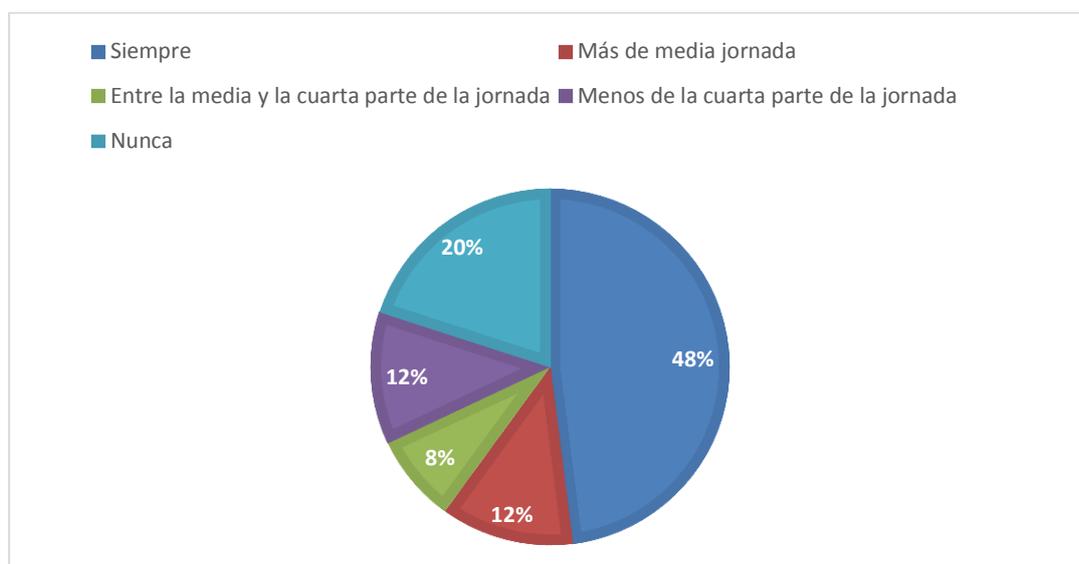


Fuente: Brosted, P

Como se puede observar en el gráfico 4.2, a la mayoría de los colaboradores que trabajan el Área de Corte y Estirado, así como los de áreas aledañas, les molesta el ruido de forma regular. En el cuestionario aplicado sobre la percepción de ruido, cuatro colaboradores de los procesos cercanos comentaron que sí les resultaba molesto el ruido provocado por las máquinas en el área en estudio, debido a que está presente durante toda la jornada de trabajo.

Con respecto al momento de la jornada en que el ruido es más molesto, se pueden observar los resultados en el siguiente gráfico:

Gráfico 4.3 Porcentaje de colaboradores a los que les molesta el ruido de acuerdo al momento del día en la jornada de trabajo

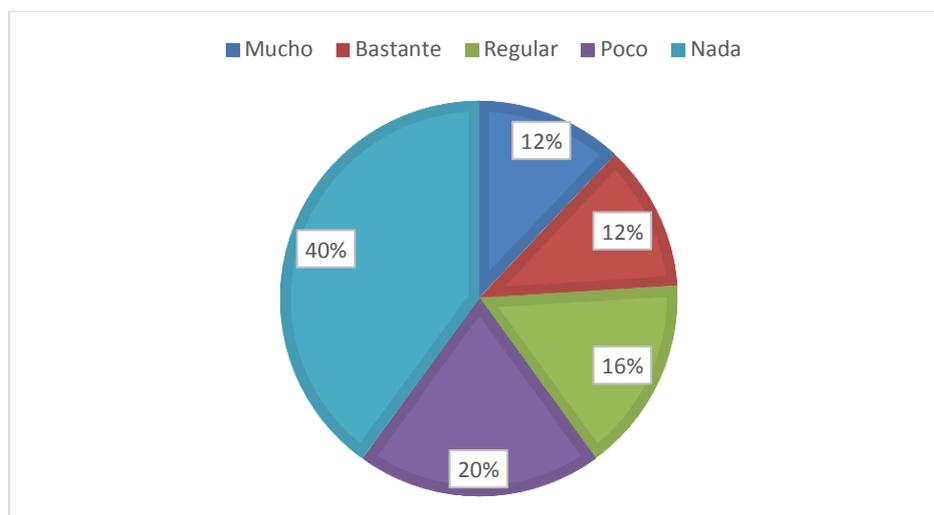


Fuente: Brosed, P.

Como se puede observar en el gráfico anterior, el mayor porcentaje de los trabajadores indica que el ruido es fuerte durante toda la jornada de trabajo, mientras el segundo porcentaje mayor (20%) menciona que el ruido nunca es molesto, lo que puede deberse a que, como se mencionó anteriormente, muchos dicen que ya se acostumbraron a él. Además, también es común que escuchen música utilizando sólo uno de los audífonos, lo que puede provocar que no le presten tanta atención al ruido generado por las máquinas.

Debido a que es una empresa dedicada a la fabricación de implementos médicos, tiene que haber precisión de la fabricación, por lo tanto, los colaboradores deben estar concentrados y sin ninguna distracción para evitar errores y así el producto cumpla con los estándares de calidad establecidos por la empresa y los clientes. Ahora, los resultados relacionados con la disminución de la concentración debido al ruido presente en el área de trabajo se pueden observar a continuación:

Gráfico 4.4 Porcentaje de colaboradores que pierden la concentración durante la jornada de trabajo debido al ruido

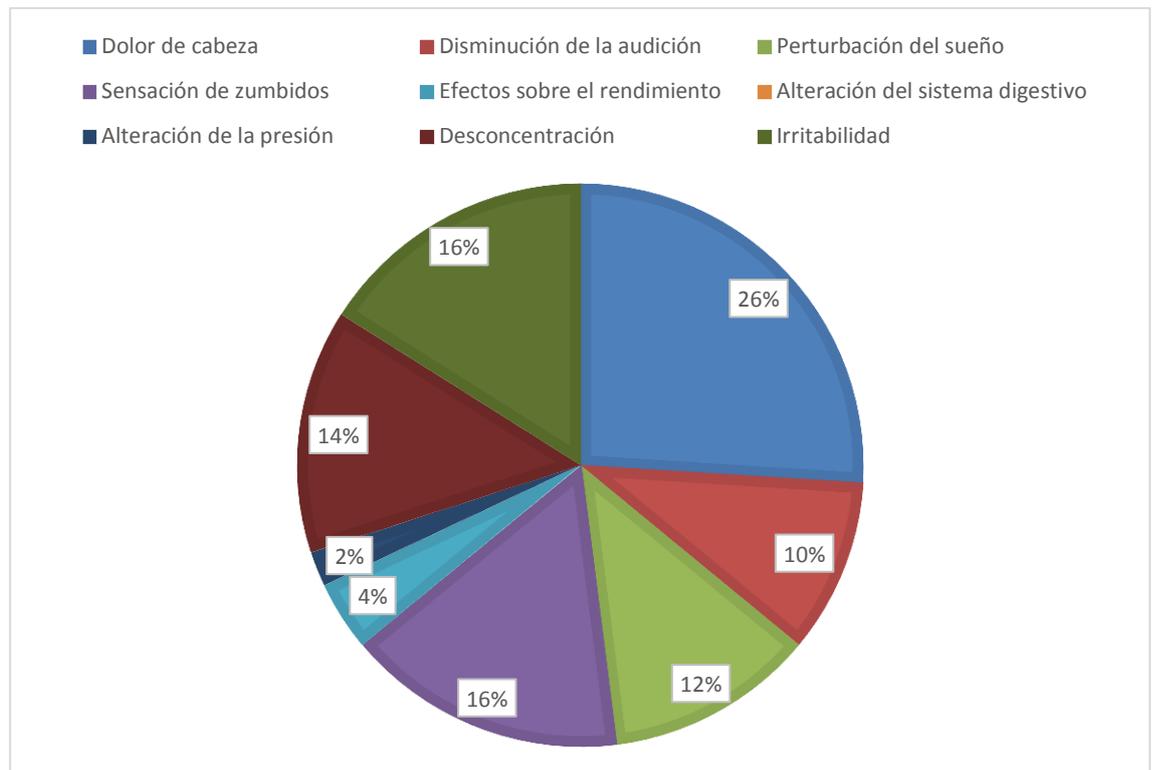


Fuente: Brosed, P

En el gráfico 4.4 se puede observar que el mayor porcentaje de los trabajadores menciona que el ruido generado en el área no es un factor de distracción, un 20% de los colaboradores indica que les genera poca distracción, mientras otros comentaron que llega a dejar de ser factor de distracción porque se acostumbran a él.

Es muy importante saber si los colaboradores durante o después de la jornada laboral tienen algún padecimiento o síntoma que se pueda atribuir a la exposición a ruido, por lo que, a continuación, se pueden observar los resultados obtenidos:

Gráfico 4.5 Frecuencia de síntomas por exposición al ruido



Fuente: Brosed, P

En el gráfico anterior se puede observar el porcentaje de los síntomas que presentan los colaboradores durante o después de la jornada laboral, los cuales se pueden atribuir a la exposición a ruido presente en la planta; los síntomas más comunes son dolor de cabeza, sensación de zumbidos e irritabilidad; esto es de mucha importancia saberlo porque puede llegar a afectar el rendimiento de los colaboradores, así como su eficiencia al momento de realizar el trabajo, y lo más importante su salud.

### C. Resultados de las evaluaciones

#### a. Edificio 1

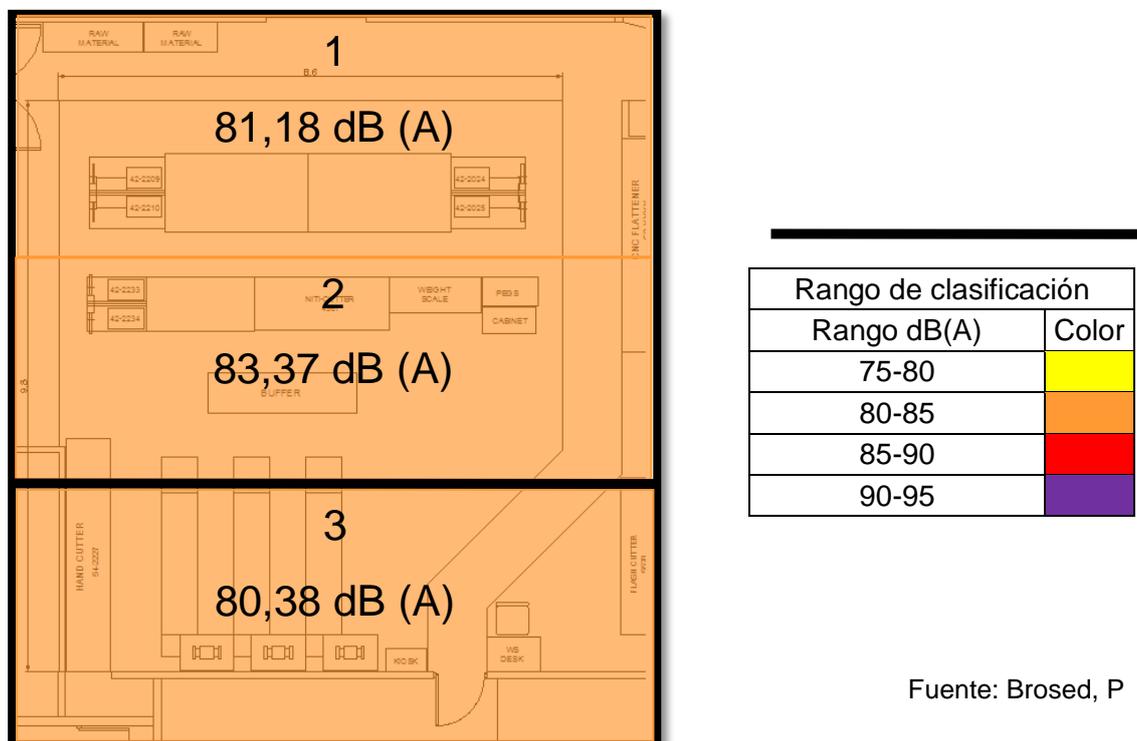
Para determinar los niveles de presión sonora del edificio 1, debido a que el área en este edificio es pequeña, se dispusieron tres cuadrantes de 28 m<sup>2</sup> cada uno. La evaluación tuvo una duración de 12 horas, una jornada laboral completa, debido a que se determinó que es la más crítica porque hay mayor número de colaboradores y todas las

máquinas están en funcionamiento, mientras que en el turno de la noche disminuye el número de colaboradores y la producción.

El día de las mediciones, todas las máquinas estuvieron en funcionamiento todo el tiempo y no se detuvieron por fallo ni mantenimiento.

Para las mediciones obtenidas por cuadrante se realizó un promedio logarítmico (ver anexo 3) con los 22 resultados. Las mediciones de los niveles de presión sonora obtenidos y promedios por cuadrante se pueden observar en el apéndice 9 y 10. A continuación se ve el mapa de ruido del edificio 1, con los resultados por colores según el rango de clasificación de acuerdo con el promedio obtenido en dB (A) de cada uno de los cuadrantes:

Figura 4.1 Mapa de ruido edificio 1

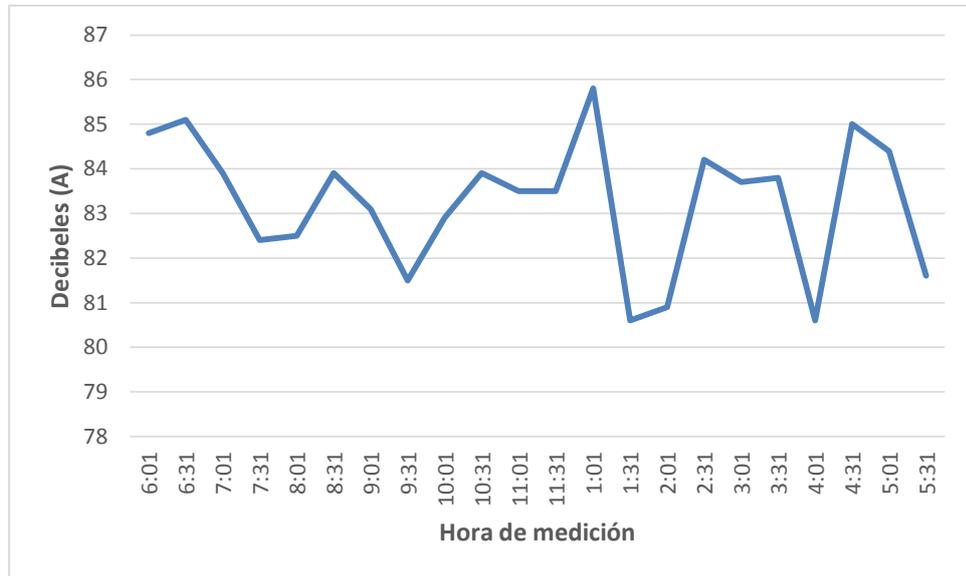


Fuente: Brosted, P

De acuerdo con el mapa anterior, se puede observar que los resultados obtenidos de los promedios de NPS por cuadrante se encuentran entre los 80-85 dB (A), lo cual indica que el ruido en los tres cuadrantes está a un nivel similar, lo que puede ser debido a que el área es pequeña.

Para determinar el tipo ruido presente en el área, se realizó un gráfico correspondiente a los decibeles obtenidos con respecto a la hora de medición. A continuación, se puede observar el gráfico correspondiente al cuadrante dos, cuyo promedio resultó ser el más elevado.

Gráfico 4.6 Niveles de presión sonora vs. tiempo en el cuadrante 2



Fuente: Brosed, P.

En el gráfico 4.6 se puede observar que el ruido presente en el área es de tipo aleatorio, ya que es aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es superior o igual a 5 dB, variando LpA aleatoriamente a lo largo del tiempo (INSHT, 1990). Los resultados de los demás cuadrantes se pueden observar en el apéndice 11.

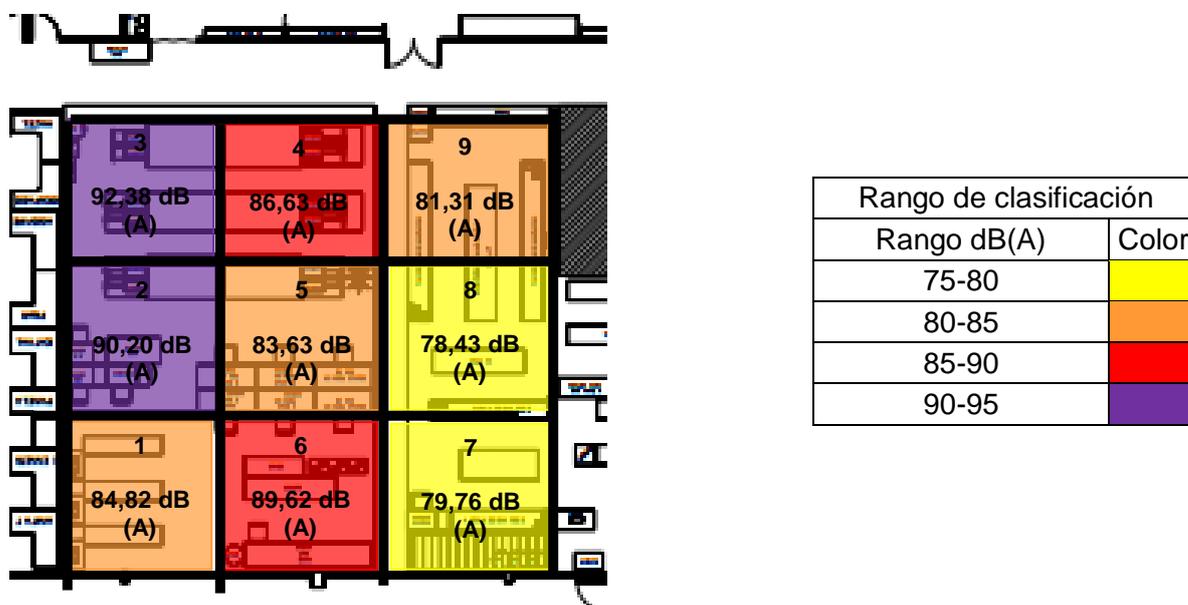
### b. Edificio 2

Con respecto a los niveles de presión sonora del edificio 2, se realizó un mapa de ruido que abarca el Área de Corte y Estirado y el departamento aledaño, obteniendo en total nueve cuadrantes de 30 m<sup>2</sup> cada uno.

De acuerdo con las mediciones por cuadrante, se realizó un promedio logarítmico con los 22 resultados. Las mediciones de niveles de presión sonora obtenidas

y promedios por cuadrante se pueden observar en el apéndice 12 y 13. A continuación, se tiene el mapa de ruido con los resultados por colores con el rango de clasificación de acuerdo con el promedio obtenido en dB (A) de cada uno de los cuadrantes:

Figura 4.2 Mapa de ruido edificio 2



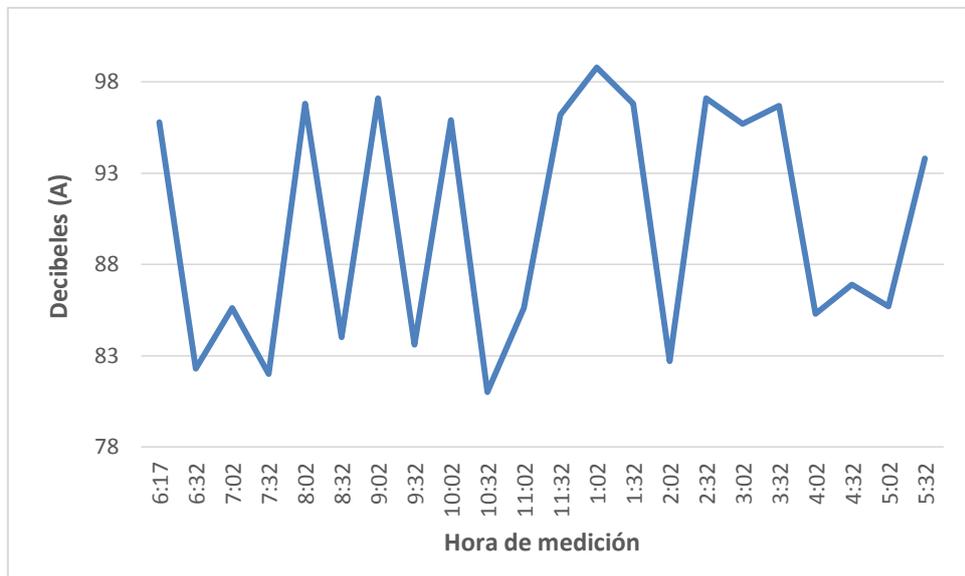
Fuente: Brosed, P

En la figura 4.2 se puede observar la distribución de los cuadrantes que se utilizó para realizar las mediciones en el edificio 2. En los cuadrantes 2, 3, 4 y 5 se encuentran las máquinas de corte y estirado. Los resultados van entre los 80-85 dB (A), 85-90 dB (A) y los 85-90 dB (A). La variación en los resultados es debido a que las máquinas siempre están cortando diferentes diámetros de alambre a lo largo de la jornada, ya que eso depende de la producción del día.

También se puede observar que, aunque las máquinas se encuentren sólo en cuatro cuadrantes, el ruido se expande a las áreas aledañas, lo cual indica que el ruido generado por las máquinas de corte y estirado también está afectando a los colaboradores de las demás áreas, y se obtienen valores de 75-90 dB (A). La diferencia de los resultados entre cuadrantes es debido a los apantallamientos que se encuentran a lo largo de la planta, los cuales van a permitir que pase más o menos ruido a las demás áreas.

Para determinar el tipo ruido presente en el área, se realizó un gráfico correspondiente a los decibeles obtenidos con respecto a la hora de medición. A continuación, se puede observar el gráfico correspondiente al cuadrante tres, cuyo promedio resultó ser el más elevado.

Gráfico 4.7 Niveles de presión sonora vs. tiempo cuadrante 3



Fuente: Brosed, P.

En el gráfico anterior se puede observar que, al igual que en el edificio 1, el tipo de ruido presente en el área es de tipo aleatorio. Los resultados de los demás cuadrantes se pueden observar en el apéndice 14.

Es importante mencionar que los resultados obtenidos en el edificio dos fueron más elevados porque aparte de que hay más máquinas, el techo del edificio se encuentra más bajo, y eso provoca que el ruido se concentre más.

#### **A. Evaluación de exposición personal**

Para realizar la evaluación de exposición personal a ruido, se realizaron dosimetrías a los dos colaboradores del edificio 1 y a los cuatro colaboradores del edificio 2, durante todas las 12 horas de la jornada de trabajo.

Las dosimetrías realizadas a todos los colaboradores abarcaron tanto el tiempo de trabajo como los tiempos de descanso; los trabajadores siempre se mantuvieron en el edificio y en su área de trabajo.

El nivel sonoro continuo equivalente obtenido para cada trabajador se calculó con la fórmula de la ACGIH 85 base 3 proyectado a 8 horas y a las 12 horas por el horario de trabajo (ver anexo 4), tomando en cuenta que el porcentaje de dosis corresponde a toda la jornada de trabajo. Los resultados de los colaboradores del edificio 1 se pueden ver a continuación:

Tabla 4.1 Nivel de exposición a ruido de los colaboradores del edificio 1

	Dosis (%)	NSCE dB(A) (8 horas)	NSCE dB(A) (12 horas)
Colaborador 1	44,25	81,47	79,71
Colaborador 2	98,31	84,93	83,17

Fuente: Brosed, P

Como se puede observar, el caso del colaborador 1 se encuentra cerca del nivel de alarma en ambos casos (80 dB (A)) y el colaborador 2, cerca del nivel de peligro también en ambos casos (85 dB(A)) que establece la normativa INTE 31-09-16-00; por lo tanto, es necesario aplicar métodos de control porque en uno de los casos se supera el nivel de alarma que indica la norma (80 dB (A)).

Por otro lado, los resultados de los colaboradores del edificio dos se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Nivel de exposición a ruido de los colaboradores del edificio 2

	Dosis (%)	NSCE dB(A) (8 horas)	NSCE dB(A) (12 horas)
Colaborador 1	886,70	94,44	92,69
Colaborador 2	74,75	83,74	81,98
Colaborador 3	120,2	85,8	84,04
Colaborador 4	130,8	86,16	84,4

Fuente: Brosed, P

Al igual que los resultados obtenidos para los colaboradores del edificio 1, los casos superan el nivel de alarma en ambos casos (80 dB(A)) que establece la normativa INTE 31-09-16-00; en este caso, los niveles son mayores, debido a que en el área hay más máquinas y el día de las mediciones se estaban cortando diferentes tipos de diámetros de alambre al mismo tiempo.

Cabe resaltar que, en ambos edificios, los colaboradores no pasan al lado de una máquina específica, sino que se movilizan a la mesa de trabajo y demás máquinas.

Con respecto a los tiempos máximos de exposición a ruido obtenidos para el edificio 1 se obtuvo que son mayores a 12 horas, por lo tanto el tiempo de exposición puede ser el actual (12 horas); se tiene que son los siguientes:

Con respecto a los tiempos máximos de exposición a ruido obtenidos para el edificio 2 se tiene que son los siguientes:

Tabla 4.3 Tiempos máximos de exposición colaboradores edificio 2

	Tiempo máximo de exposición (horas)
Colaborador 1	1,35
Colaborador 3	9,98
Colaborador 4	9,18

Nota: se excluye en el cálculo del tiempo de exposición al trabajador 2 debido a que se obtuvo un bajo nivel de dosis para él, por lo que el tiempo de exposición puede ser el actual (12 horas).

Fuente: Brosed, P

Como se puede observar en la tabla 4.2 y en la 4.3, los tiempos de exposición de acuerdo al NSCE son menores que la jornada de trabajo de ellos la cual es de 12 horas.

## B. Evaluación de fuente

Para la evaluación de la fuente se tomaron en cuenta todas las máquinas de corte y estirado de ambos edificios, tres en el edificio 1 y seis en el edificio 2.

Los resultados de las mediciones de niveles de presión sonora en cada uno de los puntos se pueden observar en el apéndice 15; con dichos valores se obtuvo el promedio en cada uno de ellos para poder identificar el más crítico (ver apéndice 16) y con eso se realizó el barrido por frecuencia. La distribución por máquina se puede observar en los apéndices 17 y 18, y las mediciones se realizaron en lapsos de 30 min cada una.

El día que se realizaron las mediciones, todas las máquinas estaban trabajando. Los resultados obtenidos de las mediciones por frecuencia de las máquinas del edificio uno se pueden ver en el apéndice 19, a continuación se puede observar una descripción de los resultados obtenidos en las máquinas del edificio 1:

Tabla 4.4 Frecuencia predominante por máquina en el edificio 1

<b>Máquina</b>	<b>Frecuencia predominante (Hz)</b>
1	4000
2	4000
3	4000

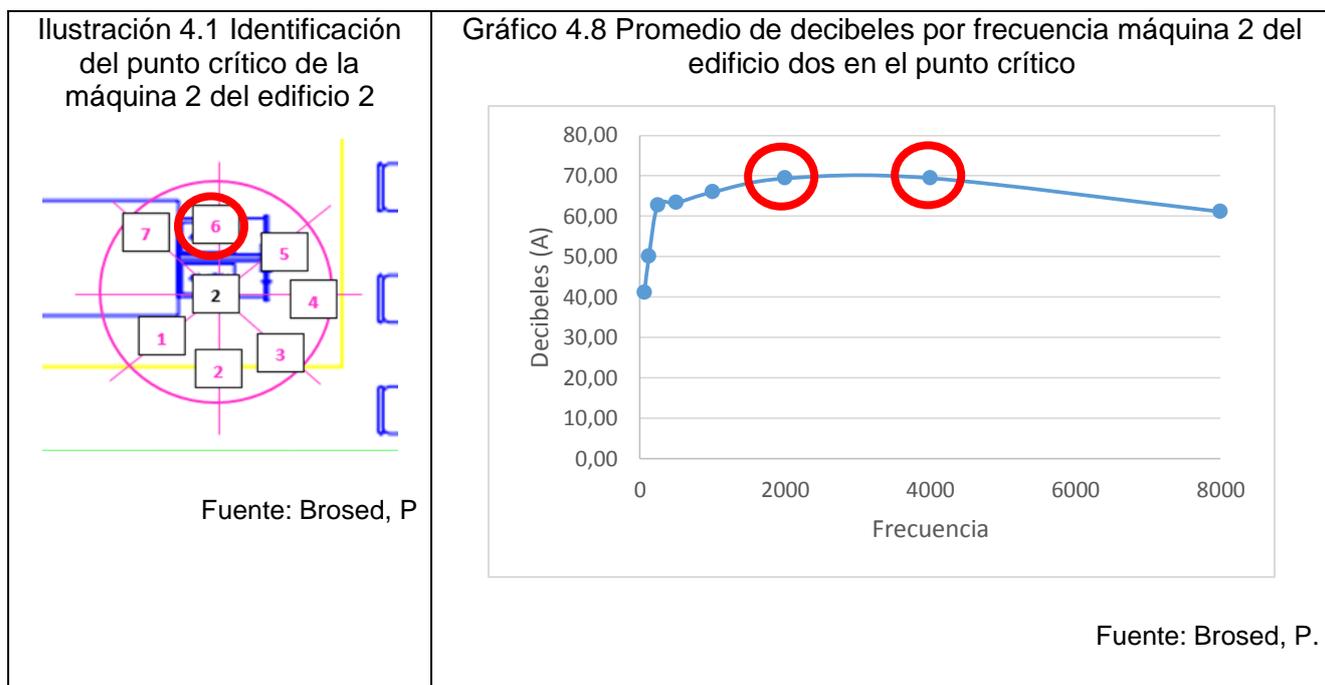
Fuente: Brosed, P

Como se puede observar en la tabla anterior en todas las máquinas se obtuvo como frecuencia predominante la de 4000 Hz, que corresponde a los tonos agudos y frecuencias altas.

Los resultados obtenidos de las mediciones por frecuencia de las máquinas del edificio 2 son las siguientes:

Con respecto a la máquina uno del edificio dos el punto crítico se encuentra en el pasillo que comunica las mesas de trabajo de dicha máquina con la que está a la par, provocando que se dé una combinación del ruido generado por ambas máquinas, así, la

frecuencia predominante fue de 4 000 Hz, que pertenece a las frecuencias altas y tonos agudos.

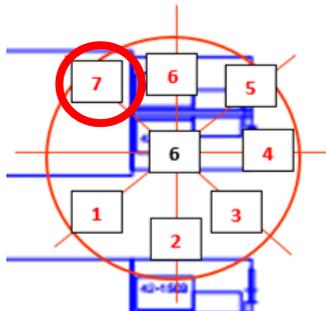


En la máquina dos el punto crítico es el seis y, al igual que en el caso anterior, coincide con el pasillo que comunica la máquina dos y la tres, provocando que se una el ruido generado por ambas, y las frecuencias predominantes son de 2 000 Hz y 4 000 Hz, que pertenecen a frecuencias medias y altas respectivamente, con tonos medios y agudos. Los resultados se pueden observar en el gráfico anterior.

En la máquina tres se presenta el mismo caso de las dos máquinas anteriores, el punto crítico coincide con la unión de la máquina seis, y la frecuencia que predomina en este caso también es la de 4 000 Hz, que pertenece a las frecuencias altas y tonos agudos.

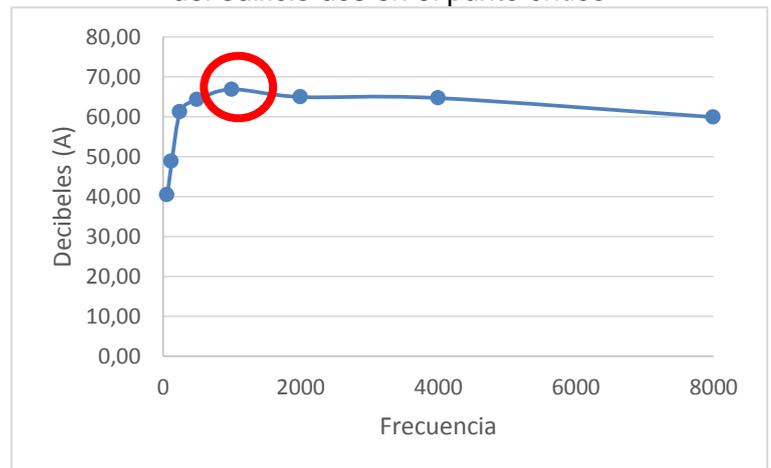
Con respecto a la máquina cuatro, se pudo ver afectado el resultado igual que en los casos anteriores debido a que en el punto crítico se tiene a la par la máquina uno y, si observamos el apéndice 18, en la máquina uno el punto crítico es el 7, el cual se encuentra a la par del punto 2 de la máquina cuatro, por lo tanto, en esa área se une el ruido generado por ambas. Como frecuencia predominante se obtuvo la de 4 000 Hz, correspondiente a una frecuencia alta con tonos agudos.

Ilustración 4.2 Identificación del punto crítico de la máquina 6 del edificio 2



Fuente: Brosed, P

Gráfico 4.9 Promedio de decibels por frecuencia máquina 6 del edificio dos en el punto crítico



Fuente: Brosed, P

Como se puede observar en el gráfico anterior en la máquina seis, se obtuvo como frecuencia predominante la de 1000 Hz, la cual pertenece a las frecuencias medias con tonos medios.

Con respecto a los resultados obtenidos en las evaluaciones de todas las máquinas, se tiene que la frecuencia que predomina en la mayoría es la de 4 000 Hz, la frecuencia en la que mayormente se pierde la agudeza auditiva cuando la persona se encuentra expuesta a niveles elevados de ruido, ya que pertenece a los tonos agudos, que van de los 2 000-4 000 Hz.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se determinó que a un 48% de los colaboradores les molesta el ruido durante la jornada laboral, y a un 20% les molesta bastante. Con base en las mediciones realizadas, se determinó que los niveles de presión sonora de ambos edificios superan el límite de acción para la exposición ocupacional determinado por la legislación (82 dB(A)), asimismo, las evaluaciones personales comprobaron que los colaboradores se encuentran sobreexpuestos al ruido presente en el área de corte y estirado debido a que los tiempos máximos de exposición permitidos son inferiores a la jornada laboral (12 horas); por otro lado, es importante resaltar que los colaboradores al “acostumbrarse” al ruido, no lo ven como un problema

sino como algo que es normal en su día laboral; pero, a pesar de eso, indican que tienen síntomas como dolor de cabeza, sensación de zumbidos e irritabilidad durante y después de su trabajo.

## 5. CONCLUSIONES

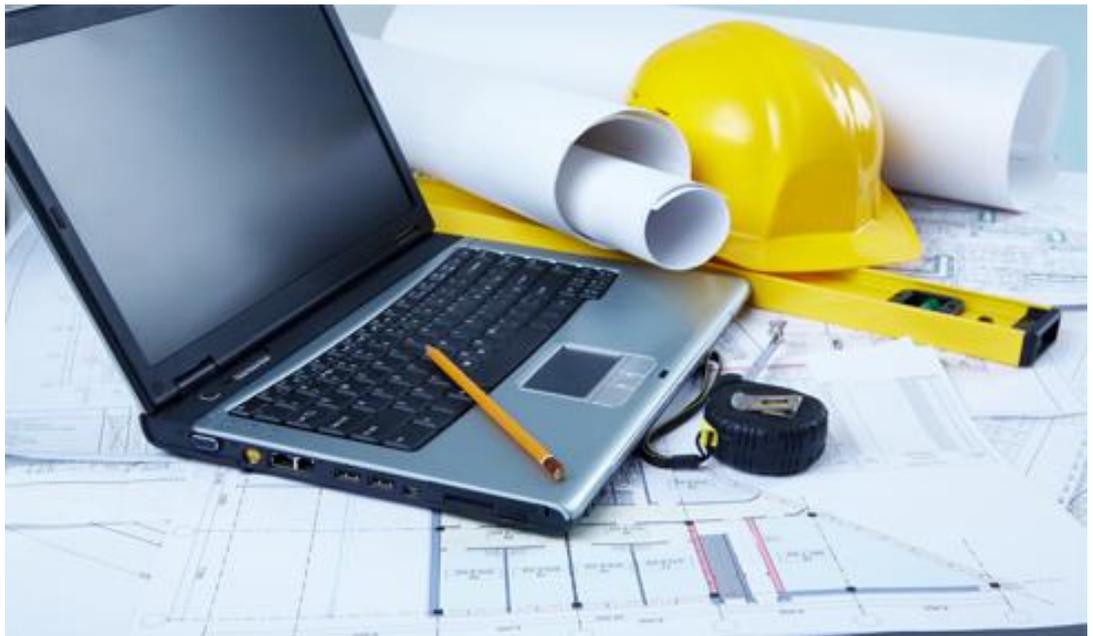
- El ruido presente en el Área de Corte y Estirado de ambos edificios supera el nivel de alarma para la exposición a ruido ocupacional estipulado en la legislación (80 dB(A)), lo que indica que es necesario aplicar medidas ingenieriles y administrativas, para controlar la exposición al ruido a la que se encuentran los colaboradores del área.
- Como se indicó en el análisis, el ruido generado en el Área de Corte y Estirado del edificio 2 se propaga a toda la planta de producción debido a que no se cuenta con divisiones, esto de acuerdo a la distribución presente en la planta, por lo que es importante la implementación de controles ingenieriles y administrativos para estas zonas.
- La mayoría de los colaboradores indicaron que el ruido es molesto en toda la jornada de trabajo, provocando que durante y después se presenten dolores de cabeza y sensación de zumbidos. A pesar de eso, pocos de los colaboradores ven el ruido como una distracción para realizar su labor, sin embargo, por la tarea que se realiza, es importante que toda la atención esté enfocada en lo que están realizando y no se distraigan por factores externos a su labor, como el ruido, en este caso.
- Las dosimetrías realizadas a los colaboradores de ambos edificios dieron resultados de NSCE mayores a los 85 dB (A), por lo tanto, se encuentran en un caso de sobreexposición a ruido ocupacional, en que el tiempo de exposición máximo es de ocho horas, mientras que la jornada de trabajo de ellos es de 12 horas.
- La frecuencia dominante en la mayoría de las máquinas evaluadas es de 4 000 Hz, que pertenece a los tonos agudos, que corresponde a la frecuencia en la que mayormente se pierde la agudeza auditiva, situación que genera que los colaboradores del Área de Corte y Estirado puedan perder la audición si siguen con la misma exposición a niveles altos de ruido.

## 6. RECOMENDACIONES

- Implementar un programa de prevención por exposición a ruido en el área de corte y estirado, en el que se establezcan las medidas de control administrativo e ingenieril que permitan reducir la exposición a ruido ocupacional y prevenga la pérdida de la audición de los colaboradores.
- Junto con el médico de empresa se debería realizar un protocolo de vigilancia de la salud que permita llevar un control de la función auditiva de los colaboradores, mediante evaluaciones audiométricas preempleo y durante el tiempo laborado en la empresa cada año, para llevar un registro de los padecimientos que se presenten, con el fin de verificar si estos son consecuencia de la exposición ocupacional al ruido.
- Establecer medidas de control ingenieriles en las máquinas de corte y estirado para disminuir el ruido directamente en la fuente, mediante el uso de un encerramiento que no permita que el ruido se propague.
- Dar capacitaciones a los colaboradores sobre la importancia de la implementación de los controles ingenieriles y administrativos, así como los cuidados que se deben tener si se encuentran expuestos a ruido.
- Si se da el caso de que el control ingenieril no disminuye lo suficiente los niveles de presión sonora, se debe optar por la opción de colocar equipos de protección auditiva, para lo cual se debe tomar en cuenta la protección que brinda el equipo y si es el adecuado para la situación presente en el Área de Corte y Estirado, utilizando el método establecido por OSHA.

## 7. ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

# Programa de prevención por exposición a ruido en el Área de Corte y Estirado



**María del Pilar Brosed Lizano**

**2016**

## Contenido

1	Capítulo 1 .....	49
1.1	Introducción.....	50
1.2	Propósito .....	50
1.2	Objetivos.....	51
1.2.1	Objetivo general.....	51
1.2.2	Objetivos específicos.....	51
1.3	Alcance.....	51
1.4	Metas.....	51
1.5	Responsabilidades.....	52
1.6	Recursos para la implementación del programa.....	59
1.7	Definiciones.....	59
1.8	Actividades del programa .....	61
2	Capítulo 2 .....	62
2.1	Especificaciones del material a utilizar para los encerramientos .....	64
2.2	Costos para el encerramiento.....	66
3	Capítulo 3 .....	68
3.1	Formación e información del personal .....	69
3.1.1	Capacitaciones .....	69
3.1.2	Información .....	71
3.2	Mantenimiento de las máquinas .....	77
3.3	Equipos de protección auditiva (EPA).....	79
3.3.1	Consideraciones para la selección del equipo de protección auditiva .....	79
3.3.2	Criterios para la selección del EPA .....	80
3.3.3	Consideraciones higiénicas para el uso y mantenimiento del EPA .....	82
3.3.4	Colocación de tapones .....	83
3.3.5	Costos .....	86
4	Capítulo 4 .....	87

4.1	Evaluación.....	88
4.1.1	Historia ocupacional del colaborador .....	88
4.1.2	Evaluaciones audiométricas.....	88
4.1.3	Metodología de evaluación del ruido.....	89
5	Capítulo 5 .....	96
6	Capítulo 6 .....	99
6.1	Conclusiones.....	100
6.2	Recomendaciones .....	101

### Índice de tablas

Tabla 1.1	Responsabilidades para la implementación del programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por la exposición a ruido. ....	52
Tabla 1.2	Recursos necesarios para la implementación del programa .....	59
Tabla 1.3	Actividades y duración para la implementación del programa .....	61
Tabla 2.1	Costos alternativa de solución e implementación del programa .....	66
Tabla 3.1	Temas que deben de incluir las capacitaciones para el personal.....	70
Tabla 3.2	Costo aproximado de las capacitaciones .....	71
Tabla 3.3	Costo aproximado para brindar la información.....	77
Tabla 3.4	Guía para la revisión preventiva de las máquinas de corte y estirado .....	78
Tabla 3.5	Evaluación de la atenuación brindada por el EPA establecido por OSHA. ....	81
Tabla 3.6	Costo aproximado para la compra de tapones.....	86

### Índice de figuras

Figura 2.1	Diseño de encerramiento .....	65
Figura 2.2	Encerramiento colocado en la máquina .....	66
Figura 3.1	Mantenimiento de las máquinas de corte y estirado .....	78
Figura 5.1	Procedimiento de mejora continua para el programa .....	97

### Índice de ilustraciones

Ilustración 2.1	Lámina de acrílico transparente .....	64
Ilustración 3.1	Ejemplo de afiche para colocar en las pizarras informativas.....	72

Ilustración 3.2 Ejemplo de afiche para colocar en las pizarras informativas.....	73
Ilustración 3.3 Boletín informativo sobre las generalidades del ruido .....	74
Ilustración 3.4 Boletín informativo sobre los resultados del cuestionario aplicado a los colaboradores .....	75

# Capítulo 1

## Aspectos generales



## 1.1 Introducción

Cuando se habla de operaciones industriales y plantas de producción, el ruido presente es uno de los agentes físicos más comunes y también uno de los más subestimados como un riesgo ocupacional para la salud de los colaboradores. La exposición prolongada a altos niveles de ruido puede provocar la pérdida permanente de la audición, afectando sus relaciones personales y posibles oportunidades laborales.

A partir de las evaluaciones realizadas, se determinó que en la mayoría de los cuadrantes del Área de Corte y Estirado los niveles de ruido superan los 85 dB (A) determinados como valor límite en la normativa nacional. A la vez, en las evaluaciones personales se obtuvo como resultado que los colaboradores se encuentran sobreexuestos, ya que su jornada de trabajo es de 12 horas y los tiempos máximos de exposición calculados son inferiores a la jornada actual, a excepción del caso de un solo colaborador. Debido a esto, es fundamental implementar un programa de prevención por exposición al ruido en el Área de Corte y Estirado.

## 1.2 Propósito

El programa de prevención por exposición a ruido permitirá disminuir los factores de riesgo a los que están expuestos los trabajadores del Área de Corte y Estirado.

Con la implementación del programa de prevención por exposición a ruido en ese departamento, se intenta proporcionar un ambiente más seguro para los colaboradores en el puesto de trabajo, con lineamientos que, además de beneficiar a los colaboradores de corte y estirado, también es un beneficio para el empleador, así como para los colaboradores de las áreas aledañas.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Proponer a los colaboradores del Área de Corte y Estirado los mecanismos que les permitan llevar un control ante la exposición a niveles elevados de ruido.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Plantear los procedimientos necesarios para las evaluaciones personales y del ambiente de trabajo de los niveles de presión sonora.
- Establecer las medidas técnicas y administrativas para la reducción de los niveles de presión sonora en el área.
- Definir los pasos para la selección del equipo de protección auditiva, exámenes audiométricos y capacitación a los colaboradores.
- Elaborar las pautas para la implementación y seguimiento del programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por la exposición a ruido.

## 1.3 Alcance

El programa abarca el Área de Corte y Estirado de los edificios de Creganna Medical en Costa Rica, por lo tanto, debe ser aplicado a todos los colaboradores que se encuentran en dicha área.

## 1.4 Metas

Informar en un tiempo no mayor a los 12 meses, por medio de capacitaciones, boletines informativos e información colocada en las pizarras, sobre el riesgo a la salud por la exposición ocupacional a los altos niveles sonoros a los colaboradores del Área de Corte y Estirado.

Implementar al 100% el control ingenieril propuesto para todas las máquinas de corte y estirado, en un plazo de seis meses.

### 1.5 Responsabilidades

A continuación, se pueden observar las responsabilidades para la implementación del programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por la exposición a ruido en el Área de Corte y Estirado:

Tabla 1.1 Responsabilidades para la implementación del programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por la exposición a ruido.

Puesto	Responsabilidades
<b>Gerente general</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar los recursos y el presupuesto necesarios para la implementación del programa de control para la exposición a ruido.</li> <li>• Fomentar la implementación del programa y su mejora continua.</li> <li>• Dar seguimiento a los resultados de las evaluaciones y hacer exámenes audiométricos anuales.</li> </ul>
<b>Líder/Encargado del área</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Participar y tener compromiso con la implementación del programa de prevención ante la pérdida de la capacidad auditiva por exposición a ruido.</li> <li>• Velar por que los colaboradores acaten los lineamientos de salud y seguridad descritos en el programa.</li> <li>• Asegurarse de que los colaboradores del</li> </ul>

Puesto	Responsabilidades
	<p>área asistan a las capacitaciones asignadas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Corregir junto al encargado de seguridad laboral las deficiencias y mejoras que se vayan encontrando en el proceso de implementación del programa.</li> <li>• Informar a los colaboradores sobre las medidas disciplinarias y amonestaciones que se van a aplicar por no acatar lo estipulado en el programa.</li> <li>• Participar de las evaluaciones realizadas al programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por exposición a ruido.</li> </ul>
<b>Encargado de Seguridad Laboral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar el programa de prevención de la pérdida de la capacidad auditiva por exposición a ruido.</li> <li>• Trabajar de manera conjunta con el médico de empresa para llevar el control de las evaluaciones audiométricas y dar seguimiento al programa de prevención de la pérdida de la capacidad auditiva por exposición a ruido.</li> <li>• Asegurar que los equipos que se utilizarán para realizar las mediciones están debidamente calibrados y con la certificación requerida.</li> </ul>

Puesto	Responsabilidades
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Garantizar la confiabilidad de los métodos utilizados para la recolección de datos.</li> <li>• Realizar monitoreo de ruido ocupacional al menos una vez al año o cada vez que se haga un cambio de maquinaria.</li> <li>• Comunicar los resultados obtenidos de las mediciones de ruido a la gerencia, líder del área y colaboradores.</li> <li>• Dar el criterio técnico para la selección de equipos de protección auditiva (EPA), así como los dispositivos y controles que contribuyan a la emisión de ruido generado por estos.</li> <li>• Determinar los planes de acción preventiva y correctiva para minimizar los peligros derivados de la exposición a ruido.</li> <li>• Coordinar con el gerente de recursos humanos y financiero la aprobación del presupuesto para la implementación del programa.</li> <li>• Atender las quejas y recomendaciones brindadas para la mejora continua del programa.</li> <li>• Responsable de solicitar los equipos para realizar las evaluaciones y verificar que</li> </ul>

Puesto	Responsabilidades
	<p>estén con la correcta calibración.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Será el encargado de realizar las evaluaciones una vez al año como mínimo.</li> <li>• Comunicar los resultados obtenidos de las evaluaciones al gerente general, gerente de recursos humanos, líder del área y colaboradores en esta.</li> <li>• Será el responsable de actualizar y realizar las mejoras correspondientes al programa cada año en dichas evaluaciones.</li> <li>• Deberá coordinar el presupuesto requerido para la implementación de los controles en conjunto con el gerente financiero.</li> <li>• Coordinar con el departamento de mantenimiento la implementación de los controles ingenieriles en la máquina, de modo que no vaya a interferir en el proceso de producción.</li> <li>• Será su responsabilidad velar por que todos los colaboradores porten adecuadamente el EPA.</li> <li>• Deberá tomar en cuenta la opinión de los colaboradores para la selección del EPA, de manera que sean lo más confortable para ellos y no vayan a interrumpir el</li> </ul>

Puesto	Responsabilidades
	<p>proceso normal de producción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el encargado de dar las capacitaciones correspondientes al uso del EPA, así como los cuidados de limpieza para evitar infecciones en el oído por el mal uso.</li> </ul>
<p><b>Departamento de Recursos Humanos</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Llevar el control de las capacitaciones recibidas o pendientes para los colaboradores del área.</li> <li>• Determinar junto con el encargado de seguridad laboral las medidas de corrección disciplinarias para garantizar el acatamiento de los lineamientos establecidos en el programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por exposición a ruido.</li> </ul>
<p><b>Departamento de mantenimiento</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dar mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas, de modo que el ruido no se incremente por fallos en las máquinas.</li> <li>• Brindar el apoyo necesario y recomendaciones al encargado de seguridad laboral para la implementación de los controles ingenieriles presentes en el programa.</li> </ul>
<p><b>Personal del Área de Corte y Estirado</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En caso de implementar el uso de equipo de protección auditivo, acatar su uso.</li> <li>• Asistir de forma obligatoria a la capacitación el día programado, de forma puntual.</li> <li>• Brindar recomendaciones que mejoren el</li> </ul>

Puesto	Responsabilidades
	<p>programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por la exposición a ruido.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Acudir al consultorio médico cuando la cita sea asignada para realizar las evaluaciones audiométricas.</li> <li>• Asistir a las capacitaciones que se le indiquen y aplicar lo aprendido en ellas.</li> <li>• No interferir en las evaluaciones realizadas con los dosímetros, de forma que no manipulen el micrófono.</li> </ul>
<b>Médico de empresa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colaborar en forma conjunta con el encargado de seguridad laboral para la correcta implementación del programa de prevención para la pérdida de la capacidad auditiva por exposición a ruido.</li> <li>• Asignar las citas a los colaboradores para las evaluaciones audiométricas e informar al colaborador de forma individual sobre los resultados obtenidos.</li> <li>• Notificar al encargado de seguridad laboral sobre algún malestar, inconformidad, queja, denuncia o anomalía presentada por los colaboradores.</li> <li>• Participar en las capacitaciones brindadas respecto a las evaluaciones audiométricas y consecuencias de exposición a niveles</li> </ul>

Puesto	Responsabilidades
<b>Departamento de suministros</b>	<p data-bbox="884 277 1126 309">elevados de ruido.</p> <ul data-bbox="836 331 1455 770" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="836 331 1455 517">• Será el encargado de entregar el equipo de protección auditiva cuando se encuentre dañado o lo recomiende el fabricante.</li> <li data-bbox="836 584 1455 770">• Deberá indicar cuando queden pocas unidades de equipo de protección auditiva al encargado de seguridad laboral para que este se encargue de hacer el pedido.</li> </ul>
<b>Comisión de salud ocupacional</b>	<ul data-bbox="836 786 1455 1279" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="836 786 1455 875">• Recomendar mejoras para las capacitaciones y para el programa.</li> <li data-bbox="836 943 1455 1032">• Promover las capacitaciones y la lectura de los boletines informativos.</li> <li data-bbox="836 1099 1455 1279">• Colaborar con el encargado en seguridad laboral inspeccionando que los colaboradores no quiten el encerramiento colocado.</li> </ul>

Fuente: Brosed, P

## 1.6 Recursos para la implementación del programa

Para la implementación del programa se necesita de los siguientes recursos:

Tabla 1.2 Recursos necesarios para la implementación del programa

Recursos	Detalle
<b>Recursos materiales</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Salas de capacitación</li><li>• Computadora y proyector</li><li>• Impresora</li><li>• Hojas</li><li>• Silicón y láminas de material acrílico</li></ul>
<b>Recursos humanos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Encargado de seguridad laboral</li><li>• Departamento de recursos humanos</li><li>• Personal de ingeniería</li><li>• Personal de mantenimiento</li><li>• Colaboradores del Área de Corte y Estirado</li><li>• Comisión de salud ocupacional</li><li>• Médico de la empresa</li></ul>

Fuente: Brosted, P

## 1.7 Definiciones

**Audiograma:** Consiste en una diagrama que indica el resultado de una prueba audiométrica, la cual relaciona los niveles auditivos para tonos puros con las frecuencias, con que se obtiene un registro del nivel auditivo medido a 500, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 6 000 y 8 000 Hertz (Hz).

**Decibel (dB):** Es la unidad de presión de sonido que expresa la relación entre las presiones de un sonido de referencia en escala logarítmica.

**Dosis:** Se conoce como la cantidad de exposición real relativa a la cantidad de exposición permitida. La dosis depende tanto del nivel de ruido como del tiempo de exposición.

**Dosímetro de ruido (audiodosímetro):** Es un instrumento utilizado para medir la exposición a ruido de la persona, el cual integra una función de la presión sonora durante un periodo de tiempo, de tal forma que indica directamente una dosis de ruido recibida por el trabajador.

**Nivel de alarma:** Es el nivel de ruido por debajo del cual es muy pequeño el riesgo de que un oído no protegido sufra un deterioro como consecuencia de una exposición de ocho horas diarias (80 dB).

**Nivel de acción (NA):** Conocido como el nivel de presión sonora a partir del cual se deben establecer medidas de prevención (82 dB).

**Nivel de peligro:** Nivel de ruido por encima del cual una exposición de ocho horas diarias del oído no protegido puede producir deterioro de la audición o sordera (85 dB).

**Nivel de presión sonora (NPS):** Desviaciones por encima y por debajo de la presión atmosférica debido a las ondas sonoras.

**Nivel sonoro continuo equivalente (NSCE):** Es el nivel sonoro medido en dB (A) de un ruido supuesto constante y continuo durante toda la jornada, cuya energía sonora es igual a la del ruido variable medido estadísticamente a lo largo de ella.

**Ruido:** Es considerado como cualquier sonido no deseado, molesto o desagradable que puede llegar a provocar alteraciones fisiológicas, psicológicas o de índole social. Va a depender de la percepción de cada persona.

**Sonómetro:** Instrumento para la medición del nivel de presión sonora.

**Tiempo máximo permisible de exposición:** Es el tiempo bajo el cual la mayoría de los trabajadores pueden permanecer expuestos sin sufrir daños a la salud.

### 1.8 Actividades del programa

Tabla 1.3 Actividades y duración para la implementación del programa

Actividad	Duración								
	Semana								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Revisión y aprobación del programa									
Implementación del control ingenieril									
Capacitaciones									
Información									
Seguimiento y evaluación del programa									
Actualización del programa									

Nota: Las capacitaciones se propone repetir las una vez al año, de acuerdo a lo indicado en el apartado 3.1.1 del capítulo 3.

Fuente: Brosed, P

# Capítulo 2

## Controles ingenieriles



Para el diseño del encerramiento de las máquinas cortadoras, se tomó en cuenta que este no debe entorpecer el proceso de producción.

Su diseño está basado en los resultados obtenidos de las evaluaciones de mapa de ruido, medición en la fuente, porcentaje dosis y nivel sonoro continuo equivalente, el cual consiste en un encerramiento que se pretende colocar alrededor de la máquina cortadora, con el fin de que absorba el ruido que produce y no llegue a los trabajadores.

Se optó por realizar un encerramiento en la parte donde se hace el corte del alambre, ya que es la parte de la máquina donde se genera el ruido, por lo tanto se va a encerrar completamente con un material acrílico, ya que, al ser un material transparente, permitirá ver cómo va pasando el alambre por la sección, con una separación de 1 cm a cada lado para que quede ajustado a la sección y no sea una molestia para el operario. Como referencia para el nivel de presión sonora esperado con el encerramiento, se va a emplear la curva de valoración NC-70, que corresponde a fábricas de ingeniería pesada (Ver anexo 5).

## 2.1 Especificaciones del material a utilizar para los encerramientos

<b>Material</b>	<b>Características</b>
Acrílico ½ pulgada de espesor	<ul style="list-style-type: none"><li>-Nombre: Polimetilmetacrilato PMMA</li><li>-Olor: Inoloro</li><li>-Color: ninguno</li><li>-Densidad: 1 180 Kg/m<sup>3</sup></li><li>-Desintegración térmica: &gt;250 °C</li><li>-Inflamabilidad: ligera</li><li>-Reactividad en agua: ninguna</li><li>-Robusto y moldeable</li><li>-Manipulación sencilla</li><li>-Resistente a la rotura</li><li>-Ligero</li><li>-Superficie completamente lisa</li><li>-Apto para el uso en área médica</li></ul>

Ilustración 2.1 Lámina de acrílico transparente



Fuente: Internet, brunssen acrílico y policarbonato

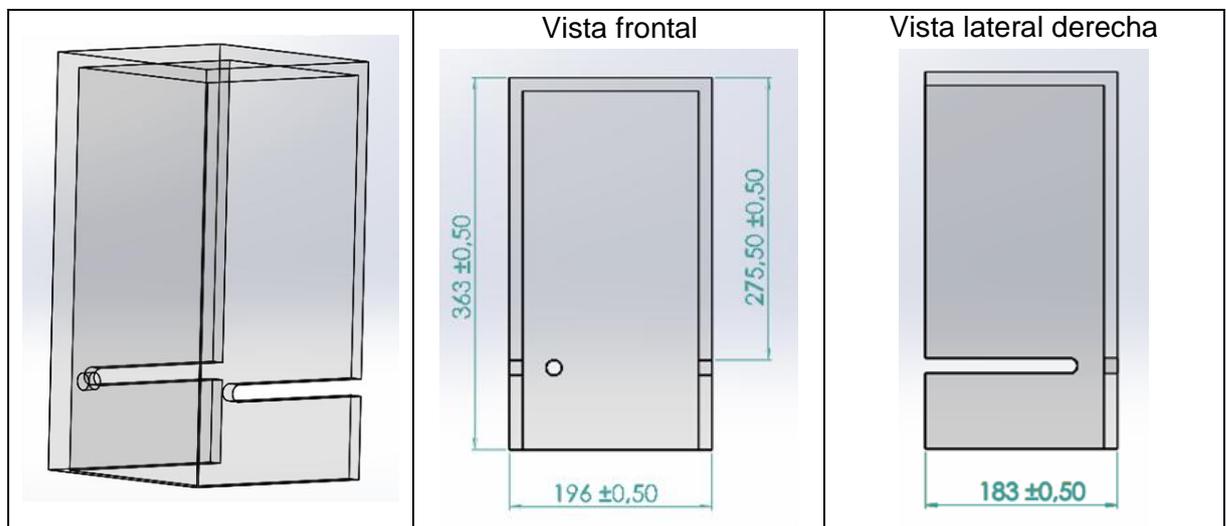
Los cálculos realizados para determinar las constantes del encerramiento a partir del material se pueden observar en el apéndice 20.

Se realizó el cálculo de atenuación para la máquina dos del edificio 2, la cual se ubica en el cuadrante más crítico, por lo tanto, se puede considerar como el peor caso. Los cálculos para la determinación de la pérdida de transmisión sonora en cada frecuencia para el material utilizado se puede observar en el apéndice 21.

En los resultados se obtuvo que el TL requerido es mayor al TL que brinda el material, por lo tanto, se recomienda colocar doble capa para que el encerramiento sea efectivo en este caso, que es considerado como el más crítico. De ese modo, los colaboradores no tendrían que hacer uso de equipo de protección auditiva.

A continuación, se puede observar la forma que tendría el encerramiento con los espacios para que pase y salga el alambre, sin que cause interferencias en las labores de producción.

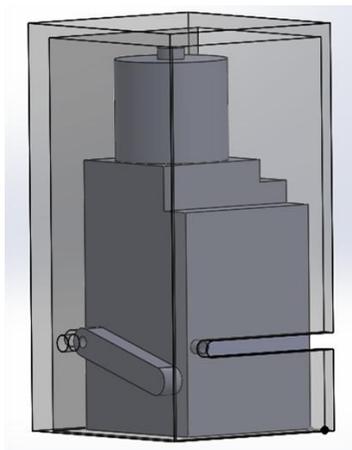
Figura 2.1 Diseño de encerramiento



Fuente: Brosted, P.

**Nota:** Las dimensiones se encuentran en milímetros.

Figura 2.2 Encerramiento colocado en la máquina



Fuente: Brosted, P

En la figura anterior se puede observar cómo se ve la máquina con el encerramiento, de manera que se puede colocar y quitar fácilmente en caso de que sea necesario darle mantenimiento; la líder del departamento será la encargada de asegurarse de que los colaboradores no quiten el resguardo sin ser necesario.

## 2.2 Costos para el encerramiento

Los costos que conlleva la propuesta del encerramiento se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Costos alternativa de solución e implementación del programa

Material	Dimensiones	Costo	Cantidad requerida	Total
Lámina acrílico transparente ½ pulgadas	122 cm x 183 cm	₡58 500 c/u	1 lámina (alcanza para todas las máquinas)	₡58 500
Silicón transparente	-	₡5 800 c/u	9	₡52 200
Mano de obra	-	₡2000 c/h	1 persona	₡96 000
Encargado de	-	₡3 125 c/h	1 persona	₡1 500 000

Material	Dimensiones	Costo	Cantidad requerida	Total
seguridad laboral				
<b>Total</b>				<b>₡1 706 700</b>

Fuente: Brosed, P

Es importante mencionar que los resguardos serían fabricados por el personal de mantenimiento que se encuentra en la empresa, sin contratar personal externo.

# Capítulo 3

## Controles administrativos



Los controles administrativos van enfocados a brindar capacitaciones e información mediante el uso de boletines y pizarras informativas, de manera que ayuden a dar información a los colaboradores sobre la importancia de no exponerse a niveles altos de ruido dentro y fuera de su lugar de trabajo.

### 3.1 Formación e información del personal

En la siguiente sección se podrá observar de qué manera se plantea brindar la información al personal, así como en qué consisten las capacitaciones propuestas para dar conocimiento a los colaboradores sobre la exposición ocupacional a ruido.

#### 3.1.1 Capacitaciones

Es importante considerar las capacitaciones como una estrategia de prevención.

“En la actualidad, la capacitación es la respuesta a la necesidad que tienen las empresas o instituciones de contar con un personal calificado y productivo, es el desarrollo de tareas con el fin de mejorar el rendimiento productivo, al elevar la capacidad de los trabajadores mediante la mejora de las habilidades, actitudes y conocimientos” (Virtual, 2013).

##### 3.1.1.1 Objetivo de las capacitaciones

Brindar a los colaboradores la formación necesaria para que conozcan el daño que provoca exponerse a niveles altos de ruido sin protección.

### 3.1.1.2 Temas de capacitación

Los temas que deben contener las capacitaciones son lo que se presentan a continuación.

Tabla 3.1 Temas que deben de incluir las capacitaciones para el personal

Tema	Contenido	Objetivo por tema	Duración
<b>Generalidades del ruido</b>	Descripción del ruido y sus características. Tipos de ruido. Propagación del ruido. Tipos de exposición al ruido. Tipos de fuente de ruido.	Presentar a los colaboradores las generalidades sobre el ruido, con el fin de que comprendan los riesgos que presenta la exposición ocupacional a niveles elevados de ruido.	2 horas
<b>Prevención de la exposición a ruido</b>	Importancia de la prevención. Fisiología de la escucha. Efectos adversos del ruido. Uso del EPA.	Mostrar a los colaboradores la importancia de protegerse al exponerse a niveles de ruido y sus efectos sobre la salud.	1 hora

Fuente: Brosed, P.

Las capacitaciones serán dadas por el encargado en seguridad laboral de la empresa, se deberán de impartir al menos una vez al año al personal ya existente y se deberá impartir al personal nuevo que ingrese a laborar al área.

### 3.1.1.3 Costos

El costo de las capacitaciones es el siguiente:

Tabla 3.2 Costo aproximado de las capacitaciones

Recurso	Costo	Cantidad	Total
Encargado de seguridad laboral	Ø3 125 c/h	3 horas	Ø9 375
Sala de capacitación	La empresa cuenta con el espacio para impartir la capacitaciones	2	
Refrigerio	Ø1 500 p/p	8	Ø24 000
<b>Total</b>			<b>Ø33 375</b>

Fuente: Brosed, P.

### 3.1.1.4 Evaluación de la efectividad de las capacitaciones

Para evaluar la eficacia de las capacitaciones brindadas y el aprendizaje que tienen los colaboradores es importante que se haga lo siguiente:

- Se deberán aplicar encuestas (ver apéndice 22) a los trabajadores dos veces al año para determinar las deficiencias en los temas, desconocimiento u olvido.
- De forma anual se deberán revisar las capacitaciones para realizar mejoras y actualizar la información, la cual siempre va a estar sujeta a cambios; también se verán sugerencias recibidas por parte de los colaboradores.

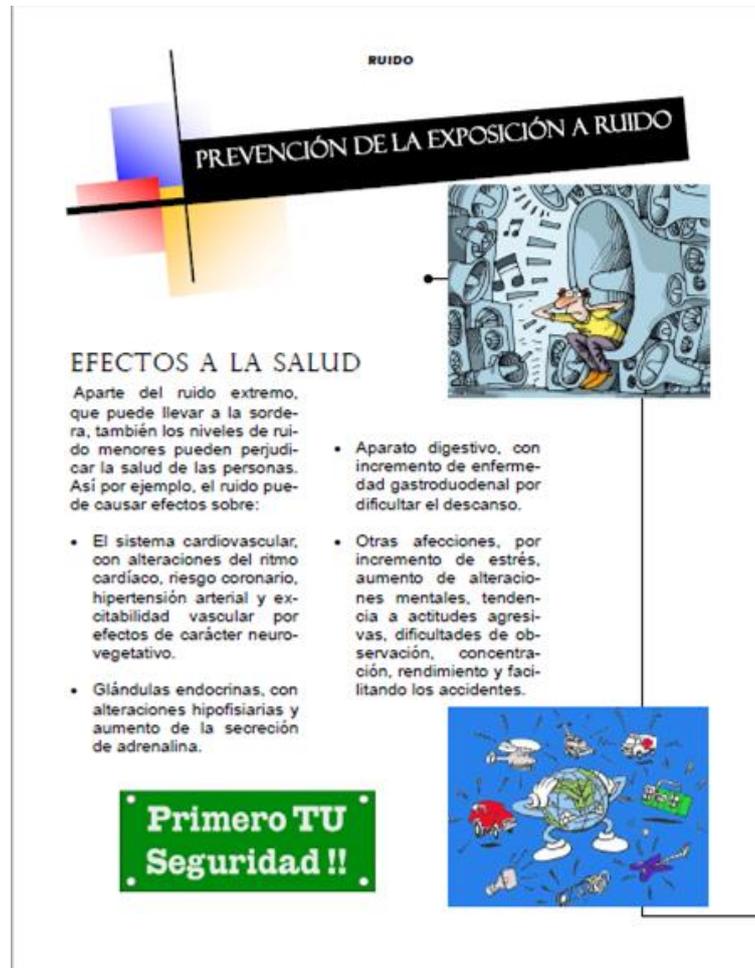
### 3.1.2 Información

Es de gran importancia reforzar las capacitaciones brindando información a los colaboradores, la cual puede ser dada mediante boletines e información colocada en las pizarras informativas de la empresa.

### 3.1.2.1 Pizarras

En las pizarras informativas de la empresa se propone colocar información como la siguiente:

Ilustración 3.1 Ejemplo de afiche para colocar en las pizarras informativas



Fuente: Brosted, P.

Ilustración 3.2 Ejemplo de afiche para colocar en las pizarras informativas



Fuente: Brosted, P.

### 3.1.2.2 Boletines

A continuación, se brinda una propuesta de boletín informativo:

Ilustración 3.3 Boletín informativo sobre las generalidades del ruido

#### Efectos a la salud

- El sistema cardiovascular, con alteraciones del ritmo cardíaco, riesgo coronario, hipertensión arterial y excitabilidad vascular por efectos de carácter neurovegetativo.
- Glándulas endocrinas, con alteraciones hipofisarias y aumento de la secreción de adrenalina.
- Aparato digestivo, con incremento de enfermedad gastroduodenal por dificultar el descanso.
- Otras afecciones, por incremento de estrés, aumento de alteraciones mentales, tendencia a actitudes agresivas, dificultades de observación, concentración, rendimiento y facilitando los accidentes.

#### Características del ruido

El ruido presenta grandes diferencias con respecto a otros contaminantes:

- Es el contaminante más barato de producir y necesita muy poca energía para ser emitido.
- Es complejo de medir y cuantificar.
- No deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero sí puede tener un efecto acumulativo en sus efectos en el hombre.
- Se percibe sólo por el oído, lo cual hace subestimar su efecto.



#### Tipos de ruido

**Ruido estacionario**  
Ruido cuyas características permanecen relativamente constantes en el tiempo.

**Ruido de impacto**  
Ruido producido por el choque de dos objetos sólidos, que es transmitido por la estructura.

**Ruido aleatorio**  
Es el ruido que varía continuamente.



## Ruido

### CREGANNA MEDICAL

#### ¿Qué es el ruido?

El ruido es sonido no deseado, y en la actualidad se encuentra entre los contaminantes más invasivos. Algunos de los inconvenientes producidos por el ruido son la pérdida auditiva, el estrés, la alta presión sanguínea, la pérdida de sueño, la distracción y la pérdida de productividad, así como una reducción general de la calidad de vida y la tranquilidad.



*Partners from idea to reality*

Fuente: Brosted, P

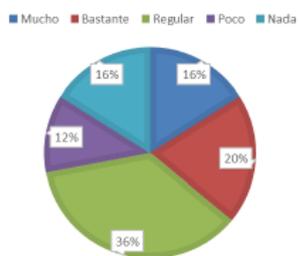
Ilustración 3.4 Boletín informativo sobre los resultados del cuestionario aplicado a los colaboradores



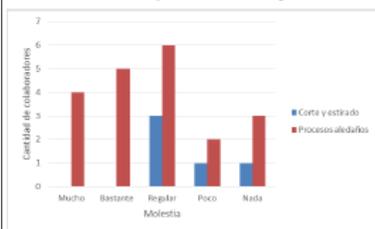
**Resultados de las encuestas**

De acuerdo con las encuestas realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

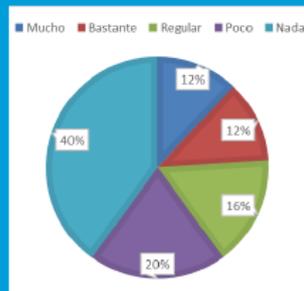
**Gráfico\_1** Porcentaje de trabajadores según el nivel de molestia de ruido en el puesto de trabajo



**Gráfico\_2** Nivel de molestia de ruido de los colaboradores de acuerdo a su puesto de trabajo



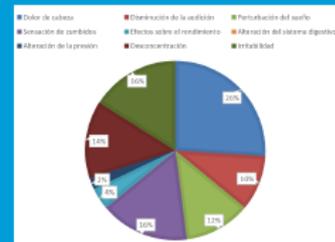
**Gráfico\_3** Porcentaje de colaboradores que pierden la concentración debido al ruido



**Gráfico\_4** Porcentaje de colaboradores a los que les molesta el ruido de acuerdo al momento del día en la jornada de trabajo



**Gráfico\_5** Frecuencia de síntomas por exposición al ruido



Documento no controlado. Uso de seguridad laboral

Fuente: Brosed, P

### 3.1.2.3 Costos

Tabla 3.3 Costo aproximado para brindar la información

Recurso	Costo	Cantidad	Total
<b>Encargado de seguridad laboral</b>	Ø3 125 c/h	3 horas	Ø9 375
<b>Papel para impresión</b>	La empresa cuenta con el recurso		
<b>Impresora</b>	La empresa cuenta con el recurso		
<b>Total</b>			<b>Ø9 375</b>

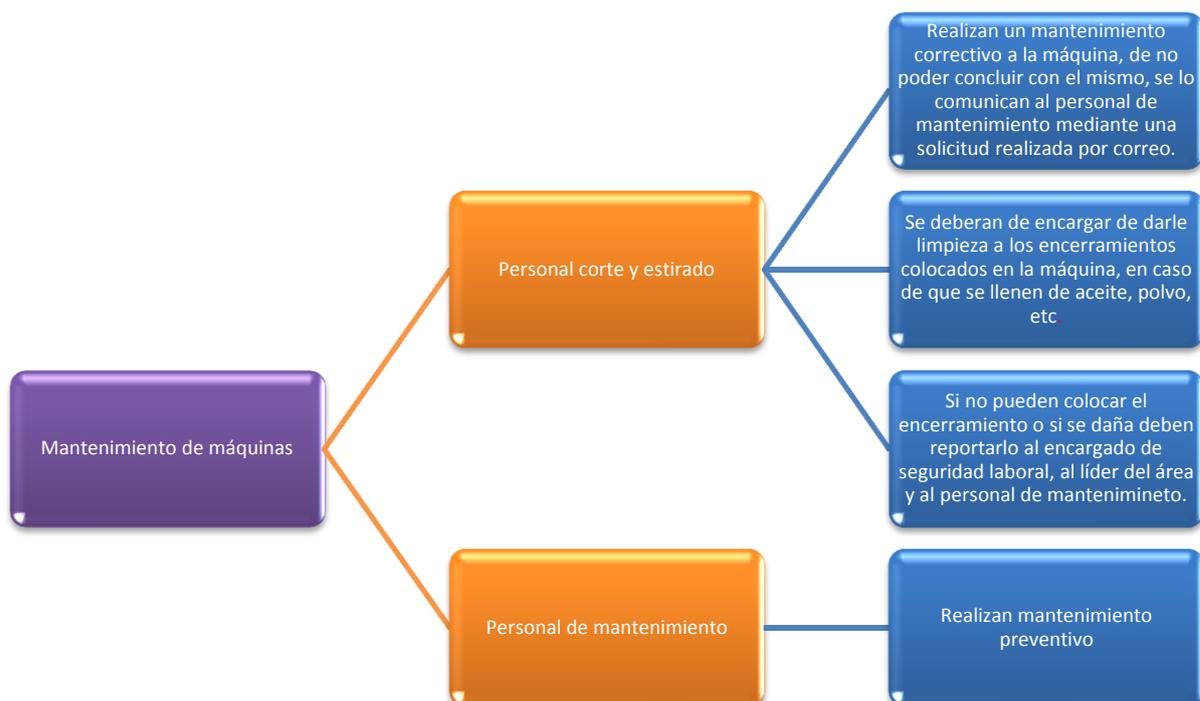
Fuente: Brosted, P

## 3.2 Mantenimiento de las máquinas

Creganna Medical cuenta con un plan de mantenimiento estructurado preventivo y correctivo, el cual está en línea y se puede tener acceso desde cualquier computadora. Ahí se indica al personal de mantenimiento las revisiones que tienen que realizar a las máquinas, según la fecha que corresponda, y, si se da el caso de que alguna tenga un desperfecto inesperado, el encargado del área debe ingresar un “ticket” en el sistema para que los responsables lo corrijan lo antes posible.

El mantenimiento preventivo es de mucha importancia, pues, de acuerdo a lo que indica el personal de mantenimiento, cuando una pieza falla, el ruido producido por la máquina se incrementa.

Figura 3.1 Mantenimiento de las máquinas de corte y estirado



Fuente: Brosted, P.

Para realizar la revisión preventiva, el personal de mantenimiento debe tomar en consideración la siguiente guía:

Tabla 3.4 Guía para la revisión preventiva de las máquinas de corte y estirado

Aspecto a revisar	Criterios de revisión	Método de ejecución
<b>Limpieza de la máquina</b> 	Verificar que la máquina no tenga ningún residuo de alambre acumulado. Verificar que la máquina no tenga fugas de aceite.	Inspección visual. Limpieza interna y externa.

Aspecto a revisar	Criterios de revisión	Método de ejecución
<b>Revisión de componentes mecánicos</b> 	Lubricación. Desgaste de piezas. Corrosión. Fugas en el sistema.	Inspección visual y reemplazo de componentes.
<b>Componentes eléctricos</b> 	Deterioro de los cables. Buen estado del aislante.	Inspección visual y reemplazo de componentes.

Fuente: Brosed, P.

### 3.3 Equipos de protección auditiva (EPA)

En caso de que el control ingenieril no sea aplicado, es necesario recurrir al uso del equipo de protección auditiva.

#### 3.3.1 Consideraciones para la selección del equipo de protección auditiva

Antes de realizar la compra del EPA, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Cualquier EPA considerado deberá llevar el sello de certificación.



Fuente: Internet, marcado-CE

- Se debe contar con las evaluaciones realizadas por frecuencia en el puesto del trabajador, ya que la selección del EPA va a depender de esos datos.

- Se debe tomar en cuenta si algún colaborador cuenta con algún tipo de alergia al material u otros aspectos; porque de esa manera se debe buscar un protector auditivo que no le vaya a causar ningún inconveniente.

Algunos de los proveedores conocidos que se propone considerar para la compra son:

- 3M
- SONDEL
- ESOSA

Es muy importante tomar en cuenta el confort que brinda el equipo, considerando aspectos como facilidad de colocación y capacidad de amoldarse al canal auditivo, de manera que haga el sello necesario para proteger al trabajador.

### 3.3.2 Criterios para la selección del EPA

Una vez que se cuenta con las evaluaciones realizadas en el área y los valores por frecuencia, se utiliza el método OSHA para la evaluación del EPA, el cual se indica a continuación:

1. Se debe contar con las mediciones por frecuencia para colocarlas en la tabla.
2. Hacer la suma de la ponderación de ajuste.
3. Solicitar al fabricante la atenuación por frecuencia que brinda el equipo, así como la desviación estándar.
4. Luego se debe realizar de nuevo el ajuste por la ponderación.

5. Por último se va a obtener la atenuación por frecuencia que brinda el equipo, de ese modo se ve si el equipo es lo que se necesita y brinda la protección requerida, de no ser así de debe buscar otro equipo.

En la tabla 3.5 se puede observar la tabla con el procedimiento mencionado anteriormente.

Tabla 3.5 Evaluación de la atenuación brindada por el EPA establecido por OSHA.

Pasos	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
NPS obtenido de las mediciones dB(L)								
Ponderación de ajuste	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
NPS en dB(A) (paso 1+ paso 2)								
Atenuación del EPA								
Desviación estándar (x2)								
NPS recibido con EPA dB(L) ((paso 1- paso 4)+ paso 5)								
Ponderación de ajuste	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1	
NPS recibido con EPA dB(A) (paso 6 + paso 7)								
Reducción calculada (paso 8- paso 3)								

Fuente: OSHA

- Con el uso del cuadro anterior, se podrá determinar la reducción que brinda el EPA.
- Las fórmulas utilizadas para obtener los valores son las siguientes:
  - **Suma logarítmica por frecuencia:**

$$L_{total} = 10 \log\left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}}\right)$$

### 3.3.3 Consideraciones higiénicas para el uso y mantenimiento del EPA

Se deberá contar con buenas técnicas de limpieza por parte de los colaboradores, para evitar que tengan problemas en el canal auditivo por el uso del EPA, de modo que deberá seguir el siguiente procedimiento:

1. Lavar y limpiar el EPA cada vez que termine la jornada de trabajo, con agua y jabón, para evitar que se acumule la suciedad.
2. Deberá tener las manos limpias durante la manipulación del EPA para evitar ensuciarlo al momento de colocarlo en el oído.
3. En caso de que presente alguna irritación o molestia ocasionada por el EPA deberá ser comunicada inmediatamente al encargado en seguridad laboral para tramitar la revisión con el médico y determinar la causa y la necesidad de reemplazar el equipo.
4. El colaborador debe guardar el EPA en el casillero que se le asignó, en donde no sufra ningún tipo de deformidad y no esté expuesto a la suciedad, para que no afecte la salud del colaborador al momento de colocarlo.
5. Cuando el EPA sufra de deformidades, desgaste o alguna alteración, deberá comunicarlo de forma inmediata al encargado en seguridad laboral para que le entregue unos nuevos.

6. El encargado de seguridad laboral debe recordarles que el uso del EPA es personal, no se puede prestar.

#### 3.3.4 Colocación de tapones

Es importante tomar en cuenta que el tamaño del oído es diferente en todas las personas, por lo tanto, se deben considerar tapones de diferentes tamaños para la comodidad de los colaboradores.

Los protectores auditivos se deben colocar con las manos limpias y verificando que también estén limpios y en buen estado. Las instrucciones del fabricante siempre deben ser leídas. Los pasos recomendados para la colocación son los siguientes:

##### **Colocación para el oído izquierdo:**

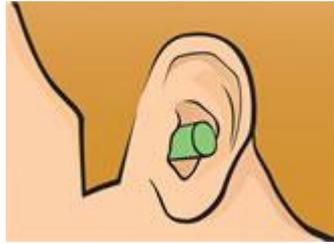
- Tomar la oreja izquierda con la mano derecha pasándola por detrás de la cabeza.



- Tirar la oreja suavemente hacia arriba y atrás con el propósito de enderezar el conducto auditivo.



- Insertar el tapón con la mano izquierda.



**Colocación para el oído derecho:**

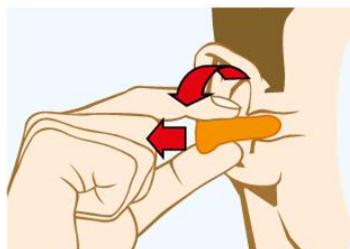
- Tomar la oreja derecha con la mano izquierda pasándola por detrás de la cabeza.



- Tirar la oreja suavemente hacia arriba y atrás con el propósito de enderezar el conducto auditivo.



- Insertar el tapón con la mano derecha.



**Si el tapón es del tipo moldeable:**

- Enrollarlo suave y lentamente.



- Inmediatamente insertarlo en el conducto auditivo siguiendo el procedimiento anterior y dejarlo que se expanda, manteniéndolo presionado por unos segundos.



**Nota:** Para remover los tapones de cualquier tipo, se deben sacar lentamente sin que causen alguna dolencia.

### 3.3.5 Costos

Tabla 3.6 Costo aproximado para la compra de tapones

Recurso	Costo	Cantidad	Total
Encargado de seguridad laboral	€3 125 c/h	3 días	€75 000
Tapones	€1 500 c/h	50	€75 000
Alquiler sonómetro con bandas de octava	€75 000 por día	2 días	€150 000
<b>Total</b>			<b>€300 000</b>

Fuente: Brosed, P

Los tapones se deben cambiar cada tres meses, o dependiendo de lo que recomiende el fabricante, y en la bodega se deben tener, como mínimo, 10 tapones; tal número indica que en ese momento se deben mandar a comprar más.

# Capítulo 4

## Evaluación



Es de gran importancia realizar evaluaciones sobre la efectividad del programa, porque de ese modo se pueden realizar las correcciones pertinentes para que cada vez la eficiencia sea mayor y las condiciones de la empresa mejoren.

Se debe dar seguimiento a los resultados obtenidos una vez implementado el programa, para determinar su eficacia y determinar las mejoras que se le pueden realizar, así como proporcionar las características que debe tener el equipo utilizado y las metodologías necesarias para realizar las evaluaciones de ruido.

## 4.1 Evaluación

### 4.1.1 Historia ocupacional del colaborador

El encargado de seguridad laboral en conjunto con el médico deberá llevar un registro de la historia ocupacional de los colaboradores que ya están en la empresa y los que ingresan nuevos al área de corte y estirado.

Se deberá conocer de qué empresa viene el colaborador y si en el puesto de trabajo que estaba se encontraba expuesto a ruido, además de actividades que realiza el trabajador fuera de su jornada laboral.

Para los trabajadores que estén ingresando a la empresa, si no se puede contar con los registros de las evaluaciones audiométricas anteriores, se realizarán nuevas evaluaciones para conocer la capacidad auditiva de ellos.

### 4.1.2 Evaluaciones audiométricas

Actualmente, la empresa no cuenta con el registro de evaluaciones audiométricas porque no se hacen, por lo tanto, se deben implementar en conjunto con el médico de la empresa y realizarlas al menos una vez al año, así como también se deben realizar cuando hay un trabajador nuevo.

### 4.1.3 Metodología de evaluación del ruido

#### 4.1.3.1 Evaluación de ruido en el área

##### **Control del equipo**

- El sonómetro debe contar con la capacidad de ser integrador/promediador y ajustarse a los criterios IEC 61672-1-12002 Clase 2, ANSI S1.4-1983 (R2001), también debe contar con un filtro para el análisis de frecuencias en bandas de octava, que se ajuste a los criterios ANSI S1.11- 2004(R2002), Clase 1, IEC 61260.
- El calibrador (pistófono) debe ajustarse al criterio IEC 942:1988, clase 1; ANSI S 1.40-1984.
- El equipo y sus demás aditamentos como lo son los desatornilladores, pantalla para el viento, micrófono, cable USB para conexión a una computadora, CD para procesamiento de datos, micrófono, baterías, preamplificador, deben estar siempre en la valija que fue provista por el fabricante.
- El equipo debe contar con la calibración al día, y hay que verificar la fecha en la etiqueta brindada por el ente calibrador.
- El filtro para el análisis de frecuencias en bandas de octava debe cumplir con los criterios ANSI S1.11-1986 (R2002) Orden 3, EN 61260/IEC 1260: 1995 (2001), Clase 2.
- Los dosímetros que se vayan a utilizar para realizar las evaluaciones deben permitir como mínimo determinar el porcentaje de dosis recibido por el trabajador y cumplir con las normas IEC-60804-2000 y ANSI S1.25-1992. Debe permitir además realizar las evaluaciones de exposición personal para cualquier tipo de ruido.

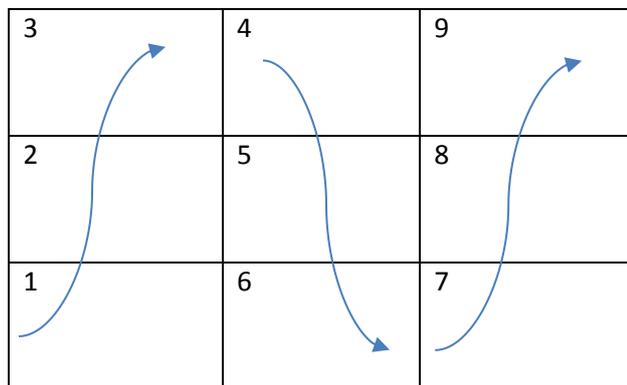
## Mapa de ruido

### Previo a la realización del mapa de ruido

Tomar las medidas del largo y el ancho del área de corte y estirado, donde se encuentran las máquinas cortadoras que generan ruido, y dividir el área en cuadrantes de 30-50 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Luego se debe enumerar cada uno de los cuadrantes, de modo que la secuencia quede en forma de "s", como se muestra a continuación:

Figura 4.1 Numeración de cuadrantes para mapa de ruido



Fuente: Brosed, P.

- Imprimir las tablas para anotar los resultados que se van obteniendo de los niveles de presión sonora y las horas (Ver apéndice 2).
- Armar el sonómetro cuidadosamente, colocando el preamplificador y el micrófono (con filtro de bandas de octava). Si está sin baterías, también colocarlas y verificar que tengan más de la mitad de la carga; si no es así, es recomendable colocar unas nuevas.
- Realizar la precalibración antes de empezar las evaluaciones, colocando el calibrador (pistófono) en el micrófono y verificando que el sonómetro marca 114 dB(A). Es importante hacer la precalibración fuera del área donde se vayan a

evaluar y sin ruido de fondo, además de hacerlo antes de las mediciones y al finalizarlas.

- Hacer la selección de modo de respuesta “slow”, el rango de 50-140 dB (A) y el rango de ponderación A.

### **Durante las mediciones**

- Se deben empezar a hacer las mediciones por cuadrante y la cantidad de los recorridos va a depender de la jornada. Es preferible abarcarla al 100%, pero, de no ser posible, se debe medir, como mínimo, el 70%, para que los datos sean representativos. Cada recorrido se debe realizar en lapsos de 30 min, midiendo en el centro de cada cuadrante por aproximadamente un minuto.
- Las mediciones se deben tomar con el sonómetro en una posición vertical, viendo siempre en la misma dirección y a una altura de 1 m. Es muy importante evitar los apantallamientos (persona, máquinas, edificación).
- Los datos se deben anotar inmediatamente en la tabla (ver apéndice 23), es importante hacer observaciones respecto a una medición o un acontecimiento poco común que se dio en un momento determinado y puede alterar la evaluación.

### **Después de las mediciones**

- Cuando se tienen los resultados de las mediciones, se procede a calcular el promedio de los niveles de presión sonora por cuadrante mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$L_p = 20 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{p1}}{20}} \right)$$

Donde:

L<sub>p</sub>: Promedio nivel de presión sonora

N: Número de mediciones por cuadrante

$L_{p1}$ : Nivel de presión sonora por medición

Anotar los resultados en la tabla correspondiente (ver apéndice 24).

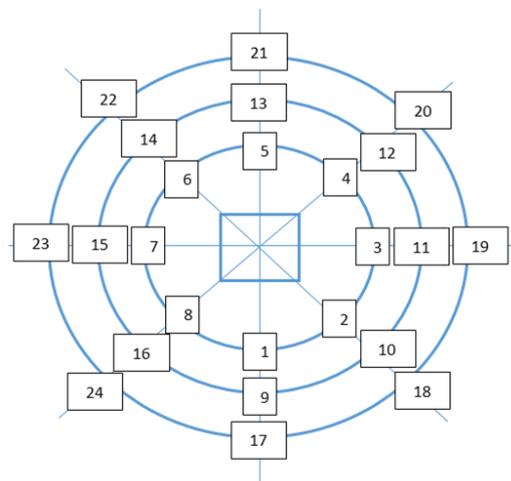
- Con el promedio obtenido en cada cuadrante, se hace la selección del color que corresponde (Ver apéndice 25), para así determinar los más críticos.

## Metodología de medición en la fuente

### Previo a las mediciones

- Con los resultados obtenidos del mapa de ruido con los cuadrantes más críticos, se procede a realizar la evaluación de las máquinas. De no haber realizado un mapa de ruido previamente, se seleccionan las que se consideran que están generando más ruido.
- Se realiza un croquis en forma de telaraña con tres círculos a una distancia de 1 m cada uno, colocando la máquina en el centro, y se procede a enumerar los 24 puntos alrededor; de haber uno o varios puntos en los que no se puede realizar la medición, debido a un obstáculo, se marca con una "x", como se observa a continuación:

Figura 4.2 Croquis en forma de telaraña para medición en la fuente



Fuente: Brosed, P.

- De ser posible, las mediciones se deben hacer con las demás máquinas y equipos apagados para que de ese modo los resultados de presión sonora que se obtengan sean solo los de la fuente evaluada. De no ser así, se realiza con el funcionamiento normal del proceso.
- Realizar la precalibración al igual que en la metodología anterior.

### **Durante las mediciones**

- Colocar el micrófono del sonómetro en dirección a la fuente a 1 m de alto aproximadamente. Se deben realizar, como mínimo, siete mediciones en cada uno de los puntos.
- La duración de la medición por punto debe ser de alrededor 1 minuto hasta que se estabilice en sonómetro.
- Se debe evitar la presencia de apantallamientos durante las mediciones, si no es posible se debe realizar la observación en la tabla de recolección de datos (ver apéndice 26), así como también cualquier otra anomalía que no es del proceso y pueda afectar el resultado de la medición.
- Una vez realizadas las mediciones de presión sonora en cada punto, se realiza el promedio logarítmico para determinar el más crítico.
- Luego se procede a realizar el análisis de frecuencia en el punto crítico y, de igual modo, se deben realizar, como mínimo, 7 mediciones por frecuencia (63-8000 Hz) y se anotan en la tabla de recolección de datos (ver apéndice 27).

### **Después de las mediciones**

- Con los resultados de la medición por frecuencia, se realiza un promedio en cada una, para determinar cuál es la frecuencia que predomina y elegir el equipo de protección auditiva más recomendable para la situación, de acuerdo con la metodología OSHA, que se verá más adelante.

## **Audiodosimetrías**

### **Previo a la evaluación**

- Se debe determinar la cantidad de trabajadores a los cuales se les va a realizar la evaluación.
- Es importante realizar la evaluación en la jornada completa, pues, de no ser así, debe evaluarse como mínimo el 70% de ella.
- Se debe precalibrar el equipo a 94 dB (A) para realizar las mediciones y al finalizarlas. Es importante que las baterías estén cargadas, para evitar que el equipo se apague durante la evaluación.

### **Durante la evaluación**

- Se le debe explicar al colaborador al que se le va a colocar el equipo la función de este. Es importante mencionarles que deben realizar su trabajo de forma normal y no alterar el micrófono, debido a que los resultados se pueden ver afectados.
- El micrófono se le debe colocar lo más cerca que se pueda al oído, en el modo de porcentaje dosis y se le da "Run" para que el equipo empiece a funcionar.
- Se debe estar verificando constantemente que el equipo siga en funcionamiento y sin ninguna alteración.
- Cuando se finaliza la evaluación, se debe anotar el porcentaje dosis y el tiempo de medición que indica el equipo.

### Después de la evaluación

- Con los datos obtenidos, se procede a determinar el nivel sonoro continuo equivalente (NSCE) con la siguiente fórmula:

$$NSCE = 85 + 9,97 \text{LOG} \left( \frac{\%D}{12,5 * t} \right)$$

- Luego se calcula el tiempo máximo de exposición con la siguiente fórmula:

$$T_{\max} \left( \frac{h}{\text{día}} \right) = \frac{8}{2^{(NSCE-85)/3}}$$

- Las evaluaciones se realizan con el fin de comprobar la eficacia de la implementación del programa y de los controles, ya que deberían dar resultados inferiores a los obtenidos inicialmente, pero, de no ser así, es necesario realizar ajustes y mejoras para que la exposición al ruido disminuya y los colaboradores no sufran las consecuencias.

# Capítulo 5

## Mejora continua del programa

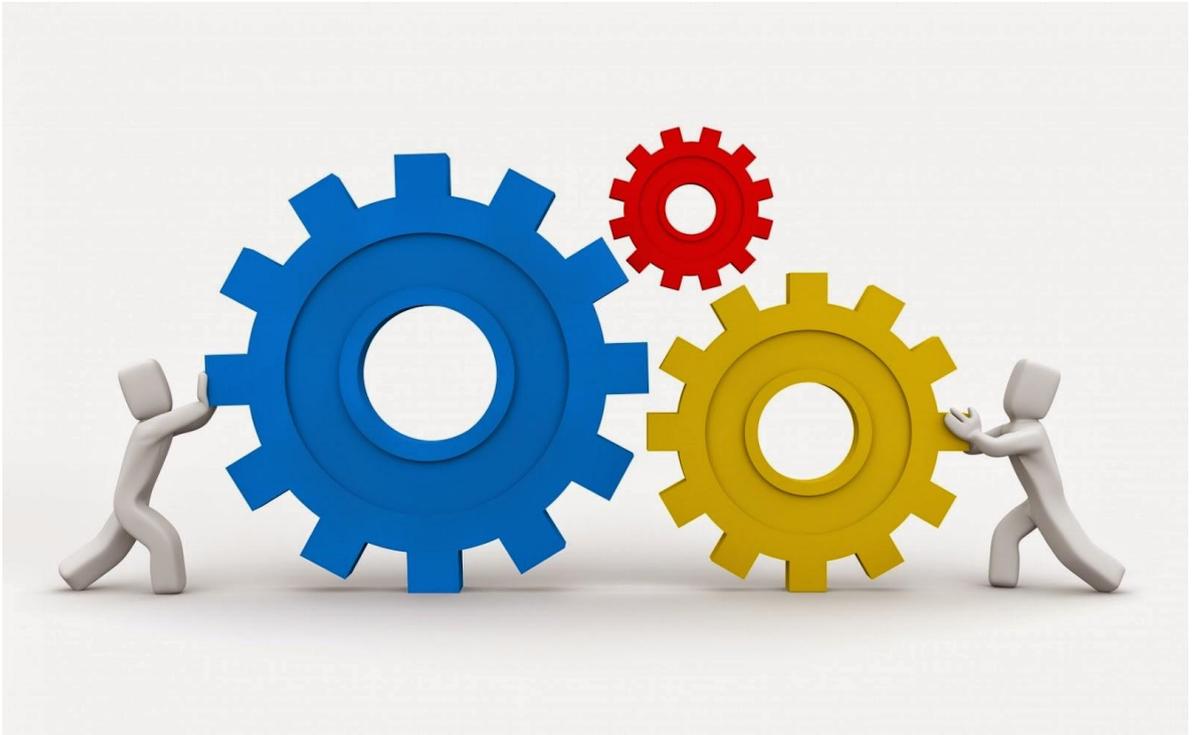
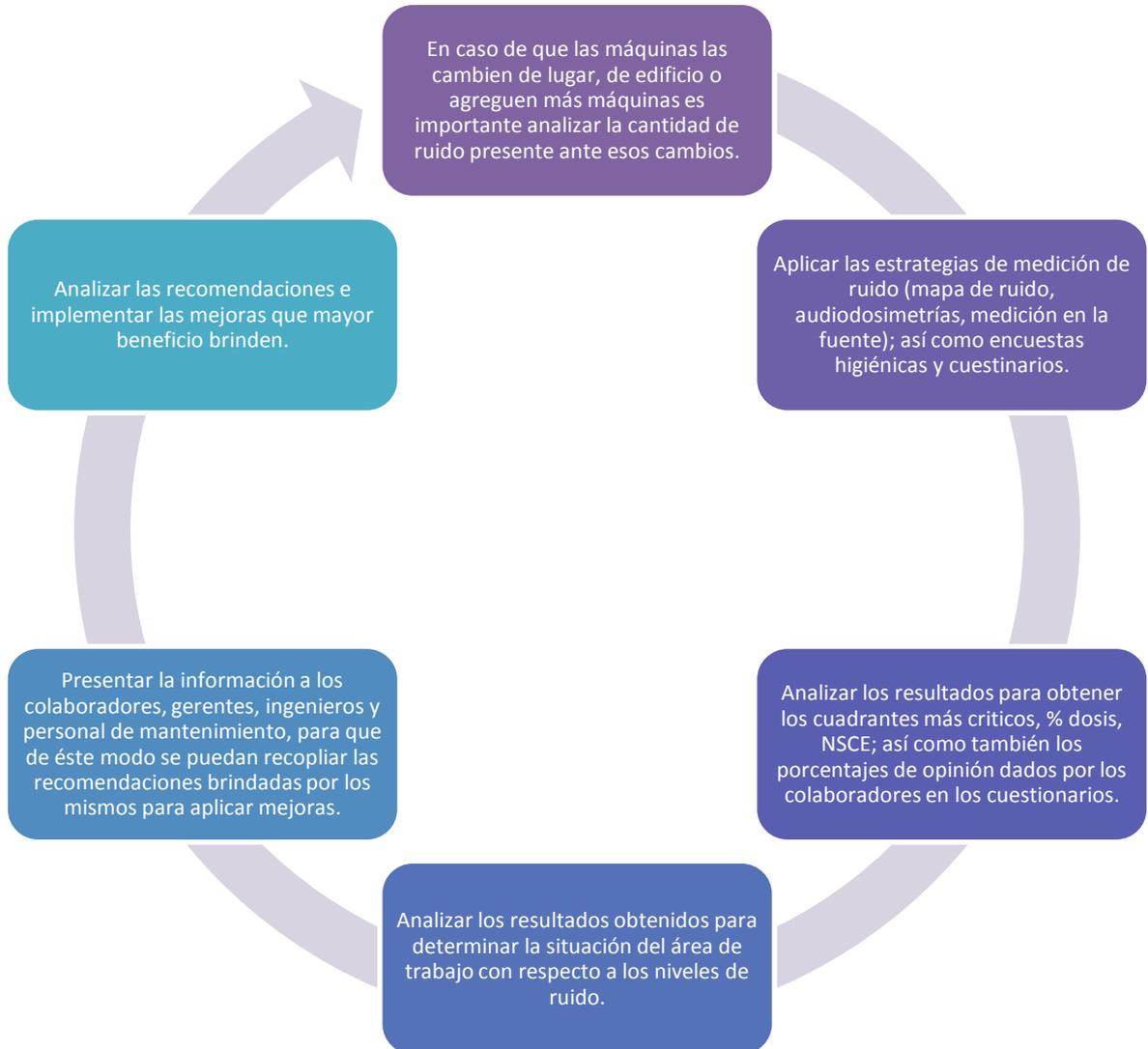


Figura 5.1 Procedimiento de mejora continua para el programa



Fuente: Brosted, P.

Lo más común en una planta de producción es que la ubicación de las máquinas varíe, lo cual provoca que los niveles de ruido puedan variar, por lo tanto es de mucha importancia hacer una evaluación anual sobre los cambios realizados en la planta tomando en cuenta lo siguiente:

1. Determinar cuál fue el cambio realizado, tomando en cuenta el tipo de máquinas, si se agregaron o quitaron y si son máquinas viejas o nuevas.

2. Realizar mediciones mediante el uso de mapa de ruido, con cuadrantes no mayores a los 40 m<sup>2</sup>, cubriendo el total o el 70% de la jornada laboral.
3. Medir la exposición a ruido de los colaboradores presentes en el área mediante audiodosimetrías en el total o el 70% de la jornada laboral.
4. Realizar mediciones en las fuentes en las que se determinó que hacen mapas ruido para saber cuál es la frecuencia predominante y de ese modo hacer el cálculo para un encierro y el uso del EPA; en caso de que ya se tenga se realiza una evaluación para saber si cumplen con la atenuación requerida.
5. Se deben aplicar cuestionarios a los trabajadores sobre la percepción del ruido.
6. Con los datos de las evaluaciones realizadas se deben obtener resultados como el o los cuadrantes más críticos, el % dosis de las audiodosimetrías y el NSCE.
7. Se deben analizar los resultados obtenidos para conocer la situación bajo la que están laborando los colaboradores, en base a eso el encargado en seguridad laboral deberá brindar las recomendaciones más factibles y comentarlas con los gerentes para realizar la implementación que sea más factible.

# Capítulo 6

## Conclusiones y recomendaciones



## 6.1 Conclusiones

- El programa de prevención por exposición a ruido es una medida para mejorar las condiciones en el Área de Corte y Estirado.
- La alternativa de solución de encerramiento de las máquinas va a permitir disminuir el ruido generado en el área, pero si no es implementada esa solución, es necesario que los colaboradores utilicen el equipo de protección auditivo que se sugiere.
- En el programa se proporcionan los lineamientos necesarios para su implementación, seguimiento y mejora.
- La implementación de las medidas administrativas en conjunto con las ingenieriles permitirá resultados más efectivos que funcionan como un complemento entre sí, para que el control de los niveles de ruido sea más efectivo.
- La colaboración conjunta de los colaboradores del área con la gerencia de recursos humanos, el encargado de seguridad laboral, gerente de mantenimiento, médico de empresa y gerente general va a hacer más eficiente la implementación del programa.

## 6.2 Recomendaciones

- Se recomienda que las evaluaciones sean llevadas a cabo por una persona capacitada para realizar mediciones de ruido en el área de trabajo y que sepa interpretar los resultados.
- Realizar las evaluaciones de exposición a ruido a todos los colaboradores del área.
- El programa debe estar en constante actualización y revisión por parte del encargado de seguridad laboral, tomando en cuenta las recomendaciones de los colaboradores, gerentes, ingenieros y personal de mantenimiento.
- Los resultados de las evaluaciones deben ser de acceso para todos, de modo que no se le oculte información a ningún colaborador sobre la situación del área donde trabaja o sobre los resultados de las audiometrías, además, se deben dar a conocer mediante capacitaciones, reuniones, información en pizarras y por correo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, M. G.-C. (s.f.). *RUIDO: EVALUACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO ERGONÓMICO*.  
Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/Aplicaciones/ficherosCuestionarios/naranja.pdf>
- Álvarez, F. (2006). *Salud Ocupacional*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10515204>
- Álvarez, T. (2013). *Aspectos ergonómicos del ruido: evaluación*. Obtenido de <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Ruido%20y%20Vibraciones/ficheros/DTE-AspectosErgonomicosRUIDOVIBRACIONES.pdf>
- Baraza, X., Castejón, E., & Guardino, X. (2014). *Higiene industrial*. Barcelona: Editorial UOC. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=11002207>
- Barti, R. (2013). *Acústica medioambiental* (Vol. I). ECU. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10758065&ppg=182>
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <http://museoarqueologico.univalle.edu.co/imagenes/Proyecto%20de%20Grado%201/lecturas/Libro%20metodologia%20investigacion.%20Libro%20NB.pdf>
- Bovea, M. (2013). *Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería*. Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10820744>
- Carrasco, E., & Cano, A. (2006). *Prevención de riesgos laborales para aparejadores, arquitectos e ingenieros*. Madrid: Tébar. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10515043>
- Creus, A., & Mangosio, J. (2011). *Seguridad e higiene en el trabajo: un enfoque integral*. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10804200>
- CSO. (2000). *Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido*. Obtenido de <http://www.seguridadpublica.go.cr/ministerio/gestion%20ambiental/normativa%20aplicable%20y%20vigente/decretos/D28718S.pdf>

- DepartamentodeOrdenacióndelTerritorioyMedioAmbiente. (2005). *Guía metodológica para la realización de mapas de ruido*. Obtenido de [http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/ruido/es\\_977/adjuntos/guia\\_ruido.pdf](http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/informacion/ruido/es_977/adjuntos/guia_ruido.pdf)
- EstándarAustraliano. (1999). *Administración de Riesgos*. Obtenido de [http://www.bcu.gub.uy/Acerca-de-BCU/Concursos/Est%C3%A1ndar%20Australiano\\_Adm\\_Riesgos.pdf](http://www.bcu.gub.uy/Acerca-de-BCU/Concursos/Est%C3%A1ndar%20Australiano_Adm_Riesgos.pdf)
- Falagán, M. (2009). *Higiene Industrial Aplicada*. Asturias: Fundación Luis Fernández Velasco. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10306605>
- Figueres, J. M. (1998). *Plan Nacional de Salud Ocupacional*. Obtenido de [http://www.cso.go.cr/normativa/decretos\\_normativa\\_reglamentaria/plan\\_nacional\\_salud\\_ocupacional\\_decreto\\_ejecutivo\\_26904\\_mtss.pdf](http://www.cso.go.cr/normativa/decretos_normativa_reglamentaria/plan_nacional_salud_ocupacional_decreto_ejecutivo_26904_mtss.pdf)
- Giménez, J. (2007). *Ruido: para los posgrados de higiene y seguridad industrial*. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10515250>
- Grau, M., & Grau, M. (2006). *Riesgos ambientales en la industria*. Madrid: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10565797>
- Henao, F. (2007). *Riesgos físicos I: ruido, vibraciones y presiones anormales*. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10559687>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación*. Obtenido de [https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006\\_ocr.pdf](https://competenciashg.files.wordpress.com/2012/10/sampieri-et-al-metodologia-de-la-investigacion-4ta-edicion-sampieri-2006_ocr.pdf);
- Hernández, S., Santos, C., & Becker, J. P. (2000). *cementera, Prevalencia de la pérdida auditiva y factores correlacionados en una industria*. Mexico: Salud Pública de México. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10168593>
- Herrick, R. (2012). *Capítulo 30 Higiene industrial. En: enciclopedia de la OIT*. D- INSHT. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10625249>

- INSHT. (1990). *NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.* Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_270.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_270.pdf)
- INSHT. (1990). *NTP 287: Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico.* Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp\\_287.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/201a300/ntp_287.pdf)
- INSHT. (1998). *NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas.* Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp\\_503.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_503.pdf)
- INSHT. (2006). 3. *NTP 951: Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (II): tipos de estrategias.* Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/951w.pdf>
- INSHT. (2006). 5. *NTP 960. Ruido: control de la exposición (I). Programa de medidas técnicas o de organización.* Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/960w.pdf>
- INSHT. (2006). *Exposición de los trabajadores al ruido.* Obtenido de [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa\\_t%C3%A9cnica\\_ruido.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/gu%C3%ADa_t%C3%A9cnica_ruido.pdf)
- INSHT. (2006). *NTP 950. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I).* Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/950w.pdf>
- INSHT. (2006). *NTP 952. Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (III).* Obtenido de <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/NTP/NTP/Ficheros/926a937/952w.pdf>

- INTECO. (2000). 1. *INTE 31-09-16-2000: Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido*. Obtenido de <http://www.inteco.or.cr/esp/centro-documentacion/catalogo-de-normas/article/745-condiciones-de-seguridad-e-higiene-en-los-centros-de-trabajo-donde-se-genera-ruido>
- INTECO. (2000). *INTE 31-08-02-2000. Higiene Industrial. Medio ambiente laboral. Determinación del nivel sonoro continuo equivalente en los centros de trabajo*. Obtenido de <http://www.inteco.or.cr/esp/centro-documentacion/catalogo-de-normas/article/722-higiene-industrial-medio-ambiente-laboral-determinacion-del-nivel-sonoro-continuo-equivalente-en-los-centros-de-trabajo>
- INTECO. (2000). *INTE 31-09-09-2000: Guía para la elaboración de un programa de salud y seguridad en el trabajo*. Obtenido de <http://www.inteco.or.cr/esp/centro-documentacion/catalogo-de-normas/article/738-guia-para-la-elaboracion-del-programa-de-salud-y-seguridad-en-el-trabajo-aspectos-generales>
- María Dolorea, B. (2013). *Manual de seguridad e higiene industrial para la formación en ingeniería*. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10820744>
- Medina, Á., Velásquez, G., Giraldo, L., Henao, L., & Vásquez, E. (2013). Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. *CES Salud Pública*, 116-124. Obtenido de [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4890175.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4890175.pdf)
- Melo, J. (2003). *Higiene Laboral*. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=371>
- MinisteriodeSalud. (2000). *Reglamento para el control de ruido*. Obtenido de <http://www.seguridadpublica.go.cr/ministerio/gestion%20ambiental/normativa%20aplicable%20y%20vigente/decretos/D28718S.pdf>
- MinisteriodeSalud. (2000). *Reglamento para el control de ruido y vibraciones*. San José.
- MinisteriodeSalud. (2005). *Procedimiento para la medición de ruido*. San José.
- MinisteriodeTrabajoySeguridadSocial. (1980). *REGLAMENTO DE SEGURIDAD E HIGIENE DE TRABAJO*. Obtenido de <http://www.costarican-laws.com/GENERAL%20REGULATION%20FOR%20HEALTH%20AND%20SAFETY.pdf>

- Ochoa, J., & Bolaños, F. (2009). *Medida y control del ruido*. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10316935>
- OIT. (2016). *El ruido en el lugar de trabajo*. Obtenido de [http://training.itcilo.it/actrav\\_cdrom2/es/osh/noise/noiseat.htm](http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/noise/noiseat.htm)
- Robles, A., & Arias, E. (2016). *Metodologas de evaluación: Exposición ocupacional a ruido y casos de análisis en agentes ambientales físicos; módulo exposición ocupacional a ruido*. Obtenido de [http://www.saltra.una.ac.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=91&Itemid=264](http://www.saltra.una.ac.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=91&Itemid=264)
- Santacreu, J. (2012). Ruido y salud. *Observatorio salud y medio ambiente*. Obtenido de [https://derechosdeldependiente.files.wordpress.com/2012/06/observatorio\\_2012.pdf](https://derechosdeldependiente.files.wordpress.com/2012/06/observatorio_2012.pdf)
- Suter, A. (2012). Ruido. Riesgos Generales. En *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo*. INSHT. Obtenido de <http://ezproxy.itcr.ac.cr:2053/lib/itcrsp/reader.action?docID=10625320>
- Urbina, R. (2011). HIPOACUSIA DE ORIGEN LABORAL. *REVISTA MÉDICA DE COSTA RICA Y CENTROAMÉRICA*, 447-453. Obtenido de <http://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/599/art11.pdf>
- Virtual, E. (2013). *La capacitación y su importancia en el desarrollo de las organizaciones*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2008b/406/La%20capacitacion%20y%20su%20importancia%20en%20el%20desarrollo%20de%20las%20organizaciones.htm>

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta higiénica; Ruido: evaluación y acondicionamiento ergonómico

#### Identificación del puesto

Empresa.....  
.....  
Área.....  
.....  
Puesto.....  
..... N° de puestos similares.....  
Existen quejas previas de los trabajadores por el ruido.....  
Otros datos.....

#### 1. CARACTERÍSTICAS DE LA(S) TAREA(S) REALIZADA(S) (marque con una X la(s) casilla(s) correspondiente(s))

Descripción de la(s) tarea(s).....

1.1. El trabajo desarrollado implica altos niveles de atención ( )

1.2. El trabajo desarrollado requiere tareas mentales o manuales de alta complejidad ( )

1.3. El desarrollo habitual de la tarea exige una elevada discriminación auditiva ( )

Por ejemplo:

- Reconocimiento de conversaciones, sean directas (personal o presencial) o telefónicas, de señales de aviso o de alarma, atención al público
- Reconocimiento de diferencias y variaciones de sonido, en tono o intensidad como, por ejemplo, afinación de instrumentos musicales
- Reconocimiento de la posición de los sonidos o tonos como, por ejemplo, la localización de sonidos críticos en máquinas funcionando, averías, etc.

Comentarios

.....  
.....  
.....  
.....

**2. FUENTES DEL RUIDO (marque con una X la(s) casilla(s) correspondiente(s))**

2.1. El ruido es producido por la tarea que realiza el propio trabajador ( )

2.2. El ruido es producido por fuentes ajenas al trabajador ( )

En caso afirmativo, rellene los apartados siguientes 2.2.1 hasta 2.2.6:

**Ruido exterior**

2.2.1. Es importante el ruido procedente del exterior (calle, tráfico, etc.)

SÍ ( ) NO ( )

En caso afirmativo, pregunte al trabajador en qué momento de la jornada le resulta más molesto

.....  
.....  
.....

**Ruido de personas**

2.2.2. Hay ruido molesto procedente de personas (conversaciones entre compañeros, público, etc.)

SÍ ( ) NO ( )

Especificar en caso afirmativo

.....

**Ruido de las instalaciones**

2.2.3. Existe un sistema de ventilación/climatización ruidoso

SÍ ( ) NO ( )

2.2.4. Existe reverberación en la sala que interfiera en la tarea

SÍ ( ) NO ( )

Especificar en caso afirmativo (localización de las instalaciones, tiempo de funcionamiento, etc.).....  
.....

**Ruido de los equipos de trabajo**

2.2.5. El puesto de trabajo está próximo a un proceso productivo ruidoso

SÍ ( ) NO ( )

2.2.6. Existen equipos ruidosos para el desarrollo de la tarea (impresoras, ordenadores, teléfonos, etc.)

SÍ ( ) NO ( )

Especificar en caso afirmativo (localización de los equipos, tiempo de funcionamiento, etc.).....  
.....

Comentarios sobre las fuentes de ruido

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. MANTENIMIENTO DE EQUIPOS-INSTALACIONES**

3.1. Ausencia de un programa correcto de mantenimiento periódico de equipos e instalaciones

SÍ ( ) NO ( )

Comentarios

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**4. CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO (marque con una X la(s) casilla(s) correspondiente(s))**

4.1. El nivel de ruido es constante y continuo en el tiempo ( )

4.2. El nivel de ruido sufre grandes variaciones a lo largo de la jornada ( )

4.3. Existe habitualmente ruido de impactos (golpes) ( )

4.4. Hay ruido aleatorio e inesperado en algún momento de la jornada que puede sobresaltar al trabajador ( )

4.5. Existen ruidos de varios tipos combinados habitualmente ( )

Comentarios

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## Anexo 2. Cuestionario percepción de ruido

**Instrucciones:** A continuación le presento un cuestionario con el que se pretende recoger su opinión sobre condiciones de ruido en su puesto de trabajo. Para rellenarlo lea detenidamente cada pregunta y todas las alternativas de respuesta. Marque con una X, o indique la opción u opciones que usted considere, en la casilla correspondiente. Por favor, responda a todas las preguntas y tenga en cuenta que algunas preguntas pueden tener varias respuestas.

Área ..... de  
trabajo:.....

Horario ..... de  
trabajo:.....

### 1. MOLESTIAS

1.1. Al trabajador le molesta el ruido en su puesto de trabajo (marque con X la casilla correspondiente)

Mucho*	
Bastante*	
Regular*	
Poco*	
Nada	

En caso afirmativo\* conteste a las siguientes preguntas: 1.1.1 y 1.1.2

1.1.1. Cuánto tiempo, a lo largo de su jornada laboral, considera que el ruido es más molesto (marque con X la casilla correspondiente)

Siempre	
Más de media jornada	
Entre la media y la cuarta parte de la jornada	
Menos de la cuarta parte de la jornada	
Nunca	

Precise en qué momento y tarea(s) de la jornada laboral.....

1.1.2. Señale las fuentes de ruido que le resulten más molestas. No anote nada si no siente ninguna molestia relacionada con alguna de estas fuentes.

Ruido exterior.....

Ruido procedente de personas.....

Ruido de las instalaciones.....

Ruido de máquinas.....

Comentarios

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## **2. PERTURBACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN MENTAL (recoger la opinión del trabajador)**

2.1. El ruido existente constituye un factor de distracción importante en el desarrollo de la(s) tarea(s)

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

2.2. El ruido le dificulta la concentración mental requerida en la(s) tarea(s)

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

Comentarios

.....  
 .....  
 .....

### 3. INTERFERENCIA EN LA COMUNICACIÓN VERBAL

3.1. Es necesario elevar el tono de voz para hablar con sus compañeros

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

3.2. Es necesario forzar la atención para tener una conversación con un tono de voz cómodo entre compañeros

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

3.3. Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas relevantes o entender mensajes por megafonía

Mucho	
Bastante	
Regular	
Poco	
Nada	

Comentarios

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3.4 Mencione si padece de alguno de los siguientes síntomas durante o después de la jornada laboral

- Dolor de cabeza
- Disminución de la audición
- Perturbación del sueño
- Sensación de zumbidos
- Efectos sobre el rendimiento
- Alteración del sistema digestivo
- Alteración de la presión
- Desconcentración
- Irritabilidad

Comentarios

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

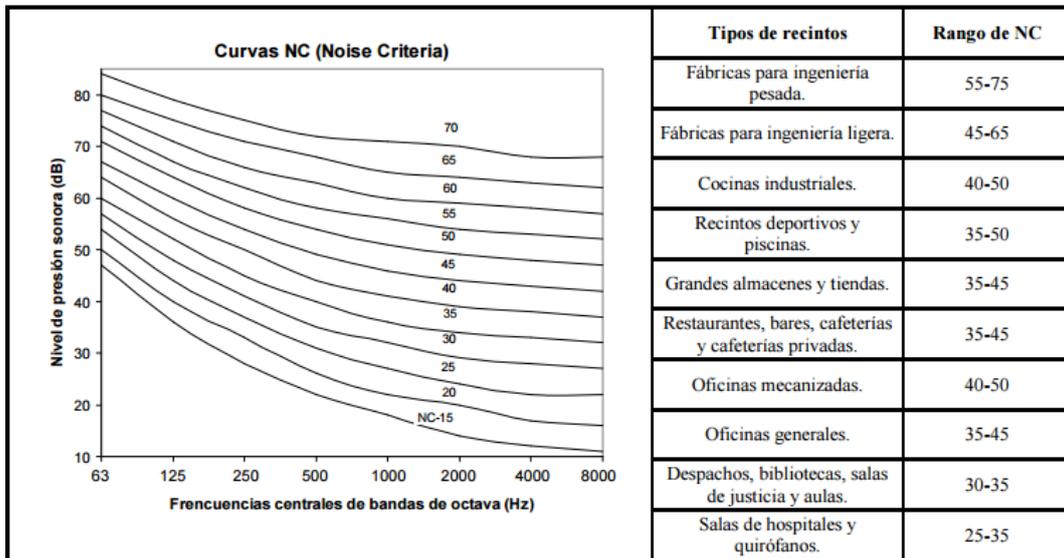
### Anexo 3. Promedio logarítmico Nivel de Presión Sonora

$$L_p = 20 \log \left( \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{L_{p_i}}{20}} \right)$$

#### **Anexo 4. Cálculo del Nivel Sonoro Continuo Equivalente**

$$NSCE = 85 + 9,97 \text{LOG}\left(\frac{\%D}{12,5 * t}\right)$$

**Anexo 5. Curvas de valoración Noise Criteria (NC) y valores recomendados**



## 10. APÉNDICES

### Apéndice 1. Entrevista para personal de mantenimiento

**Instrucciones:** A continuación le presento un cuestionario con el que se pretende recoger su opinión sobre el mantenimiento realizado a las máquinas. Para rellenarlo lea detenidamente cada pregunta y todas las alternativas de respuesta. Marque con una X, o indique la opción u opciones que usted considere, en la casilla correspondiente. Por favor, responda a todas las preguntas y tenga en cuenta que algunas preguntas pueden tener varias respuestas.

1. ¿Qué tipo de mantenimiento de le da a las máquinas?

Preventivo ( ) Correctivo ( )

Si es preventivo, ¿Cada cuánto se realiza?:

2. ¿Se toma en cuenta el ruido realizado por la máquina cuando se le da mantenimiento?

SÍ ( ) NO ( )

3. ¿Las personas se suelen quejar de ruido generado por las máquinas?

SÍ ( ) NO ( )

4. ¿Qué tipo de máquinas se utilizan en el área de corte y estirado?

.....

5. ¿Cuál es la antigüedad de las máquinas de corte y estirado?

.....

6. ¿Se le puede hacer algo a las máquinas para que hagan menos ruido?

SÍ ( ) NO ( )

¿Qué se les puede hacer?

.....

.....

Evaluación de los Niveles de Presión Sonora del área de corte y estirado																		
<div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> </div>																		
Bitácora de muestreo																		
Período:                      Diurno ( )                      Nocturno ( )																		
Fecha:																		
Hora de inicio:																		
Hora final:																		
	Cuadrante 1		Cuadrante 2		Cuadrante 3		Cuadrante 4		Cuadrante 5		Cuadrante 6		Cuadrante 7		Cuadrante 8		Cuadrante 9	
	Hora	dB (A)																
Medición 1																		
Medición 2																		
Medición 3																		
Medición 4																		
Medición 5																		
Medición 6																		
Medición 7																		
Medición 8																		
Medición 9																		
Medición 10																		
Medición 11																		
Medición 12																		
Medición 13																		
Medición 14																		
Medición 15																		
Medición 16																		
Medición 17																		
Medición 18																		
Medición 19																		
Medición 20																		
Medición 21																		
Medición 22																		

**Apéndice 2. Bitácora de datos de Niveles de Presión Sonora**

Fuente: Brosed, P

**Apéndice 3. Bitácora de recolección de datos con los niveles de análisis de fuente**

Evaluación en la fuente de los Niveles de Presión Sonora del área de corte y estirado									
Bitácora de muestreo									
									
Fecha:									
Hora de inicio:									
Hora final:									
Edificio:									
	Máquina 1-1	Máquina 2-1	Máquina 3-1	Máquina 1-2	Máquina 2-2	Máquina 3-2	Máquina 4-2	Máquina 5-2	Máquina 6-2
Punto	Medición 1 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 2 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 3 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 4 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									

7									
Punto	Medición 5 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 6 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 7 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									

Fuente: Brosted, P

<b>Evaluación en la fuente de los Niveles de Presión Sonora del área de corte y estirado</b> <b>Bitácora de muestreo</b> 								
<b>Fecha:</b> <b>Hora de inicio:</b> <b>Hora final:</b> <b>Edificio:</b>								
Frecuencia	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Punto	Máquina 1-1							

Punto	Máquina 2-1							
Punto	Máquina 3-1							
Punto	Máquina 1-2							

Punto	Máquina 2-2							
Punto	Máquina 3-2							
Punto	Máquina 4-2							

Punto	Máquina 5-2							
Punto	Máquina 6-2							

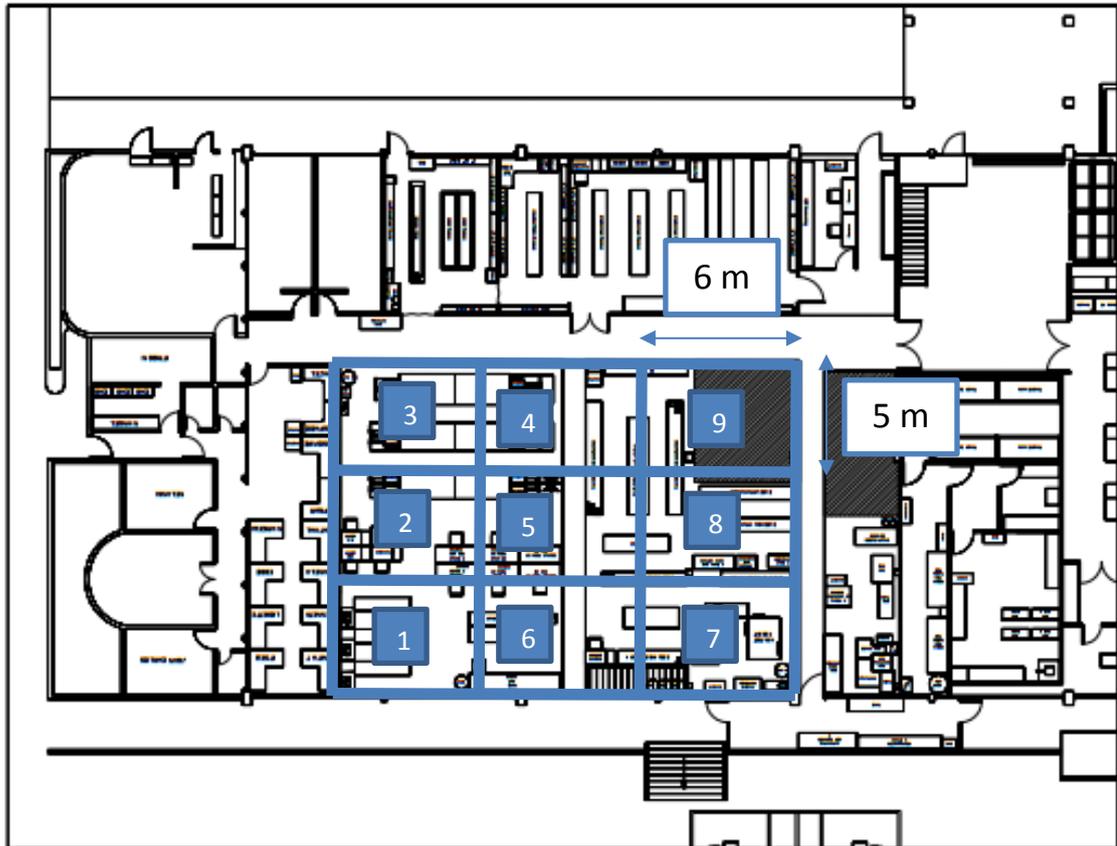
Fuente: Brosted, P

**Apéndice 4. Bitácora de recolección de datos con los porcentajes de dosis**

<b>Evaluación % Dosis del área de corte y estirado</b>		
<b>Bitácora de muestreo</b>		
		
<b>Fecha:</b>		
<b>Hora de inicio:</b>		
<b>Hora final:</b>		
<b>Edificio:</b>		
	% Dosis	Tiempo de medición
Colaborador 1		
Colaborador 2		
Colaborador 3		
Colaborador 4		

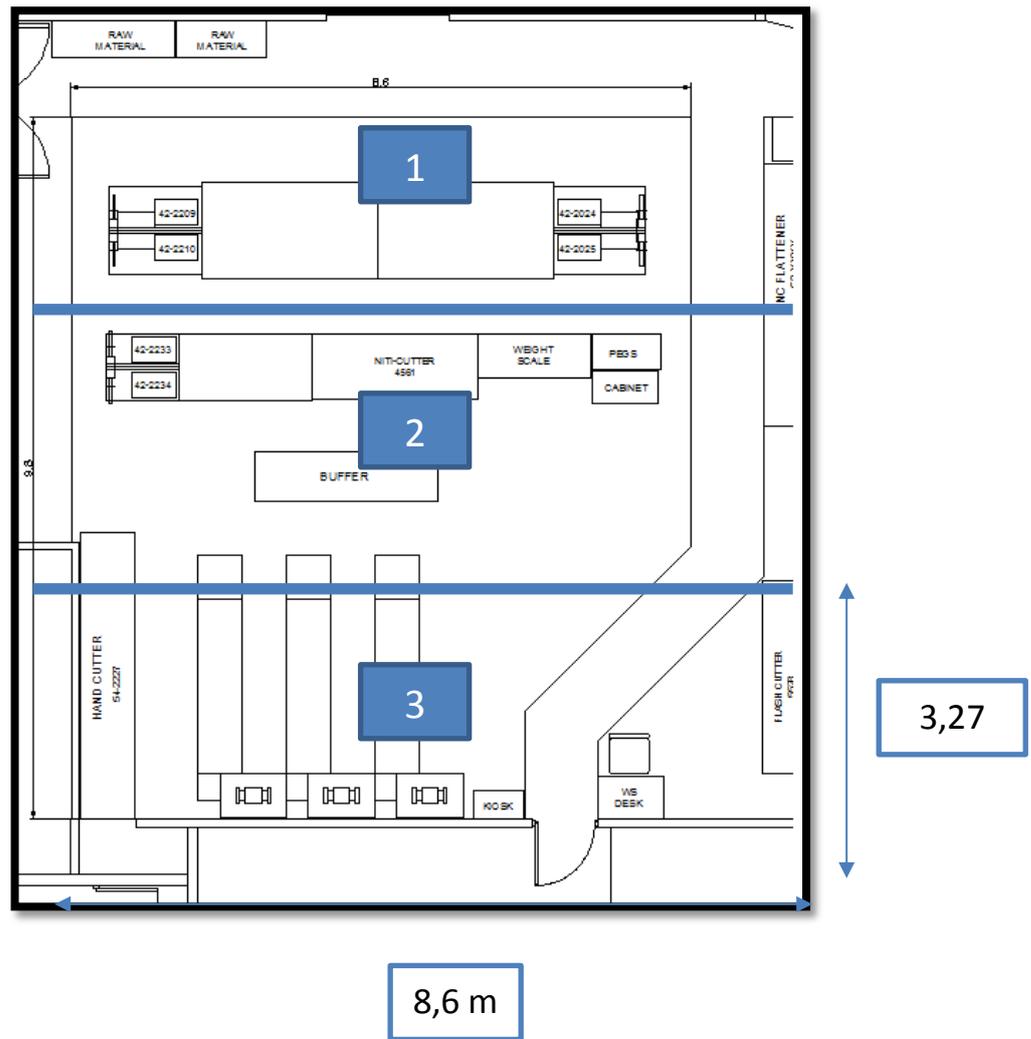
Fuente: Brosted, P

## Apéndice 5. Mapa de ruido edificio 2



Fuente: Brosted, P

## Apéndice 6. Mapa de ruido edificio 1



Fuente: Brosted, P

## Apéndice 7. Resultados encuesta a personal de mantenimiento

1. ¿Qué tipo de mantenimiento de le da a las máquinas?	
Preventivo	
Correctivo	
Ambos	5
2. ¿Se toma en cuenta el ruido realizado por la máquina cuando se le da mantenimiento?	
Si	4
No	1
3. ¿Las personas se suelen quejar de ruido generado por las máquinas?	
Si	2
No	3
4. ¿Qué tipo de máquinas se utilizan en el área de corte y estirado?	
Electromecánica	5
5. ¿Cuál es la antigüedad de las máquinas de corte y estirado?	
Mayor a 5 años	4
6. ¿Se le puede hacer algo a las máquinas para que hagan menos ruido?	
Si	5
No	
¿Qué se les puede hacer?	
Encerramiento	3
Cambiar lo que hace ruido	2

Fuente: Brosted, P

**Apéndice 8. Resultados encuesta estructurada aplicada a colaboradores sobre percepción de ruido**

1.1. Al trabajador le molesta el ruido en su puesto de trabajo	
Mucho	4
Bastante	5
Regular	9
Poco	3
Nada	4
1.1.1. Cuánto tiempo, a lo largo de su jornada laboral, considera que el ruido es más molesto	
Siempre	12
Más de media jornada	3
Entre la media y la cuarta parte de la jornada	2
Menos de la cuarta parte de la jornada	3
Nunca	5
1.1.2. Señale las fuentes de ruido que le resulten más molestas.	
Ruido exterior (otras áreas)	2
Ruido de personas	
Ruido de instalaciones	
Ruido de máquinas	18
2.1. El ruido existente constituye un factor de distracción importante en el desarrollo de la(s) tarea(s)	
Mucho	3
Bastante	3
Regular	4

Poco	5
Nada	10
2.2. El ruido le dificulta la concentración mental requerida en la(s) tarea(s)	
Mucho	2
Bastante	4
Regular	4
Poco	5
Nada	10
3.1. Es necesario elevar el tono de voz para hacerse entender en el desarrollo de su trabajo	
Mucho	4
Bastante	4
Regular	7
Poco	7
Nada	3
3.2. Es necesario forzar la atención para que tener una conversación con un tono de voz cómodo entre compañeros	
Mucho	4
Bastante	5
Regular	6
Poco	6
Nada	4
3.3. Los niveles de ruido impiden escuchar señales acústicas relevantes o entender mensajes por megafonía	
Mucho	1
Bastante	8

Regular	7
Poco	4
Nada	5
3.4 Mencione si padece de alguno de los siguientes síntomas durante o después de la jornada laboral	
Dolor de cabeza	13
Disminución de la audición	5
Perturbación del sueño	6
Sensación de zumbidos	8
Efectos sobre el rendimiento	2
Alteración del sistema digestivo	
Alteración de la presión	1
Desconcentración	7
Irritabilidad	8

Fuente: Brosted, P

### Apéndice 9. Mediciones Nivel de Presión Sonora edificio 1

	Cuadrante 1		Cuadrante 2		Cuadrante 3	
	Hora	dB (A)	Hora	dB (A)	Hora	dB (A)
<b>Medición 1</b>	06:00	80,9	06:01	84,8	06:02	81
<b>Medición 2</b>	06:30	80,4	06:31	85,1	06:32	80,4
<b>Medición 3</b>	07:00	80,5	07:01	83,9	07:02	80,9
<b>Medición 4</b>	07:30	81,7	07:31	82,4	07:32	80,9
<b>Medición 5</b>	08:00	84,4	08:01	82,5	08:02	81,6
<b>Medición 6</b>	08:30	80,7	08:31	83,9	08:32	80,2
<b>Medición 7</b>	09:00	79,7	09:01	83,1	09:02	80
<b>Medición 8</b>	09:30	81,5	09:31	81,5	09:32	83,3
<b>Medición 9</b>	10:00	80,6	10:01	82,9	10:02	83,5
<b>Medición 10</b>	10:30	81,1	10:31	83,9	10:32	80,2
<b>Medición 11</b>	11:00	81,5	11:01	83,5	11:02	85,2
<b>Medición 12</b>	11:30	79,5	11:31	83,5	11:32	80,5
<b>Medición 13</b>	01:00	78,2	01:01	85,8	01:02	80,1
<b>Medición 14</b>	01:30	82,5	01:31	80,6	01:32	80,5
<b>Medición 15</b>	02:00	82,4	02:01	80,9	02:02	76
<b>Medición 16</b>	02:30	81,4	02:31	84,2	02:32	72,8
<b>Medición 17</b>	03:00	82,9	03:01	83,7	03:02	80,6
<b>Medición 18</b>	03:30	83,1	03:31	83,8	03:32	80
<b>Medición 19</b>	04:00	79,8	04:01	80,6	04:02	78,3
<b>Medición 20</b>	04:30	79,4	04:31	85	04:32	79,5
<b>Medición 21</b>	05:00	80,7	05:01	84,4	05:02	74,7
<b>Medición 22</b>	05:30	80,6	05:31	81,6	05:32	79,9

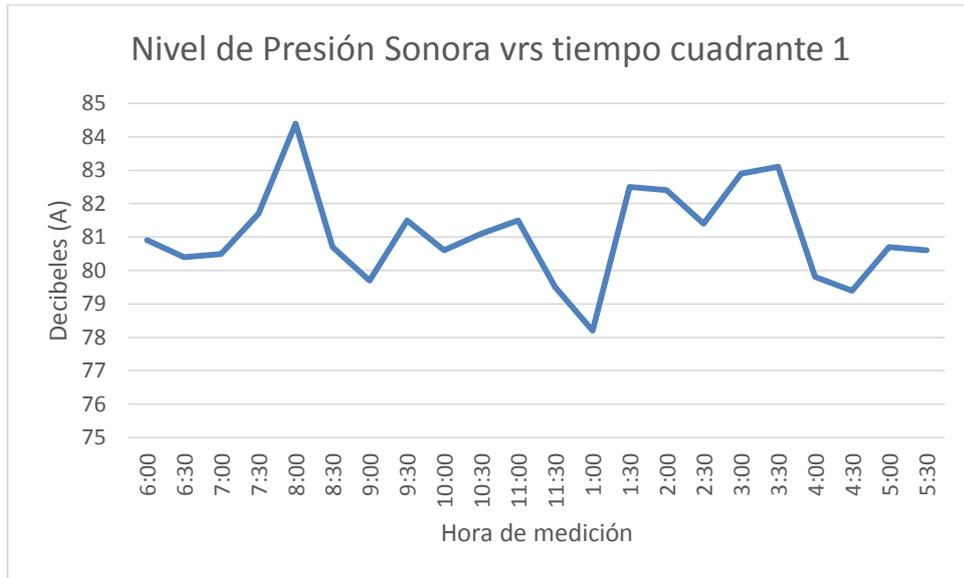
Fuente: Brosed, P

**Apéndice 10. Promedio se NPS por cuadrante edificio 1**

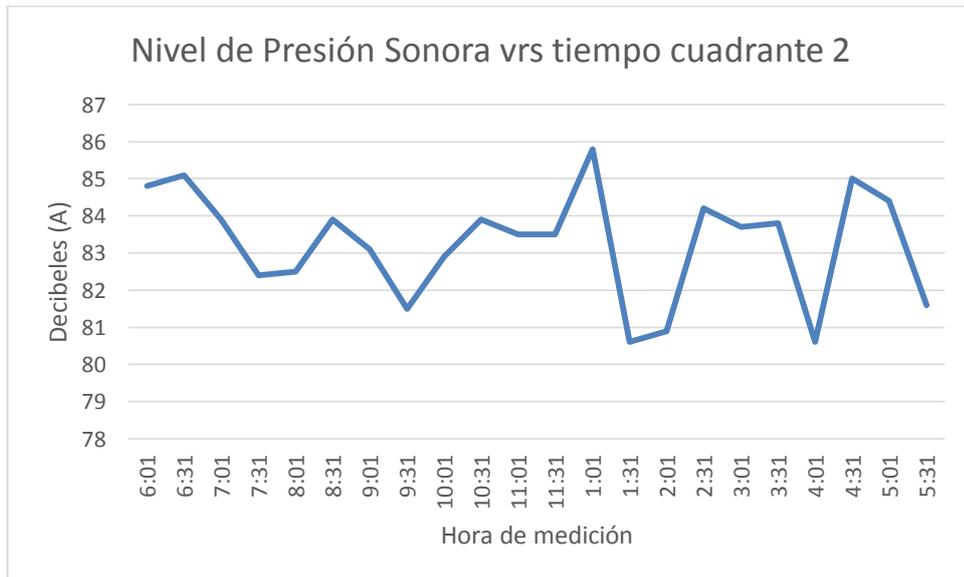
<b>Cuadrante 1 dB (A)</b>
81,18
<b>Cuadrante 2 dB(A)</b>
83,37
<b>Cuadrante 3 dB(A)</b>
80,38

Fuente: Brosed, P

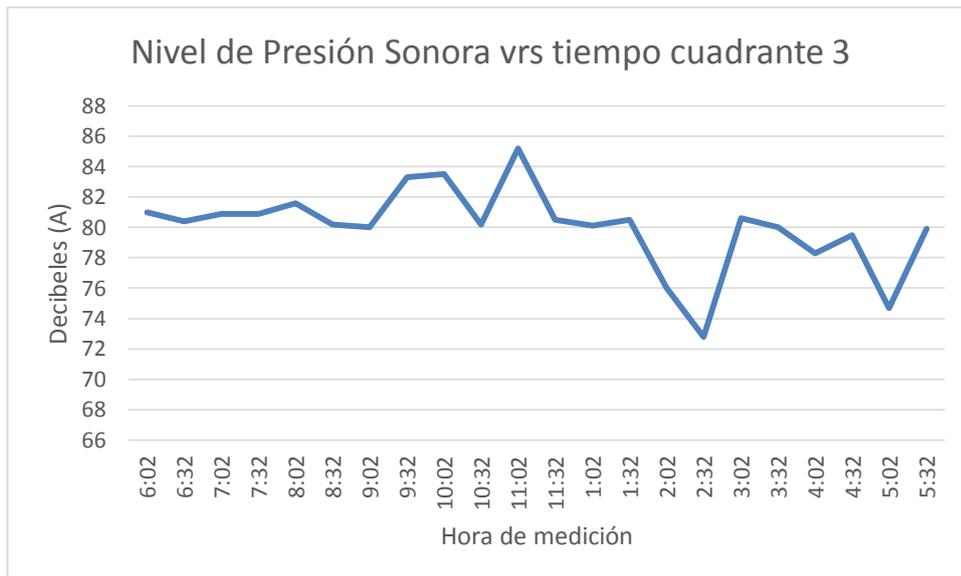
## Apéndice 11. Gráficos Nivel de Presión Sonora vrs tiempo edificio 1



Fuente: Brosted, P



Fuente: Brosted, P



Fuente: Brosed, P

**Apéndice 12. Mediciones Nivel de Presión Sonora edificio 2**

	Cuadrante 1		Cuadrante 2		Cuadrante 3		Cuadrante 4		Cuadrante 5		Cuadrante 6		Cuadrante 7		Cuadrante 8		Cuadrante 9	
	Hora	dB (A)																
<b>Medición 1</b>	06:15	86,6	06:16	92,7	06:17	95,8	06:18	70,5	06:19	79,2	06:20	76,5	06:21	74,8	06:22	72,2	06:23	77,9
<b>Medición 2</b>	06:30	82,5	06:31	91,9	06:32	82,3	06:33	88	06:34	82	06:35	77,4	06:36	79,2	06:37	71,1	06:38	80,3
<b>Medición 3</b>	07:00	87,1	07:01	92,4	07:02	85,6	07:03	87,4	07:04	79	07:05	95,4	07:06	86,7	07:07	81,7	07:08	90,9
<b>Medición 4</b>	07:30	81,6	07:31	86,5	07:32	82	07:33	87,4	07:34	83,6	07:35	78,4	07:36	76,7	07:37	74,4	07:38	78,2
<b>Medición 5</b>	08:00	85,7	08:01	86,2	08:02	96,8	08:03	90,1	08:04	79,8	08:05	95,7	08:06	72,2	08:07	74,3	08:08	79,1
<b>Medición 6</b>	08:30	88,6	08:31	92	08:32	84	08:33	87,9	08:34	87,2	08:35	83,4	08:36	76,2	08:37	74	08:38	82,1
<b>Medición 7</b>	09:00	87,7	09:01	90,3	09:02	97,1	09:03	86,4	09:04	85,2	09:05	94,4	09:06	83,9	09:07	75,1	09:08	79,1
<b>Medición 8</b>	09:30	89	09:31	86,9	09:32	83,6	09:33	85,5	09:34	88,1	09:35	94,8	09:36	74,1	09:37	82	09:38	89,4
<b>Medición 9</b>	10:00	82,2	10:01	87,8	10:02	95,9	10:03	87,2	10:04	82,8	10:05	79,7	10:06	74,8	10:07	82	10:08	76,8
<b>Medición 10</b>	10:30	82,1	10:31	88,1	10:32	81	10:33	82,9	10:34	86,1	10:35	95	10:36	74,9	10:37	79	10:38	77
<b>Medición 11</b>	11:00	88	11:01	92	11:02	85,6	11:03	86,1	11:04	88,9	11:05	95,5	11:06	84,3	11:07	80,8	11:08	87
<b>Medición 12</b>	11:30	83,8	11:31	91,8	11:32	96,2	11:33	86,2	11:34	80,5	11:35	79,3	11:36	72,8	11:37	73,7	11:38	72,6
<b>Medición 13</b>	01:00	82,8	01:01	92,5	01:02	98,8	01:03	84,6	01:04	78	01:05	94,9	01:06	85,5	01:07	81,5	01:08	76,1
<b>Medición 14</b>	01:30	82,5	01:31	86,1	01:32	96,8	01:33	86	01:34	86,2	01:35	84,3	01:36	85,5	01:37	81,5	01:38	84,2
<b>Medición 15</b>	02:00	88,3	02:01	90,9	02:02	82,7	02:03	82,8	02:04	81,3	02:05	92,8	02:06	84,5	02:07	80,5	02:08	79,7
<b>Medición 16</b>	02:30	87,7	02:31	92,1	02:32	97,1	02:33	85,3	02:34	85,7	02:35	95,1	02:36	76,9	02:37	79	02:38	77,1
<b>Medición 17</b>	03:00	85,5	03:01	86,6	03:02	95,7	03:03	87,2	03:04	84,7	03:05	80,3	03:06	77,4	03:07	79,2	03:08	78,5
<b>Medición 18</b>	03:30	81,6	03:31	88,6	03:32	96,7	03:33	87,3	03:34	82,1	03:35	93,7	03:36	84,7	03:37	82,2	03:38	83,2
<b>Medición 19</b>	04:00	78,6	04:01	91,9	04:02	85,3	04:03	88,1	04:04	80,9	04:05	79,4	04:06	77	04:07	76,8	04:08	78,6
<b>Medición 20</b>	04:30	81	04:31	91,7	04:32	86,9	04:33	87,8	04:34	82,4	04:35	78,6	04:36	72,6	04:37	74	04:38	73,3
<b>Medición 21</b>	05:00	79,6	05:01	91,9	05:02	85,7	05:03	90,2	05:04	82,7	05:05	78,3	05:06	75,6	05:07	74,3	05:08	81,3
<b>Medición 22</b>	05:30	81	05:31	85,8	05:32	93,8	05:33	87,9	05:34	81,9	05:35	79,3	05:36	72,9	05:37	80,3	05:38	76,3

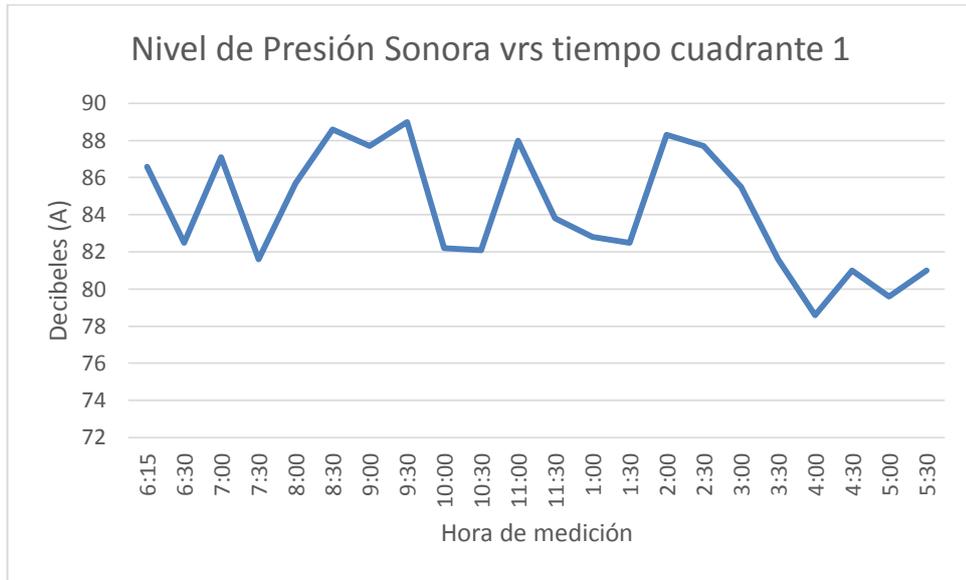
Fuente: Brosed, P

**Apéndice 13. Promedio se NPS por cuadrante edificio 2**

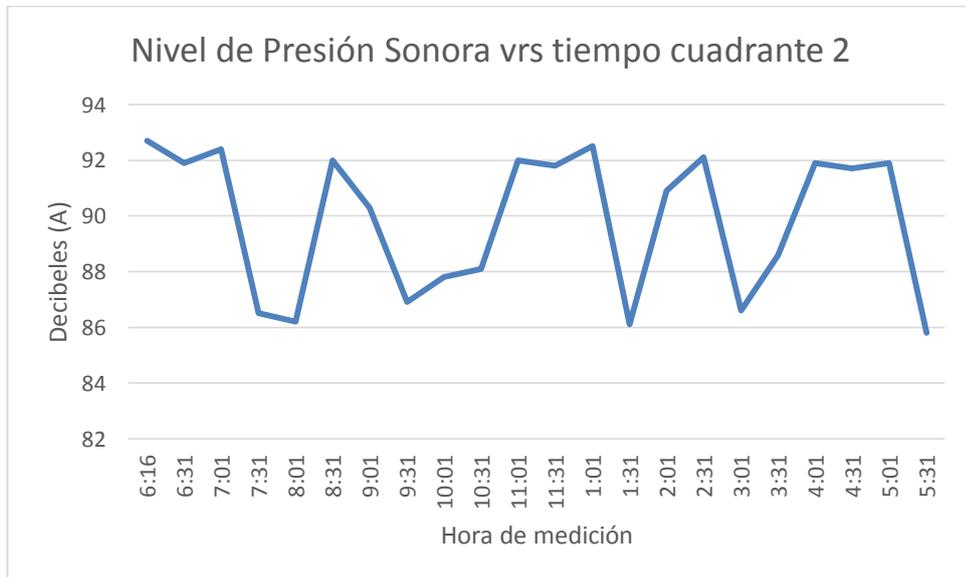
<b>Cuadrante 1 dB(A)</b>	<b>Cuadrante 6 dB(A)</b>
84,82	89,62
<b>Cuadrante 2 dB(A)</b>	<b>Cuadrante 7 dB(A)</b>
90,20	79,76
<b>Cuadrante 3 dB(A)</b>	<b>Cuadrante 8 dB(A)</b>
92,38	78,43
<b>Cuadrante 4 dB(A)</b>	<b>Cuadrante 9 dB(A)</b>
86,63	81,31
<b>Cuadrante 5 dB(A)</b>	
83,63	

Fuente: Brosed, P

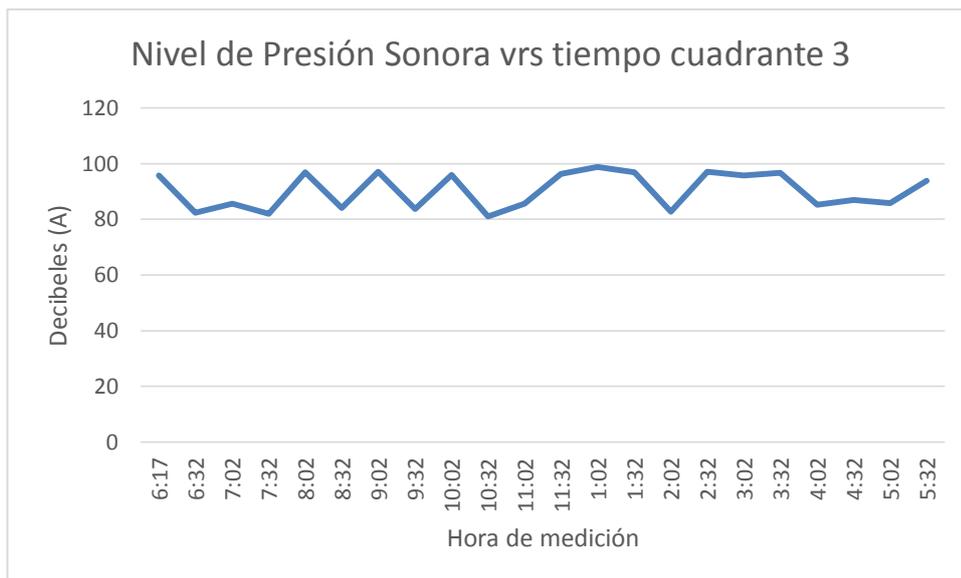
**Apéndice 14. Gráficos Nivel de Presión Sonora vrs tiempo edificio 2**



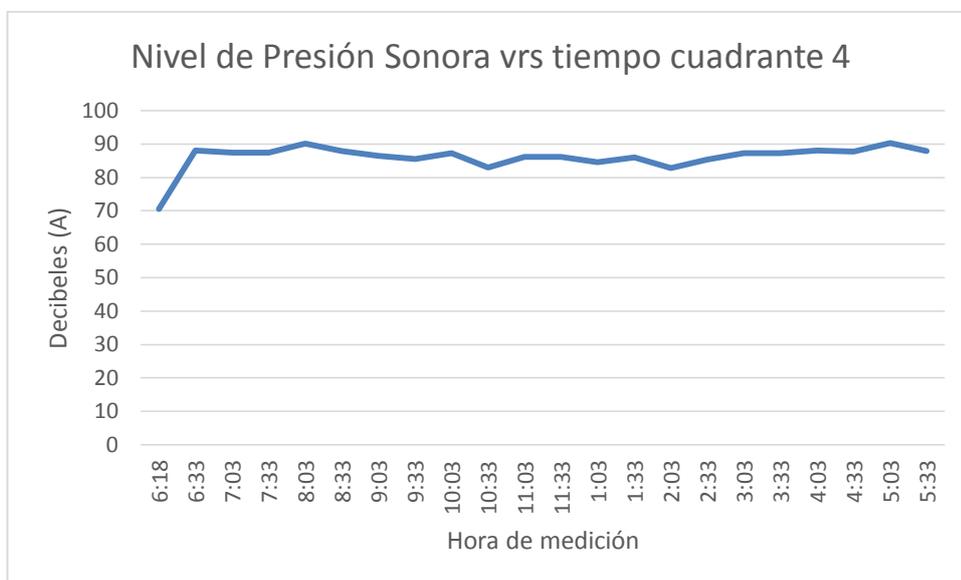
Fuente: Brosted, P



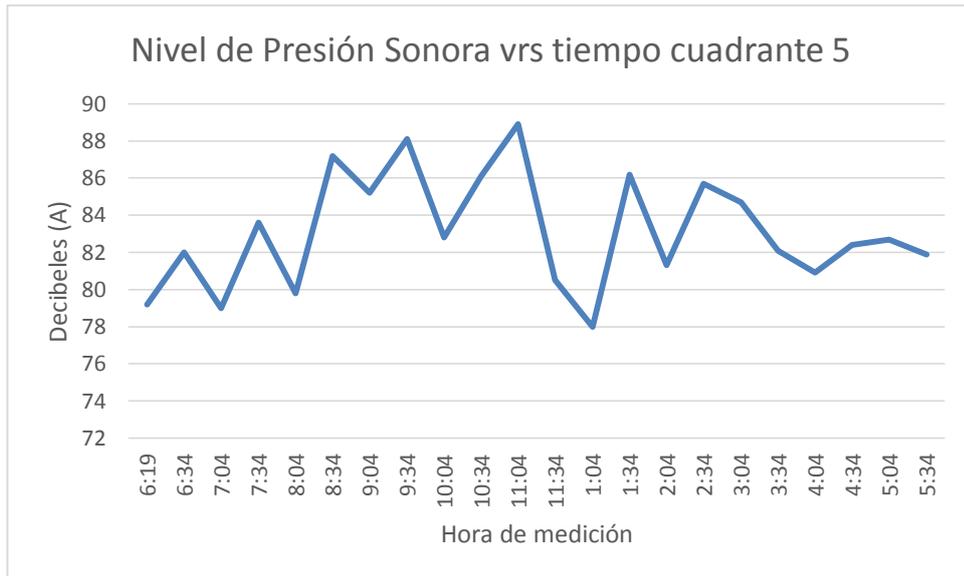
Fuente: Brosted, P



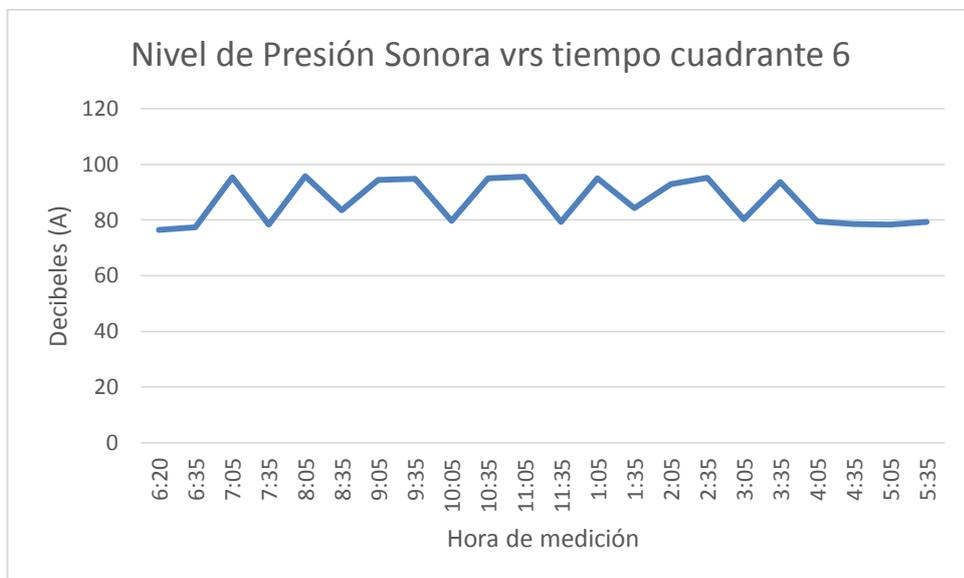
Fuente: Brosted, P



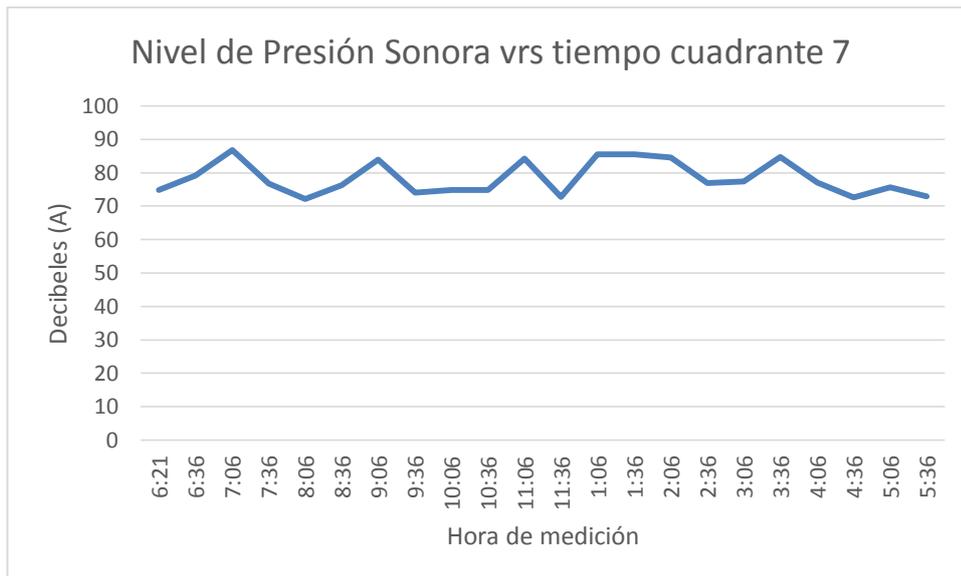
Fuente: Brosted, P



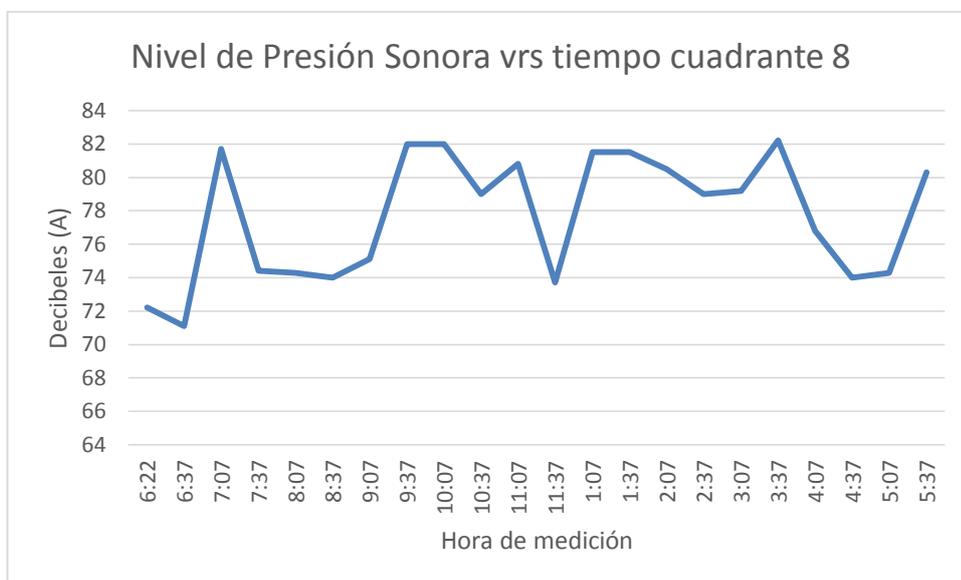
Fuente: Brosted, P



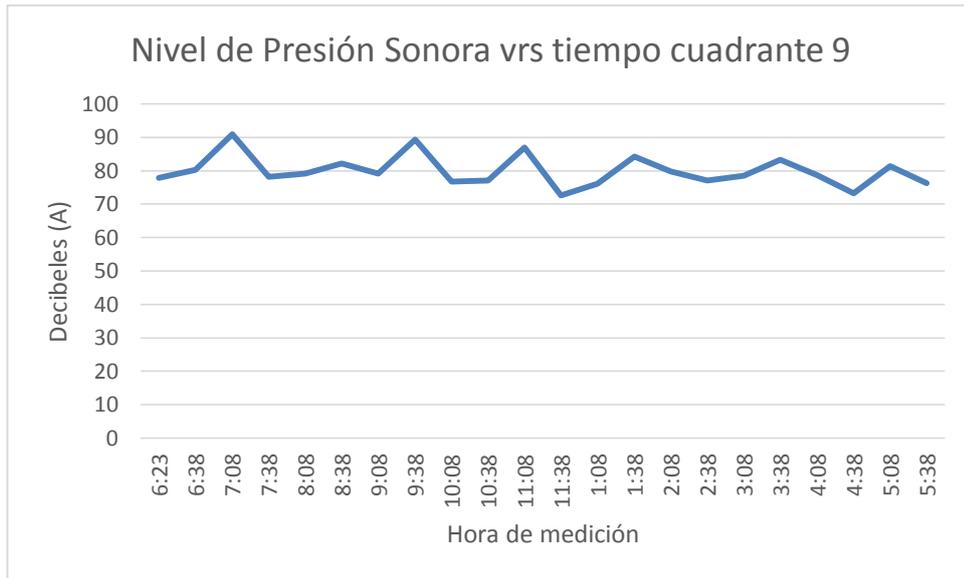
Fuente: Brosted, P



Fuente: Brosted, P



Fuente: Brosted, P



Fuente: Brosted, P

## Apéndice 15. Niveles de Presión Sonora en cada punto

	Máquina 1-1	Máquina 2-1	Máquina 3-1	Máquina 1-2	Máquina 2-2	Máquina 3-2	Máquina 4-2	Máquina 5-2	Máquina 6-2
Punto	Medición 1 dB (A)								
1	71	71,6	72,9	71,8	77,8	72,6	71	75,5	76,1
2	71,7	70,7	74,6	70,1	71,7	72,5	71,8	72,3	72,6
3	70,8	71,7	74	69,7	69,2	77,6	77,7	72,7	71,9
4		72,1	72,4	73	77,7	84	75,2	71,6	72,5
5	70,3	73,9	79	77,7	71,8	72,2	78,1	68,5	74,7
6	64,4	73,5	74,3	79,8	80,4	78,3	72,8	71,1	79,5
7	70,8	72,5	72,5	77,8	78,6	70,4	75,3	77,4	85,8
8	70,8								
Punto	Medición 2 dB (A)								
1	74,9	79	79	72,9	70,5	75,6	76,2	77,7	77
2	71,2	73,9	73,9	73,8	75,4	83,2	75	72,9	76,2
3	71,7	81,5	81,5	81,2	71,6	78,7	75	75,2	80,1
4		72	72	71,5	70,5	84,3	76,1	72,4	73,4
5	74,9	74,7	74,7	72,7	70,9	73,9	74,2	70,5	68,2
6	70,7	81	81	76	80,5	85,6	73,6	74,1	83,2
7	71,8	74	74	70,3	69,8	76,7	73,6	73,5	77,8
8	70,9								
Punto	Medición 3 dB (A)								
1	72,2	75,1	78,9	70,1	75,5	71,2	76,9	79,2	70,8
2	71,4	72,5	74,5	76,1	72,8	78,7	76,2	78,9	72,4
3	70,6	72,8	74	70	71,5	77,4	70,2	75,1	76,4
4		72,3	80,6	77,8	75	73,3	72,7	71	82,2
5	70,1	73,2	74	70,8	71,1	74	73,6	75,1	83,6
6	70,7	75,5	75,4	73,5	76,8	75,7	73,1	72,2	70,3
7	77,1	73	80,6	69,5	70,4	75,5	75,3	73,2	74,6
8	76,4								
Punto	Medición 4 dB (A)								
1	70,8	71	76,5	74,4	74,9	74,7	77,8	71,3	75
2	72,1	71,7	76,6	70,4	75,7	80,4	73,9	71,8	75,8
3	71,1	72,2	77,9	68,8	77,4	74,4	72,1	72,5	77
4		71,6	73,8	75,5	71,7	80,7	74,3	71,7	74
5	70,3	80,4	73,5	71,7	74,8	84,1	77,5	71,6	76,6
6	76,9	74,2	74,5	70,9	77,2	76,9	86,4	71,9	76,1
7	69,8	75,5	72,5	69,9	76,4	78	79,2	71,6	82,9
8	73,4								
Punto	Medición 5 dB (A)								
1	71,9	70,4	75,8	70,3	83,9	74,2	75,8	71,5	73,8

2	70,7	70,6	87,4	70,1	72	71,8	74,1	75,2	82,3
3	70,6	71,8	79,8	69	74,4	72,5	76,8	71,4	81,4
4		79,1	79,7	70	79,8	79,3	69,9	72,4	74,6
5	73,2	73,6	74,2	75,6	78,6	79,2	71,8	73,9	69,1
6	73,7	72,9	79,2	74	82,1	84	73,9	72,2	68,7
7	70,3	72,9	72,3	77,3	81,2	70,1	83,1	70,6	78,3
8	75,9								
Punto	Medición 6 dB (A)								
1	70,7	71,2	72,6	71,3	73,1	77,9	75,2	72,3	70,9
2	72,2	78,2	84,7	73,7	71,7	78,2	91	71,4	74
3	71,2	73,1	75,1	69,5	82,5	78,9	77,4	77,4	71,4
4		73	75	69,7	71,4	74,8	78,4	73,3	70,8
5	69,9	82,8	73,3	72,6	80	76,7	83,5	74,9	80,9
6	75,4	78,2	74,7	74,4	71,2	79,7	70,9	75,4	70,3
7	70,9	74,6	73,1	74,8	70,9	84	75,2	70,8	67,5
8	71,8								
Punto	Medición 7 dB (A)								
1	72,2	70,6	73,6	72,2	77	70,7	75,2	72,2	72,8
2	71,2	77	80,9	69,3	74,4	78	74,4	77,5	78,5
3	71,4	71,8	77,8	77,1	81,1	81,6	74,5	79	77,5
4		72,8	78,6	79,3	77,8	73,3	76,9	74,9	81,3
5	75,3	73,7	83,9	83,2	82,2	84,1	72,7	71,6	71,9
6	76,1	73,1	85,7	72,2	75,4	83,4	72,9	73,8	79,6
7	69,6	73,5	80,3	85,8	79,2	75,4	77,8	72,1	71,5
8	70								

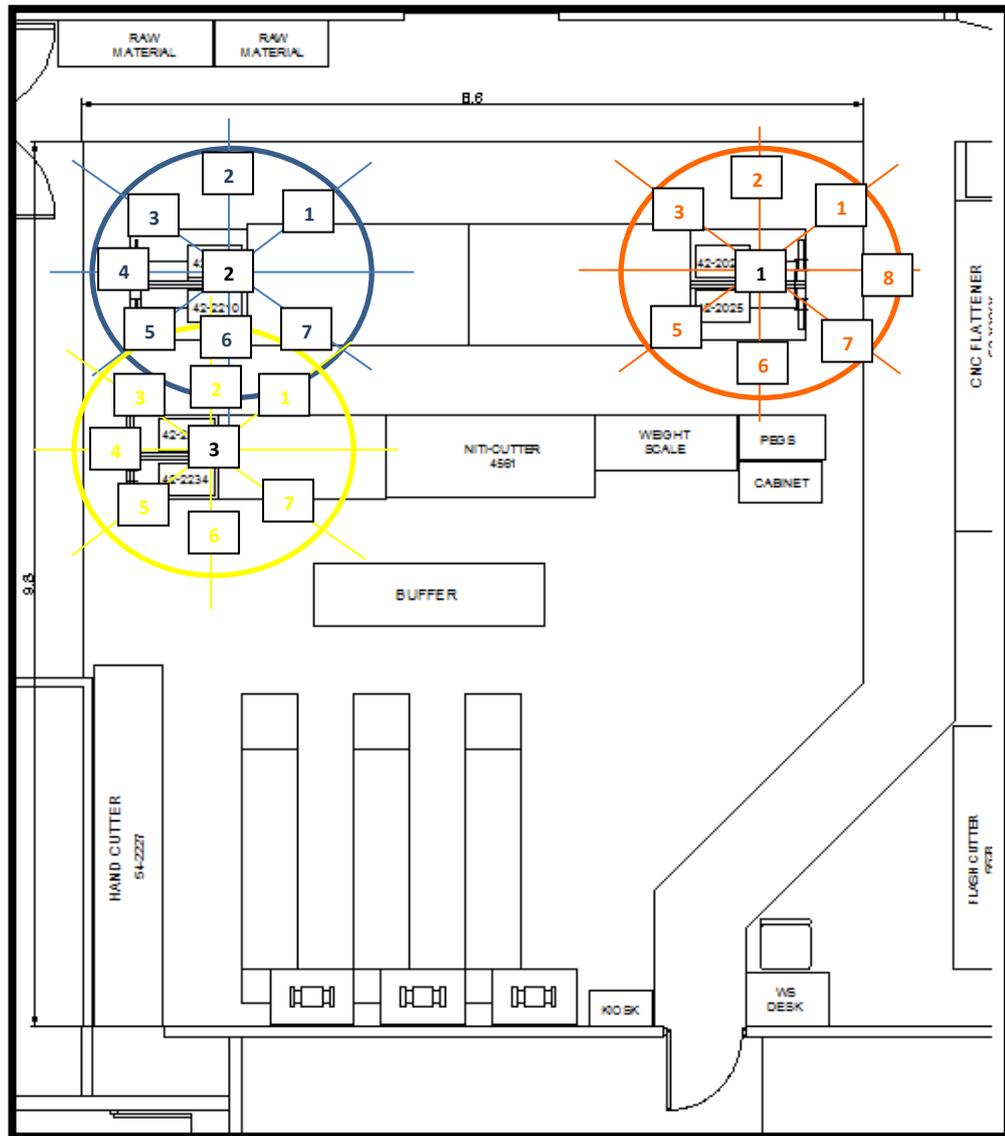
Fuente: Brosed, P

### Apéndice 16. Promedios Niveles de Presión Sonora por punto

Punto	Máquina 1-1	Máquina 2-1	Máquina 3-1	Máquina 1-2	Máquina 2-2	Máquina 3-2	Máquina 4-2	Máquina 5-2	Máquina 6-2
1	72,068	73,277	75,975	71,971	77,059	74,167	75,654	74,779	74,059
2	71,514	73,990	80,495	72,270	73,539	78,324	79,584	74,741	76,635
3	71,066	74,337	77,581	73,578	76,685	77,731	75,183	75,143	77,198
4		73,671	76,643	74,553	75,510	79,628	75,157	72,558	76,584
5	72,293	76,877	76,992	75,977	76,700	78,955	76,834	72,587	76,683
6	73,369	75,987	78,866	74,842	78,288	81,232	76,621	73,072	76,919
7	71,856	73,771	75,798	76,985	76,283	76,900	77,641	73,037	78,797
8	73,078								

Fuente: Brosted, P

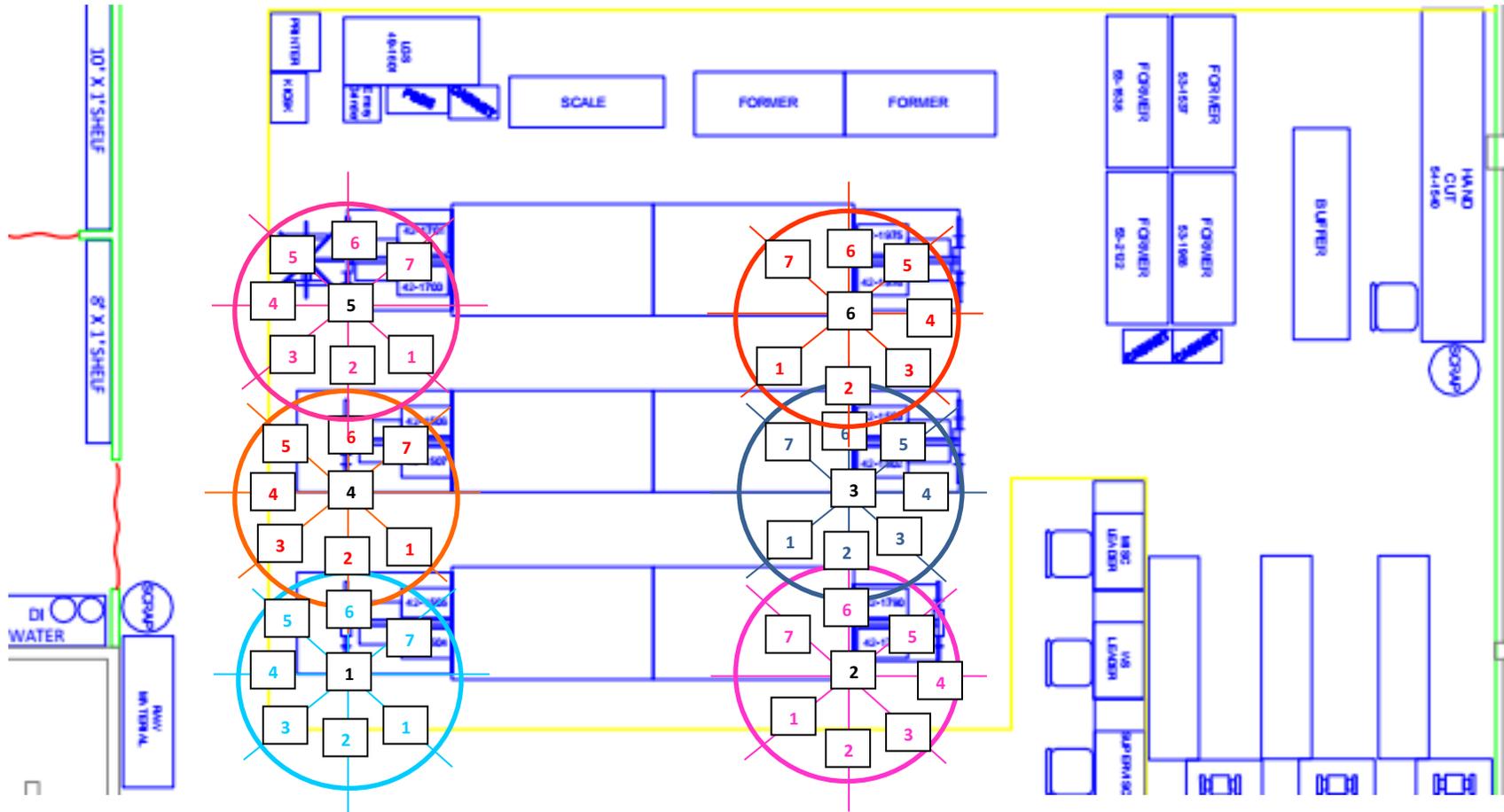
## Apéndice 17. Telaraña análisis de fuente edificio 1



Fuente: Brosted, P

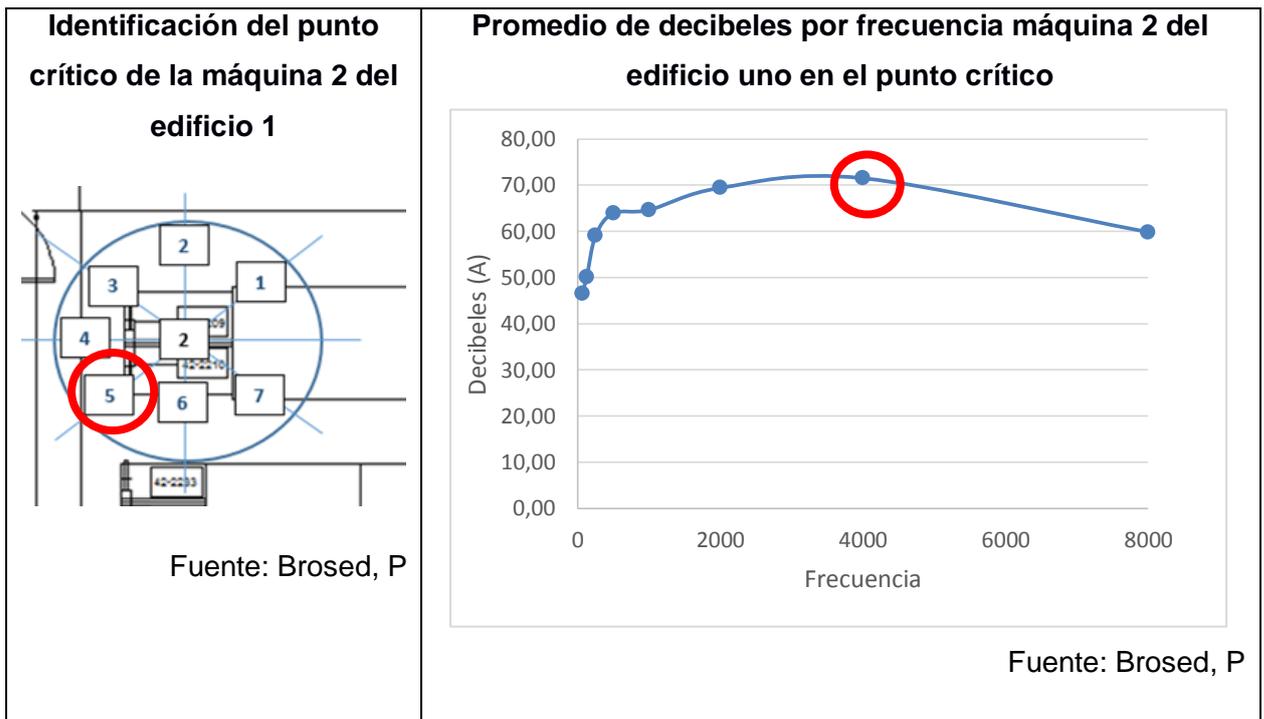
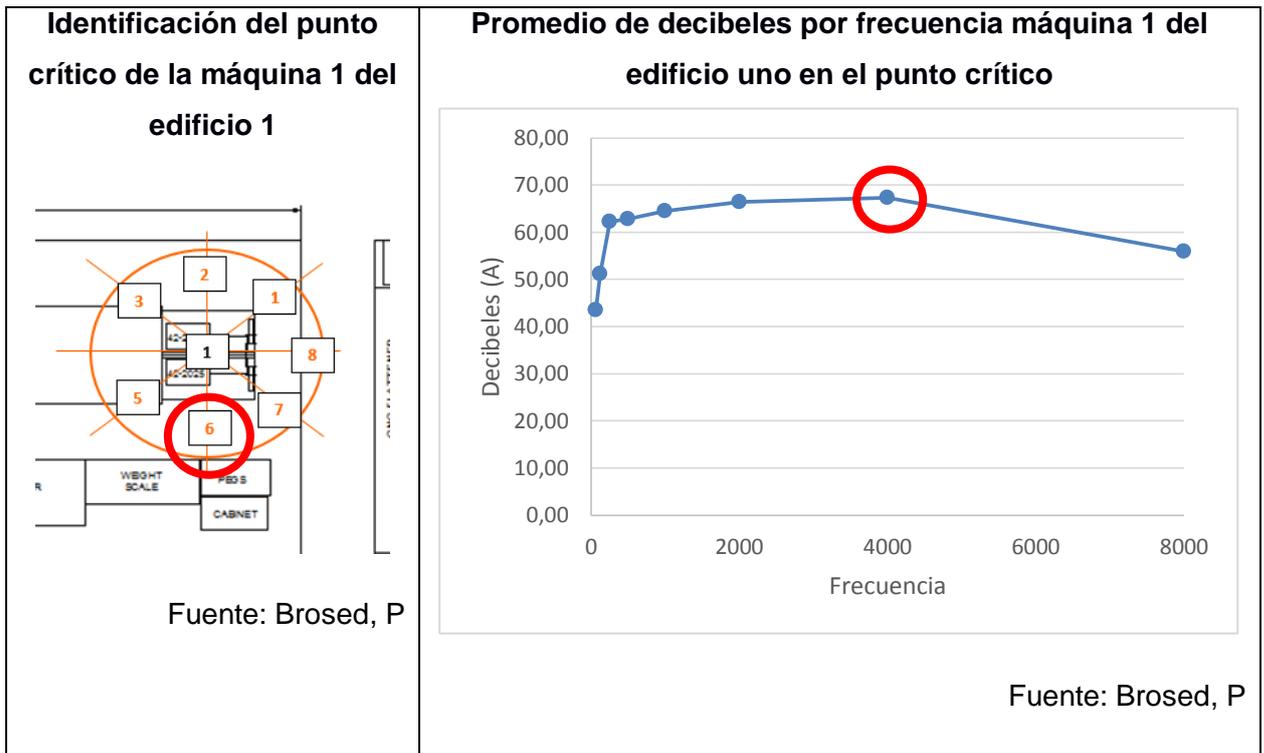


**Apéndice 18. Telaraña análisis de fuente edificio 2**

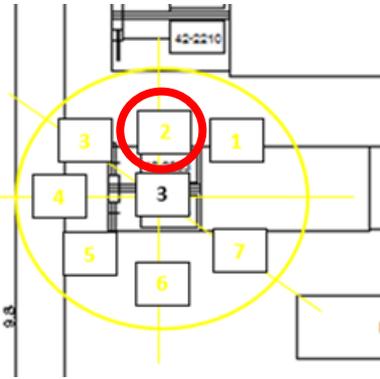


Fuente: Brosed, P

**Apéndice 19. Punto crítico y frecuencia dominante por máquina**

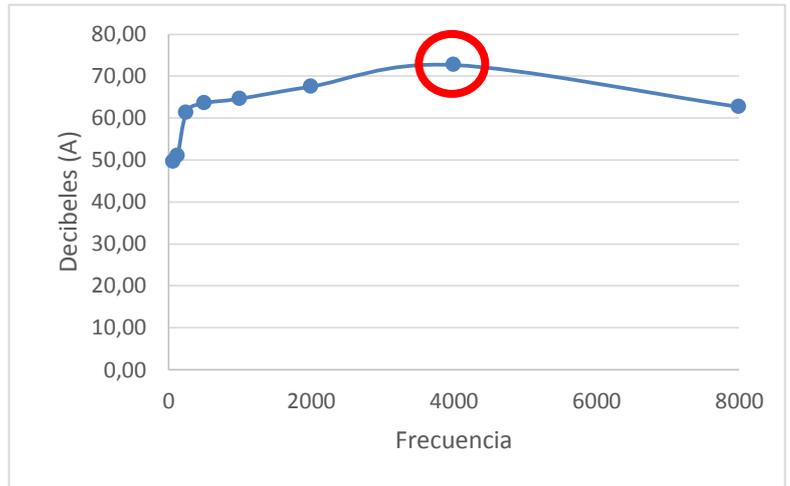


**Identificación del punto crítico de la máquina 3 del edificio 1**



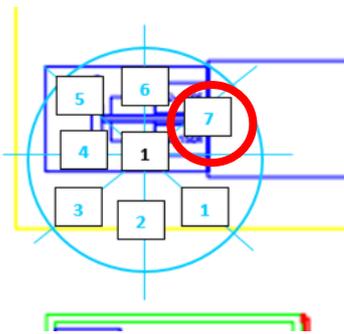
Fuente: Brosed, P

**Promedio de decibeles por frecuencia máquina 3 del edificio uno en el punto crítico**



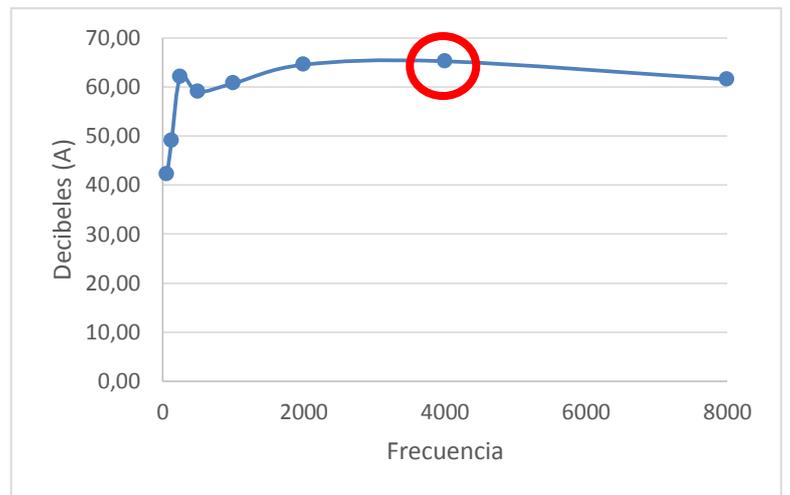
Fuente: Brosed, P

**Identificación del punto crítico de la máquina 1 del edificio 2**



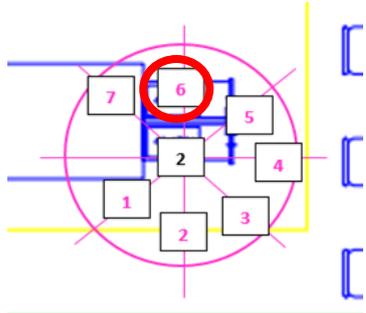
Fuente: Brosed, P

**Promedio de decibeles por frecuencia máquina 1 del edificio dos en el punto crítico**



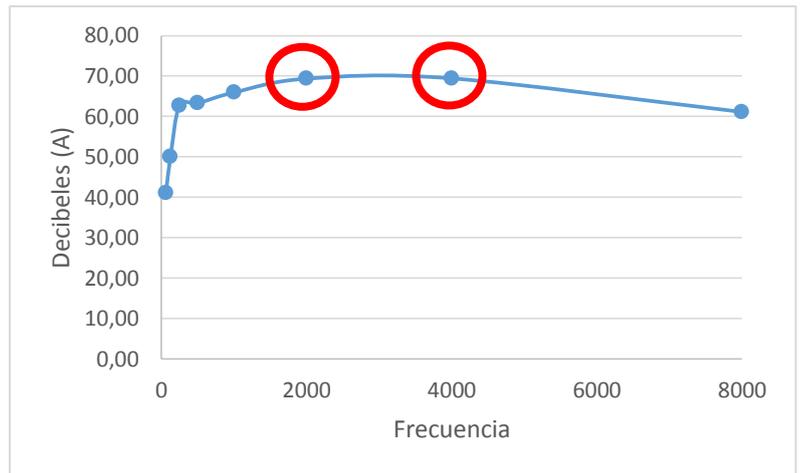
Fuente: Brosed, P

**Identificación del punto crítico de la máquina 2 del edificio 2**



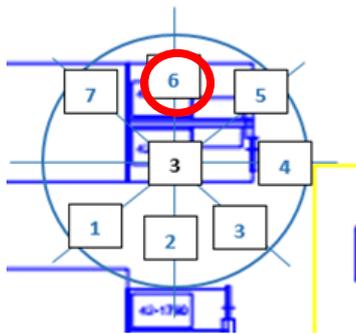
Fuente: Brosed, P

**Promedio de decibeles por frecuencia máquina 2 del edificio dos en el punto crítico**



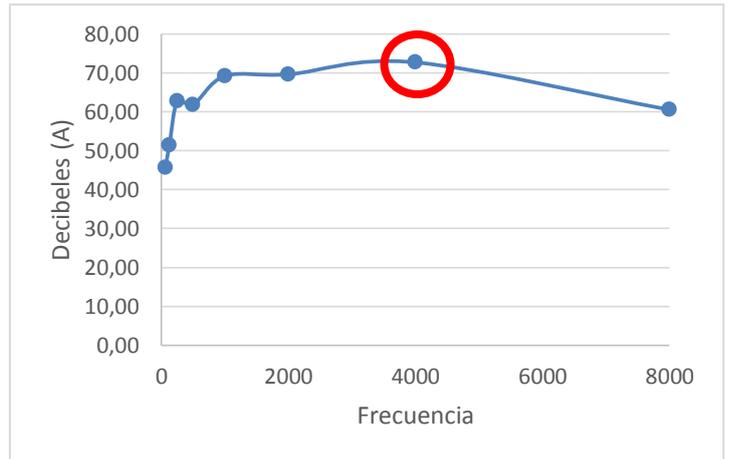
Fuente: Brosed, P.

**Identificación del punto crítico de la máquina 3 del edificio 2**



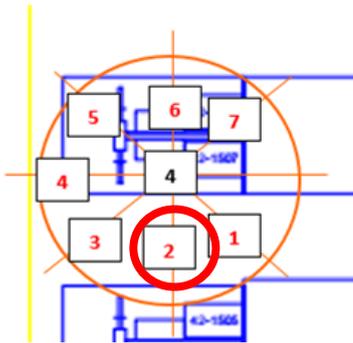
Fuente: Brosed, P

**Promedio de decibeles por frecuencia máquina 3 del edificio dos en el punto crítico**



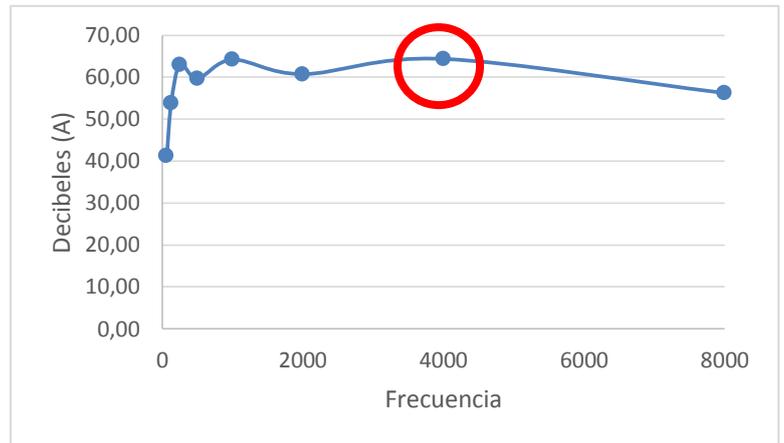
Fuente: Brosed, P

**Identificación del punto crítico de la máquina 4 del edificio 2**



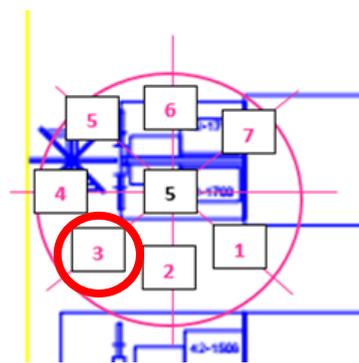
Fuente: Brosed, P

**Promedio de decibeles por frecuencia máquina 4 del edificio dos en el punto crítico**



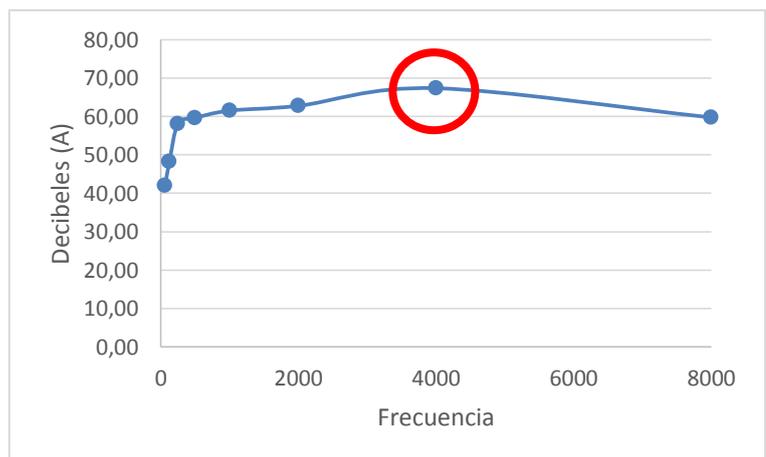
Fuente: Brosed, P

**Identificación del punto crítico de la máquina 5 del edificio 2**



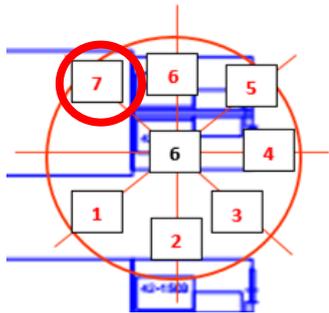
Fuente: Brosed, P

**Promedio de decibeles por frecuencia máquina 5 del edificio dos en el punto crítico**



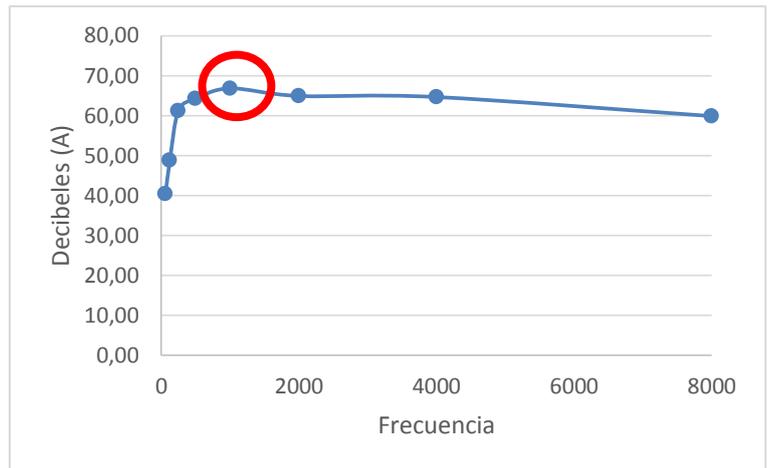
Fuente: Brosed, P

**Identificación del punto crítico de la máquina 6 del edificio 2**



Fuente: Brosed, P

**Promedio de decibeles por frecuencia máquina 6 del edificio dos en el punto crítico**



Fuente: Brosed, P

**Apéndice 20.** Cálculos para determinar las constantes del encerramiento

Características del área			Coeficiente de absorción ( $\alpha$ ) del material por frecuencia (Hz)					
Superficie	Material	Área cm <sup>2</sup>	125	250	500	1000	2000	4000
Frente	Acrílico	245	0,2	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03
			A $\alpha$					
			49	17,15	12,25	9,8	9,8	7,35
Lados	Acrílico	630	0,2	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03
			A $\alpha$					
			126	44,1	31,5	25,2	25,2	18,9
Parte superior	Acrílico	126	0,2	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03
			A $\alpha$					
			25,2	8,82	6,3	5,04	5,04	3,78
Parte trasera	Acrílico	245	0,2	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03
			A $\alpha$					
			49	17,15	12,25	9,8	9,8	7,35
Área total		1246	Suma de A $\alpha$					
			249,2	87,22	62,3	49,84	49,84	37,38
am			0,2	0,07	0,05	0,04	0,04	0,03
R			311,5	93,78	65,58	51,92	51,92	38,54
Q			1					
r			30 cm					

Fuente: Brosted, P

**Apéndice 21.** Pérdida de transmisión sonora para el material.

Las fórmulas utilizadas para los cálculos son las siguientes:

- $NR = Lp (real) - Lp (req) + 5$

Se le hace la suma de 5 como factor de seguridad.

- $TL req = NR + 10 \log\left(\frac{1}{4} + \frac{S}{R}\right)$

Donde

S: Superficie total del encierro

R: Constante por frecuencia

Para el cálculo de la potencia de la máquina:

- $Lw = Lp - 10 \log \left[ \left( \frac{Q}{4\pi r^2} \right) + \frac{4}{R} \right]$

Donde

Q: Factor de directividad (se utilizó el valor de 1)

r: Distancia entre la fuente y el receptor

R: Constante del local

Los resultados se pueden observar en la siguiente tabla, con el cálculo de los valores para la pérdida de transmisión sonora requerida por el encerramiento para la máquina 2 - edificio 2.

	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Lp dB (L) a 1 m de distancia de la fuente	92,7	91,9	92,4	86,5	86,2	92
Potencia de la máquina (Lw)	61,74	66,16	68,21	63,33	63,03	70,12
Lp2: NC-70 (Anexo 1)	80	79	80	75	72	79
NR	17,7	17,9	17,4	16,5	19,2	18
TL (req)	23,98	29,22	30,24	30,35	33,05	33,13
TL acrílico 1/2 pulg	20	24	27	30	29	35

Fuente: Brosed, P

**Apéndice 22.** Encuesta para determinar la efectividad de las capacitaciones

**Instrucciones:** A continuación presenta un cuestionario con el que se pretende recoger su opinión sobre las capacitaciones que ha recibido con relación al tema de ruido. Para rellenarlo lea detenidamente cada pregunta y todas las alternativas de respuesta. Marque con una X, o indique la opción u opciones que usted considere, en la casilla correspondiente. Por favor, responda a todas las preguntas y tenga en cuenta que algunas pueden tener varias respuestas.

1. Defina ruido

---

---

---

---

2. ¿Cuáles son los tipos de ruido?

---

---

---

---

3. ¿La exposición a ruido se puede controlar?

Si ( )      No ( )      No recuerdo ( )

4. ¿La audición se puede dañar por estar expuestos a ruido?

Si ( )      No ( )      No recuerdo ( )

5. ¿Cuáles síntomas se pueden presentar por la exposición a niveles elevados de ruido?

---

---

---

---

6. ¿El ruido se puede considerar un problema en el trabajo?

Si ( )      No ( )

**Apéndice 23.** Tabla de recolección de datos NPS

Evaluación de los Niveles de Presión Sonora del área de corte y estirado  
 Bitácora de muestreo



Período: Diurno ( ) Nocturno ( )

Fecha:

Hora de inicio:

Hora final:

Calibración:

	Cuadrante 1		Cuadrante 2		Cuadrante 3		Cuadrante 4		Cuadrante 5		Cuadrante 6		Cuadrante 7		Cuadrante 8		Cuadrante 9	
	Hora	dB (A)																
Medición 1																		
Medición 2																		
Medición 3																		
Medición 4																		
Medición 5																		
Medición 6																		
Medición 7																		
Medición 8																		
Medición 9																		
Medición 10																		
Medición 11																		
Medición 12																		
Medición 13																		
Medición 14																		
Medición 15																		
Medición 16																		
Medición 17																		
Medición																		

18																		
Medición 19																		
Medición 20																		
Medición 21																		
Medición 22																		

Fuente: Brosed, P.

**Apéndice 24.** Tabla de promedios NPS por cuadrante

	Promedio NPS dB(A)
Cuadrante 1	
Cuadrante 2	
Cuadrante 3	
Cuadrante 4	
Cuadrante 5	
Cuadrante 6	
Cuadrante 7	

Fuente: Brosed, P.

**Apéndice 25:** Rango de clasificación de cuadrantes

Rango de clasificación	
Rango dB(A)	Color
75-80	Yellow
80-85	Orange
85-90	Red
90-95	Purple

Fuente: Brosed, P.

**Apéndice 26.** Tabla de recolección de datos medición de fuente

Evaluación en la fuente de los Niveles de Presión Sonora del área de corte y estirado									
									
Bitácora de muestreo									
Fecha:									
Hora de inicio:									
Hora final:									
Edificio:									
	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina	Máquina
	1-1	2-1	3-1	1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	6-2
Punto	Medición 1 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 2 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 3 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									

7									
Punto	Medición 4 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 5 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 6 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
Punto	Medición 7 dB (A)								
1									
2									
3									
4									
5									

6									
7									

Fuente: Brosted, P.

**Apéndice 27.** Tabla de recolección de datos medición por frecuencia en el punto crítico

Evaluación en la fuente de los Niveles de Presión Sonora del área de corte y estirado								
Bitácora de muestreo								
								
Fecha:								
Hora de inicio:								
Hora final:								
Edificio:								
Frecuencia	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Punto	Máquina 1-1							
Punto	Máquina 2-1							

Punto	Máquina 3-1							
Punto	Máquina 1-2							
Punto	Máquina 2-2							

Punto	Máquina 3-2							
Punto	Máquina 4-2							

Punto	Máquina 5-2							
Punto	Máquina 6-2							

Fuente: Brosted, P.