

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES.

1.1. INTRODUCCIÓN.

El ruido constituye uno de los contaminantes físicos que más afectan a los trabajadores que laboran en las plantas industriales, en las industrias es provocado por las máquinas que se mantienen encendidas durante las horas laborales. El ruido presenta diversos efectos dañinos en la salud de los trabajadores, y es el responsable de la mayoría de las transformaciones fisiológicas y psicológicas en el organismo los cuales afectan la calidad de vida y el comportamiento de los trabajadores. El más nocivo de todos los daños, es la pérdida de la audición como consecuencia de exposiciones prolongadas y repetidas a los altos niveles de ruido sin las medidas de protección necesarias, el cual disminuye la capacidad auditiva llegando a generar la sordera profesional, y genera en la industria baja de la productividad.

Méndez y González, 2007, luego de un estudio en las alteraciones auditivas en trabajadores expuestas al ruido industrial, llegaron a concluir que el 78,5% de los trabajadores se ven afectados por hipoacusia, atribuibles al ruido industrial y un gran número de trabajadores equivalentes al 30,6 % expuestos a elevados niveles de ruido no por la naturaleza de su labor también lo padecían.

La evaluación del ruido consiste en determinar si los valores de exposición de los trabajadores superan los límites establecidos según la normativa local (en el caso de Ecuador el Decreto 2393), ya que como todo riesgo el ruido tiene un umbral limite, para

lo cual existen dos criterios que permiten llevar a cabo la evaluación: la amplitud de la onda o intensidad de pico de presión y la frecuencia con que ocurren los picos de presión, el oído humano detecta como volumen y tono respectivamente, la frecuencia es importante cuando se van a analizar las fuentes de exposición al ruido, sin embargo se considera más importante la intensidad de presión de onda sonora, ya que los picos altos son los que provocan daño permanente en el oído, tal como lo explica Asfhal, 2000.

Para establecer la existencia de problemas del ruido el responsable de la evaluación de riesgos irá en busca de problemas de dicho riesgo físico, caminando por la planta y escuchando, si toca a una persona con el dedo del pulgar y no se puede oír ni comprender su conversación, la persona ha perdido su audición o existe demasiado ruido en el lugar, si el ruido es continuo pero no tan fuerte como el de una aspiradora se puede decir que no está sobrepasando los límites permitidos por la ley, sin embargo si el ruido es continuo y como el de un tren subterráneo se puede decir que probablemente se esté sobrepasando los límites permitidos; si el ruido se encuentra entre estos dos puntos deberá ser medido con un sonómetro que registra la intensidad de presión de onda sonora en decibeles. Cuando se identifica la existencia del problema se realiza controles de ingeniería y administrativos, si no es posible disminuir el ruido existente por cualquiera de los dos caminos entonces se deberá utilizar equipos de protección personal.

Para el cálculo y la medición del nivel sonoro se emplea un filtro para ponderar las mediciones del nivel de presión acústica en función de la frecuencia, de acuerdo con las características de respuesta del oído humano.

Desde el punto de vista físico (acústica) se puede definir al sonido como “un fenómeno vibratorio que a partir de una perturbación inicial del medio elástico donde se produce, propaga en ese medio bajo la forma de variación periódica de presión”. “Esta variación de la presión ambiental es lo que se denomina presión acústica. Según esta definición el sonido ha de originarse en un foco productor y necesita un medio de transmisión para poder llegar al foco receptor que es el individuo” (Cortés, 2007).

Aristóteles comprobó que el sonido consistía en expansiones y contracciones del aire, cayendo sobre y golpeando el aire próximo esta es una manera de expresar la naturaleza del movimiento de las ondas, las ondas son producidas por las vibraciones de un cuerpo sonoro que se difunden por el aire llevando al tímpano del oído un estímulo que la mente interpreta como sonido.

1.2. ANTECEDENTES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

La Industria Farmacéutica en la que se desarrollará el estudio, funciona en el mercado desde 1975. El motor fundamental que ha permitido desarrollar y crecer a la industria ha sido su constante preocupación por mejorar la calidad de vida de las personas. En el transcurso de los años de funcionamiento ha implementado la más alta tecnología en sus procesos de fabricación y control de calidad lo que ha permitido exportar sus productos a diferentes países latinoamericanos, durante este tiempo ha trabajado bajo licencia de compañías extranjeras, investigando y desarrollando sus propias formulaciones. El mayor mercado lo lleva la línea odontológica en el desarrollo de pastas dentales, enjuagues bucales y soluciones tópicas bucales.

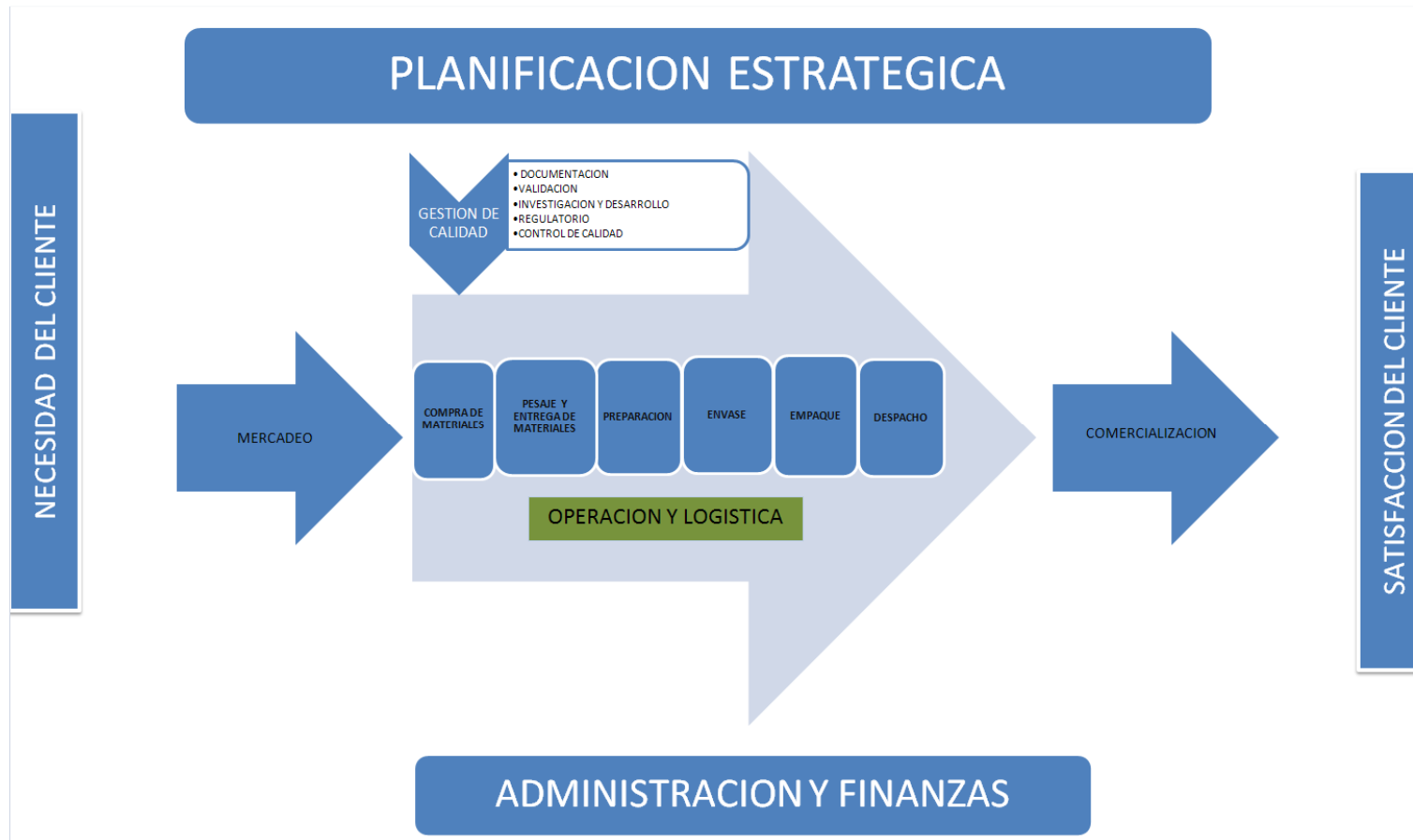
Al revisar el gráfico N° 1, se puede decir que los principales macro-procesos son: recepción y logística, producción, comercialización, administración y finanzas. Este proyecto se enfocará en el proceso de producción y específicamente en las áreas que disponen máquinas que generan ruido. Sobre esta maquinaria y procesos trabajan un grupo de trabajadores en las que los efectos de ruido los podrían afectar.

Al no disponer de antecedentes históricos respecto a mediciones referentes a riesgos físicos, se ha realizado una encuesta a los trabajadores sobre las molestias por ellos percibidas en sus puestos de trabajo a la exposición de los factores existentes. De lo anterior, se ha determinado que los problemas más significativos son el nivel de ruido en los puestos de trabajo, generadas por las máquinas ubicadas en los alrededores y bajo las cuales operan durante el día.

El ruido generado por las máquinas (motores eléctricos, golpeteo de maquinarias e insumos, descargas neumáticas, equipos neumáticos, etc.), se produce en la elaboración, envase y empaque de las diferentes formas farmacéuticas. En el desarrollo del estudio se pretende determinar el tiempo de exposición real del personal en las máquinas, el nivel de ruido que generan éstas, proponer la mejor solución en la fuente, en el medio y en el individuo y realizar la implantación inicial, acordes a prever efectos adversos en la salud de los trabajadores por la exposición a estos riesgos físicos y, sobre todo, cumplir la legislación ecuatoriana.

Los subprocesos detallados en la tabla N° 1, corresponden a diferentes procesos de producción los que incluyen dos máquinas del proceso de elaboración como son: pesaje, pastas y comprimidos con el subproceso de laqueado que incluye la máquina conocida como el bombo grageador, la línea de lavado, envase, etiquetado y empaque de líquidos, la que incluye las máquinas y el subproceso, las máquinas de codificación de material de empaque, y la bomba de vacío utilizada para siembra microbiológica de las formas farmacéuticas; el problema es que todas estas máquinas fueron producidas entre los años de 1960 y 1980, época en la que la maquinaria era fabricada bajo tecnologías mecánicas y no electrónicas, razón por la cual son generadoras de ruido como uno de los principales contaminantes. Adicionalmente, debido a que la utilización de material de envase primario inocuo y aséptico para medicamentos, obliga a las industrias farmacéuticas a utilizar frascos de vidrio lo cual genera durante los procesos de envase, etiquetado y empaque, golpeteo entre sí siendo otras de las fuentes generadoras de ruido.

Gráfico N° 1 Macro procesos de la industria farmacéutica



Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 1: Subproceso y puestos de trabajo a evaluar

<i>N°</i>	<i>SUBPROCESO (ACTIVIDAD)</i>	<i>PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR</i>	<i>PERSONAL EXPUESTO</i>	<i>MAQUINA</i>
1	Pesaje de materias primas	Operador de pesaje	2	Flujo laminar
2	Elaboración de pastas dentales	Operador mezclador	2	Reactor homogenizador
3	Elaboración, envase empaque de líquidos	Operador de lavado de frascos	2	Lavadora de frascos
		Operador preparador	2	Agitador mecánico
		Operador envasador	2	Envasadora tapadora de frascos vidrio
		Operador empacador	3	Etiquetadora / banda transportadora
			12	Encajado manual
4	Codificación material empaque	Operador codificador	2	Codificadora Norwood Codificadora Hapa
5	Compresión y laqueado de comprimidos	Operador de producción y tableteo de comprimidos	1	Tableteadora
		Operador recubrimiento	1	Bombo grageador
6	Análisis microbiológico	Técnica microbiológica	2	Flujo laminar
				Flujo laminar bomba de vacío
				Laboratorio microbiología
7	Lavado de áreas	Operador de limpieza	Según el área	Hidrolavadora

Fuente: Elaboración propia.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. Objetivo general

Realizar la gestión técnica del ruido en una Industria Farmacéutica e implantar inicialmente medidas de control para mejorar la seguridad y salud en los trabajadores.

1.3.2. Objetivo específicos

- Identificar las fuentes generadoras de ruido de la industria farmacéutica.
- Evaluar la exposición de los trabajadores al ruido.
- Determinar medidas de prevención y control de la exposición laboral al ruido.
- Realizar una implantación inicial de las medidas determinadas.
- Evaluar la eficacia de las medidas implantadas.

1.4. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

La evaluación de los riesgos desde la perspectiva técnica en el país está totalmente descuidada. Esto se proyecta en dimensiones más pequeñas que constituyen las empresas y, por tanto, afecta el nivel del ámbito laboral individual que es el puesto de trabajo; debido a esto se hace indispensable el bienestar del trabajador, por lo que, es urgente y de vital importancia, el desarrollar un proyecto que permita la minimización, disminución y atenuación de uno de los riesgos físicos como ruido producido por determinadas máquinas de los procesos productivos en la industria farmacéutica. Con el análisis a realizar y las propuestas establecidas posteriormente la industria farmacéutica podrá ajustarse a los reglamentos vigentes de Seguridad y Salud Ocupacional de sus trabajadores.

Además, este estudio permitirá proteger a los trabajadores en sus puestos de trabajo de posibles efectos adversos a su salud, sean estos crónicos o agudos, que mermen su bienestar personal y familiar. Por otro lado, al adaptar el puesto de trabajo al trabajador, la empresa obtendrá a cambio mayor productividad, menos ausencia por

razones médicas y mejora del ambiente laboral; además de cumplir la Legislación Ecuatoriana, tal como el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, y el Sistema de Auditorias del Riesgos de Trabajo (SART).

1.5. HIPÓTESIS

Los valores del nivel de ruido generado en algunos subprocesos y maquinaria en la industria farmacéutica no cumplen con la legislación vigente. Al sobrepasar los niveles permitidos puede ocasionar daños en la salud de los trabajadores.

1.6. DISEÑO METODOLÓGICO

Para la presente investigación, se utiliza el método inductivo, que consiste en suponer que, tras una primera etapa de observación, análisis y clasificación de los hechos, se logra postular una hipótesis que brinda una solución al problema planteado. Por lo que en este trabajo el método inductivo es proponer, mediante diversas observaciones de los sucesos en estado natural, una conclusión que resulte general para todos los eventos de la misma clase.

Sobre el método particular descriptivo se realiza la observación actual de los hechos, recolecta tabula datos procurando realizar una interpretación racional y el análisis objetivo de los mismos (Flor, 2012).

Para el método específico se realiza como primera fase una encuesta inicial a los trabajadores expuestos para determinar el malestar con respecto al ruido del lugar. Ver Anexo A “encuesta para evaluar el ruido”, de la cual se hace una pequeña estadística. Para la metodología y medición se sigue la ISO 9612:2009, para la evaluación.

1.6.1. Metodología según la ISO 9612:2009

La metodología incluye las siguientes etapas de trabajo:

Etapas 1: Análisis del trabajo.-

- Se describe las actividades de los trabajadores expuestos, las tareas según las funciones y los subprocesos que producen eventos de ruido significativo, se detalla el contenido y duración de las principales fuentes de ruido, puestos de trabajo ruidosos, luego se realiza el cuestionario del Anexo B (ANEXO A, ISO9612:2009) para confirmar eventos significativos de ruido durante el análisis del puesto de trabajo.
- Se definen los grupos de exposición al ruido homogéneos, se toma el grupo de trabajadores que están realizando el mismo trabajo y por tanto expuestos a similares exposiciones del ruido durante la jornada laboral. Esto se lo define en base a la función y actividad que desempeñan en su trabajo o profesión.
- Se determina la jornada nominal estableciendo los períodos de trabajo y duración de pausas, de esta manera se obtiene una visión en conjunto

Etapas 2: Selección de la estrategia de medición.- Se tiene tres tipos de estrategias:

- Medición basada en la tarea.- Esta basada en las tareas que producen una importante exposición al ruido, es útil cuando se puede dividir el trabajo en tareas definidas con condiciones de ruido claro y definible, durante las cuales se puede realizar las mediciones. La estrategia se basa en un análisis del trabajo detallado para comprender las tareas. Permite realizar un número menor de mediciones y los tiempos de medición son menores.
- Medición basada en la función.- Es útil cuando el contenido de trabajo y tareas son difíciles de describir o cuando no se requiere un análisis detallado. No se recomienda si un puesto consta de un pequeño número de tareas ruidosas, requiere mucho tiempo para la medición pero tiene baja incertidumbre. No se necesita aislar cada tarea que se tiene que medir durante la jornada
- Medición de una jornada completa.- Es útil cuando el tipo de trabajo y las tareas típicas son difíciles de describir, requiere menos esfuerzo a la hora de analizar el trabajo, si la situación de trabajo es sencilla, requiere una duración de medición

más larga , se recomienda cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es imprescindible o demasiado complejo

Para el desarrollo del tema en estudio se establece la medición basada en la tarea. Porque se conoce detalladamente las tareas, cada puesto de trabajo está separado por esclusas bien definidas, y por áreas separadas físicamente, existe grupos homogéneos bien diferenciados.

- Para la exposición al ruido homogéneo sometido a evaluación, la jornada nominal se debe dividir en tareas. Cada tarea se debe definir de tal manera que L_{pAeqT} sea con probabilidad repetible.
- Para el cálculo de la duración de la tarea “ $T_{m,j}$ ”, se realiza dos observaciones “J” con medición del tiempo, el valor medio de la duración de la tarea se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\overline{T_m} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad (1.1)$$

- La suma de las duraciones individuales de las tareas, T_m que componen la jornada nominal, debe corresponder a la duración efectiva de la jornada laboral, la duración efectiva de la jornada laboral T_e , viene dada por:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \overline{T_m} \quad (1.2)$$

Donde:

$\overline{T_m}$: Es la duración aritmética media de la tarea m;

m: Es el número de tarea

M : Es el número total de tareas.

- Para la selección de la estrategia de medición para diferentes pautas de trabajo se filtra por la tabla detallada abajo que es la recomendada por la ISO 9612-2009.

Tabla N° 2: Selección de estrategia de medición básica

Tipo o pauta de trabajo	Estrategia de medición		
	Estrategia 1 Medición basa en la tarea	Estrategia 2. Medición basada en la función	Estrategia 3. Medición de la Jordana completa
Puesto de trabajo Fijo Tarea simple y única	✓ *	-	-
Puesto de trabajo fijo-Tareas Complejas y múltiples	✓ *	✓	✓
Trabajo móvil-Pauta Previsible pequeño número de tareas	✓ *	✓	✓
Trabajador móvil, trabajo previsible, gran número de tareas o situaciones de trabajo complejas	✓	✓	✓ *
Trabajador móvil pauta de trabajo imprevisible	-	✓	✓ *
Trabajador fijo o móvil-tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	-	✓ *	✓
Trabajador fijo o móvil sin tareas asignadas	-	✓ *	✓
<div> <div>✓ La estrategia se puede utilizar</div> <div>*Estrategia recomendada</div> </div>			

Fuente: ISO 9612: 2009

Etapa 3: Mediciones.- La medición a realizar es la $L_{p,Aeq,T}$ (Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado “A” sobre un período T)

- La medición se realiza utilizando un sonómetro integrador-promediador (decibelímetro) sostenido en la mano, colocando el micrófono del sonómetro al

nivel de la posición que ocupa la cabeza del trabajador durante la tarea, este se debe colocar en el plano central de la cabeza, en línea con los ojos, con sus ejes paralelos a la línea de visión, el micrófono debe estar a una distancia entre 0,1 y 0,4 m de la entrada del canal auditivo externo y en el lado del oído más expuesto, el micrófono debe portar la pantalla anti-viento, así se evita que experimente golpes contra algún objeto.

- La duración de cada medición debe ser lo suficientemente larga como para representar el nivel de presión sonora continuo equivalente medio para la tarea real.
 - o Si la tarea es inferior a 5 min la duración de cada medición debe ser igual a la duración de la tarea.
 - o Para tareas más largas, la duración de cada medición debe ser de al menos 5 minutos. La duración de cada medición se puede reducir si el nivel es constante o repetitivo, o si el ruido de la tarea se considera como un contribuyente menor a la exposición total del ruido.
 - o Si el ruido durante la tarea es cíclico, cada medición debe cubrir la duración de al menos 3 ciclos bien definidos; si la duración de tres ciclos es inferior a 5 min., la duración de cada medición debe corresponder siempre a la duración de un número de ciclos enteros.
 - o Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante la tarea, la duración de cada medición debe ser lo suficientemente larga para garantizar que el valor de $L_{p,A,eqT,m}$ medido es representativo del conjunto de la tarea.
 - o Para cada tarea debe realizarse al menos 3 mediciones, para cubrir la variación real del nivel del ruido.
- Para la tarea m, calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado “A” a partir de “I” mediciones separadas $L_{p,a,eqT,m}$ de la siguiente manera:

$$Lp, A, eqT, m = 10 \log \left[\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0.1 \times Lp, A, eqT, mi} \right] dB \quad (1.3)$$

Donde:

Lp, A, eq, T, m : es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado “A” durante una tarea de duración T_m

i: Es el número de muestra de la tarea m

I: Es el número total de muestras de la tarea m

- Para el nivel de exposición al ruido diario

Calcúlese el nivel de exposición al ruido diario ponderado A, $L_{EX,8h}$, con la siguiente ecuación:

$$LEX, 8h = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{T_0} 10^{0.1 \times LpA, eqT, m} \right] dB \quad (1.4)$$

Donde:

Lp, A, eq, T, m : Es el nivel presión sonora continuo equivalente ponderado “A” para la tarea m

T_m : Es la duración aritmética media de la tarea m

T_0 : Es la duración de referencia $T_0 = 8$ horas

m: Es el número de tareas

M: Es el número total de tareas me que contribuyen al nivel de exposición al ruido diario

Con los valores obtenidos del nivel de presión sonora equivalente ponderado “A” y el equivalente diario se compara con los decibeles permitidos legalmente y se establece si el ruido generado esta dentro o fuera de los límites para realizar el control y las acciones necesarias.

La contribución de cada tarea al nivel de exposición del ruido diario se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$LEX_{shm} = Lp, A, eq, T, m + 10 \text{ LOG } \left[\frac{T_m}{T_0} \right] \text{ dB} \quad (1.5)$$

Donde:

Lp, A, eq, T, m : Es el nivel de presión sonora continuó equivalente ponderado A para la tarea m

T_m : Es la media aritmética de la duración de la tarea m

T_0 : Es la duración de referencia equivalente a 8 H

Y luego se obtiene con a la siguiente fórmula:

$$L_{EX,8h} = 10 \text{ LOG } \left[\sum_{m=1}^M 10^{0,1*lex,8h,m} \right] \text{ dB} \quad (1.6)$$

Etap 4: Tratamiento de errores e incertidumbres, debe reducirse la influencia de las fuentes de incertidumbre porque pueden ocasionar errores por la variación natural de la situación de trabajo

- Variaciones en el trabajo diario, depende del movimiento del trabajador.
- Los instrumentos y la calibración, depende de la ubicación donde se ha fijado el micrófono y de la clase de instrumento y calibrador que se ha utilizado.
- La posición del micrófono, no debería existir si se hace buena práctica. Además este debe tener una pantalla anti-viento para evitar golpes y choques con materiales externos. Análisis del trabajo mal hecho.

- Las falsas contribuciones como viento y corrientes de aire o los impactos en el micrófono o el roce del micrófono sobre la ropa, se debe minimizar al máximo el ruido inducido por las corrientes de aire, la pantalla anti-viento reduce este tipo de error
- Las contribuciones de las fuentes de ruido atípicas, la palabra, la música (radio) las señales de alarma y los comportamientos atípicos.
- Para determinar la incertidumbre , se calcula el nivel de exposición al ruido ponderado A, $L_{EX,8h}$ utilizando la medición basada en la tarea:

$$Lex, 8h = 10 \log \left[\sum_{m=1}^M \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1 \times L_{p,a,eqT,m}} \right] dB \quad (1.7)$$

Donde:

T_m : Es la media aritmética de las duraciones de la tarea m

T_0 : Es la duración de referencia, $T_0 = 8$ h

m: Es el número de tarea

M: Es el número de tareas

$L_{p,A,eq,T,m}$: Es la estimación del nivel verdadero de la presión sonora continua equivalente ponderado “A” para la tarea m.

$$L_{pA,eq,Tm} = L_{p,A,eq,T,m} + Q_2 + Q_3 \quad (1.8)$$

Donde:

Q_2 : Es la corrección para el instrumento de medición utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado “A”.

Q_3 : Es la corrección para la posición del micrófono utilizado para la determinación del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado “A”.

- Para determinar el cálculo de incertidumbre típica combinada, u , y de la incertidumbre expandida U , si las magnitudes implicadas no están correlacionados.

$$u^2(Lex8h) = \left[\sum_{m=1}^M (c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} * u_{1b,m})^2 \right] \quad (1.9)$$

Donde:

u_{1am} : Es la incertidumbre típica debida al muestreo del nivel de ruido de la tarea m

$u_{1b,m}$: Es la incertidumbre típica debida a la estimación de la duración de la tarea m

u_{2m} : Es la incertidumbre típica debida a los instrumentos

u_3 : Es la incertidumbre típica debida a la posición del micrófono

c_{1am} y c_{ibm} : Son los coeficientes de sensibilidad correspondientes a la tarea

m : Es el número de la tarea

M : Es el número total de tareas

La incertidumbre expandida es $U = 1,65 \times u$

- La incertidumbre típica $u_{1a,m}^2$ del nivel del ruido del muestreo para la tarea (m) viene dado por:

$$u_{1a,m}^2 = \sqrt{\frac{I}{I(I-1)} [\sum_{i=1}^I (Lp, A, eq, T, mi - \overline{L, p, A, eq, T, m})^2]} \quad (1.10)$$

Donde:

Media Lp, A, eq, T, m : Es la media aritmética de “ I ” niveles de presión sonora continuos equivalentes ponderados A para la tarea m

i : Es el número de muestras de la tarea

I : Es el número total de muestras de la tarea

- La incertidumbre típica $u_{1b,m}$ debido a la duración de la tarea m , se puede calcular a partir de las duraciones medidas de las mediciones independientes

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - T_m)^2 \right]} \quad (1.11)$$

Donde:

J: Es el número total de observaciones de la tarea

Para el coeficiente de sensibilidad $c_{1a,m}$ se calcula de la siguiente manera:

$$c_{1a,m} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0,1x(Lp,A,eqT,m-Lex8h)} \quad (1.12)$$

Para el coeficiente de sensibilidad $C_{1b,m}$ se calcula de la siguiente manera:

$$c_{1b,m} = 4,34 * \frac{c_{1a,m}}{T_m} \quad (1.13)$$

Para u_{2m} se procede según la tabla adjunta:

Tabla N° 3: Incertidumbre típica u_2 de los instrumentos

Tipo de instrumento	Desviación Típica u_2 (o $u_{2,m}$)
Sonómetro de clase 1, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	0.7
Sonómetro clase 2, según se especifica en la Norma IEC 61672-1:2002	1.5
Exposímetro sonoro personal, según se especifica en la Norma IEC 61252	1.5

Fuente: ISO 9612:2009

Para establecer u_3 la desviación típica de la posición de medición es de 1,0 dB

Etapa 5: Esta etapa incluye todos los cálculos realizados: el cálculo de la duración de la tarea detallado en la Etapa 2, el cálculo de Nivel de exposición de ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral nominal promediada 8 h cuya formulación y detalle se encuentran en la Etapa 3 y el cálculo de la incertidumbre, detallada en la Etapa 4.

1.6.2. Metodología para la determinación del equipo de protección personal (EPP)

Una vez que se ha calculado el nivel de presión sonora equivalente de cada punto se establece el método de acción correctiva o preventiva, según el nivel de exposición, para el tipo de protector. La UNE –EN- ISO 4869-2, utiliza los niveles de presión sonora de las bandas de octava medidos en los puestos de trabajo y los datos de atenuación del equipo de protección personal también en bandas de octava proporcionadas por el fabricante. A continuación se detalla los pasos a seguir:

- Calculado el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado “A” según fórmula (1.3) y el nivel de presión sonora equivalente diario fórmula (1.4), para cada banda octava de las mediciones realizadas, se transcribe de la hoja técnica del EPP proporcionada por fabricante, la presión sonora de cada banda de octava y la desviación estándar correspondiente.
- La desviación estándar multiplicamos por dos (correspondiente a 2 desviaciones) y restamos del nivel de presión sonora del EPP.
- Estos valores de nivel de presión sonora del EPP restamos de los niveles de presión sonora equivalente ponderado “A” de los puestos de trabajo que han generado ruido.
- Con este nuevo valor calculamos nuevamente el nivel de presión sonora ponderado para el equipo de protección personal y obtenemos un nuevo valor de Leq,A , EPP, dato que nos permite comparar con los decibeles permitidos y se establece que tipo de EPP puede servir para atenuar el ruido en los puestos de trabajo.

- Los datos serán procesados mediante el paquete Microsoft Office (Word y Excel)

CAPÍTULO II

2. RIESGOS FÍSICOS. RUIDO

2.1. EXPOSICIÓN LABORAL AL RUIDO

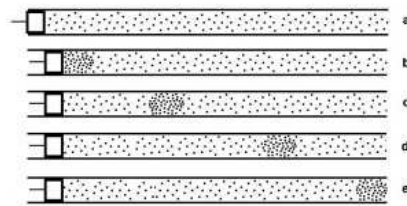
2.1.1. Acústica

La acústica, es la parte de la física que se ocupa de los fenómenos sonoros perceptibles al oído humano. El sonido es una onda mecánica que se propaga a través de la materia, bien sea en estado gaseoso, líquido o sólido esto es lo que se llama el medio y produce una sensación a través del oído en el cerebro esto es el receptor. La causa física que genera el sonido son las vibraciones en el medio elástico que se producen por el desplazamiento de las moléculas del aire, cuando choca una lamina metálica contra un vaso esta primera vibración hace que las moléculas más cercanas de aire choquen con sus moléculas vecinas provocando el desplazamiento en el medio, es decir cada molecula produce una vibracion que transmite a las moleculas circundantes provocando un movimiento en cadena transmitido en forma de variacion de la presion sonora, y se representa como una onda.

Para comprender el fenómeno acústico y sus principales características físicas, se explica a continuación el ejemplo del tubo y el pistón en los extremos, en el estado inicial (a) el aire se encuentra en equilibrio, la densidad y la presión son constantes a lo largo del tubo. En el siguiente tubo (b) se observa como empuja el pistón el aire circundante alterando o perturbando el estado de equilibrio, pero debido a la inercia no se puede mover instantáneamente la columna de aire, debido a esto el aire se comprime, el comprimido ejerce mayor presión sobre el aire que lo rodea a menor presión, por lo

que tiende a comprimirlo y a su vez se descomprime. En el siguiente tubo (c) la perturbación se ha desplazado, esto se repite constantemente, como se puede observar en los tubos (d) y (e), la perturbación se aleja de la fuente (el pistón).

Gráfico No 2: Propagación del sonido



Fuente: Estelles, 2007

Por tanto en el tubo (a) el aire está en reposo, las moléculas están repartidas uniformemente, en el tubo (b) ante una perturbación el aire se concentra cerca del pistón es decir aumenta la presión, en los tubos (c), (d), (e) la perturbación se propaga alejándose de la fuente.

2.1.1.1. Magnitudes físicas y Propagación del Sonido

Las vibraciones u oscilaciones de sonido se producen en objetos a los que se les denomina fuentes sonoras que es un medio material que permite la propagación (en el vacío no se produce el fenómeno); en general cualquier objeto o dispositivo que funciona produce vibraciones susceptibles de ser percibidas por el oído humano.

Estas vibraciones u oscilaciones generan la onda sonora el cual es un fenómeno periódico, el número de veces que el fenómeno se repite en una unidad de tiempo se denomina frecuencia, es decir el número de ciclos por unidad de tiempo, durante el ciclo la partícula tarda un tiempo en volver a su posición y dirección inicial a este

tiempo se le conoce como período y se designa con la letra “T” tal como explica Cortés, 2007.

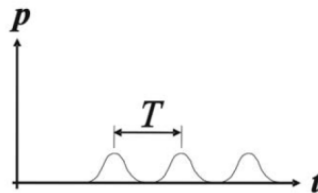
$$T = \frac{1}{f} \quad (2.1)$$

Donde:

f = Es la frecuencia en Hz

T = El período en segundos

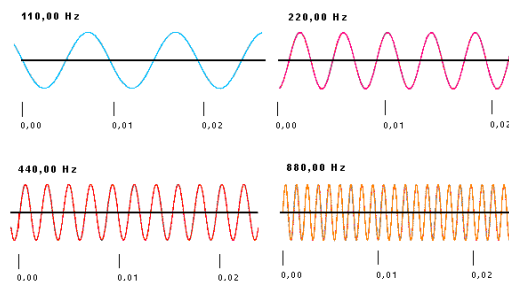
Gráfico N° 3: Esquema del Período



Fuente: Estelles, 2007

La frecuencia es una magnitud medible y objetiva, corresponden a formas de onda periódicas. Su unidad de medida es el hercio (Hz), que equivale a decir que el sonido tiene una vibración cada segundo.

Gráfico N° 4: Frecuencia

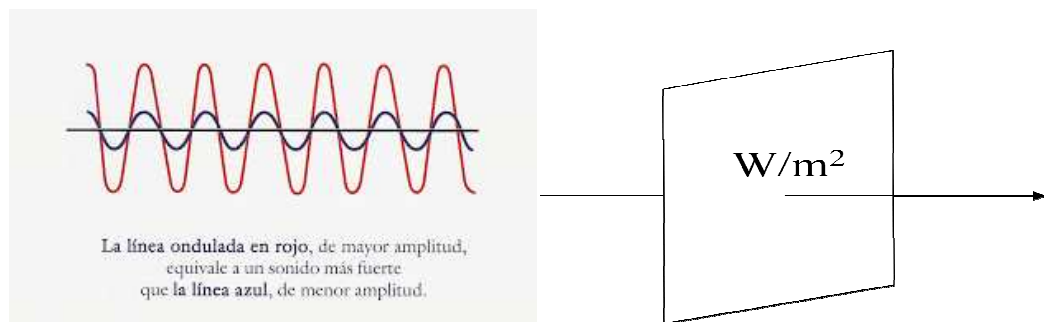


Fuente: Estefani, 2013

Cuando aumenta la frecuencia aumenta el tono. El tono es una magnitud subjetiva y se refiere a la altura o gravedad de un sonido. (Los sonidos graves tienen frecuencias bajas y los agudos frecuencias altas, sin embargo cuando las frecuencias están entre 1000 y 3000 Hz el tono es relativamente independiente de la intensidad).

Se entiende por intensidad del sonido a la cantidad de energía transportada por una unidad de tiempo que atraviesa un área perpendicular a la dirección de propagación. Su unidad está dada en W/m^2 en la escala de intensidades, el umbral auditivo es 10^{-12} W/m^2 y el umbral doloroso 25 W/m^2 según Cortes, 2007.

Gráfico N° 5: Intensidad de sonido (es importante indicar la dirección)



Fuente: Estefani, 2013

La distancia entre dos compresiones o depresiones máximas consecutivas que tiene la misma dirección y sentido del medio a través del cual se propaga la onda es la longitud de onda, esto lo define Menéndez, 2009

$$\lambda = c \cdot T \quad (2.2)$$

Donde:

λ = Longitud de onda en metros

c = Velocidad de propagación del sonido en metros por segundo

T = Período en segundos

Además podemos definir:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.3)$$

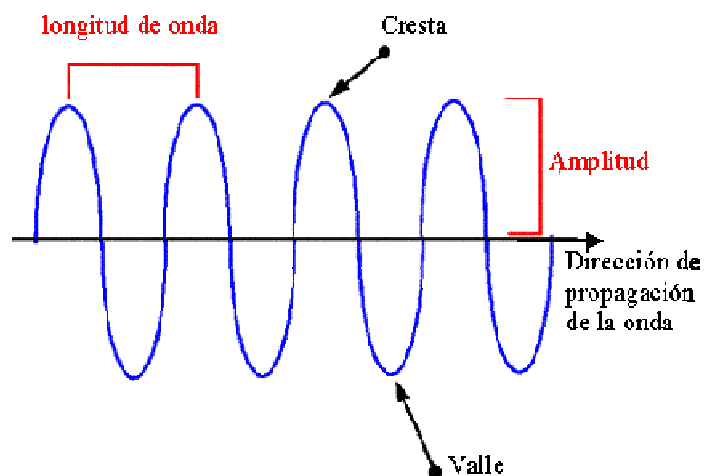
Donde:

λ = Longitud de onda en metros

c = Velocidad de propagación del sonido en metros por segundo

f = Frecuencia en Hz Unificar el tamaño y el tipo de letra en este párrafo

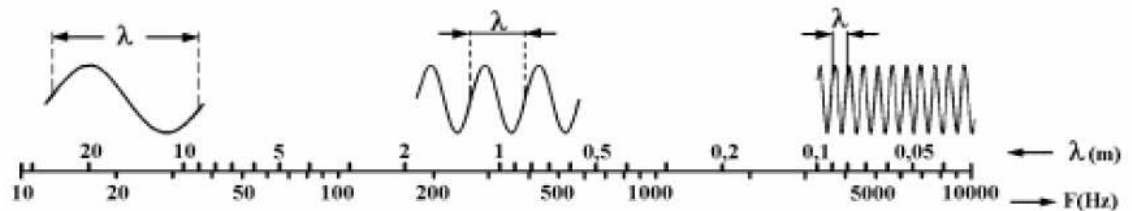
Gráfico N° 6: Longitud de onda



Fuente: Comunicación Satelital, 2012

Los sonidos graves tienen longitudes de onda grandes mientras que los sonidos agudos tienen longitudes de onda pequeñas.

Gráfico N° 7: Longitud de Onda y sonidos graves y agudos



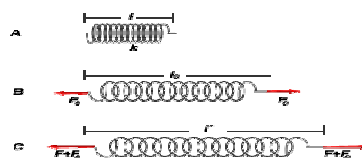
Fuente: Estelles, 2007

La longitud de onda del sonido tiene importancia en relación con los obstáculos, si la longitud de onda es mucho mayor que un obstáculo, el sonido no se ve afectado, pero si la longitud de onda es mucho menor que el obstáculo el sonido puede desviarse y/o atenuarse.

Las ondas sonoras se desplazan predominantemente en la misma dirección, del movimiento de las partículas (longitud de onda), con una velocidad constante en todas las direcciones. Dependiendo a la dirección de la propagación de las ondas se clasifican en:

- **Ondas longitudinales.-** Cuando la vibración de la onda es paralela a la dirección de propagación de la onda (como los círculos concéntricos que se expanden cuando se arroja una piedra a un estanque). (Estefani, 2013)

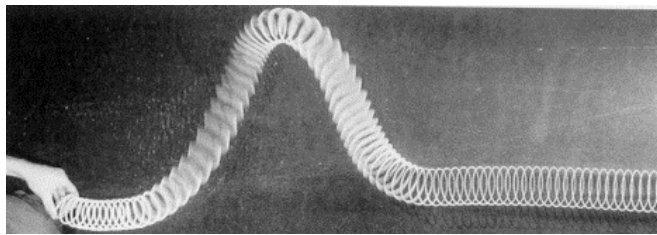
Gráfico N° 8: Ondas Longitudinales



Fuente: Estefani, 2013

- **Ondas transversales.**- Se producen cuando la vibración de la onda es perpendicular a la dirección de la onda, caracterizada por la formación de montes y valles.
- En el aire, el sonido se propaga a través de ondas longitudinales y en los sólidos en ondas longitudinales y transversales. (Estefani G., 2013)

Gráfico N° 9: Ondas Transversales

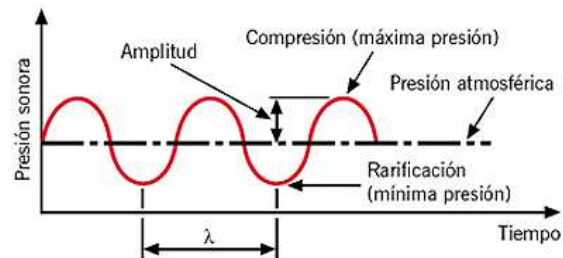


Fuente: Estefani, 2013

Su comportamiento está afectado por la densidad y la presión de las partículas en el medio (afectado por la temperatura), el movimiento del medio (que puede bloquear o transportar la dirección) y la viscosidad del medio que puede atenuarlo (Guirao, 2010)

Estefani, 2013, explica la relación de la transmisión del sonido y la materia y nos dice que dependiendo de los enlaces y estado de la materia las partículas ejercerán o recibirán presión sobre otras partículas cambiando sus estados originales con un comportamiento elástico ondulado con una frecuencia determinada hasta que la energía en las partículas se haya repartido en la materia de una forma equilibrada y la plasticidad de los materiales sea capaz de adoptar o liberar esta energía sin alterar su estado natural.

Gráfico N° 10: Transmisión del sonido

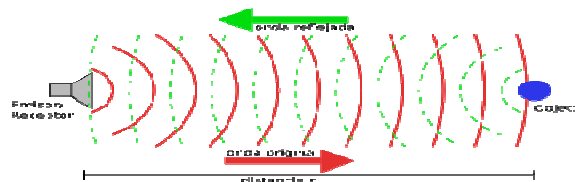


Fuente: Estefani, 2013

Cuando la materia tiene mayor densidad, mayor será la velocidad de propagación de la onda sonora. En los sólidos, las uniones de partículas son las que propagan las perturbaciones de un lado u otro dependiendo del estado de tensión del medio. El sonido en los fluidos toma la forma de fluctuaciones de presión. En los gases, las perturbaciones se propagan a través de colisiones de las moléculas. Es por eso que el sonido se propaga más rápidamente a través de los sólidos que de los gases.

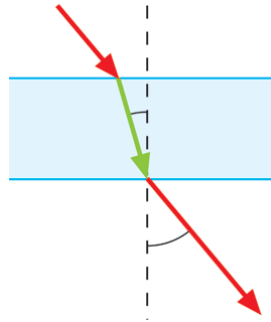
Cuando hablamos de dos medios diferentes se pueden producir los siguientes fenómenos cuando la onda sonora topa la superficie generan dos ondas, una que retrocede hacia el medio donde se formó a lo que se denomina reflexión y otra que atraviesa la superficie y se propaga en un segundo medio, a esta se le conoce como refracción.

Gráfico N° 11: Fenómeno de reflexión del sonido



Fuente: Estefani, 2013

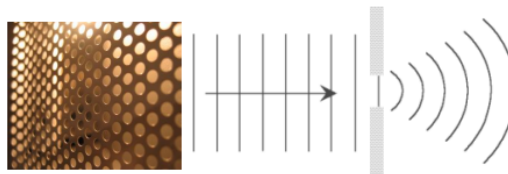
Gráfico N° 12: Fenómeno de refracción del sonido



Fuente: Estefani, 2013

Un tercer fenómeno se conoce como difracción y se produce cuando las ondas sonoras atraviesan un orificio generando otras ondas secundarias, dependiendo del material contra el cual chocan. Esto permite crear barreras cuando se producen ruidos de bajas frecuencias. Según, Cobo, 1997.

Gráfico N° 13: Esquema de un foco emisor de ondas



Fuente: Estefani, 2013

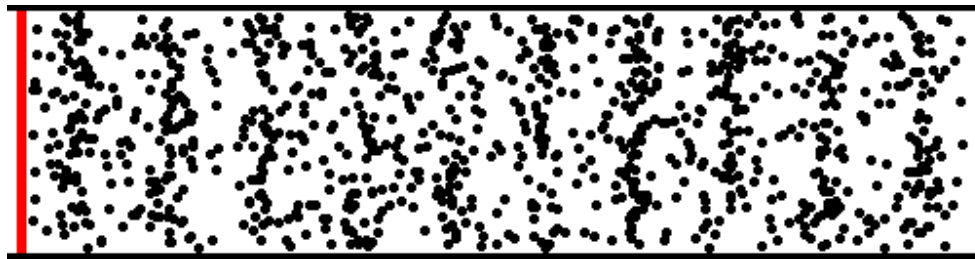
En lo que se refiere a la velocidad de propagación del sonido se puede decir que es finita, a mayor distancia mayor retardo, es decir la transmisión del sonido no es instantánea, la fuente del sonido pasará frente al observador antes de que el observador pueda escucharlo.

2.1.1.2. Sonido y Ruido

El sonido es un fenómeno dinámico, producido por las vibraciones de fuentes sonoras (elementos mecánicos tales como la voz, motor, parlante, instrumentos musicales, golpes) los que provocan pequeños impulsos en el aire generando oscilación y transmisión de capas cuyos movimientos se van alejando, transmitiendo la información a través del medio para ser percibido por un receptor específico.

Desde el punto de vista microscópico es el movimiento de partículas de aire oscilando y chocando con partículas vecinas transmitiéndoles el movimiento entre sí. Desde el punto de vista macroscópico se observa una transmisión global de información recibida de la fuente, como una nueva fuente de energía (Giménez, 2012)

Gráfico N° 14: Movimiento de partículas de aire por un sonido



Fuente: Giménez, 2012

Los sonidos son agradables o al menos no causan disturbios de ningún tipo. Siendo esta interpretación subjetiva e individual, por ejemplo un sonido musical puede ser agradable pero cuando es necesario concentrarse en una tarea intelectual, tal fragmento musical puede ser considerado molesto.

De esta manera podemos distinguir un ruido de un sonido, como aquel que es capaz de causar molestia o daño. La norma IRAM 4036 define al ruido en dos sentidos:

- Definición C107: “sonido desagradable”

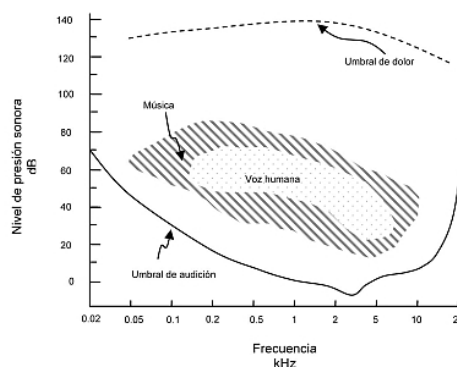
- “Sonido, generalmente de naturaleza probabilística, que no exhibe componentes de frecuencias definidas” (Giménez, 2012).

2.1.2. Rangos de frecuencia audibles

El ser humano es capaz de detectar únicamente aquellos sonidos que se encuentren dentro de un determinado rango de amplitudes y frecuencias. El rango dinámico del oído es la relación entre la máxima potencia sonora que éste puede manejar y la mínima potencia necesaria para detectar un sonido. El rango de frecuencias asignado convencionalmente al sistema auditivo va desde los 20 Hz hasta los 20 kHz, este rango puede variar de un individuo a otro o disminuir en función de la edad del individuo, de trastornos auditivos o de una pérdida de sensibilidad (temporal o permanente) debida a la exposición a sonidos de elevada intensidad.

La sensibilidad del sistema auditivo no es independiente de la frecuencia; por el contrario, dos sonidos de igual presión sonora pueden provocar distintas sensaciones de intensidad dependiendo de su contenido espectral. Estos tres parámetros del oído (rango dinámico, respuesta en frecuencia y sensibilidad en función de la frecuencia) se resumen en el gráfico de área de audición que sigue:

Gráfico N° 15: Área de audición

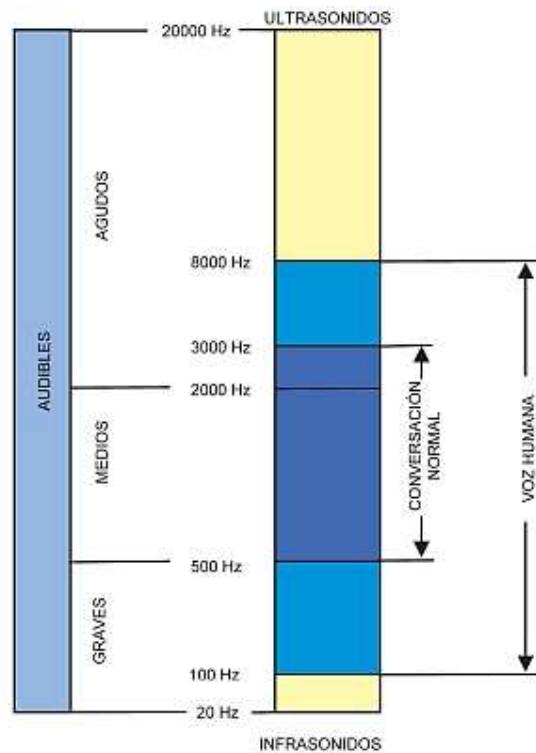


Fuente: Asepal, 2013

El extremo superior del rango dinámico está dado por el umbral de dolor, el cual define las presiones sonoras máximas que puede soportar el oído. Más abajo de este nivel, se encuentra el límite de riesgo de daños, el cual representa un umbral de presión

sonora que no debe sobrepasarse por más de un cierto período de tiempo (ocho horas diarias por día laboral), o de lo contrario puede producirse una pérdida de sensibilidad permanente. El extremo inferior, denominado umbral de audibilidad, representa la sensibilidad del aparato auditivo, es decir, el valor mínimo de presión sonora que debe tener un tono para que éste sea apenas perceptible. La sensibilidad depende de la frecuencia de la señal sonora; por ejemplo, un tono de 1 kHz y 20 dB será audible (está por encima de la curva), mientras que un tono de 50 kHz e igual nivel será inaudible (está por debajo de la curva) (Eumus, 1990).

Gráfico N° 16: Rango audible de frecuencias



Fuente: Asepal, 2013

En el campo de las vibraciones mecánicas que se transmiten por el medio elástico se definen tres sectores en relación con su capacidad de sensibilizar el oído:

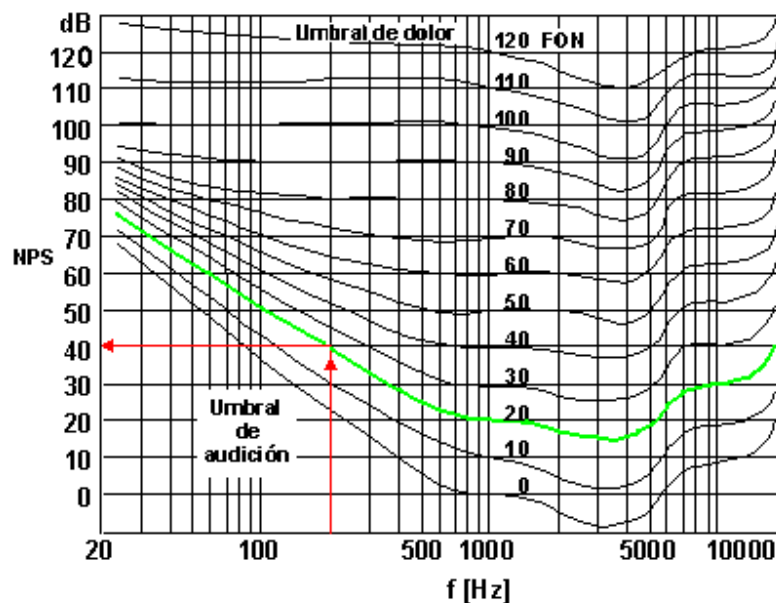
- Infrasonidos o subsónicos, cuando su frecuencia es inferior a 20 Hz no producen sensación auditiva en el hombre.
- Sonidos, cuando sus frecuencias se encuentran entre 20 Hz y 20000 Hz, produce sensación auditiva en el hombre.
- Ultrasonidos, cuando sus frecuencias son superiores a 20000 Hz, no produce sensación auditiva. (Menéndez, 2009).

Según Méndez, 2009, indica que los investigadores Fletcher y Munson lograron establecer experimentalmente las respuestas del oído a igual sonoridad (idéntica intensidad fisiológica) mediante la utilización de niveles de presión sonora de tonos simples donde el efecto de sonoridad del sonido es constante para cada frecuencia. Si tomamos como referencia 40 fonios.

- Un sonido de 40 dB a la frecuencia de 1000 Hz produce una sensación acústica de 40 fonios.
- Un sonido de 32 dB a la frecuencia de 4000 Hz produce una sensación acústica de 40 fonios.
- Un sonido de 76 dB a la frecuencia de 31,5 Hz produce una sensación acústica de 40 fonios.

“Cada curva descrita representa la misma sensación acústica, la necesidad de ajustar la respuesta de los equipos a la sensación de percepción humana se normaliza con el filtro “A” con las atenuaciones que se tabulan en la subsiguiente tabla, los niveles así obtenidos se denominan dB(A), esto permitió valorar los ambientes sin el empleo de los análisis de bandas, demostrándose que se obtenían valores de riesgo similares en el 80 por 100 de los casos, y el riesgo era sobreestimado en un 16 por 100 restante” (Méndez, 2009).

Gráfico N° 17: Curvas Isofónicas de Fletcher y Munson



Fuente: Méndez, 2009

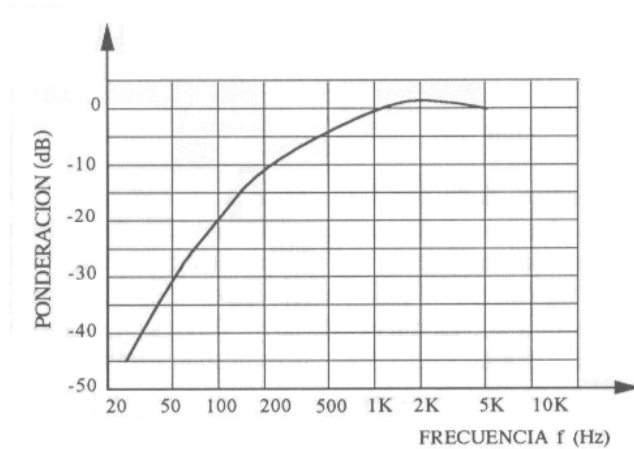
En estas curvas isofónicas se observa cómo, a medida que aumenta la intensidad sonora, las curvas se hacen, cada vez mas planas. Esto se debe en que la dependencia de la frecuencia es menor a medida que aumenta el nivel de presión sonora, lo que significa que si disminuye la intensidad sonora los últimos sonidos en desaparecer serian los agudos o los de altas frecuencias.

La diferencia entre el nivel total expresado en dB y el nivel total expresado en dB(A) corresponde con la atenuación total del filtro o curva A. Un nivel sonoro expresado en dB es el total de la energía sonora del ambiente. Un nivel sonoro expresado en dB(A) es la parte de la energía sonora ambiental que tiene capacidad de producir la sensación auditiva en las personas

- dB: Nivel físico o lineal
- dB(A): Nivel de percepción

Tabla N° 4: Atenuaciones Curva A

ATENUACIONES	
Hz	atenuación
31,5	-39,4
63,0	-26,2
125,0	-16,1
250,0	-8,6
500,0	-3,2
1000,0	0,0
2000,0	1,2
4000,0	1,0
8000,0	-1,1
16000,0	-6,6



Fuente: Méndez, 2009

2.1.2.1. Espectros de frecuencia y Bandas de Octava

Para ciertos fines, en especial cuando se trata de reducir el ruido y cuando se realiza una selección adecuada de un protector auditivo, la información sobre la presión, intensidad y energía sonora no son suficientes en ese caso necesitamos mayor conocimiento del ruido y para su análisis se utiliza las denominadas bandas de octava

que corresponden a los analizadores de anchos de banda proporcional. Y se denomina octava a un intervalo de frecuencias, conocido por el valor de su frecuencia central, tal que su extremo superior es el doble que su extremo inferior y su frecuencia central se define como la media geométrica de sus extremos (Méndez, 2009).

Tabla N° 5: Frecuencias de las distintas bandas

OCTAVA		
f inferior	f central	f superior
22,3	31,5	44,5
44,5	63,0	89,1
88,4	125,0	176,8
176,8	250,0	353,6
353,6	500,0	707,1
707,1	1000,0	1414,2
1414,2	2000,0	2828,4
2828,4	4000,0	5656,9
5656,9	8000,0	11313,7
11313,7	16000,0	22627,4

Fuente: Méndez, 2009

Puede observarse que los anchos de cada banda van aumentando con el incremento de la frecuencia central de cada una, si se considera la banda central de 125 Hz su ancho es aproximadamente 88Hz, siendo 707 Hz para la de 1000 Hz, esto representa un ancho porcentual constante de 70,5 % para octavas. La razón para esta adopción de ancho porcentual constante es que la discriminación del ruido humano entre dos frecuencias es menor cuando mayor sea su altura.

2.1.2.2. Presión Acústica (p)

Cuando se produce un sonido, la presión del aire que nos rodea cambia levemente según avanza la onda de propagación, aumentando y disminuyendo en pequeñas fracciones de segundo. Esta diferencia instantánea de presión debida a la onda

sonora es la presión sonora o acústica es decir es la cantidad de energía acústica por unidad de superficie. El nivel de presión sonora o acústica se mide en dB(A) y determina el nivel de presión que realiza la onda sonora en relación a un nivel de referencia en Pascales en el aire.

$$p = P - P_o \quad P_a = (N/m^2) \quad (2.4)$$

Donde:

P = presión atmosférica total

P_o = presión atmosférica estática (= $1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ al nivel del mar y 0°C)

La unidad de medida de la presión acústica es el pascal ($1 \text{ pascal} = 1 \text{ N/m}^2$), el margen de presión acústica capaz de oír una persona joven y normal oscila entre 20 N/m^2 y $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ (umbral auditivo) pudiendo el oído humano sufrir lesiones irreversibles cuando la presión acústica supera los 100 N/m^2 (umbral doloroso).

La potencia sonora es la cantidad de energía acústica que emite una fuente en la unidad de tiempo y se expresa en vatio (W)

2.1.2.3. Nivel Sonoro y Decibeles

Debido a que los márgenes de intensidad acústica ($25/10^{-12} \text{ W/m}^2$) y presión acústica 20 N/m^2 y 2×10^{-5} , no pueden ser representados en una escala lineal se recurre a un procedimiento matemático donde se representan las medidas acústicas en escala logarítmica. El decibelio (dB) y es la decima parte del Bel, cuantifica el nivel sonoro y se define como una a dimensional relacionada con el logaritmo de una cantidad medida y otra de referencia. Si las unidades de referencia son: $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$ para la presión acústica 10^{-12} W para la potencia acústica y 10^{-12} W/m^2 para la intensidad acústica, correspondientes al umbral auditivo, se define según Cortez, 200, de la siguiente manera:

$$L_p = \text{Nivel de presión acústica} = 10 \log [P/P_o]^2 = 20 \log [P/P_o] \text{ dB} \quad (2.5)$$

$$P = \text{presión acústica } P_o = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$$

$$L_{pw} = \text{Nivel de potencia acústica} = 10 \log P_w/P_{w_o} \text{ dB} \quad (2.6)$$

$$P_w = \text{Potencia acústica } P_{w_o} = 10^{-12} \text{ W}$$

$$L_I = \text{Nivel de intensidad acústica} = 10 \log I/I_o \text{ dB} \quad (2.7)$$

$$I = \text{Intensidad acústica } I_o = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

Así el nivel acústico en dB o L viene dado por la expresión:

$$L = 20 \log [P/P_o] = 10 \log I/I_o = 10 \log P_w/P_{w_o} \quad (2.8)$$

De esta manera se reduce el amplio rango de presión a un rango menor con una variación, su interpretación subjetiva es la fuerza del sonido o su volumen.

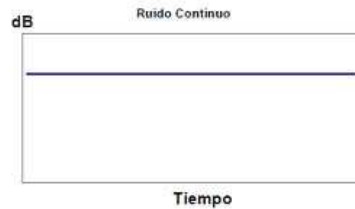
La introducción de los decibeles tiene además otra razón para ser incorporados a la acústica y es que su escala (logarítmica) es similar a la sensibilidad del oído humano para discriminar intensidades relativas de los sonidos (Cortés, 2007).

2.1.3. Tipos de Ruido.- De acuerdo a lo que nos dice la NTP 270 los ruidos pueden clasificarse según el tiempo de permanencia en:

Ruido estable o continuo.- Es aquel cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} sea inferior a 5 dB.

De otra manera se puede decir que es aquel cuyo nivel de presión sonora no varía en más de 5 dB durante las ocho horas laborables

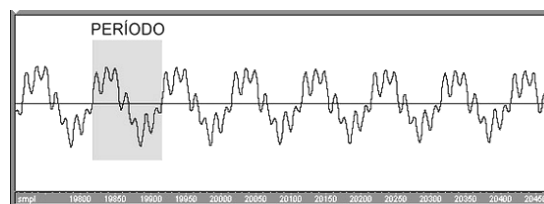
Gráfico N° 18: Imagen de un ruido estable



Fuente: EUDE, 2012

Ruido periódico.- Es aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

Gráfico N° 19: Imagen de Ruido Periódico



Fuente: EUDE, 2012

Ruido aleatorio.- Es aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del tiempo.

Adicionalmente algunos autores definen a este ruido como **ruido continuo fluctuante**. Es cuando se producen variaciones apreciables del nivel de presión sonora considerando períodos de tiempo relativamente cortos.

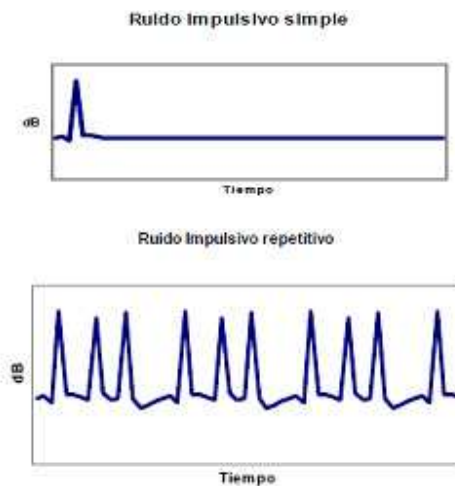
Gráfico N° 20: Imagen de un ruido continuo fluctuante



Fuente: EUDE, 2012

Ruido de impacto.- Es aquel cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo (NTP 270. 1987).

Gráfico N° 21: Imagen de un ruido de impacto



Fuente: EUDE, 2012

Según la frecuencia los ruidos pueden clasificarse en:

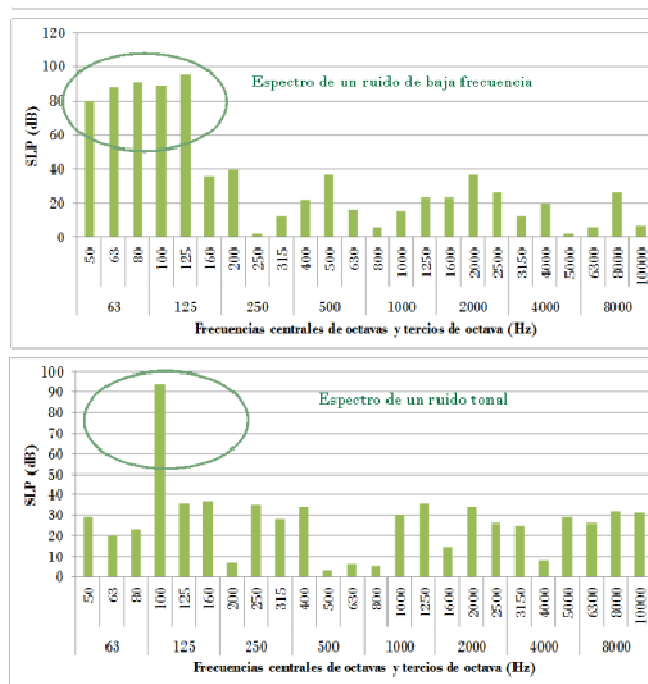
Ruido Blanco.- Es un tipo de ruido con espectro plano, es decir, tiene la misma energía en todas las frecuencias. Si se representa esta energía en bandas de frecuencia el nivel aumenta 3dB por octava. “Es un ruido aleatorio que tiene la energía distribuida de una manera uniforme sobre el espectro de frecuencias” (Méndez, 2009).

Ruido Rosa.- “Es un tipo de ruido que no tiene respuesta uniforme en todo el ancho de banda, sino que el nivel de energía decrece a razón de 3dB por octava de frecuencia. Si se representa esta energía en bandas de frecuencia vemos que el nivel permanece constante. Es un ruido aleatorio” (Méndez, 2009).

Ruido Tonal.- Este tipo de ruido presenta en su espectro una marcada componente tonal y puede oírse claramente el tono puro.

Ruido de Baja Frecuencia.- Consideraremos valores de baja frecuencia todo ruido que se encuentre entre 20 y 125 Hz. Algunas fuentes que generan componentes de baja frecuencia se encuentran dentro del grupo de maquinaria industrial, principalmente motores, así como transformadores (Inasel, 2012).

Gráfico N° 22: Ruidos según su frecuencia



Fuente: Madrid, 2012

En realidad el ruido se presenta como una mezcla de todos los tipos.

2.1.4. Factores que intervienen en la generación del ruido y factores de exposición del ruido

En la actualidad se ha incorporado el ruido a la industria como algo normal, habitual y se espera que el trabajador se acostumbre a este, mientras va lesionándose día a día durante las actividades del trabajo.

Los sonidos en el medio industrial no son puros sino complejos, uniéndose a ruidos de fondo y a la reverberación o persistencia en un espacio cerrado inclusive cuando la maquinaria se ha apagado y haber cesado la fuente sonora

2.1.5. Máquinas y sub procesos analizados

2.1.5.1. Maquinaria

Se define como máquina a un conjunto de elementos móviles y fijos unidos entre ellos asociados de forma solidaria para una aplicación determinada en particular para la transformación, desplazamiento y acondicionamiento de un material. De acuerdo al aspecto bajo el que se considere pueden ser:

Tabla N° 6: Tipos de máquinas

Según el número de piezas	Según la energía utilizada
Simples	Máquinas manuales
	Máquinas eléctricas
Compuesta	Máquinas hidráulicas
	Máquinas térmicas

Fuente: Díaz, 2013

La maquinaria es uno de los principales factores que generan ruido en la industria, como explica González, 2008, tiene dos orígenes que son:

- Componentes acústicos activos, son los componentes de las máquinas que generan ruido. En numerosos casos, son órganos que transforman la potencia en trabajo mecánico a partir de fuentes de energía como la energía eléctrica, mecánica o magnética, presión hidráulica, fuerzas internas o de fricción. Otros componentes del ruido pueden ser zonas no estacionarias de un flujo y las superficies en contacto entre piezas en movimiento

- Componentes acústicos pasivos son los componentes que transmiten el ruido generado por los componentes activos. No contienen fuentes sonoras pero pueden ser radiadores dominantes del ruido. Los elementos de la estructura y las cubiertas de las máquinas son componentes pasivos clásicos.

2.1.5.2. Los procesos analizados

Se entiende por proceso a todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado específico. Tal como explica Prieto, 2011, la clasificación de los procesos industriales son:

Al considerar la transformación de la materia los procesos pueden clasificarse en:

- Físicos.- Cambio de estructura molecular del material. Ej: corte, golpe
- Químicos.- Cambio interno del material. Ej: fermentación
- Biológicos.- Donde se emplea material vivo. Ej: biotecnología o microbiológico

Si se establece el tipo de tecnología los procesos pueden clasificarse en:

- Manuales.- El operador es el que aporta la energía. Ej: el encajado de medicamentos.
- Mecanizados.- Combina las operaciones manuales con maquinarias. Ej: preparación de jarabes.
- Automatizados.- Se realiza con tecnologías avanzadas para que las máquinas controlen y elaboren los productos sin intervención humana Ej: fabricación de un carro con robot.

Y desde el punto de vista económico:

- Primarios.- Obtener materias primas desde recursos naturales. Ej: agricultura.
- Secundario.- Lo realizan las empresas que transforman las materias primas en productos. Ej: preparación de medicamentos.
- Terciario.- Prestan servicios con productos de los anteriores. Ej: la banca.

2.1.5.3. Factores de la exposición al ruido

No se puede afirmar que todos los ruidos producidos por la maquinaria son los generadores de problemas de sordera a nivel industriales, se debe también considerar otro tipo de factores tales como:

- Nivel general de ruido
- Composición del ruido
- Duración y distribución ruido

Estos factores se consideran durante la jornada de trabajo y su duración total a lo largo de su vida profesional, además estos factores pueden estar relacionados entre sí.

En lo relacionado al nivel general y composición del ruido Bell, 1970 indica que el máximo nivel de exposición al que puede estar expuesto un trabajador es de 135 dB por 10 segundos, otros autores indican que trabajadores sometidos a menos de 80dB puede causarles problemas auditivos. No obstante, no se puede decir que todo ruido que exceda o está en las cifras mencionadas cause daño auditivo.

Otro factor importante a considerar es la frecuencia de los sonidos, los de alta frecuencia producen más trastornos que los de baja frecuencia

En lo que respecta a la periodicidad y duración se puede considerar a la intermitencia, esto puede marcar la diferencia, la exposición a un ruido de forma permanente o continua, mientras más prolongada sea la exposición al ruido mayor será el riesgo.

2.1.6. Reglamentación: Valores máximos permisibles.

Cuando se produce un incumplimiento de la normativa legal, se genera despreocupación en el cuidado del trabajador y sus puestos de trabajo; la legislación no es una garantía de la absoluta prevención, sin embargo su cumplimiento permite trabajadores con mejor calidad de vida.

Revisar ANEXO C

2.2. EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD

Uno de los efectos sobre la salud producido por exposiciones al ruido es la pérdida de la capacidad auditiva en la comunicación oral, esto sucede como resultado de las sorderas originadas tanto en ambientes laborales como extra laborales el conjunto de efectos del que dependen un trauma sonoro son:

- Factores extrínsecos al individuo como característica del ruido, presión sonora, frecuencias, tiempo de permanencia en estos ambientes, la conjunción de la intensidad y el tiempo de exposición se puede sustituir por la dosis recibida, (Menéndez, 2009).
- Factores intrínsecos a la persona expuesta, o factores receptivos condicionados por las características propias del trabajador expuesto, edad, patologías actuales o anteriores u otras circunstancias, (Menéndez, 2009).

2.2.1. Fisiopatología del oído y el impacto del ruido en la salud.

2.2.1.1. Fisiología y Fisiopatología del oído.

A continuación se describe sucintamente la fisiología del oído y la recepción del sonido según lo explicado por los autores Cortez, Giménez y Bartoll, el oído se puede dividir en oído externo que es un subsistema aéreo, seguido del oído medio que es un subsistema mecánico y finalmente un eléctrico que es el oído interno. El oído externo está constituido por el pabellón del oído y el conducto auditivo externo que termina en el tímpano, el oído externo tiene la misión de recoger las ondas sonoras y transmitir las hasta el oído medio. El oído medio está formado por el tímpano, la caja timpánica que contiene aire, y la cadena de huesecillos yunque, martillo y estribo, la trompa de Eustaquio. La membrana timpánica tiene forma cónica y a ella se le une el mango del martillo; el martillo a su vez se encuentra unido por el otro extremo al yunque. En el extremo opuesto el yunque se une al estribo y la base del estribo se apoya en la ventana oval; que separa el oído medio del interno, los huesecillos están unidos entre sí, de tal

forma que las vibraciones sonoras en cualquier porción de la membrana timpánica son transmitidas al martillo, yunque y estribo y a la ventana oval. La trompa de Eustaquio regula la presión de la cavidad timpánica con los cambios de presión ambientales y es el conducto que conecta el oído medio con la nasofaringe. El oído medio es el encargado de recoger las variaciones de presión actuando como amplificador.

El oído interno o laberinto consta del órgano vestibular u órgano del equilibrio y de un conducto con forma de caracol o cóclea que es el que posee la función auditiva. El caracol es un sistema de tres tubos, uno al lado del otro, denominados rampa vestibular, rampa media y rampa timpánica. La rampa timpánica termina en la pared de la cavidad timpánica y se denomina ventana redonda. La rampa timpánica y la rampa media se encuentran separadas entre sí por la membrana basilar. En esta membrana se encuentran los órganos terminales receptivos que generan los impulsos nerviosos que dan respuesta a vibraciones sonoras. Estos son los denominados órganos de Corti o conjunto de células sensibles ciliadas.

El vestíbulo está formado por dos placas sensitivas las cuales están dispuestas perpendicularmente entre sí: la del utrículo horizontalmente y la del sáculo verticalmente.

Por ello este órgano informa de la posición de la cabeza en el espacio y de sus cambios de posición, de la aceleración lineal. El sistema de los conductos semicirculares se compone de tres conductos arqueados dispuestos en los tres planos del espacio: el conducto semicircular horizontal, el frontal y el vertical. El oído interno es el encargado de transmitir las variaciones de presión al órgano de Corti que según la zona recoge los distintos tonos, así el oído recibe como sensación al tono que puede determinarse fácil y objetivamente midiendo la frecuencia y la intensidad.

Bartoll, 2000, establece los principales síntomas relacionados con la fisiopatología del oído como vértigo, los acúfenos, la sordera, y la otalgia

El vértigo es la sensación anómala de rotación en el espacio, bien del propio paciente, o del medio que le rodea.

Los acúfenos es la percepción de un sonido en ausencia de estímulos acústicos. Los acúfenos son una experiencia subjetiva del paciente y pueden tener características parecidas a un zumbido, tañido, rugido, silbido o susurro o pueden ser sonidos más complicados que cambian con el tiempo.

Tabla No 7: Partes del aparato auditivo

I. OIDO EXTERNO	1.-El pabellón	
	2.-El conducto auditivo externo	
II. OIDO MEDIO (Caja del Tímpano)	1.-Membrana timpánica	
	2.-Las ventanas oval y redonda	
	3.-La trompa de Eustaquio	
	4.-La cadena de huesecillos	4.1 Martillo
		4.2 Yunque
III. OIDO INTERNO (Laberinto)		4.3 Estribo
	1.-El Vestíbulo	1.1 Sáculo
		1.2 Utrículo
	2.-Canales semicirculares	
	3.-El caracol	3.1 Rampa vestíbulo
		3.2 Rampa coclear
		3.3 Rampa timpánica

Fuente: Universidad Córdoba, Tutorial, 2012

La otalgia, es decir el dolor del oído en general, se produce por infecciones y neoplasias del oído externo y medio o como dolor referido de procesos patológicos alejados.

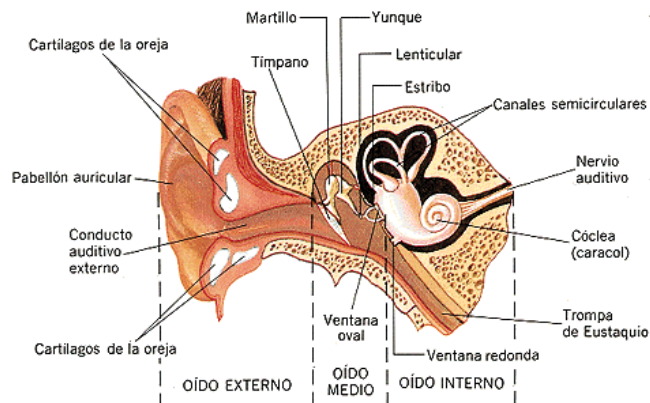
Hipoacusia o la pérdida de audición puede ser:

a) Neurosensorial o del VIII par craneal.- Esta se produce por deterioro de la cóclea, usualmente debido a una alteración del órgano de Corti (pérdida de células ciliadas)

debido a un trauma o una ototoxicidad o a la edad. No es corregible con tratamiento, pero puede ser prevenida.

b) Auditiva, de transmisión o de conducción.- Se produce por disfunción del oído externo o medio en el que se produce un déficit en la transmisión de las vibraciones sonoras al oído interno debido a una obstrucción discontinuidad o un efecto de rigidez (otosclerosis). Este tipo de hipoacusia es generalmente corregible con tratamiento farmacológico, quirúrgico o ambos conjuntamente.

Grafico No 23: El oído, oído medio, oído interno



Fuente: Universidad Córdoba, Tutorial, 2012

2.2.1.2. Recepción del Sonido

El sonido es capaz de producir en el hombre una sensación auditiva la que puede conjugar dos tipos de factores:

- Los **subjetivos**, relativos a la sensación producida por la vibración del ambiente en el cerebro. Al tomar en consideración la respuesta subjetiva, el sonido se presenta en tres distintas manifestaciones: ruido, música y conversación
- Los **medibles**, que corresponden con las magnitudes del fenómeno físico: intensidad, frecuencia, forma de onda. (Menéndez, 2009)

Como se explica anteriormente cuando se produce una vibración en el aire, en ciertos límites, se percibe un sonido. Esa vibración se transmite a la distancia y hace vibrar (por resonancia) una membrana que hay en el interior del oído: el tímpano. Cuando la vibración (onda sonora) alcanza al tímpano de nuestros oídos esta será transmitida hasta la base de otra membrana en la ventana oval la cual produce el movimiento de los tres huesecillos: martillo, yunque y estribo, amplificando la presión de onda proveniente del tímpano. Los últimos impactan sobre la cóclea o caracol, donde se encuentra el líquido linfático que es el que transmite finalmente las variaciones de presión al órgano de Corti, constituido por un conjunto de células nerviosas de distintas longitudes y según las zonas, que recogen distintos tonos, se produce la codificación de esa vibración en información electromagnética, esta información se trasmite por medio de neuronas al cerebro estimulando terminaciones de los nervios auditivos decodifica (transductor, transformando un estímulo mecánico en energía) un esa información y la convierte en una sensación que se denominada sonido.

2.2.2. Tipos de efectos sobre la salud : auditivos y no auditivos

Los efectos en la salud dependen del nivel del ruido y de la duración de la exposición, los efectos de la salud que provienen de la duración de la exposición son:

2.2.2.1. Efectos Auditivos.- Estos son: enmascaramiento, fatiga, hipoacusia, sordera profesional tal como explica Méndez, 2009.

- **Enmascaramiento.-** El oído humano se comporta de una manera frente a tonos puros no ocurre igual en el caso de sonidos o ruidos compuestos de varios tonos es decir sonidos enmascarados por otros sonidos. Como sucede en el trabajo en

el interior de una oficina en el que la percepción oral queda lesionada; como consecuencia de niveles sonoros de fondo (ruido enmascarante), lo que impide la comprensión de las palabras que normalmente se realiza fuera de ese ambiente, trae como consecuencia un aumento de la carga de trabajo para alcanzar el mismo nivel de entendimiento conversacional. Igualmente en el nivel de atención en la transmisión de órdenes, e interpretación de señales acústicas, lo que afecta a las condiciones de seguridad, este tema es parte de la ergonomía.

- **Fatiga.**- Aumento transitorio y recuperable del dintel de la audición, consecuencia de la exposición a niveles sonoros elevados; el regreso al dintel base es variable, puede ser de cinco horas, días o semanas y está en función de la exposición, nivel, tiempo y propiedades intrínsecas de la persona afectada. En la práctica se recupera la pérdida después de 12 horas de no exposición. En realidad no se ha podido establecer la relación entre la pérdida temporal por fatiga y la pérdida permanente, los individuos más fatigables serán los más predispuestos. En este caso se deben realizar estudios audiométricos después de un período de no exposición
- **Hipoacusia.**- La exposición repetida a elevados niveles sonoros produce en las personas expuestas lesiones irreversibles en el órgano de Corti. Las frecuencias más susceptibles de estas lesiones son las de 4000 Hz
- **Sordera Profesional.**- Se considera cuando la hipoacusia alcanza las frecuencias de 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz, bandas denominadas conversacionales, afectando la intercomunicación oral entre las personas; se denomina también como sordera que aparece para pérdidas superiores a 25 dB.

2.2.2.2. Efectos No auditivos (extra auditivos)

En los efectos extra auditivos se puede mencionar: Disfunciones cardiovasculares, variaciones en el metabolismo y sistema endocrino, efectos sobre el sistema nervioso central y periférico. Se han realizado experiencias que han demostrado que la exposición a ruidos blancos produce taquicardia. Igualmente, tras la exposición a

ruidos complejos se detectan bradicardias. Se han observado alteraciones en el ritmo cardiaco, movilidad y secreción gástrica.

Cualquier exposición a niveles sonoros, así sea de bajo nivel, provoca en los individuos respuestas variables, e incluso un mismo sonido puede generar respuestas subjetivas, en un mismo individuo, distintas e incluso contrarias, según su estado anímico. Su respuesta puede ser dificultad de alcanzar el sueño o la falta de nivel de concentración para trabajos intelectuales.

2.2.2.3. Impacto del ruido en la salud

Algunos autores describen teorías que afectan fisiológicamente al organismo por el ruido:

- **Teoría del micro trauma.-** Los picos de nivel de presión sonora de un ruido constante, conducen a la pérdida progresiva de células, con la consecuente eliminación de neuro-epitelio en proporciones crecientes (Álvarez y Faizal, 2012,).
- **Teoría Bioquímica.-** Esta teoría dice que la hipoacusia se origina por las alteraciones bioquímicas que el ruido desencadena, esto produce el agotamiento de los metabolitos y en definitiva la lisis celular los cambios son:
 - Disminución de la presión de O₂ en el conducto coclear
 - Disminución de los ácidos nucleicos de las células
 - Disminución del glucógeno, ATP.
- **Teoría de la conducción del calcio intracelular.-** Según esta teoría se produce una despolarización de las neuronas en ausencia de cualquier otro estímulo, las alteraciones que sufre la onda de propagación del calcio intracelular en las neuronas son debidas a cambios en los canales del calcio, esto explica porque se producen alteraciones neurológicas durante la exposición al ruido.
- **Mecanismo mediado por macro-trauma.-** La onda expansiva producida por el ruido discontinuo intenso es transmitida a través del aire generando una fuerza capaz de destruir estructuras como el tímpano y la cadena de huesecillos.

2.2.2.4. Determinantes en los efectos del ruido según lo explica Álvarez y Faizal, 2012, existen algunos factores que pueden determinar los efectos del ruido:

- **Variabilidad biológica.-** La susceptibilidad al ruido puede ser hereditaria, debida a ototóxicos, meningitis, diabetes mellitus, hipertensión arterial, mide la fatiga auditiva. fuente
- **Intensidad del ruido.-** El reglamento 2393 vigente establece que para una jornada de trabajo de 8 horas el límite equivalente continuo para ruido es de 85 dB. Niveles de intensidad mayores de ruido deben ser compensados con el acortamiento del tiempo de exposición en la jornada u otros métodos de protección.
- **Espectro de frecuencia.-** En general los sonidos de alta frecuencia son más dañinos que los de baja frecuencia. En el ambiente laboral predomina la exposición a ruidos de alta frecuencia, dependiendo de su efecto dañino de la intensidad y el tiempo de exposición entre otros.
- **Tiempo de exposición diaria.-** La duración de la exposición está directamente relacionado con la intensidad del ruido, el nivel de ruido equivalente continuo (Leq) y la dosis recibida.
- **Edad.-** La pres-biacusia es un proceso degenerativo natural de la capacidad auditiva que se inicia para algunos autores a los 35 años en promedio, esto favorece el efecto nocivo del ruido. La presbiacusia temprana se asocia a la pérdida progresiva de la capacidad auditiva en trabajadores expuestos a ruido
- **Genero.-** En general, la mujer tiene agudeza auditiva mayor a la del hombre ya que tiene el umbral de audición más bajo. Existe evidencia significativa de que la mujer es más resistente al ruido que el hombre.
- **Desplazamiento Temporal del Umbral de la Audición.-** La exposición a ruidos intensos, con frecuencia causa una ligera disminución de la sensibilidad auditiva, y a menudo se acompaña de zumbidos, por lo general de pocas horas, puede ser prolongada si la intensidad del ruido ha sido grande. Para establecer que una persona ha sufrido solo un desplazamiento transitorio del umbral de

audición, deberá tener una recuperación total de sus facultades auditivas después de un lapso de reposo de 16 horas.

2.3. GESTIÓN DEL RUIDO EN LA INDUSTRIA

La gestión del ruido involucra desde la medición, evaluación, análisis, acciones correctivas, preventivas sobre los niveles de ruido que puede exceder los límites exigidos por la normativa local, para tener secuencia sea ha dividido en fases, estas son:

Fase 1: Realizar un estudio previo.- Análisis puestos de trabajo, maquinaria e instalaciones bajo las cuales se identifica todas las fuentes de ruido, los puestos más susceptibles y el tiempo de exposición

Fase 2: Medir los niveles de ruido.- Los cuales se realizan bajo una metodología en el caso del estudio UNE EN ISO 9612:2009.

Fase 3: Registrar los resultados.- Se anota los datos en registros preestablecidos para su procesamiento en Excel.

Fase 4: Implantar medidas preventivas.- La aplicación de las medidas preventivas o correctivas siempre con la formación e información pertinente a los trabajadores, adicionalmente se debe señalar los sitios de mayor ruido y las zonas de utilización de equipos de protección personal.

Fase 5: Control de las medidas implementadas.- Se debe realizar un registro y un procedimiento de inspección para verificar el cumplimiento, así como un procedimiento que indique el análisis del riesgo cuando se instalan y diseñan edificios y equipos nuevos.

Fase 6: Mantenimiento.- Se lleva un registro o guía de trabajo del mantenimiento de maquinaria y herramienta ruidosa, y el mantenimiento y cambio de los equipos de protección personal. Siempre se debe considerar la participación del personal en la implantación de estas fases.

2.3.1. La planificación del control del ruido

Una vez se ha evaluado el puesto de trabajo y la medición de las fuentes generadoras del ruido se establece un plan para el control de ruido, se determinan prioridades en la actuación, estableciendo los puestos de trabajo con más problemas, es decir:

- Ruidos mayores a 85 dB(A), acción correctiva inmediata
- Ruidos de 85 dB(A) con tiempos de exposición de 8 horas, se establecen acciones correctivas con rapidez.
- Ruidos entre 85 y 80 dB(A), se establecerán acciones correctivas y preventivas.

Se determina la técnica a aplicar para el control de ruido y se establecen plazos y responsables.

2.3.2. Técnicas a aplicar para el control del ruido

El control del ruido es un problema complejo, y tenemos que hacerlo de la manera más práctica y con el mínimo costo, la solución más óptima es una combinación de varias medidas, y se puede clasificar las acciones de control en:

- Controles técnicos
- Controles administrativos

Grafico N° 24: Fases de la Gestión del Ruido



Fuente: Elaboración propia, adaptación CEIM, 2011.

2.3.2.1. Controles técnicos.- Los controles técnicos tienen como fin disminuir el nivel sonoro por debajo de lo exigido por la normativa.

La pérdida del oído por ruido es evitable, pero una vez que se ha perdido es permanente e irreversible, la manera más eficaz para evitar que ocurra la pérdida del oído por ruido ocupacional es eliminar el ruido peligroso con controles de ingeniería el ruido en los puestos de trabajo se pueden controlar y combatir según los explica Cortez, 2007 como sigue:

- ✓ En su Fuente.-
- ✓ Entre la fuente y el trabajador.-
- ✓ En el trabajador mismo

En el siguiente capítulo se detallara cada uno de estos controles

También se debe evitar la exposición innecesaria, reducción del tiempo de exposición, rotación del puesto de trabajo.

2.3.2.2. Controles administrativos.- Son los que tienden a disminuir el riesgo pero no el nivel sonoro.

Entre los controles administrativos están:

- Cumplimiento de los programas de mantenimiento de maquinaria generadora de ruido.
- Planes de trabajo para reducir dosis del ruido, disminuyendo el tiempo de exposición cuando resulte técnicamente aconsejable.
- Formación y motivación
 - o Los miembros del equipo reciben información sobre las pérdidas auditivas, la conservación de la audición y respecto al modo de cumplimiento de sus obligaciones.
 - o Se entrena sobre el programa para el cumplimiento del control del ruido
- Se impone la utilización de Equipos de protección personal en los puestos de trabajo necesarios, se establece la practicidad y la simplicidad de la colocación y el mantenimiento del equipo de protección personal (EPP); se reemplaza los EPP contra el ruido periódicamente.
- Se mantiene un registro de los mantenimientos de maquinarias y EPP

Es importante que el trabajador trabaje en el diseño de las modificaciones y respetar las observaciones realizadas por el operador.

2.3.3. Seguimiento y verificación del control del ruido

No basta con evaluar e implantar medidas preventivas, sino que es necesario que se compruebe su eficacia y operatividad, para esto debemos hacer seguimiento en:

2.3.3.1. En la maquinaria y puesto de trabajo.

- ✓ Mantener un adecuado mantenimiento de las máquinas y herramientas e instalaciones con esto evitamos que el ruido se propague.
- ✓ En caso de nuevas instalaciones y maquinarias evaluar las condiciones de ruido

El seguimiento evita el aumento del ruido que puede darse por:

- ✓ Incorporación de nueva maquinaria
- ✓ Envejecimiento de la maquinaria
- ✓ Aumento del ritmo de trabajo
- ✓ Aumento de sistemas de ventilación, calefacción o refrigeración
- ✓ Cambios en la estructura del edificio

Se puede comprobar estos puntos con el cumplimiento del cronograma de mantenimiento de instalaciones y maquinaria.

2.3.3.2. Vigilancia de la salud

La vigilancia de la salud permite determinar si se está cumpliendo con las medidas preventivas del control de riesgos en este caso de la audición. Para llevar una buena vigilancia se debe realizar:

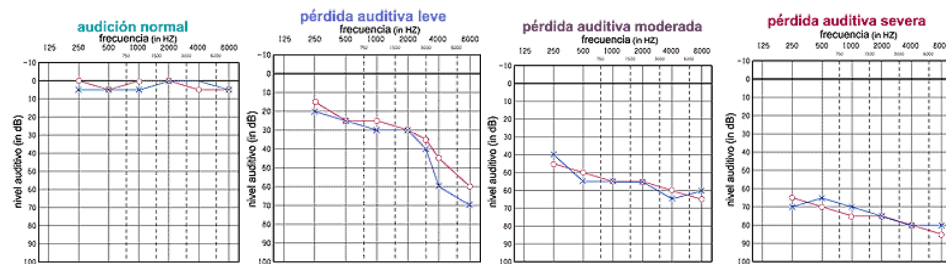
- Historias médicas individuales y facilitar información a los trabajadores.
- Una de las pruebas más importantes en la vigilancia médica para problemas de salud derivados del ruido es la audiometría que detectan el umbral auditivo, para tonos puros por vía aérea de frecuencias 500, 1000,

2000, 3000, 4000, y 6000 Hz en ambos oídos la cual es idónea para evaluar la capacidad auditiva de los trabajadores, se realiza en 800 Hz solo como forma de esclarecer la etiología de la pérdida auditiva. Según nos explica Álvarez, 2012, derivadas de la audiometría las pruebas a realizar son las siguientes:

- Audiometría base.- Esta es la medición realizada antes de que el trabajador ingrese a la empresa o dentro de los 30 días siguientes al inicio, considerando que el trabajador no debe tener exposiciones sobre los 85 dB (A) o más por un tiempo mínimo de horas.
- Monitoreo audiométrico y retest.- Todos los trabajadores dentro del programa de prevención de pérdidas auditivas, deben ser evaluados anualmente, estos exámenes se realizarán al final o durante la jornada laboral y reconocerse como audiogramas de monitoreo a través de los cuales se establece si existen cambios en los umbrales auditivos con respecto a la audiometría base. Si se encuentra un cambio en los umbrales que sean iguales o excedan 15 dB en cualquiera de las frecuencias evaluadas se realiza un retest para verificar si los cambios persisten. Un audiograma registra la diferencia como una pérdida de audición en decibeles. Se hace oír al paciente sonidos de distintas frecuencias se compara el nivel sonoro mínimo que puede captar la persona con respecto a una persona normal.
- Audiograma de confirmación.- Este diagnóstica después de los 30 días luego del retest, en las mismas condiciones del audiograma base, si se confirma la alteración de los umbrales auditivos, el audiograma y su historia deben ser revisados por un médico.

- Audiograma de retiro.- Se realiza cuando el trabajador ha estado expuesto a niveles de ruido peligrosos, se realiza en las mismas condiciones de la audiometría base.

Gráfico N°25: Audiogramas: normal, leve, moderado, severo



Fuente: Boys Town National, Research Hospital, 2013.

2.4. PREVENCIÓN Y CONTROL DEL RUIDO

2.4.1. Actuación sobre la fuente

Al igual que con otros tipos de exposición, la mejor manera de evitar es eliminar el riesgo, controlar el ruido en su fuente. De esta manera se hace de las máquinas o procesos de trabajo más silenciosos, con este proceso se consigue disminuir la excitación acústica o la radiación acústica inducida por esta excitación. Es bueno dotar de silenciador a la máquina que colocar protectores de los oídos a los trabajadores. Las máquinas deben ajustarse a las normas vigentes sobre ruidos y por tanto antes de adquirirlas se debe comprobar si cumplen con las normas. Este método es aconsejable cuando existe ruido de frecuencias puras.

Tal como indica Menéndez, 2009, para reducir el ruido en la fuente se pueden aplicar tres tipos de acciones:

- **Proyectando y ejecutando instalaciones correctas.-** Conocer los requerimientos mínimos de las máquinas a instalar, prever posibles aislamientos de aquellas

máquinas que no cumplen los requerimientos, en esta fase lo importante es alcanzar el nivel sonoro requerido por la normativa.

- Sustitución de la maquinaria o proceso.- Si los equipos industriales son de la época de su construcción y por tanto se tiene maquinaria muy ruidosa puede sustituirse con maquinaria de emisión sonora menor y si esto ocurre lo más probable es que se varíe el proceso.
- Mantenimiento.- Una fuente sonora con deficiencias de mantenimiento puede alcanzar importancia singular en la emisión del ruido, por tanto se debe mantener un programa de mantenimiento preventivo y realizar de emergencia en forma efectiva y completa (administrativa).

Es la actuación más eficaz y menos costosa, entre las posibles soluciones se pueden adoptar: reducir los impactos que sean posibles, evitar fricciones, utilizar aisladores y amortiguadores, utilizar lubricación adecuada.

2.4.2. Actuación sobre el medio: Controles de Ingeniería

La propagación de ruido puede hacerse vía aérea o estructural, cuando es vía aérea se sugiere el aislamiento respecto de los ruidos aéreos mediante barreras o encerramiento de la fuente, el aislamiento del personal en cabinas, la instalación de pantallas.

El estudio de transmisión debe tener en cuenta tres fenómenos tal como nos explica Menéndez, 2009.

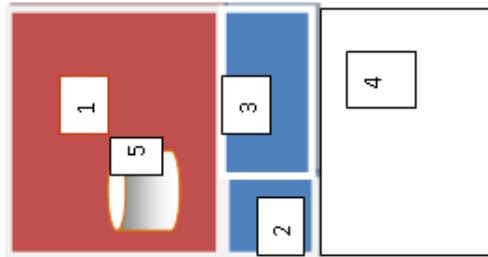
- Transmisión de las ondas directas desde la fuente al receptor
- Transmisión de las ondas a través de la estructura del edificio desde donde se producen nueva ondas aéreas que inciden directamente sobre el receptor, por tanto se transforman en el caso anterior

- Transmisión indirecta de las ondas que una vez generadas y antes de llegar al receptor chocan una o varias veces con las superficies que cierran el local y otras superficies

En la actuación sobre medio se puede recurrir a las siguientes soluciones: aislamiento anti vibrátil, revestimientos absorbentes del sonido, apantallado, blindajes, cabinas.

Sin embargo cabe destacar que en la industria en estudio cada maquinaria tiene un cubículo que la aísla del corredor de tránsito general del personal; adicionalmente existen esclusas de materiales que impiden que el ruido se propague de forma aérea.

Grafico N° 26: Esquema de ubicación de las máquinas



Fuente: Elaboración propia

- 1.- Área de máquina (puesto de trabajo); 2.- esclusa de personal, 3.- esclusa de materiales, 4.- corredor principal, 5.- máquina.

2.4.2.1. Barreras de absorción

La onda acústica utiliza el aire como soporte normal, la forma más común para interponerse en su camino es un obstáculo sólido y no poroso, en el caso más sencillo es una pared simple o una pantalla. En este caso se pueden producir cuatro tipos de aislamiento:

- Aislamiento de paredes simples
- Aislamiento para cierres compuestos: los que se encuentran formados por varios materiales, por ejemplo pared con puerta y ventana.
- Cierres múltiples: formados por dos o más paredes por una cámara de aire

- Apantallamiento de la fuente: su funcionamiento consiste en reflejar gran parte de la energía acústica, absorbiendo y transmitiendo unas pequeñas partes y difractando el resto y dependerá de las dimensiones de la barrera, situación del receptor y emisor, espectro sonoro del ruido, material de construcción de la barrera, característica acústica del local.

2.4.2.2. Confinamiento

Cuando se utiliza la técnica de apantallamiento no se alcanza a reducir los niveles sonoros a los límites deseados, se debe recurrir al encerramiento, enclaustramiento o blindaje de la fuente, este puede ser total o parcial y evitarse en lo posible el efecto rendija, el problema que se tiene en estos casos es la ventilación de la máquina y el mantenimiento para producción.

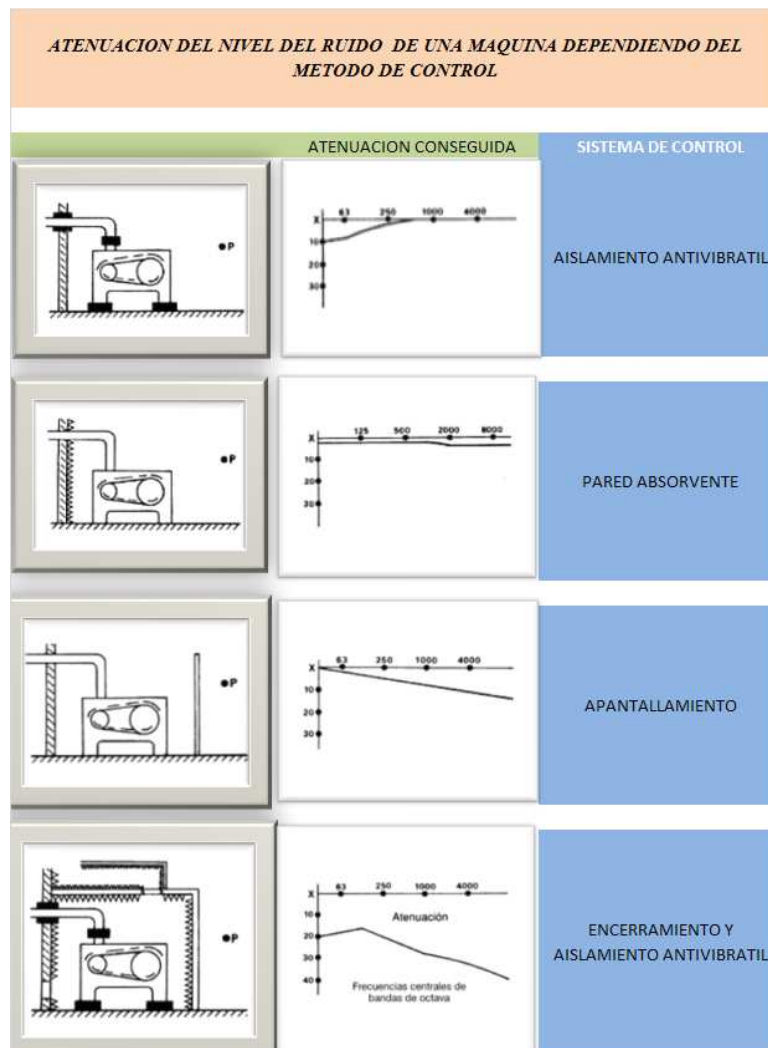
Para determinar las características del aislamiento necesario que han de tener las superficies del encerramiento se consideraran según lo explica Menéndez, 2009:

- El nivel sonoro que se desea alcanzar en la zona de ubicación de la fuente sin omitir el aporte de ruido de otras fuentes.
- La determinación de niveles sonoros con análisis de banda producidos por la fuente.
- La elección del material con el que se construye el encerramiento, para esto se consideran las frecuencias predominantes de la fuente en esta elección.
- Diseño, funcionalidad y cálculo de la atenuación producida.

Aislamiento del sonido transportado por la estructura.- Para amortiguar el ruido transmitido a través de estructuras se puede realizar dos opciones: la una es evitar que la energía entre en la estructura, por tanto se debe evitar uniones rígidas entre las máquinas y las estructuras de apoyo y la otra es para dificultar la transmisión para esto se puede recubrir la construcción con materiales adecuados para absorber los golpes (Menéndez, 2009).

Se puede utilizar cabinas acústicas cuando el resto de procedimientos han resultado ineficaces y el proceso del trabajo lo permite.

Grafico N° 27: Atenuación del nivel de ruido en máquinas



Fuente: Cortez, 2007

2.4.3. Actuación sobre el receptor

Aunque el principal elemento de un programa de control del ruido debe ser la prevención en origen, a veces debe utilizarse la protección personal como medida temporal o en último extremo. Pero cuando el nivel de ruido es superior a lo permitido,

habiéndose agotado todas las posibilidades de realizar el control del ruido o no ha sido eficaz al reducirlo, se recurre a la protección personal utilizando protectores auditivos, ya sea tipo tapón, de orejera o de cascos. Los protectores auditivos deben tener obligatoriedad de utilización y deben ser lo bastante prácticos y cómodos para producir la atenuación del ruido.

Los lugares que de acuerdo con la normativa sobrepasen los 90 dB(A) de nivel de ruido equivalente o 140 dB(C) de nivel pico, deberán ser señalizados con “protección obligatoria del oído”.

2.4.3.1. Equipos de protección personal.- Como indica Álvarez, 2012, existen dos tipos de protección de los oídos:

- Tapones de oídos
- Orejeras

Ambos tienen por objeto evitar que un ruido excesivo llegue al oído interno.

Los tapones para los oídos se introducen en el oído externo y pueden ser de materias muy distintas entre ellas caucho, plástico o cualquier otra que se ajuste dentro del oído. Pero son las menos convenientes para la protección del oído porque no protegen con eficacia del ruido y pueden infectar los oídos si quedan dentro de ellos algún pedazo de tapón o que utiliza un tapón sucio, estos pueden ser:

- Fibras refractarias al ruido que se pueden moldear
- Fibras acústicas de plástico expandible
- Tapones de oídos de plástico que se pueden utilizar más de una vez
- Orejeras

Las orejeras protegen más que los tapones de oídos si se utilizan correctamente. Cubren toda la zona del oído y la protegen del ruido, son menos eficaces si no se ajustan. Las orejeras están formadas por dos conchas que envuelven el pabellón auditivo unidas por un soporte o arnés, que tienen la misión de sujetarle y apretarles sobre la cabeza para alcanzar un correcto cierre.

Menéndez, 2009 explica que existe criterios para la selección de orejeras basadas en los siguientes puntos:

- Orejeras con normativa certificada
- Atenuación acústica suficiente
- La atenuación debe permitir que el nivel de ruido recibido por el trabajador quede por debajo del criterio de actuación considerando que el daño acústico aparece con exposiciones superiores a 80 dB(A) en 8 horas diarias y que es proporcional a la energía recibida, el nivel de acción o el 50 % de riesgo se establece para un nivel de 77 dB(A). Las atenuaciones producidas por el protector en las condiciones normalizadas de ensayo para cada banda de octava 125-8000 Hz el valor de la desviación media y su desviación típica, las atenuaciones en el campo de las altas, medias y bajas frecuencias H,M,L y la atenuación única SRN.
- Cada dato facilitado por la hoja técnica del protector se aplica en relación a los datos disponibles del ruido al que se encuentra expuesto el trabajador que se debe proteger, generando tres métodos de cálculo de la atenuación efectiva.
- La comodidad de utilización, los materiales utilizados en la construcción del protector son factores que contribuyen a su confort.
- Se debe considerar las condiciones ambientales principalmente la temperatura y humedad, polvo, presencia de ruidos elevados de corta duración
- Problemas de salud de cada trabajador dependiendo de la patología puede producir daños cuando utilice los protectores.
- El uso de prendas de protección como casco, mascarillas, gafas y otras prendas de cabeza influyen las características de confort y en la atenuación del protector.

El tiempo de utilización de los protectores auditivos y para que la protección sea efectiva debe ser mientras dure la exposición de niveles elevados.

CAPÍTULO III

3. EVALUACIÓN DEL RUIDO

3.1. METODOLOGÍA

De acuerdo a lo detallado anteriormente se realiza la evaluación del ruido según la secuencia de la ISO 9612:2009, y las fases de la gestión.

3.1.1. Identificación del ruido (FASE 1)

Como estudio preliminar de la Fase I de la Gestión se realiza la encuesta al personal en estudio, el análisis de maquinaria, tipo de proceso subproceso. En la primera etapa de correspondiente a la ISO 9612:2009 se analiza cada puesto de trabajo el personal expuesto, las actividades y los tiempos de exposición.

Tabla N° 8: Puesto de trabajo: subproceso, maquinaria generadores de ruido

PROCESO				MAQUINA			
N°	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	TIPO DE PROCESO (SECUNDARIO)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	MÁQUINA	AÑO DE FABRICACIÓN	TIPO DE MÁQUINA	DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA
1	PESAJE DE MATERIAS PRIMAS	FÍSICO, MECANIZADO	OPERADOR DE PESAJE	FLUJO LAMINAR	2012	MECÁNICA ELÉCTRICA	Es una cabina de que genera y recoge aire con la finalidad de mantener el aire limpio tiene un motor de ¾ hp con ventilador,
2	ELABORACIÓN DE PASTAS DENTALES	QUÍMICO, MECANIZADO	OPERADOR MEZCLADOR	REACTOR HOMOGENIZADOR	1965	MECÁNICA ELÉCTRICA	Motor homogenizador de 15 hp con motor de áncora de 3 hp con ventilador, que permite la preparación de pastas dentales
3	ELABORACIÓN, ENVASE EMPAQUE DE DE FORMAS FARMACÉUTICAS LÍQUIDAS	FÍSICO, MECANIZADO	OPERADOR DE LAVADO DE FRASCOS	LAVADORA DE FRASCOS	1976	MECÁNICA ELÉCTRICA	Motor reductor con 2 hp, bomba recirculatoria de agua de 2 hp motor y mesa pulmón en el que giran los frascos para su lavado
		QUÍMICO, MECANIZADO	OPERADOR PREPARADOR	AGITADOR MECÁNICO	1986	MECÁNICA ELÉCTRICA	Motor redactor con ventilador
		FÍSICO, MECANIZADO	OPERADOR ENVASADOR	ENVASADORA DE TAPADORA DE FRASCOS VIDRIO	1986	MECÁNICA ELÉCTRICA	Line Tover de envasado y tapado, formada por una banda transportadora, y una mesa pulmón para los frascos
		FÍSICO MECANIZADO	OPERADOR EMPACADOR	ETIQUETADORA / BANDA TRANSPORTADORA	1990	MECANICA ELECTRICA	Etiquetadora semiautomática con banda transportadoras y mesa pulmón que recoge los frascos antes del encajado

			FÍSICO, MANUAL Y MECANIZADO		N/A	N/A	N/A	N/A
4	CODIFICACIÓN MATERIAL EMPAQUE		FÍSICO, MECANIZADO	OPERADOR CODIFICADOR	CODIFICADORA NORWOOD	1986	NEUMATICA ELECTRICA	Es una máquina con mecanismo de golpe cuyo poder de energía se genera con aire
			FÍSICO, MECANIZADO		CODIFICADORA HAPA	1994	MECANICA ELECTRICA	Es una máquina semiautomática de alimentación manual
5	COMPRESIÓN Y LAQUEADO DE COMPRIMIDOS		QUÍMICO, MECANIZADO	OPERADOR DE PRODUCCIÓN DE COMPRIMIDOS	TABLETEADORA	1974	MECANICA ELECTRICA ROTATIVA	Es una máquina que permite la formación de comprimidos por presión
			QUÍMICO, MECANIZADO	OPERADOR RECUBRIMIENTO	BOMBO GRAGEADOR	1986	MECANICA, ELECTRICA TERMICA	Es una paila cuyo movimiento giratorio permite el laqueado de núcleos de comprimidos,
			BIOLÓGICO, MECANIZADO		FLUJO LAMINAR	1996	MECANICO ELECTRICO	Es una cabina de que genera y recoge aire con la finalidad de mantener el aire limpio
6	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		BIOLÓGICO, MECANIZADO	TÉCNICA MICROBIOLÓGICA	FLUJO LAMINAR BOMBA DE VACIO	1986	MECANICO ELECTRICO	Es una cabina de que genera y recoge aire con la finalidad de mantener el aire limpio tiene un motor de ¾ hp con ventilador, mas una motor reductor con ventilador
			FÍSICO, MANUAL		LABORATORIO MICROBIOLOGÍA	1986	N/A	Lugar en el que se receptan los ruidos del ventilador del autoclave
7	LAVADO DE AREAS		FÍSICO MECANIZADO	OPERADOR DE LIMPIEZA	HIDROLAVADORA	2012	ELÉCTRICA,	Es una máquina genera agua con bomba de presión

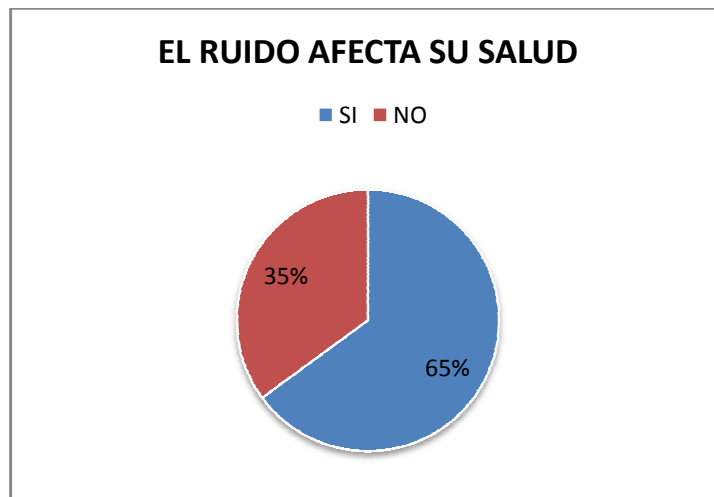
Fuente: Elaboración propia. Tabla N° 8 (cont.)

3.1.2. Descripción de los puestos de trabajo y condiciones actuales

Todos los puestos de trabajo analizados en el presente estudio están expuestos al ruido, sin que se les haya realizado una medición de este riesgo físico por lo tanto la protección que utilizan es el azar y sin ningún fundamento técnico.

Según la encuesta realizada en la industria en estudio, el 35% del personal piensa que el ruido no le puede ocasionar daños en su salud y el 65% piensa que sí.

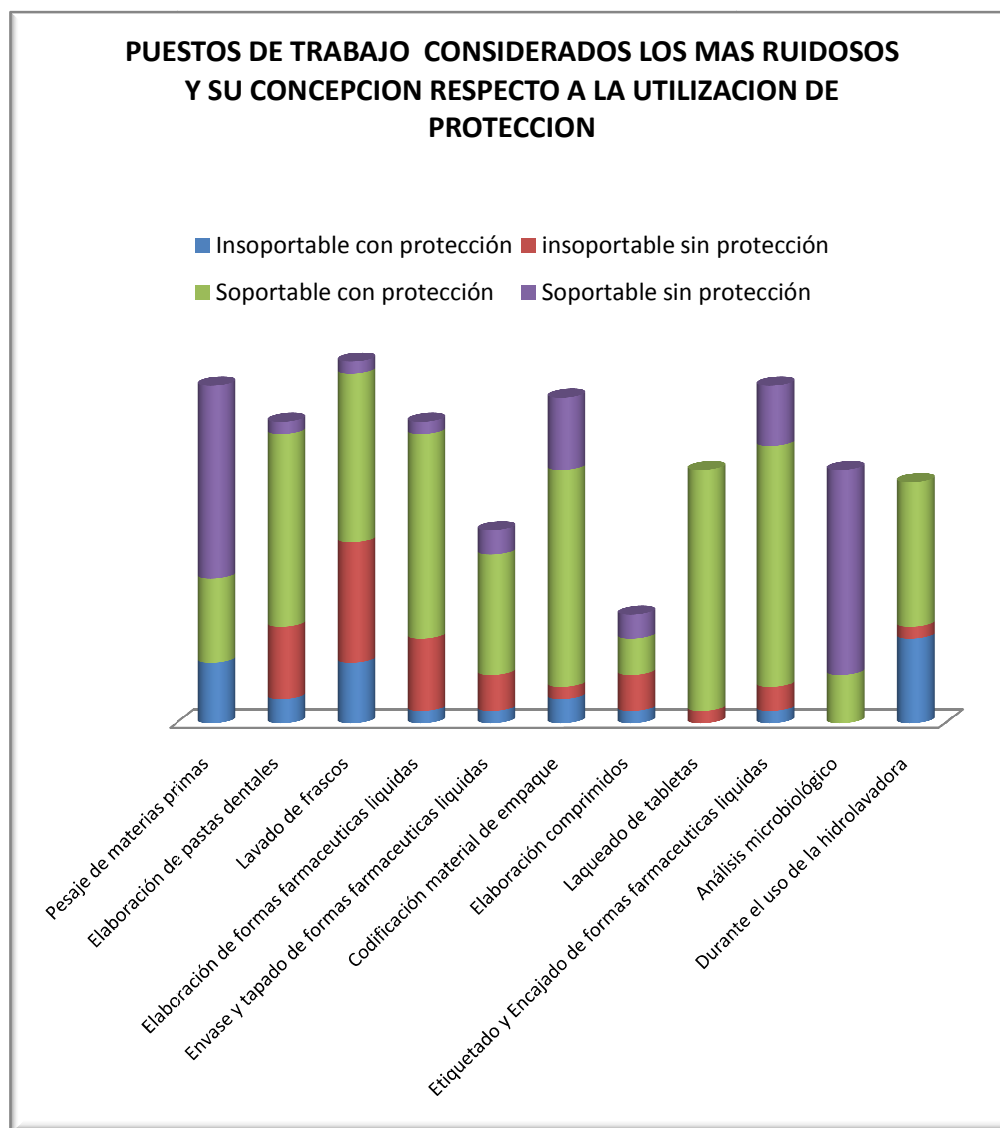
Gráfico N° 28: ENCUESTA 1: Supone que el ruido es un riesgo grave para su salud



Fuente: Elaboración propia

Los puestos considerados mas ruidosos: lavado de frascos, la elaboracion de pastas dentales, el pesaje, la codificación, elaboración, envasado, tapado, etiquetado y encaje de formas farmacéuticas líquidas.

Gráfico N° 29: ENCUESTA 2 Puestos de trabajo considerados mas ruidosos y su concepción respecto a la utilización de protección.



Fuente: Elaboración propia

A continuación se describe cada uno de los puestos de trabajo con sus niveles de ruido significativos de los cuales todos fueron llevados a estudio.

3.1.2.1. Puesto de trabajo en la elaboración de pastas dentales.- En este puesto de trabajo laboran dos personas y según la encuesta inicial el 50% piensa que el ruido no le puede afectar a la salud, el 50% piensa que durante los procesos de elaboración de pastas y la limpieza del área y accesorios es insoportable el ruido con protección, la otra persona piensa que durante la limpieza es insoportable sin protección.

Tabla No 9: Etapa 1 Análisis del puesto de trabajo

ETAPA 1									
Nº	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONA AL HOMOGENEOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MÁQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día))	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Elaboración de pastas dentales	Operador mezclador	2	Reactor Homoge nizador	Motor turbina y áncora del reactor	1.75	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo y tiempo de preparación y descargue de la pasta de 1.9 horas	Preparación de premezclas	Revisa las materias primas que salen del área de pesaje, realiza las premezclas de pastas dentales antes de la mezcla final, añade al reactor, una vez se encuentran listas las premezclas
					Bomba de vacío con motor y áncora	0.65		Vacío de pasta dental	Cierra el reactor y verifica el panel de control prende el vacío para absorber la burbuja de la pasta y sale del área pero ingresa permanentemente para control
				Hidrola vadora	Motor succión de	3.60		limpieza de área y accesorios	Una vez lista la pasta se descarga y se realiza el lavado de accesorios, reactor y del área con agua a presión utilizando la hidrolavadora, sanitiza y llena los registros correspondientes

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.2. Puesto de trabajo en la elaboración formas farmacéuticas líquidas.- En el puesto de trabajo laboran dos personas, el 50% piensa que el ruido no le puede causar daños en la salud y el 50% piensa que los subprocesos de elaboración, envase y limpieza son insoportables sin protección y otro 50% piensa que los subprocesos de elaboración, envase y limpieza son soportables con protección.

Tabla N° 10: Etapa 1: Análisis del Puesto de trabajo

ETAPA 1									
Nº	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMEGENE OS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVO S DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MAQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día)	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Elaboración de formas farmacéuticas líquidas	Operador mezclador	2	Agitador mecánico	Motor batidor	3,25	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo y tiempo de preparación de materiales, se descarga a tanque pulmón por bomba	preparació n de pre- mezclas	Revisa las materias primas que salen del área de pesaje, realiza las pre-mezclas de formas farmacéuticas líquidas antes de la mezcla final, añade al tanque de mezcla, una vez se encuentran listas las pre-mezclas
				Envasadora tapadora de frascos	Topeteo frascos vidrio, banda Transportadora , bomba de Tanque pulmón	2,55		envase de frascos	Alimentan los frascos manualmente, pasan por la banda transportadora hasta la zona de inyección de la forma farmacéutica líquida, continua en la banda transportadora hasta el tapado bajo la supervisión del operador y sale al área de empaque
				Hidrolavadora	Motor succión de	3,80		limpieza de área y accesorios	Una vez listo la forma farmacéutica líquida y se envasa se realiza el lavado de accesorios, tanques y del área con agua a presión utilizando la hidrolavadora, sanitiza y llena los registros correspondientes

Fuente. Elaboración Propia

3.1.2.3. Puesto de trabajo en el lavado de frascos.- En el puesto de trabajo lavado de frascos laboran dos personas y el 100% piensa que el ruido puede afectarles gravemente en su salud, y el 100% piensa que los subprocesos de lavado de frascos y limpieza de área y accesorios son insoportables sin protección.

Tabla N° 11: Etapa 1: Análisis del puesto de trabajo

ETAPA 1									
N°	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMEGENEOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MÁQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día))	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Elaboración de formas farmacéuticas líquidas	Operador de lavado de frascos	2	Lavadora de frascos	Motor/ proceso lavado, topeteo frascos	5,15	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo y tiempo de preparación de materiales, desinfectante y frascos	Lavado de frascos	Contabiliza los frascos y prepara el desinfectante, calibra la máquina y alimenta manualmente, otra persona descarga los frascos en cubetas
				Hidrolavadora	Motor succión	2,4		Limpieza de área y accesorios	Cuando el área esta libre y sin materiales primarios realiza el lavado y desinfección de la máquina y el área la limpieza lo hace con agua a presión utilizando la hidrolavadora, sanitiza y llena los registros correspondientes

Fuente: Elaboración Propia.

3.1.2.4. Puesto de trabajo en el etiquetado y encajado de formas farmacéuticas líquidas.- En el puesto de trabajo de etiquetado y encajado de formas farmacéuticas líquidas el 53 % piensan que el ruido puede causarles graves daños a la salud y el 47% piensa que no, el 60% del personal piensa que los subprocesos de etiquetado y encajado son soportables

con protección, el 20% piensa que los subprocesos son insoportables sin protección y el otro 20 % piensa que el ruido en estos subprocesos son soportables con protección.

Tabla N° 12: Etapa 1: Análisis del puesto de trabajo

ETAPA 1									
Nº	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMEGENE OS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MAQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día))	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Elaboración de formas farmacéuticas líquidas	Operador empacador	15	Etiquetadora y banda transportadora	Banda transportadora topeteo de frascos	3,25	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo y tiempo de preparación de materiales y registros protocolo del producto	Etiquetado	Dos personas recepta los frascos que salen de la banda transportadora del envase de formas farmacéuticas líquidas, y revisa el subproceso de etiquetado
				N/a es manual	Topeteo frascos de	3,25		Encajado manual de frascos	Dos personas retiran del alimentador los frascos etiquetados y pasan a la mesa de encajonado, todas las demás personas encajan

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.5. Puesto de trabajo en la compresión - tableteo.- En este puesto trabajo el 100% del personal está consciente de que el ruido le puede ocasionar graves daños a la salud y el mismo porcentaje considera el ruido soportable con protección.

Tabla N° 13: Etapa 1: Análisis del puesto de trabajo

ETAPA 1									
Nº	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMEGENEO S DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICAT IVOS DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MÁQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día))	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Compresión de formas farmacéuticas sólidas	Operador de producción y tableteo de comprimidos	1	Tableteadora	Golpes del punzón sobre la matriz de tableteo	4,00	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo y un tiempo de preparación de materiales	Compresión/ tableteo	Prepara las materias primas realiza la mezcla de las materias primas, descarga la mezcla y transporta a la esclusa de la tableteadora

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.6. Puesto de trabajo en laqueado de comprimidos.- En el puesto de trabajo de Laqueado de comprimidos el personal que labora está consciente de los problemas de ruido existentes y que pueden afectar a su salud además consideran que es soportable con protección.

Tabla N° 14: Etapa 1: Análisis del puesto de trabajo

ETAPA 1									
N°	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMOGÉNEOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MÁQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día))	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Laqueado de comprimidos	Operador de recubrimiento	1	Bombo grageador	Motor, rotación de comprimidos, sistema de calefacción y enfriamiento	5,50	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo y un tiempo de preparación de materiales	Laqueado	Retira los comprimidos de la esclusa de la tableteadora, prepara la laca para laqueado, prepara el bombo grageador, y calibra la temperatura para el calentamiento y enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.7. Puesto de trabajo en las codificadoras.- En este puesto de trabajo el 100% del personal está consciente de los problemas que puede ocasionar el ruido en su salud y su concepción respecto a la utilización de protección es 50% insoportable sin protección y el otro 50% soportable con protección.

Tabla N°15: Etapa 1: Análisis del puesto de trabajo

ETAPA 1									
N°	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMEGENEOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MÁQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día)	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Codificación de material de empaque	Operador codificador	2	Codifica dora Norwood	Golpe del tipe holder sobre la base	9,88	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del	Codificar material empaque secundario	Revisa los lotes fechas y producto de los materiales de empaque, y realiza el operativo de codificación
				Codifica dora Hapa	Motor y salida de material de empaque	9,93	almuerzo y un tiempo de preparación de materiales	Codificar material empaque secundario	Revisa los lotes fechas y producto de los materiales de empaque, y realiza el operativo de codificación

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.8. Puesto de trabajo en pesaje de materias primas.- El 100% del personal que labora en el área considera al ruido como un riesgo grave para su salud y el mismo 100% piensa que trabajar en el área es soportable con protección.

Tabla N° 16: Etapa 1: Análisis del puesto de trabajo

ETAPA 1									
Nº	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMOGÉNEOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVOS DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MÁQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día))	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Pesaje de materias primas	de Operador de pesaje	2	Flujo laminar	Recirculación y circulación de aire	11,50	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo y un tiempo de preparación de materiales	Pesar las materias primas según el orden de producción	Prepara las materias primas de acuerdo a la localización en bodegas, verifica la presencia del lote a producir en el sistema, pesa las cantidades según lo indicado en la orden de producción, cierra los envases y coloca en la esclusa de pesaje

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.9. Puesto de trabajo en microbiología.- En este puesto de trabajo el 100% del personal está consciente del daño que puede provocar el ruido, y el 50% indica que el ruido es insoportable sin protección y el otro 50% que es soportable con protección

Tabla N° 17: Etapa 1: Análisis del Puesto de trabajo

ETAPA 1									
Nº	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	PUESTO DE TRABAJO A ANALIZAR	PERSONAL HOMEGENEOS DE EXPOSICIÓN AL RUIDO	MÁQUINA	EVENTOS SIGNIFICATIVO S DE RUIDO	TIEMPO DE TRABAJO EN MAQUINA (horas/ día)	PERIODOS Y PAUSAS DE TRABAJO (horas/día)	TAREAS BAJO ESTUDIO	ACTIVIDADES
1	Análisis microbiológico	Técnica microbióloga	2	Flujo laminar	Cabina de flujo laminar	3,25	Dos períodos uno en la mañana y otro en la tarde una pausa de 0.5 horas del almuerzo	Siembra en cajas petri	Preparación de cajas petri para siembra, siembra de materias primas, método tradicional
				Flujo laminar +bomba de vacío	Cabina de flujo laminar y motor de vacío	4,80		Siembra por filtración	Preparación de materiales, siembra de producto terminado, métodos de filtración
				Laboratori o de microbiol ogía	Motor ventilador y autoclave	1,15		Esterilizado y preparación de medios de cultivo	Preparación de medios de cultivo y llenado de registros de control, proceso de esterilizado

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Evaluación del ruido: Equipos y medición (FASE 2 y FASE 3)

En estas fases de la gestión se realiza las mediciones, se registra los datos y se establece las especificaciones del equipo de medición.

3.1.2.1 Equipos de Medición.- El decibelímetro sonómetro integrador es un instrumento de lectura directa del nivel de presión acústica que expresa el resultado en decibeles, registra un nivel global de la energía sobre la totalidad del espectro de 0 a 20000 Hz. (Méndez, 2009).

El sonómetro está compuesto por: un micrófono, el atenuador, el amplificador, el circuito de medida y uno o varios filtros cuya misión es descomponer las presiones acústicas recibidas según su frecuencia. Con el objeto de tener en cuenta las distintas sensibilidades del oído humano, según su frecuencia, los sonómetros están dotados de filtros cuyas curvas de respuesta están tomadas aproximadamente de la red de curvas isofónicas. Estos filtros descomponen las presiones acústicas recibidas según su frecuencia y el sonómetro da una única lectura que es la suma de dichas presiones. Las mediciones del sonómetro dan lecturas con valores eficaces que son la medida de la energía acústica del ruido. (Cortez, 2007)

El micrófono tiene un protector que le protege contra polvo, corrientes de aire, lluvia este debe ser colocado aunque no estén presentes dichas variaciones de esta manera se evita mediciones erradas por estas causas.

Las mediciones se realizaron con el decibelímetro / sonómetro integrador cuyas especificaciones son las siguientes:

Tabla N° 18: Especificaciones del decibelímetro /sonómetro integrador

Marca	Casella
Modelo	62X
Rango de Medición	Hasta 140,2 dB(A) RMS y 143,2 dB(C) pico.
Ponderación de frecuencia RMS	Ponderación de filtro A, C, Z conforme a la IEC 67612-1 2002 clase 1
Medición de Octava	11 bandas de medición real de 16 Hz a 16 KHz
Ponderación de tiempo	Fast (rápida), slow (lenta), impulse (impulso) según IEC 67612-1 2002

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 30: Decibelímetro – Sonómetro- integrador



Fuente: Casella Decibelímetros.

3.1.2.2 Medición.- Primero se determina la duración de la tarea (Tmj) que es el tiempo que permanece el personal en cada puesto de trabajo para cada día de medida, esto se tomó de la base de datos de procesos de producción y se corrobora con la información presentada por el supervisor, luego se realiza una media del tiempo en horas (Tm), corresponde a la etapa 2, selección de la estrategia por tareas de acuerdo a la metodología según la ISO 9612-2009.

Tabla N° 19: Etapa 2: Datos y media de la duración de la tarea

ETAPA 2 PUESTOS DE TRABAJO	Duración de la tarea			
	Tmj1 (horas)	Tmj2 (horas)	Tm (horas)	Te (horas)
	30-Abr-13	02-May-13		
Pastas dentales: elaboración	1,50	2,00	1,75	
Pastas dentales: vacío	0,60	0,70	0,65	
Pastas dentales: limpieza del área y accesorios. Hidrolavadora	3,50	3,60	3,60	6,0
Formas farmacéuticas líquidas: preparación	3,00	3,50	3,25	
Formas farmacéuticas líquidas: envase	2,50	2,60	2,55	
Formas farmacéuticas líquidas limpieza área y accesorios. Hidrolavadora	3,50	4,00	3,80	9,6
Formas farmacéuticas líquidas: etiquetado	3,00	3,50	3,25	
Formas farmacéuticas líquidas: encajado	3,00	3,50	3,25	6,5
Lavado de frascos: proceso	5,00	5,30	5,15	
Lavado de frascos limpieza de áreas y accesorios Hidrolavadora	2,50	2,30	2,40	7,6
Compresión /tableteo	3,00	5,00	4,00	4,0
Laqueado	5,00	6,00	5,50	5,5
Codificadora Norwood	10,00	9,75	9,88	9,9
Codificadora Hapa	9,85	10,00	9,93	9,9
Microbiología : preparación medios	1,00	1,30	1,15	
Microbiología: siembra tradicional	3,50	3,00	3,25	
Microbiología: siembra por filtración	5,00	4,60	4,80	9,2
Pesaje de materias primas	11,00	12,00	11,50	11,5

Fuente: Elaboración propia

En la etapa 3 se realizan las mediciones en total dos mediciones de cada puesto de trabajo por cinco minutos cada uno, el registro de los datos se detalla a continuación:

Tabla N°20: Etapa 3: Datos de la primera medición realizada

MEDICIÓN (30 de abril 2013)	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. dB(Z)									
f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Pastas dentales: elaboración	63	71	76	80	85	84	82	74	71	61
Pasta dentales: vacío	60	69	70	76	86	88	82	76	69	63
Formas farmacéuticas líquidas: preparación y envase	61	78	88	81	79	73	82	73	69	54
Lavado de frascos	60	61	72	80	79	79	81	78	81	71
Formas farmacéuticas líquidas: etiquetado	71	64	67	71	74	76	73	78	73	65
Formas farmacéuticas líquidas: encajado	66	66	70	73	79	82	77	80	75	68
Compresión /tableteo	56	61	75	78	84	79	77	74	67	60
Laqueado	64	83	78	76	79	78	83	84	86	87
Codificadora Norwood	68	69	67	66	72	73	75	77	78	78
Codificadora Hapa	63	58	59	65	70	70	73	74	75	72
Microbiología : preparación medios	75	69	72	60	63	59	56	50	43	34
Microbiología: siembra tradicional	75	80	77	65	66	64	63	66	64	60
Microbiología: siembra por filtración	73	80	76	64	65	64	69	61	61	59
Pesaje de materias primas	64	68	74	75	71	68	65	68	52	43
Limpieza de áreas y accesorios hidrolavadora	69	72	79	83	86	86	86	84	82	78

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°21: Etapa 3: Datos segunda medición realizada

MEDICIÓN (2 de mayo 2013)	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. dB(Z)									
f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000
Pastas dentales: elaboración	61	71	78	79	86	83	86	76	73	63
Pasta dentales: vacío	59	68	69	75	82	87	85	80	73	62
Formas farmacéuticas líquidas: preparación y envase	61	78	86	80	79	82	84	74	65	53
Lavado de frascos	60	60	71	80	78	81	84	82	79	53
Formas farmacéuticas líquidas: etiquetado	71	65	67	71	73	76	71	75	70	64
Formas farmacéuticas líquidas: encajado	66	65	70	73	76	81	76	80	73	65
Compresión /tableteo	54	62	76	80	86	81	79	75	68	59
Laqueado	66	85	80	76	80	79	84	87	89	86
Codificadora Norwood	68	69	68	65	75	76	77	78	79	78
Codificadora Hapa	63	58	59	65	69	70	75	76	75	73
Microbiología : preparación medios	78	65	73	60	65	59	55	51	46	35
Microbiología: siembra tradicional	75	81	79	65	67	65	63	66	64	60
Microbiología: siembra por filtración	74	83	78	65	66	64	68	62	61	58
Pesaje de materias primas	71	73	76	68	73	65	69	67	54	56
Limpieza de áreas y accesorios hidrolavadora	68	71	75	82	85	81	89	87	83	74

Fuente: Elaboración Propia

Gráfico N° 31: Medición del Ruido. Microbiología, etiquetado de frascos, pesaje de materias primas



Fuente: Elaboración propia, fotos tomadas durante la medición de ruido

3.1.2.3 Evaluación de la medición.- Luego de la medición se establece el valor de atenuación en decibeles A (dBA); para esto se considera la tabla ya indicada en el capítulo anterior para cada banda de octava, esta atenuación es un símil de la atenuación del oído humano. Se calcula en el primer punto nivel de presión sonora $L_{p,A,eq,Tm}$ que corresponde a la etapa 5 de la ISO 9612:2009, cabe indicar que la etapa 4 es el cálculo de la incertidumbre cuyos valores están detallados en el siguiente capítulo.

Las dos mediciones realizadas en el puesto de pastas dentales no tienen variación en dB por lo que no ha sido necesario realizar otra medición, en las tres actividades del subproceso no existe una variación significativa de atenuación por el oído siendo máximo de un decibel.

Tabla N°22: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Pastas dentales

ETAPA 5	f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	LP.A. eqT.m
PREPARACIÓN	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	63	71	76	80	85	84	82	74	71	61	90
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	61	71	78	79	86	83	86	76	73	63	90
	ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	LeqdB(A) 1	24	45	60	71	82	84	83	75	70	54	88
	LeqdB(A) 2	22	45	62	70	83	83	87	77	72	56	
	L _{p,A,eq,T,mj} (dBA)	23	45	61	70	83	83	85	76	71	55	89
	L _{EXsh}	16	38	54	64	76	77	79	69	64	49	82
VACÍO	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	60	69	70	76	86	88	82	76	69	63	91
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	59	68	69	75	82	87	85	80	73	62	91
	ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	Leq(dBA) 1	21	43	54	67	83	88	83	77	68	56	90
	Leq(dBA) 2	20	42	53	66	79	87	86	81	72	55	91
	L _{p,A,eq,T,mj} (dBA)	20	42	53	67	82	87	85	79	70	55	91
	L _{EXsh}	10	32	43	56	71	76	74	68	59	44	79
LIMPIEZA AREA Y ACCESORIOS	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	69	72	79	83	86	86	86	84	82	78	93
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	68	71	75	82	85	81	89	87	83	74	93
	ATENUACION DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	Leq(dBA) 1	30	46	63	74	83	86	87	85	81	71	92
	Leq(dBA) 2	29	45	59	73	82	81	90	88	82	67	93
	L _{p,A,eq,T,mj} (dBA)	30	45	61	74	83	84	88	87	82	70	93
	L _{EXsh}	26	42	57	70	79	81	85	83	78	66	89

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 23: Nivel de exposición del ruido diario. Pastas dentales

TAREAS	TIEMPO	
	T _m (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Preparación	1,75	89
Vacío	0,65	91
Limpieza de accesorios y área	3,55	93
Total de tiempo de exposición	5,95	
L _{EX 8 h}		90

Fuente: elaboración propia.

En el puesto de trabajo de formas farmacéuticas líquidas en la actividad de preparación se observa que durante la preparación hay una atenuación de 4 dB (A) pero en el envase y tapado no hay atenuación, así como tampoco durante la limpieza.

La determinación del nivel de exposición al ruido diario, este valor relaciona el tiempo de cada tarea y el nivel de exposición del ruido ponderado “A” a partir de el $L_{pA,eq,Tm}$

Tabla N° 24: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Formas Farmacéuticas líquidas: preparación, envase y tapado

ETAPA 5	f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	L.P.A .eqT. m
PREPARACION	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	61	78	88	81	79	73	82	73	69	54	90
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	61	78	86	80	79	82	84	74	65	53	90
	ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	LeqdB(A) 1	22	52	72	72	76	73	83	74	68	47	85
	LeqdB(A) 2	22	52	70	71	76	82	85	75	64	46	87
	L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	22	52	71	72	76	80	84	74	66	47	86
	L-EX 8 h	18	48	67	68	72	76	80	70	62	43	82
	ENVASE Y TAPADO DE FRASCOS	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	59	63	71	69	71	76	80	78	78	72
NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2		58	63	70	68	70	75	80	77	80	70	85
ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A		-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
LeqdB(A) 1		20	37	55	60	68	76	81	79	77	65	85
LeqdB(A) 2		19	37	54	59	67	75	81	78	79	63	
L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)		20	37	54	59	67	75	81	78	78	64	85
L-EX 8 h		15	32	49	54	63	70	76	73	73	59	80
LIMPIEZA ÁREA Y ACCESORIOS		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	69	72	79	83	86	86	86	84	82	78
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	68	71	75	82	85	81	89	87	83	74	93
	ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	LeqdB(A) 1	30	46	63	74	83	86	87	85	81	71	92
	LeqdB(A) 2	29	45	59	73	82	81	90	88	82	67	93
	L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	30	45	61	74	83	84	88	87	82	70	93
	L-EX 8 h	26	42	58	70	79	81	85	84	78	66	89

Fuente: Elaboración propia

Durante el lavado de frascos el subproceso en si no sufre ninguna atenuación y de hecho tampoco durante la limpieza, no existe variación entre las mediciones

Tabla N° 25: Nivel de exposición del ruido diario. Formas farmacéuticas líquidas: preparación y envase

TAREAS	TIEMPO	
	Tm (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Preparación	3,25	86
Envase y tapado	2,55	85
Lavado de accesorios y área	3,75	93
Total de tiempo de exposición	9,55	
L _{EX 8 h}		90

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 26: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Lavado de frascos

ETAPA 5	f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)											LP. A.e qT. m	
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000		
LAVADO DE FRASCOS	SUB PROCESO DE LAVADO	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	60	61	72	80	79	79	81	78	81	71	88
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	60	60	71	80	78	81	84	82	79	53	89
		ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
		Leq dB(A) 1	21	35	56	71	76	79	82	79	80	64	86
		Leq dB(A) 2	21	34	55	71	75	81	85	83	78	46	
		L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	21	35	56	71	75	80	83	82	79	61	88
		L _{EX} 8 h	19	33	54	69	74	78	81	80	77	59	86
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	69	72	79	83	86	86	86	84	82	78	93
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	68	71	75	82	85	81	89	87	83	74	93
		ATENUACION DEL OIDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
LAVADO DE FRASCOS LIMPIEZA DE AREA Y ACCESORIOS	Leq dB(A) 1	30	46	63	74	83	86	87	85	81	71	93	
	Leq dB(A) 2	29	45	59	73	82	81	90	88	82	67		
	L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	30	45	61	74	83	84	88	87	82	70	93	
	L _{EX} 8 h	24	40	56	68	77	79	83	82	76	64	87	

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 27: Nivel de exposición del ruido diario. Lavado de frascos

TAREAS	TIEMPO	
	Tm (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Lavado de frascos	5,15	88
Limpieza de accesorios y área	2,40	93
Total de tiempo de exposición	7,55	
L _{EX 8 h}		90

Fuente: Elaboración de propia

Durante el etiquetado y encajado de formas farmacéuticas líquidas apenas se atenúa el ruido en 1 dB (A), la variación entre mediciones es 2 dB no llega a 3 dB por tanto no amerita otra toma de medida.

Tabla N° 28: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Formas Farmacéuticas líquidas: etiquetado y encajado

ETAPA 5	f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)											LP. A.e qT. m
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
ETIQUETADO DE FRASCOS	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	71	64	67	71	74	76	73	78	73	65	83
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	71	65	67	71	73	76	71	75	70	64	81
	ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	Leq dB(A) 1	32	38	51	62	71	76	74	79	72	58	
	Leq dB(A) 2	32	39	51	62	70	76	72	76	69	57	
	L _{p.A.eqT.m} dB(A)	32	38	51	62	70	76	73	77	70	57	81
	L _{EX 8 h}	28	34	47	58	66	72	70	73	66	53	78
ENCAJADO DE FRASCOS	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	66	66	70	73	79	82	77	80	75	68	87
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	66	65	70	73	76	81	76	80	73	65	86
	ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	Leq dB(A) 1	27	40	54	64	76	82	78	81	74	61	87
	Leq dB(A) 2	27	39	54	64	73	81	77	81	72	58	
	L _{p.A.eqT.m} dB(A)	27	39	54	64	75	82	78	81	73	60	86
	L _{EX 8 h}	23	35	50	60	71	78	74	77	69	56	82

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 29: Nivel de exposición del ruido diario. Formas Farmacéuticas. Etiquetado y encajado

TAREAS	TIEMPO	
	Tm (horas)	L _{p,A,eqT,m} dB(A)
Etiquetado frascos	3,25	81
Encajado frascos	3,25	86
Total de tiempo de exposición	6,50	
L _{EX 8 h}		83

Fuente: Elaboración propia

En el subproceso de tableteo/compresión el oído atenúa de 2 a 3 dB (A) el ruido la variación entre medición es 2 dB

Tabla N° 30: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibele medidos.
Compresión/tableteo

ETAPA 5	f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	LP. A.e qT. m
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	56	61	75	78	84	79	77	74	67	60	87
COMPRESION TABLETEO	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	54	62	76	80	86	81	79	75	68	59	89
	ATENUACIÓN DEL OIDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	Leq dB(A) 1	17	35	59	69	81	79	78	75	66	53	85
	Leq dB(A) 2	15	36	60	71	83	81	80	76	67	52	
	L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	16	35	59	70	82	80	79	76	67	52	86
	L _{EX 8 h}	13	32	56	67	79	77	76	73	64	49	83

Fuente: Elaboración propia

En el subproceso de laqueado la variación entre medida es de 1 dB y la atenuación es de 2 a 3 dB (A).

Tabla N° 31: Nivel de exposición del ruido diario. Compresión/tableteo

TAREAS	TIEMPO	
	Tm (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Compresión/tableteo	4,00	86
Total de tiempo de exposición	4,00	
L _{EX 8 h}		83

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 32: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Laqueado

ETAPA 5	f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	LP.A.eqT.m
LAQUEADO SUBPROCESO	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	64	83	78	76	79	78	83	84	86	87	93
	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	66	85	80	76	80	79	84	87	89	86	94
	ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
	Leq dB(A) 1	25	57	62	67	76	78	84	85	85	80	
	Leq dB(A) 2	27	59	64	67	77	79	85	88	88	79	
	L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	26	58	63	67	77	78	84	86	86	80	91
	L _{EX 8 h}	25	56	61	65	75	76	83	85	85	78	90

Fuente: Elaboración propia

La codificadora Norwood tiene una variación de 1 dB entre mediciones y se atenúa en 1 dB (A) y en la codificadora Hapa no existe variación entre las mediciones y tampoco existe atenuación.

Tabla N° 33: Nivel de exposición del ruido diario. Laqueado

TAREAS	TIEMPO	
	Tm (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Laqueado de comprimidos	5,50	91
Total de tiempo de exposición	5,50	
L _{EX 8 h}		89

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 34: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Codificadoras

ETAPA 5		f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	LP.A.eqT.m
CODIFICADORAS	CODIFICADORA NORWOOD	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	68	69	67	66	72	73	75	77	78	78	84
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	68	69	68	65	75	76	77	78	79	78	85
		ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
		Leq dB(A) 1	29	43	51	57	69	73	76	78	77	71	83
		Leq dB(A) 2	29	43	52	56	72	76	78	79	78	71	
		L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	29	43	51	57	71	74	77	79	78	71	84
		L _{EX 8 h}	30	44	52	58	72	75	78	80	78	72	85
	CODIFICADORA HAPA	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	63	58	59	65	70	70	73	74	75	72	81
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	63	58	59	65	69	70	75	76	75	73	81
		ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
		Leq dB(A) 1	24	32	43	56	67	70	74	75	74	65	80
		Leq dB(A) 2	24	32	43	56	66	70	76	77	74	66	
		L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	24	32	43	56	66	70	75	76	74	66	81
		L _{EX 8 h}	25	33	44	56	67	71	76	77	75	67	81

Fuente: Elaboración propia.

En el subproceso de pesaje de materias primas la variación entre mediciones es 1 dB y la atenuación del oído es de 5 a 6 dB (A)

Tabla N° 35: Nivel de exposición del ruido diario. Codificadoras

TAREAS	TIEMPO	
	Tm (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Etiquetado frascos	9,88	84
Encajado frascos	9,93	81
Total de tiempo de exposición		
L _{EX 8 h}		86

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 36: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Pesaje de materias primas

PESAJE DE MATERIAS PRIMAS	SUBPROCESO	ETAPA 5	f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	LP.A.e qT.m
			NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	64	68	74	75	71	68	65	68	52	43	80
			NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	71	73	76	68	73	65	69	67	54	56	81
			ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
			Leq dB(A) 1	25	42	58	66	68	68	66	69	51	36	74
			Leq dB(A) 2	32	47	60	59	70	65	70	68	53	49	
			L _{p,A,eq,T,mi} dB(A)	30	45	59	64	69	67	68	68	52	46	75
			L _{EX 8 h}	31	47	61	65	71	68	70	70	54	48	76

Fuente: Elaboración propia

En el subproceso de microbiología la actividad de preparación de medios tiene una variación de 2 dB y una atenuación de 15 dB (A), en la siembra de productos para identificación de bacterias por el método tradicional las mediciones tienen una variación de 1 dB y 11 dB (A) de atenuación, y en la actividad siembra de productos para identificación de bacterias por filtración la variación entre mediciones es de 2 dB y 12 dB (A) de atenuación.

Tabla N° 37: Nivel de exposición del ruido diario. Pesaje de materias primas

TAREAS	TIEMPO	
	Tm (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Pesaje de materias primas	11,50	75
Total de tiempo de exposición	11,50	
L _{EX 8 h}		76

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 38: Etapa 5: Atenuación del oído de los decibeles medidos. Microbiología

ETAPA 5		f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	LP.A.eq T.m
MICROBIOLOGÍA	PREPARACIÓN MEDIOS	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	75	69	72	60	63	59	56	50	43	34	78
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	78	65	73	60	65	59	55	51	46	35	80
		ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
		Leq dB(A) 1	36	43	56	51	60	59	57	51	42	27	65
		Leq dB(A) 2	39	39	57	51	62	59	56	52	45	28	65
		L _{p,A,eq,T,m} dB(A)	38	41	57	51	61	59	57	52	44	27	65
		L _{EX 8 h}	29	33	48	42	52	51	48	43	35	19	57
	SIEMBRA TRADICIONAL	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	75	80	77	65	66	64	63	66	64	60	83
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	75	81	79	65	67	65	63	66	64	60	84
		ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
		Leq dB(A) 1	36	54	61	56	63	64	64	67	63	53	72
		Leq dB(A) 2	36	55	63	56	64	65	64	67	63	53	
		L _{p,A,eq,T,m} dB(A)	36	55	62	56	63	65	64	67	63	53	72
		L _{EX 8 h}	32	51	58	52	59	61	60	63	59	49	68
	SIEMBRA FILTRACIÓN	NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 1	73	80	76	64	65	64	69	61	61	59	83
		NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. (dBZ) 2	74	83	78	65	66	64	68	62	61	58	85
		ATENUACIÓN DEL OÍDO RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
		Leq dB(A) 1	34	54	60	55	62	64	70	62	60	52	73
		Leq dB(A) 2	35	57	62	56	63	64	69	63	60	51	73
		L _{p,A,eq,T,m} dB(A)	35	56	61	56	62	64	70	63	60	52	73
		L _{EX 8 h}	33	54	59	53	60	62	67	60	58	49	70

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 39: Nivel de exposición del ruido diario. Microbiología

TAREAS	TIEMPO	
	T _m (horas)	L _{P.A.eqT.m} dB(A)
Preparación de medios	1,15	65
Siembra tradicional	3,25	72
Siembra filtración	4,80	73
Total de tiempo de exposición	9,20	
L _{EX 8 h}		73

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3 Implantación de medidas preventivas y correctivas (FASE 4)

En los puestos de trabajo de pastas dentales, preparación, envase y tapado de formas farmacéuticas líquidas, lavado de frascos se puede establecer que el nivel más alto en 8 horas, es la limpieza del área y accesorios con 89 dB (A), para trabajar con este equipo se propone una acción correctiva sobre el receptor, la hidrolavadora debido a su mecanismo y forma de operación no se puede establecer una acción en la fuente, ni el medio. Se compara tres protectores auditivos del mercado para utilizar el más óptimo.

Por otro lado se mide el tiempo máximo que puede permanecer una persona al nivel de 93 dB de la hidrolavadora y el resultado es 3 horas.

$$T_{max} = \frac{8}{2^{\frac{L_{eq}-85}{5}}} \quad (3.1)$$

Donde:

L_{eq}: Decibeleles medidos del subproceso

El ocho equivale al número nominal de horas laborables.

Y específicamente para cada máquina al que se encuentra expuesto el trabajador se propone las siguientes acciones en la fuente y en el medio

Una acción en el medio para bajar el nivel de presión sonora durante el proceso de preparación y vacío de pastas dentales es realizar un aislamiento acústico al reactor homogenizador, encerrándolo con la construcción de un cubículo este puede ser construido con paredes de ladrillo normal revocada con esto se podría tener una atenuación de hasta 42 dB (A). El personal ingresaría en intervalos requeridos para control y colocación de pre mezclas.

Tabla N° 40: Índice de reducción acústica de algunos muros

Muro y su densidad superficial (kg/m ²)	Índice (dB)
Hormigón armado de 7,6 cm in situ (190)	47
Hormigón armado de 15,2 cm in situ (390)	53
Pared de ladrillo común revocada de 15 cm nominal (268)	42
Pared de ladrillo común revocada de 30 cm nominal (488)	52
Bloques huecos de hormigón de 15 cm (166)	45
Pared de ladrillo cerámico de 8 cm con revoques de 1 cm a cada lado in situ (114)	39
Pre-moldeado de hormigón de 12 cm con leca. Revoques de 1 cm in situ (216)	40
Yeso de 10 cm in situ (80)	37

Fuente: Sonoflex

Durante el proceso de encajado y etiquetado de formas líquidas el proceso de mayor ruido se produce durante el encaje por movimiento y topeteo de frascos en este se ha realizado una acción correctiva sobre el receptor y se aplica con 3 protectores auditivos tal como explica la tabla 41, y se propone una acción en el medio que constituye la fabricación de una barrera acústica de aislamiento que cubriría la banda transportadora, plato alimentador de la línea Tover, la banda transportadora de la etiquetadora y el plato alimentador de la línea, la atenuación a la que se llegaría será entre 30-35 dB(A).

Para subproceso de lavado de frascos se propone una acción en la fuente esta es el cambio de una maquinaria más moderna que permita el lavado de los envases farmacéuticos con menor ruido.

Tabla N° 41: Acción correctiva en el receptor. Pastas Dentales, Preparación, envase y tapado de formas farmacéuticas líquidas, lavado de frascos.

MEDICIÓN PROMEDIO											PASTAS DENTALES	LIQUIDOS PREPARACION	LAVADO FRASCOS
f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	L _{p,Ae} qTEPP	L _{p,Ae} qTEPP	L _{p,Ae} qTEPP
OREJERAS: OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974											56	56	54
EPP dB(A)	0	0	21,0	26,0	36,6	40,6	38,0	42,7	41,7	41,3			
Desviación EPP	0	0	1,9	2,3	2,3	2,4	2,5	1,8	2,1	2,5			
Desviación asumida (2 δ)	0,0	0,0	3,8	4,6	4,6	4,8	5,0	3,6	4,2	5,0			
EPP dB(A)	0,0	0,0	17,2	21,4	32,0	35,8	33,0	39,1	37,5	36,3			
ATENUACIÓN DEL EPP											67	67	65
L _{EX 8h} dB(A) EPP	26	42	40	49	47	45	52	44	41	30			
OREJERA: VIBE H 70 29 dB													
EPP dB(A)	0	0	19,9	27,9	33,1	37,4	37,5	38,1	42,3	0,0			
Desviación EPP	0	0	2,2	1,8	2,2	2,5	2,9	3,1	3,7	0,0			
Desviación asumida (2 δ)	0,0	0,0	4,4	3,6	4,4	5,0	5,8	6,2	7,4	0,0			
EPP (dBA)	0,0	0,0	15,5	24,3	28,7	32,4	31,7	31,9	34,9	0,0			
ATENUACIÓN DEL EPP											68	68	66
L _{EX 8h} dB(A) EPP	26	42	42	46	50	48	53	51	43	66			
TAPONES AUDITIVOS 1270 Y 12713M ANSI S 3.19-1974													
f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000			
EPP dB(A)	0	0	30,2	30,7	31,4	31,5	35,2	37,8	43,9	0,0			
Desviación EPP	0	0	3,8	3,3	3,1	4	3,4	4,7	4,5	0,0			
Desviación asumida (2 δ)	0,0	0,0	7,6	6,6	6,2	8,0	6,8	9,4	9,0	0,0			
EPP dB(A)	0,0	0,0	22,6	24,1	25,2	23,5	28,4	28,4	34,9	0,0			
ATENUACIÓN DEL EPP											68	68	66
L _{EX 8h} dB(A) EPP	26	42	35	46	54	57	56	55	43	66			
Fuente: Elaboración propia													

Fuente: Elaboración propia

El Proceso de encajado de formas farmacéuticas líquidas es un proceso manual se propone una acción en la fuente sin embargo por el momento se debe trabajar sobre el

receptor hasta la compra de una máquina encajadora automática y baje la cantidad del personal expuesto. Más adelante se establece el plan de reposición de maquinaria.

Tabla N° 42: Acción correctiva sobre el receptor. Etiquetado y Encajado de formas farmacéuticas líquidas

ETIQUETADO Y ENCAJADO DE FORMAS FARMACEUTICAS LIQUIDAS	OPTIME 105,3M ANSIS 3.19-1974, dB(A)	ONYX H 70 26 dB dB(A)	TAPONES AUDITIVOS 1270 Y 12713M ANSIS 3.19-1974 dB(A)
L _{P.A.eqT} EPP. en 8 horas	47	58	59

Fuente: Elaboración propia

En el puesto de trabajo de las codificadoras el personal puede estar expuesto máximo 8 horas, y con atenuación auditiva se puede observar la siguiente información. Se propone la reposición de las máquinas por unas nuevas electrónicas bajo el sistema inkjet que permite una codificación rápida, silenciosa, se debe considerar el manejo de solvente, el precio aproximado de cada máquina. Pero como el proceso de reposición de maquinaria tiende a demorar se trabaja como se expuso de antemano en el receptor.

Tabla N° 43: Acción correctiva en el receptor. Codificadoras

CODIFICADOR A NORWOOD	OPTIME 105,3M ANSIS 3.19-1974, dB(A)	VIBE H 70 29 dB dB(A)	TAPONES AUDITIVOS 1270 Y 12713M ANSIS 3.19-1974 dB(A)
L _{P.A.eqT} EPP. en 8 horas	50	72	72

Fuente: Elaboración Propia

En el puesto de trabajo de Compresión/tableteo el tiempo máximo de operación debe ser 7 horas y en el puesto de trabajo de laqueado de comprimidos es de 3 horas y la acción correctiva se aplica sobre el receptor.

Tabla N° 44: Acción correctiva en el receptor. Compresión y laqueado

COMPRESION/TABLETEO	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	ONYX H 70 26 dB(A)	TAPONES AUDITIVOS 1270 Y 12713M ANSI S 3.19-1974 dB(A)
L _{P.A.eqT} EPP. en 8 horas	51	57	58

LAQUEADO	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	VIBE H 70 29 dB(A)	TAPONES AUDITIVOS 1270 Y 12713M ANSI S 3.19-1974 dB(A)
L _{P.A.eqT} EPP. en 8 horas	58	78	78

Fuente: Elaboración propia.

A pesar que el cambio de maquinaria durante el laqueado significa modificación en proceso, máquina y costo se expone una alternativa en la fuente, por ser uno de los procesos más ruidosos, la máquina puede ser un laqueador vertical.

En el puesto de trabajo pesaje de materias primas el tiempo máximo que puede estar el operador expuesto son 16 horas, como acción preventiva se debe usar equipo de protección personal.

Tabla N° 45: Acción preventiva en el receptor: Pesaje de materias primas

PESAJE DE MATERIAS PRIMAS	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	ONYX H 70 26 dB dB(A)	TAPONES AUDITIVOS 1270 Y 12713M ANSI S 3.19-1974 dB(A)
L _{P.A.eqT} EPP. en 8 horas	50	54	53

Fuente: Elaboración propia

En el puesto de trabajo de microbiología el ruido llega en las tareas desde 65 dB(A) a 73 dB(A), se podría decir que no afecta al personal en el área expuesta, sin embargo se propone como medida preventiva la actuación en el medio, cubriendo el sistema de filtración y bomba con una carcasa de acero inoxidable los cálculos en la tabla abajo detallada pueden corroborar la atenuación, se añadirá adicionalmente una lana-lamina de aislamiento acústico de aproximadamente de 50 mm de espesor que genera un aislamiento acústico, si se fabrica con algún tipo de celulosa se tendrá una atenuación de alrededor de 47 dB (A), según se establece en la tabla subsiguiente. El diseño se observa en el ANEXO E.

Tabla N°46: Acción preventiva en el medio: Microbiología

MOTOR DE FILTRACION											
f(Hz) (BANDAS DE OCTAVA)	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	L _{P.A.eqT.m}
NIVEL PRESIÓN SONORA. NPS. dB(Z)	74	83	78	65	66	64	68	62	61	58	85
ATENUACIÓN DE LA RED A	-39	-26	-16	-9	-3	0	1	1	-1	-7	
L _{eq} dB(A)	35	57	62	56	63	64	69	63	60	51	73
ATENUACIÓN DEL MATERIAL ACERO (1,5 mm y 13 Kg/m2)	0	9	13	22	28	32	38	42	41	0	
L _{eq} dB(A) MATERIAL	35	48	49	34	35	32	31	21	19	51	54

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 47: Tipo de aislante acústico y su atenuación

TIPO DE AISLANTE ACÚSTICO	DENSIDAD (kg/m ³)	ATENUACIÓN (dB)
Vacío	-	35
Fibra de madera pesada	240	37
Lana de vidrio	14	47
Lana de oveja	30	45
Fibra de madera ligera	160	46
Celulosa proyectada 5cm	40	47
Celulosa Insuflada 10cm	48	48

Fuente: aislahome

Tabla N° 48: Acción Preventiva en el receptor: Microbiología

MICROBIOLOGIA	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	ONYX H 70 26 dB dB(A)	TAPONES AUDITIVOS 1270 Y 12713M ANSI S 3.19-1974 dB(A)
L _{P.A.eqT} EPP. en 8 horas	54	56	55

Fuente: Elaboración propia

Grafico N° 32: Máquinas para trabajar en la fuente: bomba de microbiología, banda transportadora, reactor homogenizador de pastas dentales



Fuente: Elaboración Propia, fotos del puesto de trabajo

3.1.4 Evaluación y control de la eficacia de las medidas implantadas (FASE 5)

Acciones en la fuente

- Como acción en la fuente se propone cambio de las maquinarias detalladas en la tabla siguiente, para la propuesta de cambio se consideró la cantidad de personal expuesto como en el caso de la máquina encajadora, el nivel de ruido como en el caso de la lavadora de frascos, el laqueado y el tiempo de exposición del personal como las codificadoras.
- Se realiza un programa de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo para todas las máquinas según el tiempo de operación. ANEXO D. Se añade además las tarjetas de registro de partes críticas de máquinas y la ficha integrada de mantenimiento y revisión de seguridad. Con esto se evita que disminuyan los ruidos debido a desgaste de piezas.

Tabla N°49: Propuesta de cambio de maquinaria para disminuir el nivel y tiempo de exposición del personal al ruido.

PROCESO		MÁQUINA		ACCIONES	
Nº	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	MÁQUINA	AÑO DE FABRICACION	Leq dB(A)	ACCIÓN FUENTE
					PROPUESTA
1	Elaboración, envase empaque de formas farmacéuticas líquidas	Lavadora frascos	1976	87,75	Compra de una máquina lavadora de envases farmacéuticos
		Etiquetadora banda transportadora/ encajado	1990	86,11	Compra de una máquina encajadora
2	Codificación material empaque	Codificadora Norwood	1986	83,53	Cambio a codificadoras inkjet
		Codificadora Hapa	1994	80,53	
3	Compresión y laqueado de comprimidos	Bombo grageador	1986	91,11	Cambio de máquina, y proceso con un recubridor de centrífuga vertical

Fuente: Elaboración propia

Acciones en el medio

- Se ha propuesto trabajar en el medio en tres maquinarias, un recinto cerrado de aislamiento para el reactor homogenizador de pastas dentales, un aislamiento acústico con paneles transparentes de policarbonato para las bandas transportadoras de envasado, tapado y etiquetado de formas farmacéuticas líquidas, y un aislamiento con acero inoxidable y celulosa para el motor de filtración de microbiología, todo este trabajo por un costo total de 4592,00 USD, un diseño de aislamiento se puede observar en el ANEXO E.

Tabla N° 50: Propuesta de la maquinaria con actuación en el medio, elaboración de un aislamiento acústico

PROCESO		MAQUINA		ACCIONES	
N°	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	MAQUINA	AÑO DE FABRICACION	ACCION MEDIO	
				PROPUESTA	ATENUACION EN dB(A)
1	ELABORACIÓN DE PASTAS DENTALES	REACTOR HOMOGENIZADOR	1965	PARED ABSORBENTE, ENCIERRA LA MÁQUINA	42
2	ELABORACIÓN, ENVASE EMPAQUE DE FORMAS FARMACÉUTICAS LIQUIDAS	ENVASADORA TAPADORA DE FRASCOS VIDRIO	1986	ENCERRAMIENTO Y AISLAMIENTO ACÚSTICO DE BANDA TRANSPORTADORA	30-35
		ETIQUETADORA / BANDA TRANSPORTADORA/ ENCAJADO	1990		
3	MICROBIOLÓGICO	FLUJO LAMINAR BOMBA DE VACIO	1986	ENCERRAMIENTO CON MATERIALES DE AISLAMIENTO ACÚSTICOS DE BOMBA	47

Fuente: Elaboración propia

Acciones en el receptor

- Se realiza un taller sobre los riesgos físicos y su efecto en la salud e inducción a la utilización y la importancia de colocarse los EPP.

Gráfico N° 33: Capacitación del personal en equipos de protección personal



Fuente: Elaboración propia: foto tomada durante el entrenamiento

- Luego del taller se realiza nuevamente la encuesta y el 100% del personal entiende que el ruido puede ocasionar daños severos e irreversibles en su salud.
- Se ha disminuido los tiempos de exposición del personal de acuerdo a la cantidad de nivel sonoro y según lo define la reglamentación local.

- Se entrena a una persona adicional para rotar al personal del subproceso de pastas dentales, laqueado, lavado de frascos, pesaje de materias, codificación, con la finalidad de generar descanso en el personal habitual.
- Se toma las audiometrías al personal sometido al ruido y especialmente al que esté sometido a más de 85 dB (A) de ruido.
- Finalmente se realiza un programa para las mediciones y control de personal con respecto al ruido

Tabla N° 51: Programa de control de ruido en la industria farmacéutica

PROGRAMA DE CONTROL DE RUIDO EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA													
		MESES											
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mantenimiento máquinas	Jefe mantenimiento												
Control y mantenimiento de EPP	Todo el personal												
Mediciones de ruido*	Jefe de seguridad y salud												
Audiometrías a realizar	Medico ocupacional												

* Las mediciones se realizaran siempre que exista cambio de piezas que puedan modificar o alterar el sonido habitual de la maquina y cuando ingresan los nuevos equipos

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Mantenimiento (FASE 6)

El mantenimiento de las acciones implantadas se inicia en el control y mantenimiento de máquinas ruidosas que son el punto más crítico, en el ANEXO D, esta detallado dos fichas de control del mantenimiento y seguridad de la maquinaria.

Luego se ha realizado un registro, esta ficha de control de entrega de equipos de protección personal y la utilización de equipos según el puesto de trabajo y el riesgo encontrado en el mismo, se realiza un procedimiento operativo de manejo, utilización, mantenimiento y limpieza del equipo de protección personal. Ver ANEXO F

Tabla N° 52: Resultados de la audiometría del personal sometido a ruido

AUDIOMETRÍAS						
DIAGNÓSTICO						
PUESTO TRABAJO	SEXO	EDAD (años)	OTOSCOPIA	OÍDO IZQUIERDO	OÍDO DERECHO	RECOMENDACIONES
Elaboración pastas	Masculino	25	Membranas timpánicas normales	Audición normal	Audición normal	Protección auditiva acorde a las normas de seguridad
	Masculino	32	Membranas timpánicas normales	Audición normal	Audición normal	Protección auditiva acorde a las normas de seguridad
Formas farmacéuticas líquidas preparación, envase y tapado ⁽¹⁾	Femenino	41	Membranas timpánicas normales	Audición normal	Hipoacusia leve en frecuencias de 125 hz a 750 hz	Protección auditiva acorde a las normas de seguridad
	Masculino	35	Membranas timpánicas normales	Audición normal	Audición normal	Protección auditiva acorde a las normas de seguridad
Lavado de frascos ⁽²⁾	Masculino	32	Membrana timpánica normal en oi presencia de perforación timpánica central od, no secreción	Audición normal	Hipoacusia leve a moderada global conductiva	Protección auditiva acorde a las normas de seguridad, cuidados generales , evaluar timpanoplastia
	Masculino	21	Membranas timpánicas normales	Audición normal	Audición normal	Protección auditiva acorde a las normas de seguridad
Compresión y tableteo	Masculino	28	Membrana timpánica normal	Audición normal	Audición normal	Protección auditiva acorde a las normas de seguridad
Laqueado ⁽³⁾	Masculino	43	Membranas timpánicas normales	Hipoacusia neurosensorial leve en la frecuencia de 4000, 6000, y 8000 hz bilateral		Protección auditiva acorde a normas internacionales de seguridad y control audio métrico semestral
Microbiología	Femenino	47	Membrana timpánica normal	Hipoacusia leve bilateral en frecuencias 6000 y 8000 hz		Protección auditiva acorde a normas internacionales de seguridad y control audio métrico semestral

Fuente: Elaboración propia, datos obtenidos de las audiometrías realizadas al personal

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se detalla el resultado antes y después de la gestión realizada en el personal de la industria farmacéutica, se puede ver que el criterio del personal ha cambiado en relación a las máquinas y procesos que generan ruido, de la misma manera se va creando una cultura de prevención con la utilización de las orejeras, deja de ser una obligación para convertirse en una opción para mantener la salud auditiva.

Tabla N° 53: Encuesta realizada antes y después de la gestión

ENCUESTA REALIZADA				
TEMA TRATADO	ANTES DE LA GESTIÓN		DESPUÉS DE LA GESTIÓN	
	SI	NO	SI	NO
	PORCENTAJE			
Considera riesgo grave a la salud	65	35	100	0
Realizado mediciones del ruido en el puesto de trabajo	0	100	100	0
Se realiza audiometrías	0	100	100	0

Fuente: Elaboración Propia

Como primer punto se debe considerar las propuestas en la fuente y el medio de acuerdo a la factibilidad de realización en la industria así como se ha considerado nivel de presión sonora generado por las máquinas y tiempos de exposición de los trabajadores. En la propuesta del cambio de maquinaria se tiene que tomar en cuenta el aspecto contable y considerando flujos de caja y depreciación normal de la maquinaria para invertir 355000,00 USD en compra de máquinas la empresa tardaría 10 años.

Tabla N° 54. Planificación para el cambio de maquinaria e inclusión de costos

PROCESO		MAQUINA		ACCIONES		TIEMPO PARA EL CAMBIO DE MAQUINARIA (AÑOS)			
N°	SUBPROCESO (ACTIVIDAD)	MAQUINA	AÑO DE FABRICACION	ACCION FUENTE		2	4	6	10
				PROPUESTA	COSTO APROXIMADO (USD)				
1	Elaboración, envase empaque de formas farmacéuticas líquidas	Lavadora de frascos	1976	Compra de una máquina lavadora de envases farmacéuticos	75000,00				
		Etiquetadora / banda transportadora / encajado	1990	Compra de una máquina encajadora	90000,00				
2	Codificación material empaque	Codificadora Norwood	1986	Cambio a codificadoras inkjet	40000,00				
		Codificadora Hapa	1994						
3	Compresión y laqueado de comprimidos	Bombo grageador	1986	Cambio de máquina, y proceso con un recubridor de centrífuga vertical	150000,00				

Fuente: Elaboración propia

La inversión inicial para realizar los trabajos en el medio es aproximadamente de 4502,52 USD si estos trabajos llegan a concluir se disminuye la utilización de EPP bajando el costo a 172,00 USD. A continuación un detalle de los trabajos a realizar en el medio.

Tabla N° 55: Costo de la cámara de aislamiento acústico para el motor de filtración de microbiología.

MATERIAL	DIMENSIONES DE LA CAJA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO	ESPECIFICACIONES DE LA PLANCHA ACERO/ LÁMINA – LANA DE AISLAMIENTO ACÚSTICO	COSTO POR METRO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Acero inoxidable 304.	1.5 mm de espesor; de 6734 cm ² equivalente a 0,6734 m ²	La plancha de acero 304 de 1,22 x 2,44 metros equivalente 3,66 m ² Se utiliza 1 plancha	150,00	150,00
Lámina –lana de aislamiento acústico	44 mm de espesor; ; de 6734 cm ² equivalente a 0,6734 m ²	Lámina de aislamiento acústico 44 mm de espesor 1 x 0,60 metros equivale a 0.60 m ² Se utiliza 2 láminas	37,26	70,52
Ducto de aire para enfriamiento de motor	Diámetro 75 mm, espesor 1,5 mm longitud 3 metros con dos codos 90 grados	PVC, 6 metros 2 codos PVC	12,00 10,00	22,00
Mano de obra			150,00	150,00

Fuente: Elaboración propia

Total de costo por construcción de la cabina acústica para el motor de microbiología será de 392.52 USD

Tabla N° 56: Costo de la construcción para aislamiento acústico del reactor homogenizador

MATERIAL	DIMENSIONES DE LA PARED DE AISLAMIENTO ACÚSTICO	ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL	COSTO POR METRO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Ladrillo normal revocado	32.4 m ² (6 m x 5,4 m)	15 cm de ancho x 268 Kg/cm ² de densidad	100,00	3240,00
Mano de obra			150,00	150,00

Fuente: elaboración propia

Total de costo por construcción de la pared 3390,00 USD

Tabla N° 57: Costo para el aislamiento acústico de la banda transportadora

MATERIAL	DIMENSIONES AISLAMIENTO ACÚSTICO	ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL	COSTO POR METRO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Polycarbonato transparente	7,2 m ² (12 metros de largo x 0,20 metros laterales x 3)	8 mm de espesor y de 1,20 g/cm ³ dimensiones 1,50 m x 2 m. Se requiere 4 láminas	80,00	320,00
Mano de obra			400,00	400,00

Fuente: Elaboración propia

Total de costo para la fabricación del aislamiento acústico 720,00 USD

Gráfico N° 34: Preparación de formas farmacéuticas líquidas, antes y después de la gestión



Fuente: Elaboración propia. Fotos tomadas en la industria

Tabla N° 58: Puestos de trabajo con la exposición al ruido en 8 horas la acción preventiva/correctiva del tiempo de exposición

PUESTOS DE TRABAJO.	NPS (dB)	L _{eq} (dBA)	L _{ex, 8 h,jornada} dB(A)	Incertidumbre* ETAPA 4	L _{ex 8h, EPP} dB(A)	Tiempo exposición máximo permitido (horas)	tiempo exposición antes de la gestión (horas)	tiempo exposición después de la gestión (horas)
Pastas dentales: elaboración	90,00	88,53	90	1,59	56	4	6	4
Pastas dentales: vacio	91,00	90,53						
Pastas dentales: limpieza del área y accesorios	93,00	92,53						
Formas farmacéuticas liquidas: preparación	90,00	86,11	90	1,57	56	4	10	4
Formas farmacéuticas liquidas: envase	85,00	85,00						
Formas farmacéuticas liquidas limpieza área y accesorios	93,00	92,53						
Formas farmacéuticas liquidas: etiquetado	83,00	81,11	83	1,63	58	10	7	7
Formas farmacéuticas liquidas: encajado	87,00	86,11						
Lavado de frascos: proceso	88,00	87,75						
Lavado de frascos limpieza de áreas y accesorios hidrolavadora	93,00	92,53	90	1,47	54	4	8	4
Compresión /tableteo	87,00	86,11	83	2,54	57	10	4	4
Laqueado	93,00	91,11	89	0,95	58	4	6	4
Codificadora Norwood	84,00	83,53	86	1,53	50	7	10	7
Codificadora Hapa	81,00	80,53						
Microbiología : preparación medios	78,00	65,00						
Microbiología: siembra tradicional	83,00	72,00	73	1,47	56	20	9	8
Microbiología: siembra por filtración	83,00	73,00						
Pesaje de materias primas	80,00	74,53						

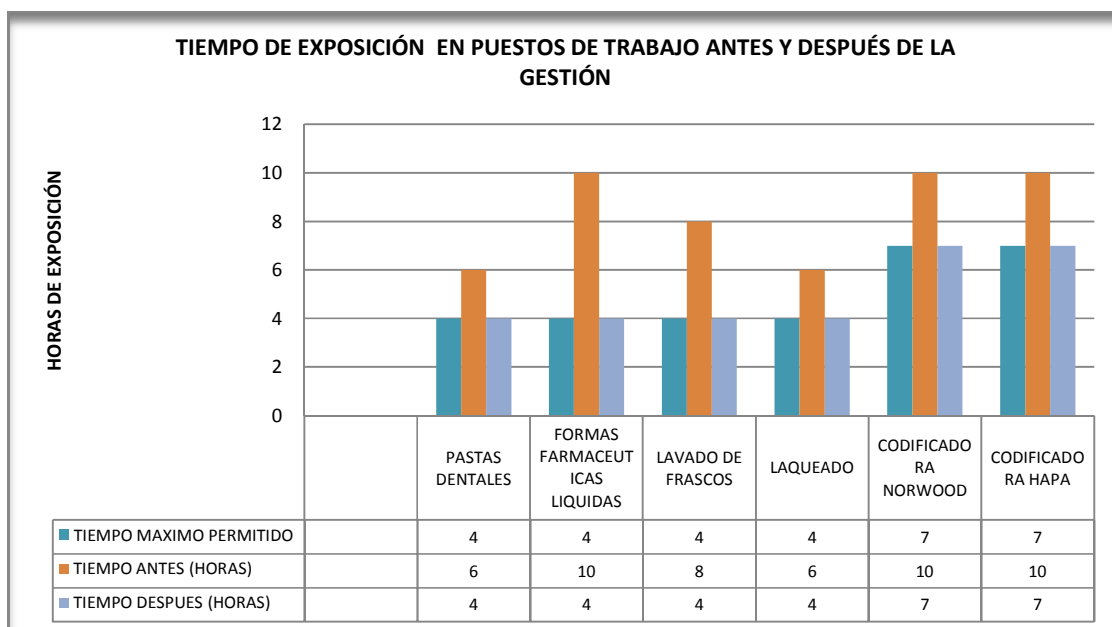
Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior de acuerdo a lo expuesto, en color verde se han pintado los puestos de trabajo con menos de 80 dB (A) que son a los que se realizará acciones preventivas,

en amarillo a puestos de trabajo que tienen entre 80 y 85 dB (A) cuyo tiempo de exposición 7 horas se les aplicará acciones correctivas con rapidez, para estos puestos de trabajo se entregara EPP con protección adecuada que les disminuya los decibeles y con rojo a los que tienen más de 85 dB (A) que se aplicaran acciones correctivas se les entregara EPP de máxima protección. Debido al desconocimiento de la cantidad de ruido generado antes de la gestión se les entregaba EPP orejeras de máxima protección luego de la gestión los EPP entregados se los realiza según la necesidad de cada puesto de trabajo.

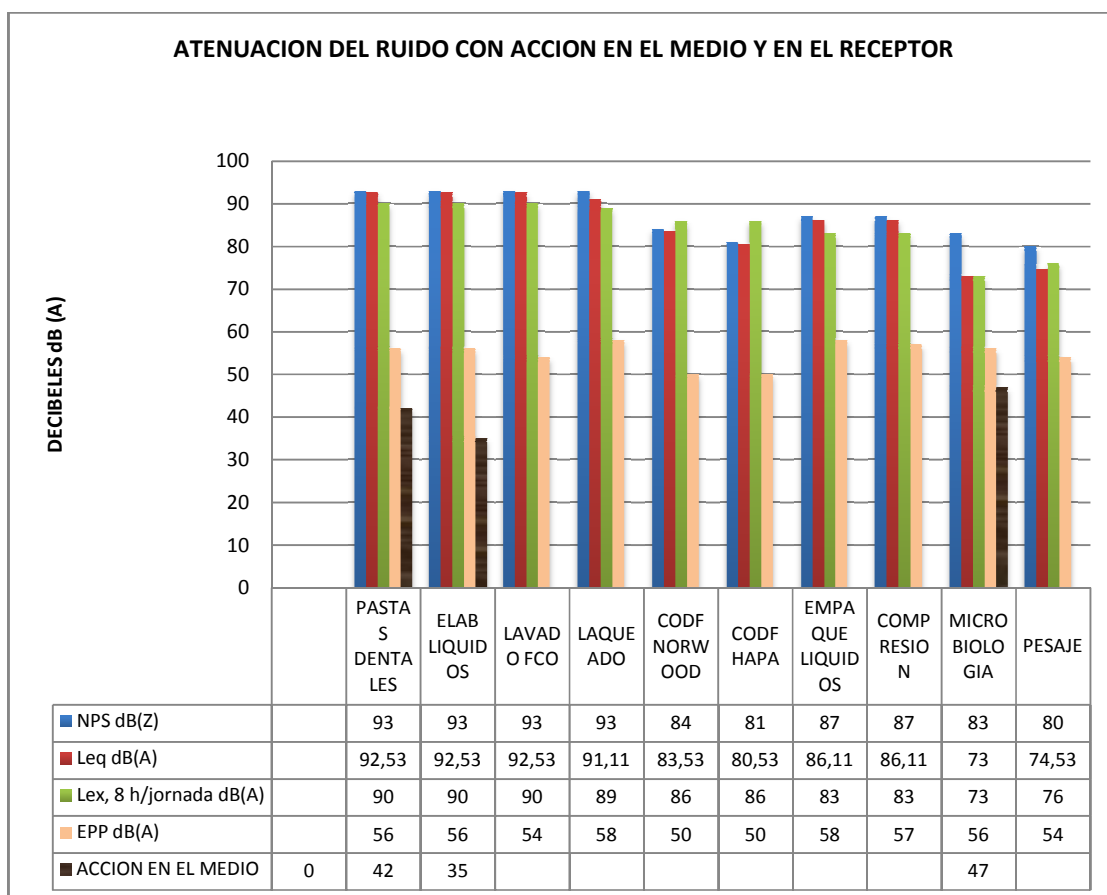
Se pueden observar los tiempos de exposición a los que debe estar sometido un operador difieren en los tiempos de exposición actual. Se preparará personal que reemplace al personal que tiene alta exposición a ruido con la finalidad de disminuir el tiempo de exposición según lo recomendado. Los puestos de trabajo modificados son preparación de pastas dentales, preparación de formas farmacéuticas líquidas, lavado de frascos, laqueada y codificadora.

Gráfico N° 35: Tiempo de exposición del personal expuesto de 85 hasta 90 dB(A)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 36: Atenuación del ruido con acción en la medio y en el receptor



Fuente: Elaboración propia

En la tabla “audiometrías de los puestos de trabajo que superan el 85 dB (A)” se puede observar las audiometrías de las personas sometidas a más de 85 dB (A), de lo que se deduce que el 67 % del personal sometido a dB (A) superiores a los que indica la norma tienen una audición normal y el 33 % tienen alteraciones en la audición.

Tabla N° 59: Costo de EPP antes y después de la gestión

PUESTOS DE TRABAJO	personal expuesto	ANTES GESTIÓN			DESPUÉS GESTIÓN		
		TIPO OREJERA	EPP MÁXIMA PROTECCIÓN (Costo en USD)	Costo en orejeras por puesto de trabajo (USD)	TIPO OREJERA	EPP SEGÚN NECESIDAD (Costo en USD)	Costo en orejeras por puesto de trabajo (USD)
PASTAS DENTALES	2	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16
FORMAS FARMACÉUTICAS LÍQUIDAS, PREPARACIÓN, ENVASE Y TAPADO	2	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16
FORMAS FARMACÉUTICAS LÍQUIDAS: ETIQUETADO Y ENCAJADO	15	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	398,7	ONYX H 70 26 dB dB(A)	12,96	194,4
LAVADO DE FRASCOS	2	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16
COMPRESIÓN /TABLETEO	1	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	26,58	ONYX H 70 26 dB dB(A)	12,96	12,96
LAQUEADO	1	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	26,58	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	26,58
CODIFICADORAS	2	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16
MICROBIOLOGÍA	2	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16	ONYX H 70 26 dB dB(A)	12,96	25,92
PESAJE DE MATERIAS PRIMAS	2	OPTIME 105,3M ANSI S 3.19-1974, dB(A)	26,58	53,16	ONYX H 70 26 dB dB(A)	12,96	25,92
Fuente: Elaboración propia				770,82			498,42

Tabla N° 60: Audiometrías de los puestos de trabajo que superan los 85 dB(A)

PUESTOS DE TRABAJO	personal expuesto	dB (A) expuesto en la jornada laboral 8h	AUDIOMETRÍAS
Pastas dentales	1	90	audición normal
	1		audición normal
Formas farmacéuticas líquidas, preparación, envase y tapado	1	90	Hipoacusia leve
	1		audición normal
Lavado de frascos	1	90	Hipoacusia leve a moderada
	1		audición normal
Laqueado	1	89	Hipoacusia- neurosensorial
Codificadoras	1	86	audición normal
	1		audición normal

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se identificaron la fuentes generadoras del ruido y se determino que el 27 % máquinas han sido elaboradas con vigencia “RD 1435/1992 sobre máquinas” y el 73 % antes del año 1992, no cumplen ciertos requisitos de seguridad.
- De los nueve puestos de trabajo analizados 5 puestos de trabajo no cumplen con la normativa legal, 4 puestos trabajo cumplen con la normativa local tal como se evidencia en los siguientes puntos.
- Considerando la mayor medida de nivel de presión sonora del puesto de trabajo de pastas dentales, uso y manejo de la hidrolavadora, cuya medición es 93 dB, con ponderación “A” baja a 92,53 dB (A), el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas se mantiene en 90 dB (A) +/- 1,59 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 56 dB (A)_{epp}. El tiempo de exposición real total es de 6 horas y el tiempo teórico máximo de exposición es de 4 horas. Por tal razón este puesto de trabajo no está cumpliendo con la normativa local.
- De la misma manera se toma la mayor medida de nivel de presión sonora en el puesto de trabajo formas farmacéuticas líquidas: preparación y envase, que coincide con el uso y manejo de la hidrolavadora cuyo valor equivale a 93 dB baja con ponderación “A”, hasta 92,53 dB (A) el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas se mantiene en 90 dB (A) +/- 1,57 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 56 dB (A)_{epp}. el tiempo

de exposición real es de 9,6 horas, el tiempo teórico máximo de exposición es de 4 horas. Por tal motivo este puesto de trabajo no cumple con la normativa local, por sobrepasar en tiempo y en niveles de exposición en dB (A).

- Durante los procesos de etiquetado y encajado en el puesto de trabajo formas farmacéuticas líquidas, el nivel de presión sonora inicial está en 87 dB baja con ponderación “A” hasta 86,11 dB(A) el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas se mantiene en 83 dB (A) +/- 1,63 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 58 dB (A) _{epp.}, el tiempo real de exposición es de 6,50 horas y el tiempo teórico máximo de exposición es 10 horas. Por tal motivo este puesto de trabajo cumple con la normativa.
- Si se considera que el subproceso de la hidrolavadora genera un nivel de presión sonora elevado y el proceso de lavado de frascos lo incluye entonces el valor equivale a 93 dB baja con ponderación “A”, hasta 92,53 dB (A), el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas se mantiene en 90 dB (A) +/- 1,47 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 54 dB (A) _{epp.} el tiempo de exposición real es de 7,55 horas, el tiempo teórico máximo de exposición es de 4 horas. Por tal motivo este puesto de trabajo no cumple con la normativa local, por sobrepasar en tiempo y en niveles de exposición en dB (A)
- En el puesto de trabajo compresión/tableteo el nivel de presión sonora inicial es de 87 dB, el nivel de exposición al ruido ponderado “A” es 86,11 dB(A), el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas es de 83 dB (A) +/- 2,54 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 57 dB (A) _{epp.} el tiempo de exposición real es de 4 horas, el tiempo teórico máximo de exposición es de 10 horas. Este puesto de trabajo se encuentra en el límite del cumplimiento de la normativa local, sin embargo esta dentro del cumplimiento por el tiempo de exposición.
- Durante el laqueado el nivel de presión sonora inicial es de 93 dB y el nivel de exposición al ruido ponderado “A” es de 91 dB(A) el nivel de exposición al

ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas es de 89 dB (A) \pm 0,95 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 58 dB (A)_{epp}. el tiempo de exposición real es de 5,5 horas, el tiempo teórico máximo de exposición es de 4 horas. Este puesto de trabajo no cumple con la normativa local, sobrepasa los niveles de exposición en dB (A)

- En el puesto de trabajo de codificación el nivel de presión sonora inicial es de 84 dB y el nivel de exposición al ruido ponderado “A” es de 83,53 dB(A) el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas es de 86 dB (A) \pm 1,53 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 50 dB (A)_{epp}. el tiempo de exposición real es de 10 horas, el tiempo teórico máximo de exposición es de 7 horas. Este puesto de trabajo está en el límite de dB (A) permitidos para el cumplimiento con la normativa legal y sobrepasa el tiempo de exposición. No cumple con la normativa local.
- En el puesto de trabajo de Pesaje de materias primas el nivel de presión sonora inicial es 80 dB y el nivel de exposición al ruido ponderado “A” es de 74,53 dB(A) el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas es de 76 dB (A) \pm 0,44 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 54 dB (A)_{epp}. el tiempo de exposición real es de 11,5 horas, el tiempo teórico máximo de exposición es de 16 horas. Este puesto de trabajo cumple con la normativa local.
- En el puesto de Microbiología, el nivel de presión sonora inicial es 83 dB y el nivel de exposición al ruido ponderado “A” es de 73 dB(A) el nivel de exposición al ruido ponderado “A” normalizado a una jornada laboral de 8 horas es de 73 dB (A) \pm 1,47 dB (A) la atenuación con el EPP baja a 56 dB (A)_{epp}. el tiempo de exposición real es de 9 horas, el tiempo teórico máximo de exposición es de 20 horas. Este puesto de trabajo cumple con la normativa local.
- El 29 % (4) de las máquinas analizadas debería en lo posible cambiarse de esta manera se disminuye la exposición del personal, sin embargo es importante considerar que es una inversión a largo plazo y el monto de 355000,00 USD,

puede ser aplicable en 10 años. Mientras sucede el cambio el personal debe mantenerse en permanente control y vigilancia, utilizando el EPP adecuado.

- El 20% (3) de los procesos y máquinas analizadas tienen factibilidad para la actuación en el medio lo que permitiría no utilizar el EPP y adicionalmente atenuaría el ruido. Estos son: puesto de trabajo de pastas dentales, baja de 89 dB(A) a 42 dB(A) con la construcción de una pared como aislante acústico, para el puesto de envase, tapado y etiquetado de formas líquidas con un confinamiento de la banda transportadora, el ruido se atenuaría de 86 dB(A) a 35 dB(A) y en el puesto de trabajo de microbiología se ha diseñado una cámara con aislante acústico para la bomba de filtración por membrana que disminuye el nivel de exposición al ruido hasta 47 dB(A). Revisar Anexo E.
- Cuando se actúa sobre el receptor no todos los puestos de trabajo necesitan orejeras de máxima cobertura en dB(A) se puede utilizar orejeras que cumplan con la misma función sin bajar la calidad, y a un menor precio. El costo de EPP de máxima protección antes de la gestión era de 770,83 USD luego de la gestión con EPP según la necesidad bajo a 498,42 USD el ahorro anual es de 272,40 USD y trabajando en la fuente el ahorro será de 599,00 USD debido a que el personal (21 de las 29 personas) en los subprocesos mencionados no ocuparía el EPP.
- En el sub proceso de preparación, envasado, tapado etiquetado y encajado se propone trabajar en la fuente, con la compra de una máquina de encaje y en el medio en los subprocesos de preparación, envase, tapado fabricando un aislamiento acústico en la banda transportadora. Por el momento se utilizaran los EPP según la necesidad, en este caso se debe considerar que el ruido se produce por el topeteo de frascos, no se puede sustituir el material de envase por regulatorios de salud tal como comprobar si el activo del medicamento no se degrada en otro material de envase que no sea el vidrio.
- La realización de los registros permite el control de las partes críticas de las máquinas y las revisiones de seguridad de las máquinas así se tiene evidencia de

la realización del mantenimiento y el cambio de piezas que pueden estar generando el ruido.

- Se realiza audiometrías a los puestos de trabajo que no cumplen y que están en el límite del cumplimiento de la normativa legal local y de las nueve personas 3 equivalente al 33% tienen problemas auditivos el inconveniente es saber si esto los adquirió en la empresa o tenían este problema con anterioridad. Esto se corregirá por supuesto con exámenes antes del ingreso del personal como la audiometría base.
- Según la encuesta inicial realizada el 35 % del personal piensa que el ruido no puede ocasionarles daños en su salud luego de la gestión realizada el 100% entiende y conoce sobre el daño ocasionado al trabajar a niveles superiores a 85 dB (A) y si no utilizan debidamente los equipos de protección personal.
- El sonido se convierte en un peligro para los individuos cuando la intensidad y la frecuencia son altas de la misma manera se puede establecer que el tiempo de exposición, el tipo de ruido, la distancia y la sensibilidad personal pueden afectar en la pérdida de la audición. Existen ruidos que pueden ser atenuados por el oído humano como son los de frecuencias bajas o los graves mientras que los agudos o frecuencias altas no son atenuados por el oído.

5.2 Recomendaciones

- Rotar al personal o tener una persona de reemplazo en cada puesto cuya exposición es mayor a 85dB y/o 8 horas de exposición
- Actualizar los motores de las máquinas existentes en los puestos de trabajo por unos más modernos o que tenga especificaciones de seguridad, cuya construcción es a partir del 2006.
- Integrar en el comité de construcción de áreas y ubicación de máquinas al personal de seguridad, con la finalidad de conocer los riesgos a los que se somete

el personal en los puestos de trabajo. De esta manera nos permite seguir clasificando los puestos de trabajo según el grado de exposición.

- Establecer dentro del cronograma de capacitación y entrenamiento dos talleres anuales, sobre los riesgos físicos y otros riesgos a los que está sometido el personal.
- Establecer claramente el personal que debe realizarse audiometrías y las frecuencias del mismo según el nivel y tiempo de exposición. Añadir en el procedimiento de vigilancia médica
- Realizar al personal audiometrías pre ocupacional con la finalidad de confirmar si el problema auditivo lo adquirió en la industria o en otro lugar de trabajo, además con el resultado se puede evaluar cada caso y la decisión del tipo de trabajo a realizar, ya que el costo de indemnización si es detectado en la industria puede superar el monto de inversión a largo plazo de máquinas.
- Realizar las mediciones de otros riesgos para determinar el grado o nivel de exposición del personal y actuar con bases técnicas sólidas.
- Trabajar con protectores auditivos y sus hojas técnicas en puestos de trabajo en los que es difícil actuar en la fuente y el medio.
- Evaluar el confort y comodidad del personal que labora en los puestos de trabajo que generan ruido incluso para verificar si el protector auditivo cumple con los requisitos indicados por el fabricante.
- Realizar un registro de control del uso de la correcta utilización, de la limpieza y manejo de los protectores auditivos.

BIBLIOGRAFIA

1. AGA Planta de electrodos. (2012). *Encuesta para evaluar el ruido*. Recuperado de www.dspace.espol.edu.ec (septiembre, 2012)
2. Aislahome.es. (2013). *Propiedades Acústicas de la celulosa* Recuperado de <http://www.aislahome.es/celulosa-propiedades-acusticas.php> (agosto, 2013)
3. Álvarez y Faizal. (2012). *Riesgos Laborales. Como prevenirlos en el trabajo*. Ediciones del U, Bogota Colombia. P. 63, 65, 66.
4. Asepal. (2013). *El ruido en el trabajo* Recuperado de [http://www.construmatica.com/construpedia/El Ruido en el Trabajo. Alcance de un Problema Global](http://www.construmatica.com/construpedia/El_Ruido_en_el_Trabajo._Alcance_de_un_Problema_Global) (mayo, 2013)
5. Asfhal, R. (2000). *Seguridad Industrial y Salud*. Pearson Educación, México. P.183, 185, 194.
6. Bartoll, P. (2000). *Fisiopatología del oído* Recuperado de: <http://www.sefh.es/bibliotecavirtual/fhtomo2/CAP16.pdf>, 1272 (mayo, 2013), p. 1265,1267,1270, 1271.
7. Bell, A. (1970). "El Ruido" OMS, Bélgica. P. 56, 57, 58
8. Blog EUDE, Escuela Europea de Dirección y Empresa, (2012). *Tipos de Ruido*. Recuperado de <http://www.master-medioambiente.com/2013/03/tipos-de-ruido.html> (mayo,2013)
9. Boys Town National, Research Hospital, (2013). *La audición y la amplificación* Recuperado de <http://www.audiciondelbebe.org/laaudicionylaamplificacion/perdidaauditiva/audiograma.asp> (junio, 2013)
10. Itaca "interactive training advanced computer applications". (2006). *Riesgos Físicos ambientales*. Editorial CEAC, España. P. 23.
11. Inasel, Tecnología Acústica, (2012). *Tipos de Ruido*. Recuperado de: <http://www.inasel.com/Acustipedia/Conceptos-generales/Tipos-de-ruidos.html> (mayo,2013)

12. Casella, Decibelímetros. (2008), *hoja técnica de instrumentos de medición Casella*. Recuperado de http://www.casellameasurement.com/downloads/datasheets/CEL600_BRAZILIAN.pdf, p. 2. (mayo, 2013)
13. Cortés, J. (2007). *Seguridad e Higiene del Trabajo, Técnicas de Prevención de riesgos laborales*. Editorial Tebar., p 429, 430,434
14. Cobo, P. (1997). *Control Activo del Ruido, Principios y aplicaciones*, Editorial CSIC, Unigraf, Madrid, p. 201
15. CEIM,.(2011). Confederación Empresarial de Madrid, Guía 4: *Seguimiento de Riesgos y Medidas de Control Relativas al Ruido*. Recuperado de http://www.areacontract.com/html/es/prl/guias/Guia_UNEX1.pdf (junio, 2013)
16. Sybil P. y Parker. (1991). *Diccionario de Física* Editorial MacGraw-Hill, México, Tomo I, p. 187, 423
17. Díaz, C. (1992). *Tema 8. Las Máquinas*. Universidad Complutense de Madrid Recuperado de <http://dandiacarb.wordpress.com/tema-08-las-maquinas/> (septiembre 2012)
18. Estefani G.(2013). *El Sonido*. Recuperado de www.artinaid.com/2013/04/el-sonido/ (mayo, 2013)
19. Estelles, R. (2007). *Acústica Física*. Recuperado de www.farq.edu.uy/Acustica.Fisica.pdf (mayo 2013)
20. Eumus. (1990). *Psico acústica*. Recuperado de www.eumus.edu.uy/eme/ensenanza//acustica/apuntes/Psicoacustica.pdf (abril, 2013)
21. Real Academia Española. (1992). *Diccionario de la Lengua Española*. Editorial Espasa Calpe, Madrid, p. 273, 320, 1319, 1409
22. Henao, F.(2007). *Riesgos Físicos I*. Editorial Ecoe. España.
23. OHSAS 18001.(2007), *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional*, p. 6,8
24. Eugene A., Theodore B. (2008). *Manual del Ingeniero Mecánico "Marks"* Tomo II, Editorial McGraw-Hill Interamericana, México.
25. Flor G. (2012). *Investigación*, Ecuador, tercera sesión, p. 8

26. Floría, P. (2007). *La prevención del Ruido en la empresa*, Fundación Confemetal, Príncipe de Vergara. España, p. 15, 16, 17, 25
27. Giménez de Paz, J. (2012). *Ruido*. Editorial Nobuco, Bogotá. Colombia, p. 25,26,27,28,29
28. Gobierno de España. (2000). Real Decreto 1316, *Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición del ruido, durante el trabajo*. Recuperado de www.carreteros.org/legislaciona/seguridad/condiciones/rd286_06/otros/rd1316_89.htm (septiembre,2012)
29. Gobierno de Chile. (2012). *Guía preventiva de trabajadores expuestos a Ruido*. Ministerio de Salud Pública, Recuperado de www.ispch.cl/sites/default/files/u5/Guia_Preventiva.pdf, (septiembre,2012), p. 3,4,5
- Gobierno del Ecuador. (1986). *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*. Decreto Ejecutivo 2393” Ecuador. P. 101, 31
30. Guirao, A. (2010). *Guía para los exámenes de física*, Editorial Editum, Universidad de Murcia, España. P. 41
31. Madrid G. (2012). *Contaminación Acústica*. Recuperado de <http://www.sisma.net63.net/index.htm> (mayo, 2013)
32. González, A., Flora P., González D. (2008). *Manual para el Técnico en Prevención de Riesgos Laborales en oficinas*. Príncipe de Vergara Fundación Confametal, Madrid España, p. 92,93, 291.
33. González, D. (2008). *Seguridad en Máquinas*. Fundación Confemetal, Madrid España, p. 215
34. Méndez, F. (2009). *Formación superior en prevención de riesgos laborales*. Editorial Lex Nova, Valladolid, España, p 321, 322, 323, 324, 325
35. Menéndez y González. (2007). trabajo de investigación *Alteraciones Auditivas en trabajadores expuestos al Ruido Industrial*. Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear, España, p. 1
36. Menéndez y González, (2009). *Formación superior en prevención de riesgos laborales*. Editorial Lex Nova , Valladolid España, p 314, 315
- 37.

38. NTP 270. (1987). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo. *Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos*. España, p 1-4
39. Prieto, L (2011). *Clasificación temas Industriales*, Recuperado de <http://www.slideshare.net/prietocontreras/clasificaciones-de-procesos-industriales> (mayo, 2013)
40. Postigo, Pantallas acústicas transparentes, Recuperado de <http://www.postigo.es/pantalla-anti-ruido-transparente.html> (marzo 2013)
41. Real Decreto 1435. (1992). *Máquinas* Recuperado de www.mtas.es/insht/legislation/RD/maquinas.htm P 18 (junio,2013)
42. Salazar, R. (2001). *Gestión de la Calidad en el desarrollo y fabricación industrial de Medicamentos*. Editorial Macian. Barcelona, 2001, Tomo I p. 311 y Tomo II. p. 595.
43. Sonoflex. *Ruido den Viviendas*. Recuperado de <http://sonoflex.com.ar/tecnico12.htm> (2012)
- Varios.(2012). *Comunicación Satelital* Recuperado de
44. www.comunicacionsatelitalportafolio.blogspot.com/ (septiembre, 2012)
45. Universidad de Córdoba .España. Tutorial. (2012). *Anatomía y Fisiología del oído* Recuperado de [http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/\(4\)%20efectos%20de%20ruido/anatomia%20y%20fisiologia%20del%20oido.htm](http://rabfis15.uco.es/lvct/tutorial/1/paginas%20proyecto%20def/(4)%20efectos%20de%20ruido/anatomia%20y%20fisiologia%20del%20oido.htm) (mayo, 2013)
46. UNE-EN ISO 9612. (2009). *Determinación de la exposición al ruido en el trabajo*. Aenor, Asociación española de normalización y certificación, p. 10, 16,17,18,29,30, 33,34,35,36,42,43,44

ANEXO A

ENCUESTA PARA EVALUAR EL RUIDO

Puesto de trabajo: _____

Nombre del encuestado: _____

Tiempo en su puesto: _____

Hora: _____

Fecha: _____

Marque con una x lo que usted crea conveniente

1. ¿Consideras que en tu puesto de trabajo, el ruido supone un riesgo grave para tu salud?

SI ☐ NO ☐

2. ¿Cual de las siguientes puestos de trabajo consideras que genera más ruido? Evalualas de acuerdo a la siguiente escala:

1=Insoportable con protección; 2=Insoportable sin protección; 3=soportable con protección; 4=soportable sin protección.

Puesto de trabajo	1	2	3	4
Pesaje de materias primas				
Elaboración de pastas dentales				
Lavado de frascos				
Elaboración de formas farmaceuticas liquidas				
Envase y tapado de formas farmaceuticas liquidas				
Codificación material de empaque				
Elaboración comprimidos				
Laqueado de tabletas				
Etiquetado y Encajado de formas				

farmaceuticas liquidas				
Análisis microbiológico				
Durante el uso de la hidrolavadora				

3. En tu puesto de trabajo ¿Se ha medido alguna vez el ruido?

SI ☐ NO ☐

Si su respuesta es “sí” pase a la siguiente pregunta

4. ¿La empresa ha aplicado alguna medida preventiva para evitar el ruido luego de la medición? De que tipo.

5. ¿La empresa ha hecho alguna vez audiometrías a los trabajadores?

SI ☐ NO ☐

Si su respuesta es “sí” pase a la siguiente pregunta

6. ¿Cada que tiempo se realizan las audiometrías?

Una vez al año

Cada 2 años

Otro:-----

7. ¿Tienes alguna sugerencia para mejorar algun proceso de trabajo con la finalidad de disminuir el ruido intermitente en la fábrica?.Comente.

Fuente: Aga.Planta de electrodos

ANEXO B

ANEXO A (ISO 9612:2009)

LISTA DE CONTROL PARA GARANTIZAR LA DETECCIÓN DE LOS EVENTOS DE RUIDO SIGNIFICATIVOS DURANTE EL ANÁLISIS DEL TRABAJO.

	SI	NO
¿Se presentan algunas de estas situaciones?		
Uso de chorros de aire comprimido		
Emisiones de aire comprimido		
Martilleo		
Choques intensos		
Uso ocasional de maquinas y herramientas ruidosas		
Paso de vehículos ruidosos		
¿Se producen operaciones muy ruidosas durante determinadas fases?		
Al principio del turno		
Al final del turno		
Durante la fase de ajuste o de suministro		
Durante las actividades de arranque o paro de la producción		
Durante la fase de limpieza		
otros		
¿Se producen actividades muy ruidosas en los puestos de trabajo vecinos?*		
Tipo:		
Puestos de trabajo expuesto:		

*Si la respuesta es "si" completar las dos preguntas finales

Fuente: ISO 9612:2009

ANEXO C

**REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS
TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO
AMBIENTE DE TRABAJO.**

Art 53.-CONDICIONES GENERALES AMBIENTALES Numeral 4 que dispone “ En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos la prevención de riesgos para la salud se realizara evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión y solo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes se utilizaran los medios de protección personal o la exposición limitada a los efectos del contaminante”

Art 55.- RUIDO Y VIBRACIONES

“1. La prevención de riesgos por ruidos y vibraciones se efectuará aplicando la metodología expresada en el apartado 4 del artículo 53.

2. El anclaje de máquinas y aparatos que produzcan ruidos o vibraciones se efectuará con las técnicas que permitan lograr su óptimo equilibrio estático y dinámico, aislamiento de la estructura o empleo de soportes anti vibratorios.

3. Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos.

4. (Reformado por el Art. 31 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se prohíbe instalar máquinas o aparatos que produzcan ruidos o vibraciones, adosados a paredes o columnas excluyéndose los dispositivos de alarma o señales acústicas.

5. (Reformado por el Art. 32 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Los conductos con circulación forzada de gases, líquidos o sólidos en suspensión, especialmente cuando estén conectados directamente a máquinas que tengan partes en movimiento siempre y cuando contribuyan notablemente al incremento de ruido y vibraciones, estarán

provistos de dispositivos que impidan la transmisión de las vibraciones que generan aquéllas mediante materiales absorbentes en sus anclajes y en las partes de su recorrido que atraviesen muros o tabiques.

6. (Reformado por el Art. 33 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido.

7. (Reformado por el Art. 34 del D.E. 4217, R.O. 997, 10-VIII-88) Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medido en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla:

Tabla N° 61: Niveles máximos de exposición para ruido continuo

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

Fuente: Gobierno del Ecuador, 1986

Los distintos niveles sonoros y sus correspondientes tiempos de exposición permitidos señalados, corresponden a exposiciones continuas equivalentes en que la dosis de ruido diaria (D) es igual a 1.

En el caso de exposición intermitente a ruido continuo, debe considerarse el efecto combinado de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de 85 dB (A). Para tal efecto la Dosis de Ruido Diaria (D) se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1:

$$D = C_1 / T_1 + C_2 / T_2 + C_n / T_n$$

Donde

C = Tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

En ningún caso se permitirá sobrepasar el nivel de 115 dB (A) cualquiera que sea el tipo de trabajo. (Gobierno del Ecuador, 1986)

RUIDO DE IMPACTO.- Se considera ruido de impacto a aquel cuya frecuencia de impulso no sobrepasa de un impacto por segundo y aquel cuya frecuencia sea superior, se considera continuo. Los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerán del número total de impactos en dicho período de acuerdo con la siguiente tabla

Tabla N° 62: Niveles máximos de exposición para ruido impacto

Número de impulsos o impacto por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima (dB)
100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

Fuente: Gobierno del Ecuador, 1986

Los trabajadores sometidos a tales condiciones deben ser anualmente objeto de estudio y control audiométrico”. (Gobierno del Ecuador, 1986)

ANEXO D

Documentación de mantenimiento

TARJETA DE REGISTRO DE PARTES CRÍTICAS DE MÁQUINAS
--

MÁQUINA:	
FUNCIÓN:	
AREA UBICACIÓN:	
AUTORIZADO POR:	

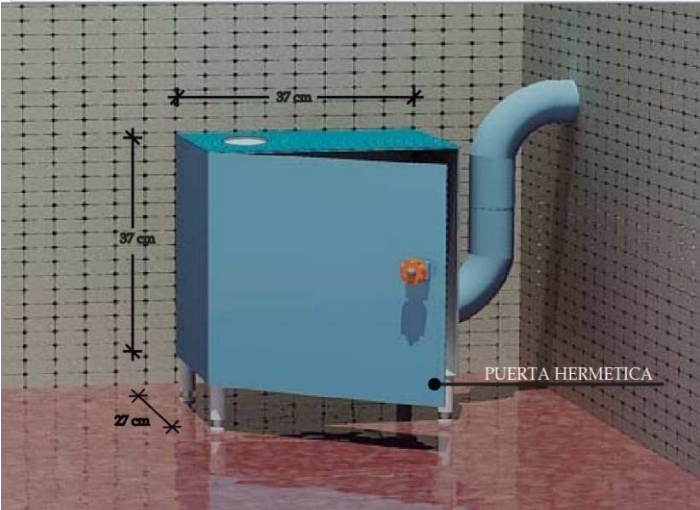
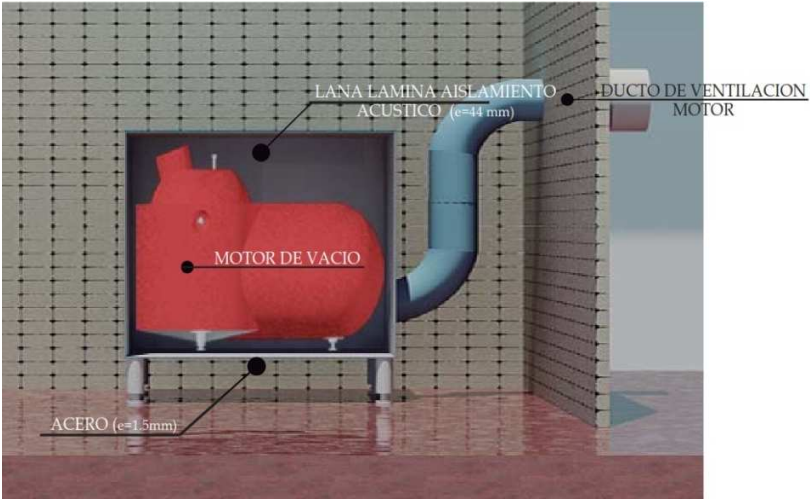
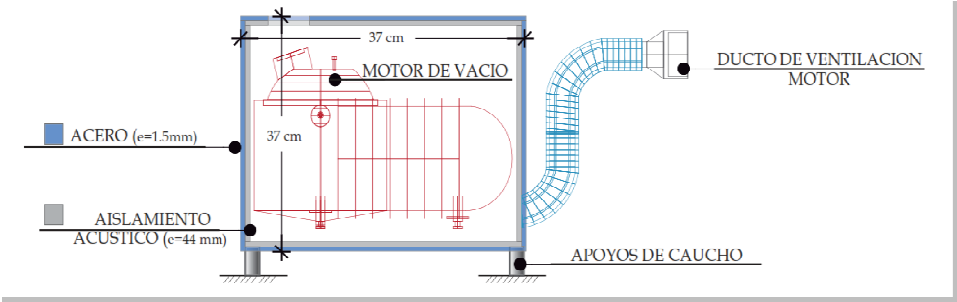
PARTES CRÍTICAS	CÓDIGO DE LA PARTE	PUNTOS A REVISAR EN MÁQUINA	REALIZADO POR	REVISADO POR	FECHA PRÓXIMA REVISIÓN
1					
2					
3					
4					

Fuente: Elaboración Propia, adaptado notas técnicas Francisco Hugo

FICHA INTEGRADA DE MANTENIMIENTO REVISIÓN DE SEGURIDAD DE MÁQUINAS										
MÁQUINA:								CÓDIGO:		
RESPONSABLE:								MES:		
AREA DE UBICACIÓN:								AUTORIZADO POR:		
ASPECTOS A REVISAR	FRECUENCIA DE REVISIÓN DETERMINADAS POR EL FABRICANTE	FRECUENCIA DE REVISIÓN CRONOLÓGICA						ANOMALÍAS DETECTADAS	ACCIONES ADOPTADAS	REVISADO POR
		FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR	FECHA	REALIZADO POR			
MANTENIMIENTO										
1										
2										
3										
LIMPIEZA										
1										
2										
3										
SEGURIDAD										
1										
2										
3										

Fuente: Elaboración Propia, adaptado notas técnicas Francisco Hugo

ANEXO E



ANEXO F

FICHAS DE CONTROL, UTILIZACION, MANTENIMIENTO Y CAMBIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

CONTROL DE ENTREGA DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

PUESTO DE TRABAJO:

TRABAJADORES EXPUESTOS:

FECHA ENTREGA EPP	NOMBRE APELLIDO	EQUIPO PROTECCIÓN PERSONAL ENTREGADO	ANTIGÜEDAD DEL PERSONAL EN EL PUESTO

CONTROL DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

PUESTO DE TRABAJO:

EQUIPO DE PROTECCIÓN:

TIEMPO DE UTILIZACIÓN

FECHA	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	LIMPIEZA	SANITIZACIÓN	REALIZADO POR	REVISADO POR

Fuente: Elaboración propia

