



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

FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA

Pablo Cesar Saravia Solares

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Alvarado de León

Guatemala, noviembre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS
EN LA INDUSTRIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

PABLO CESAR SARAVIA SOLARES

ASESORADO POR EL INGENIERO HUGO LEONEL ALVARADO
DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	PA. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en noviembre de 2009.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and strokes, positioned above the name of the author.

Pablo Cesar Saravia Solares

Guatemala 8 de Octubre de 2010

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Respetable Ingeniero:

Por este medio hago constar que he revisado el trabajo de graduación titulado:
“FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA”
elaborado por el estudiante Pablo César Saravia Solares.

Asimismo, después de realizar la revisión correspondiente, encuentro satisfactorio el trabajo arriba indicado por lo que considero pueden proseguirse los trámites respectivos.

Atentamente,


Ingeniero Hugo Alvarado
Colegiado Activo No. 5334

Hugo Leonel Alvarado de León
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 5.334

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA**, presentado por el estudiante universitario **Pablo Cesar Saravia Solares**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Hugo Humberto Rivera Pérez', enclosed within a hand-drawn oval.

Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2010.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA**, presentado por el estudiante universitario **Pablo Cesar Saravia Solares**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2010.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA**, presentado por el estudiante universitario **Pablo Cesar Saravia Solares**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, noviembre de 2010



ACTO QUE DEDICO A

DIOS

Por ser el centro de mi vida, por acompañarme y guiarme en cada paso que he dado, por permitir que cumpla cada una de las metas que me he propuesto. Y sobre todo, por dejarme compartir estos momentos con las personas que más quiero.

MIS PADRES

ING. PEDRO CIPRIANO SARAVIA CELIS Y LICDA. ELDA E. SOLARES SALAZAR DE SARAVIA. Por darme la vida, por ser mi ejemplo de vida a seguir, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por enseñarme a levantarme después de caer, por enseñarme que con esfuerzo todo se puede lograr. Ustedes me inculcaron todos los valores que han hecho posible este día, este logro es tanto mío como de ustedes. Los quiero mucho.

MIS HERMANOS

ING. CHRISTIAN EDGARDO Y LIC. PEDRO ALESSANDRO. Por ser mis hermanos y mis amigos, por brindarme su apoyo, cariño y por todo el tiempo compartido.

MIS ABUELOS

DAMIAN SARAVIA OVALLE, DORA CELIS DE SARAVIA, CRISTOBAL SOLARES VALENZUELA, CANDELARIA SALAZAR ECHEVERRIA (+). Por todo el amor que he recibido de ustedes siempre, y por sus sabios consejos. Por su cuidado, y haberme apoyado durante toda mi vida. Espero que Dios me siga regalando el tenerlos conmigo.

MIS PRIMOS

ESTUARDO, RAFAEL, MAYRA, DAMIAN, MÓNICA, LUISA ANA, ALFONSO. Por ser más que mis primos mis amigos, y estar conmigo en las buenas y en la malas, se que el cariño es incondicional.

MIS TIOS

ROLANDO, ALEJANDRO, TULIO, REYNA, MARILÚ, MAYRA, EDGAR, RAÚL. Por el apoyo brindado a mi familia y a mí, por estar pendientes de nosotros y, por todas sus muestras de cariño.

MIS AMIGOS

Por todas las experiencias compartidas que fortalecieron nuestra amistad, sé que puedo contar con ustedes al igual que ustedes van a poder contar conmigo. Espero que nuestra amistad prevalezca.

AGRADECIMIENTO A:

DIOS Por haberme dado la vida para alcanzar una meta más en mi carrera.

LA UNIVERSIDAD DE

SAN CARLOS

Por su aporte al desarrollo de la educación.

MI PADRE

Por darme la idea y ayudarme en la realización de mi trabajo de graduación, tener la paciencia y el esmero para realizarla.

MARÍA JOSÉ

RECINOS BARRIENTOS

Por todo el apoyo durante la realización de la tesis, por estar conmigo y acompañarme en estos momentos, por ser una parte fundamental en mi vida, te quiero.

MIS AMIGOS

Por todas las experiencias que compartimos juntos, buenas y malas. Por todo el apoyo y esfuerzo durante estos años de estudio.

EN ESPECIAL

A todas aquellas personas que colaboraron de una u otra forma en la realización de este trabajo de graduación., así como al Ing. Hugo Leonel Alvarado de León, por su valiosa asesoría.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1 ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1 Universidad de San Carlos de Guatemala	1
1.2 Facultad de Ingeniería.....	4
1.2.1 Ubicación	4
1.2.2 Historia	5
1.2.3 Misión.....	6
1.2.4 Visión	7
1.2.5 Valores	7
1.3 Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria	8
1.3.1 Ubicación	8
1.3.2 Historia	8
1.3.3 Misión.....	9
1.3.4 Visión	9
1.4 Definiciones.....	9
1.4.1 Sonido	9
1.4.2 Contaminación acústica	10
1.5 Propiedades del sonido.....	10
1.5.1 Velocidad	11
1.5.2 Periodo.....	12
1.5.3 Frecuencia	13
1.6 Estudio de los niveles de sonido	13
1.6.1 Bandas de octavas.....	13

1.6.2	Curvas de ponderación	15
1.6.3	Niveles de presión sonora equivalente (Leq)	17
1.6.4	Nivel de contaminación acústica	17
1.7	Origen y naturaleza de la contaminación acústica	18
1.7.1	Industrial textil	18
1.7.2	Industria metalúrgica	19
1.7.3	Los talleres mecánicos	20
1.8	Equipo de medición de sonido	20
1.8.1	Sonómetros	20
1.8.2	Analizador de frecuencia	22
1.8.3	Dosímetros	23
1.8.4	Acelerómetros	23
1.9	Efectos de la contaminación acústica	24
1.9.1	Fisiológicos	25
1.9.1.1	Efectos sobre el aparato auditivo	25
1.9.1.2	Efectos en el sistema nervioso	26
1.9.1.3	Efectos en otros órganos y sistemas	27
1.9.2	Psicológicos	28
1.9.2.1	Interferencia en la comunicación oral	28
1.9.2.2	Inhibición de actividades mentales	29
1.9.2.3	Interferencia con el sueño	29
2	DIAGNÒSTICO SITUACIONAL DE LA MEDICIÓN DE SONIDO	33
2.1	Metodología empleada actualmente	33
2.1.1	Procedimiento de medición de sonido	33
2.1.2	Método del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)	34
2.1.3	Método de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA)	43
2.2	Calibración	52

2.2.1	Procedimiento	52
2.3	Medida de parámetros acústicos	54
2.3.1	Procedimiento	54
2.3.2	Sistema de análisis	55
2.4	Diseño de la encuesta.....	55
2.4.1	Empresas a encuestar	56
2.4.2	Selección de grupos de encuestados.....	57
2.5	Reconocimiento en planta.....	57
2.5.1	Localización de los riesgos existentes	58
2.5.2	Medidas de control.....	59
3	PROPUESTA PARA DESARROLLO INVESTIGATIVO	61
3.1	Ensayo controlado.....	61
3.1.1	Error sistemático de calibración	61
3.2	Comparaciones	62
3.2.1	Equipo de medición de sonido (sonómetro) calibrado.....	62
3.2.2	Sonómetro no calibrado	62
3.2.3	Sonómetros utilizados en ensayo	63
3.2.3.1	Descripción.....	63
3.3	Métodos y equipos de calibración	66
3.3.1	Descripción	66
3.3.2	Características	67
3.4	Ensayo controlado.....	67
3.4.1	Descripción del ensayo	68
3.5	Ensayo de exactitud.....	69
3.5.1	Descripción del ensayo	70
3.5.2	Concordancia con lo medido.....	70
3.6	Establecimiento del grado de error en mediciones no representativas	71
3.6.1	Mediciones representativas.....	71

3.6.2	Ensayo controlado	71
3.6.3	Ubicación del instrumento de medición	72
3.6.4	Posicionamiento del instrumento de medición	73
3.6.5	Tiempo de exposición y medición	74
3.7	Ensayo de precisión.....	74
3.7.1	Concordancia entre mediciones utilizando métodos estandarizados.	74
3.7.2	Ensayo comparativo entre la utilización de las metodologías	75
4	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA	77
4.1	Aplicaciones y metodologías en la medida del ruido	77
4.1.1	Toma de muestras	77
4.1.2	Medida del ruido en el lugar de trabajo.....	79
4.1.3	Identificación de las fuentes de ruido a analizar	80
4.1.4	Medida del ruido en las actividades	80
4.1.5	Medida de las vibraciones	81
4.2	Ruido por repetición.....	82
4.3	Propuesta de documento de evaluación.....	82
4.4	Desarrollo de instructivo	84
4.4.1	Modelo de instructivo para medición de sonido	84
4.5	Formularios.....	84
4.5.1	Protocolo de medición de sonido.....	84
4.5.2	Presentación de los resultados	86
5	SEGUIMIENTO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	89
5.1	Ensayo controlado	89
5.1.1	Resultado de los ensayos	89
5.1.2	Análisis estadístico	110
5.2	Ensayo de exactitud.....	114
5.2.1	Inferencia de los ensayos	114
5.2.2	Comparaciones estadísticas.....	115

5.3	Ensayo de precisión	115
5.3.1	Derivación	115
5.3.2	Estadísticas	117
5.4	Interpretación de resultados de los ensayos	118
5.4.1	Error sistemático	118
5.4.2	Errores de exactitud	121
5.4.3	Errores de precisión	124
5.5	Planificación del muestreo de sonido	127
5.6	Control de sonido	129
5.6.1	Emisor del sonido (la fuente).....	129
5.6.2	Pantallas acústicas.....	130
5.6.3	Diseño de pantalla acústica	132
5.6.4	Equipo de protección personal (EPP)	135
	CONCLUSIONES	139
	RECOMENDACIONES.....	141
	BIBLIOGRAFIA	143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Movimiento oscilatorio de los dos átomos	11
2. Bandas de octavas	14
3. Curvas de ponderación o de atenuación A,B y C	16
4. Industrial textil, china.	19
5. Sonómetro digital	21
6. Esquema de un sonómetro	21
7. Analizador de frecuencia	22
8. Esquema del oído humano.	25
9 Procedimiento de calibración de sonómetros	54
10. Foto Soundpro ES/DL Quest technologies	64
11. Foto Realistic sound level meter Radio Shack	65
12. Foto Quest Technologies model 2900	65
13. Foto pistófono calibrador	66
14. Determinación del numero de muestras	69
15. Foto ubicación del sonómetro	72
16. Foto posicionamiento del instrumento de medición	73
17. Hoja de registros de datos en campo	83
18. Modelo de un reporte de niveles sonoros	87

19.	Gráfica de distribución normal error sistemático	119
20.	Foto toma de datos sonómetro realistic, BGI 0700018 y CDA 120040	120
21.	Gráfica de distribución normal prueba de exactitud	122
22.	Foto de sonómetro en la fuente generadora y en la fuente de influencia más próxima	123
23.	Grafica de distribución prueba de precisión	125
24.	Toma de datos en la fuente generadora	127
25.	Foto pantalla de aislamiento acústico	131
26.	Posiciones relativas entre el emisor y receptor, respecto a una pantalla acústica	132
27.	Atenuación acústica de pantallas	133
28.	Tapones o dispositivos de inserción	135
29.	Orejeras	136

TABLAS

I. Velocidad del sonido en diferentes medios de propagación	12
II. Exposición de ruido permitido	43
III. Datos sonómetro Realistic	103
IV. Análisis estadístico de los sonómetros	111
V. Resultados obtenidos después del análisis estadístico	116

GLOSARIO

Audiometría	Conjunto de técnicas que permiten conocer la audición de un individuo.
Calibración	Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por patrones.
Cloquea	Es conocida como caracol, es una estructura en forma de tubo enrollado en espiral, situada en el oído interno.
Contaminación	Es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos perjudiciales para el hombre o los ecosistemas (seres vivos).

Espectro	Conjunto de ondas sonoras que se propagan de manera ondulatorias y con velocidad constante.
Exactitud	Capacidad de un instrumento de medir un valor cercano al valor de la magnitud real.
Fisiológico	Respuesta de un ser vivo a su entorno.
<i>In Situ</i>	En el lugar.
Micrófono	Dispositivo electrónico acústico que convierte el sonido que percibe en señal eléctrica.
Pascales	Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma.
Pérdida auditiva	Es la capacidad limitada para escuchar.
Pistófono	Calibrador acústico.

Precisión	Capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.
Psicológico	Relacionado con el funcionamiento de la mente y la forma en que los pensamientos y los sentimientos afectan el comportamiento.
Leq	Nivel sonoro continuo equivalente. El nivel de sonido estable que, en un periodo de tiempo de muestreo establecido y en una localización determinada, tiene la misma energía sonora con ponderación A, que el sonido que varía en el tiempo.
Lmin	Nivel sonoro mínimo registrado durante el periodo de muestreo.
Lmax	Nivel sonoro máximo registrado durante el periodo de muestreo.
L90	Nivel sonoro superado el 90% del tiempo de medición.

L50	Sonoro superado durante el 50% del tiempo de medición.
LDN	Nivel promedio día/noche calculado día y noche con un valor adicional de 10 dB para el período entre las 10:00 pm a 7:00 am.

RESUMEN

Este trabajo de graduación tiene como fin principal dar a conocer una investigación en el área de mediciones de niveles sonoros, como parámetro de control ambiental y de salud ocupacional.

Se dan a conocer lineamientos básicos para el uso correcto de un equipo de medición sonora, la terminología base para mediciones de niveles sonoros y los diferentes equipos con los que se cuenta en la actualidad para hacer dichas mediciones.

Al no existir una normativa en Guatemala sobre niveles sonoros, se empleó como referencia los métodos americanos de la OSHA y la ANSI para realizar una correcta medición de niveles sonoros *in situ*.

Actualmente se conocen numerosos efectos negativos producidos por la exposición al ruido, sobre todo en lo relativo al sistema auditivo.

Los ensayos para determinar las fuentes de error se hicieron a través de mediciones controladas utilizando cuatro sonómetros, para determinar errores de exactitud, precisión y representatividad.

Se analizó la diferencia entre medir en la fuente directa de emanación de sonido que carece de personal, donde los niveles sonoros son altos, y medir en el área donde se encuentra el operario más cercano y los niveles cambian. Este debería ser el área a la cual se le debe analizar con detalle y observar las posibles influencias sonoras que esta tenga y que afecten al operario.

Los resultados que se obtuvieron de los sonómetros y que se analizaron pueden dar una idea de cuáles son las diferencias que se producen al realizar mediciones con diferentes equipos de medición y diferentes calibraciones.

OBJETIVOS

GENERAL

Investigar las fuentes de error en la medición de sonido en la industria

ESPECÍFICO

1. Analizar las mediciones de sonidos, que induzcan a la toma de decisiones para proteger al trabajador.
2. Determinar una buena metodología para la medición de sonidos y equipos calibrados reducen riesgos de error sistemáticos en la medición de sonidos.
3. Investigar y establecer la metodología de medición de sonidos representativos en la industria.
4. Analizar datos estadísticos, sabiendo interpretar, dando conclusiones y recomendaciones adecuadas.
5. Proporcionar los conocimientos teóricos y prácticos para comprender, analizar y establecer los principios y estrategias para el monitoreo de ruido ocupacional.
6. Evitar errores en la medición, a través de una buena calibración del equipo.
7. Incorporar la metodología de medición de sonido en los estudios que se realicen en la industria.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por ruido agrupa a un sin fin de problemas que se sufren a diario; el tránsito de vehículos, la industria, la construcción de edificios, por poner solo unos ejemplos, ocasiona molestia de muy distinta índole que van desde el insomnio o la falta de concentración hasta lesiones que pueden ser irreversibles dependiendo de la duración e intensidad del ruido.

Es importante encontrar las fuentes de error en la medición de sonidos en la industria para solucionar o, al menos, reducir en lo posible los problemas causados por la exposición a sonidos producidos en las mismas, y para ello se necesita hacer una serie de análisis controlados y particularizados de los diferentes tipos de sonidos que una maquina puede producir. Por lo tanto a la hora de hacer la toma de muestra con el equipo de medición de sonido tratar de evitar una mala calibración en el mismo, que incurran en errores sistemáticos o que las mediciones realizadas no sean representativas de los sonidos producidos, haciendo que la relación sonido vs. trabajador no sea la correcta, lo que induciría a tomar malas decisiones en la selección de equipo de protección personal.

El presente trabajo tiene como finalidad investigar y evaluar las fuentes de error proponiendo recomendaciones que hagan más precisa y representativa las mediciones de sonidos y arbitrar una serie de medidas técnicas no exentas de un costo económico considerable.

1 ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Universidad de San Carlos de Guatemala

La Universidad de San Carlos de Guatemala fue fundada por Real Cédula de Carlos II, de fecha 31 de enero de 1676.

Los estudios universitarios se iniciaron en Guatemala desde mediados del siglo XVI, cuando el primer obispo del reino de Guatemala, Licenciado Don Francisco Marroquín, funda el Colegio Universitario de Santo Tomás, en el año de 1562, para becados pobres; con las cátedras de filosofía, derecho y teología. Los bienes dejados para el colegio universitario se aplicaron un siglo más tarde para formar el patrimonio económico de la Universidad de San Carlos, juntamente con los bienes que legó para fundarla, el correo mayor Pedro Crespo Suárez.

Hubo ya desde principios del siglo XVI otros colegios universitarios, como el Colegio de Santo Domingo y el Colegio de San Lucas, que obtuvieron licencia temporal de conferir grados. Igualmente hubo estudios universitarios desde el siglo XVI, tanto en el Colegio Tridentino como en el Colegio de San Francisco, aunque no otorgaron grados. La Universidad de San Carlos logró categoría internacional, al ser declarada Pontificia por la Bula del Papa Inocencio XI, emitida con fecha 18 de junio de 1687. Además de cátedras de su tiempo: ambos derechos (civil y canónico), medicina, filosofía y teología, incluyó en sus estudios la docencia de lenguas indígenas.

Durante la época colonial, cruzaron sus aulas más de cinco mil estudiantes y además de las doctrinas escolásticas, se enseñaron la filosofía moderna y el

pensamiento de los científicos ingleses y franceses del siglo XVIII. Sus puertas estuvieron abiertas a todos: criollos, españoles, indígenas y entre sus primeros graduados se encuentran nombres de indígenas y personas de extracción popular.

Los concursos de cátedras por oposición datan también desde esa época y en muchos de ellos triunfaron guatemaltecos de humilde origen, como el Doctor Tomás Pech, de origen indígena y el Doctor Manuel Trinidad de Avalos y Porres, hombre de modesta cuna, a quien se atribuye la fundación de la investigación científica en la Universidad de San Carlos, por la evidencia que existe en sus trabajos médicos experimentales, como transfusiones e inoculaciones en perros y otros animales.

La legislación contempló desde sus fases iniciales, el valor de la discusión académica, el comentario de textos, los cursos monográficos y la lección magistral. La libertad de criterio está ordenada en sus primeros estatutos, que exigen el conocimiento de doctrinas filosóficas opuestas dialéctica, para que el esfuerzo de la discusión beneficiara con sus aportes formativos la educación universitaria. El afán de reforma pedagógica y de lograr cambios de criterios científicos es también una característica que data de los primeros años de su existencia. Fray Antonio de Goicoechea fue precursor de estas inquietudes. En las ciencias jurídicas, cuyo estudio comprendía los derechos civil y canónico, también se registraron modificaciones significativas al incorporar el examen histórico del derecho civil y romano, así como el derecho de gentes, cuya introducción se remonta al siglo XVIII en nuestra universidad. Asimismo, se crearon cátedras de economía política y de letras.

La Universidad de San Carlos ha contado también, desde los primeros decenios de su existencia, con representantes que el país recuerda con orgullo.

El doctor Felipe Flores sobresalió con originales inventos y teoría, que se anticiparon a muchas de ulterior triunfo en Europa. El doctor Esparragoza y Gallardo puede considerarse un extraordinario exponente de la cirugía científica, y en el campo del derecho, la figura del doctor José María Álvarez, autor de las renombradas Instituciones de Derecho Real de Castilla y de Indias, publicadas en 1818. Los primeros atisbos de colegiación pueden observarse desde el año de 1810, cuando se fundó en Guatemala el ilustre Colegio de Abogados, cuya finalidad principal era la protección y depuración del gremio. Esta institución desapareció en el último cuarto del siglo XIX, para resurgir en el año de 1947.

Semejanza de lo que ocurrió en otros países de América Latina, nuestra universidad luchó por su autonomía, que había perdido a fines del siglo pasado, y la logró con fecha 9 de noviembre del año 1944, decretada por la Junta Revolucionaria de Gobierno. Con ello se restableció el nombre tradicional de la Universidad de San Carlos de Guatemala y se le asignaron rentas propias para lograr un respaldo económico. La Constitución de Guatemala emitida en el año de 1945, consagró como principio fundamental la autonomía universitaria, y el Congreso de la República complementó las disposiciones de la Carta Magna con la emisión de una Ley Orgánica de la Universidad, y una Ley de Colegiación obligatoria para todos los graduados que ejerzan su profesión en Guatemala.

Desde septiembre del año 1945, la Universidad de San Carlos de Guatemala funciona como entidad autónoma con autoridades elegidas por un cuerpo electoral, conforme el precepto legal establecido en su Ley Orgánica; y se ha venido normando por los siguientes principios que, entre otros, son el producto de la Reforma Universitaria en 1944: Libertad de elegir autoridades universitarias y personal docente, o de ser electo para dichos cuerpos sin

injerencia alguna del Estado. Asignación de fondos que se manejan por el Consejo Superior Universitario con entera autonomía. Libertad administrativa y ejecutiva para que la Universidad trabaje de acuerdo con las disposiciones del Consejo Superior Universitario. Dotación de un patrimonio consistente en bienes registrados a nombre de la Universidad. Elección del personal docente por méritos, en examen de oposición. Participación estudiantil en las elecciones de autoridades universitarias. Participación de los profesionales catedráticos y no catedráticos en las elecciones de autoridades.

1.2 Facultad de Ingeniería

La Facultad de Ingeniería ha formado profesionales de alto prestigio, que han contribuido, con sus conocimientos, al progreso científico y tecnológico de Guatemala. Cuenta con doce carreras en seis escuelas facultativas de pregrado, una escuela de postgrado a nivel regional centroamericano y un centro de investigaciones. Desarrolla distintas actividades económicas y sociales del país.

1.2.1 Ubicación

Se encuentran en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la ciudad universitaria zona 12 en los edificios T-3,T-1,T-5,T-4, T-6, T-7.

1.2.2 Historia

En 1834, durante el gobierno de Mariano Gálvez, se creó la academia de ciencias, sucesora de la Universidad de San Carlos, implantándose la enseñanza de álgebra, trigonometría, geometría y física. Los primeros graduando fueron: Francisco Colmenares, Felipe Molina, Patricio de León y el poeta José Batres Montufar.

Desde 1676, en sus primeras épocas la universidad de San Carlos graduaba teólogos, abogados y más tarde médicos. En el año de 1769 se crearon cursos de física y geometría, lo que marco el inicio de la enseñanza de las ciencias exactas en Guatemala.

En el año de 1840, el Gobierno del General Rafael Carrera, transformo la academia de ciencias en la Universidad. En ese mismo año la asamblea publico los estatutos de la nueva organización. La revolución de 1871 hizo tomar un rumbo distinto a la enseñanza técnica superior.

En el año de 1879 se estableció la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala y por decreto del gobierno de 1882 se elevo a la categoría de Facultad dentro de la misma Universidad separándose así de la escuela politécnica. El Ingeniero Cayetano Batres del Castillo fue el primer decano de la Facultad de Ingeniería, siendo sustituido dos años más tarde por el Ingeniero José E. Irungaray, que fue cuando se reformo el programa de estudios anterior, reduciéndose a seis años la carrera de Ingeniería que era de ocho.

A partir de 1908 la Facultad tuvo una existencia ficticia. Hasta 1918, la Universidad fue reabierta por el Gobierno de Estrada Cabrera y la Facultad de Ingeniería se le llamo Facultad de matemáticas.

En 1930 se reestructuraron los estudios estableciéndose los estudios de la carrera de Ingeniería Civil, a partir de ese momento arranca la época moderna de la Facultad. En el año de 1947 la Facultad solo ofrecía las carreras de Ingeniería Civil, en este año se cambiaron los planes de estudio al régimen semestral en lo que en lugar de seis años se establecieron doce semestres por carrera.

La Escuela de Mecánica Industrial se creó en el año de 1967 teniendo a su cargo las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y las combinadas de Ingeniería Mecánica Industrial. A finales de la década de los sesenta se realizaron estudios para la reestructuración y modernización del plan de estudios de la Facultad.

En la época moderna, la Facultad ha tenido significativos cambios, como la creación de carreras nuevas y varias maestrías, mas la acreditación académica de la carreras de Ingeniería Civil y Química y la modernización de la Facultad.

1.2.3 Misión

Formar profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería que, que a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, consientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sea capaces de

generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenibles y los retos del contexto global.

1.2.4 Visión

Somos una institución académica con incidencia de la problemática nacional, formando profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.

1.2.5 Valores

Integridad

Asumimos un firme adhesión a un código de valores morales y éticos en todas nuestras actuaciones.

Excelencia

Aspiramos al más alto nivel académico, en la preparación y formación de nuestros egresados, que constituye el fundamento de su competencia profesional.

Compromiso

Cumplimos con los requerimientos y expectativas de la sociedad en la formación de nuestros profesionales.

1.3 Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria

1.3.1 Ubicación

El laboratorio unificado de química y microbiología sanitaria se describe a continuación

El laboratorio se encuentra en el centro de Investigaciones de Ingeniería edificio T-5, segundo nivel, ciudad universitaria, zona 12, Guatemala Centroamérica.

1.3.2 Historia

En el 1954 se creó el laboratorio municipal de agua, en 1965 se traslado al campus universitario según el convenio firmado entre la Municipalidad de Guatemala y la Universidad de San Carlos. En el 2002 se le adjudico el nombre de laboratorio unificado de química y microbiología sanitaria, el porqué unificado porque va de la mano con la Facultad de Ingeniera y la municipalidad de Guatemala, el 15 de noviembre se firma la extensión del convenio EMPAGUA – USAC por el Dr. Luis Alfonso Leal Monterroso y el Ing. Fritz García Gallont.

1.3.3 Misión

Realizar investigación, docencia, servicio y extensión en lo referente a la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano, descargas residuales de origen domestico e industrial, para otros usos benéficos, contribuyendo a prevenir enfermedades de origen hídrico, tomando en cuenta la norma NGR 17025, y las normas internacionales de fuentes de agua de la organización mundial de la salud.

1.3.4 Visión

El laboratorio unificado de química y microbiología sanitaria estará acreditado para ser el centro de referencia en la realización de análisis físicos, químicos y bacteriológicos, para la vigilancia y control de calidad del recurso hídrico en todo el país, a nivel centroamericano y del Caribe.

1.4 Definiciones

1.4.1 Sonido¹

Una alteración física en un medio (por ejemplo: aire, gas, líquidos o sólidos) que puede ser detectada por el oído humano. Sensación auditiva excitada por una alteración física en un medio.

¹ Documentos de la Organización Mundial de la Salud. Washington. (1980). *Criterios de la Salud Ambiental 12. El Ruido.*

1.4.2 Contaminación acústica²

Exceso de sonido que altera las condiciones normales del ambiente en una determinada zona. El término contaminación acústica hace referencia al ruido (entendido como sonido excesivo y molesto), provocado por las actividades humanas (tráfico, industrias, aviones, etc.), que produce efectos negativos sobre la salud auditiva, física y mental de las personas.

Con estas definiciones se puede deducir que cuando el ruido origina molestias para el oyente de carácter psicológico o fisiológico, e incluso cuando llega a afectar la salud del aparato auditivo, del sistema nervioso o de otros órganos, es cuando hablamos del ruido como contaminación.

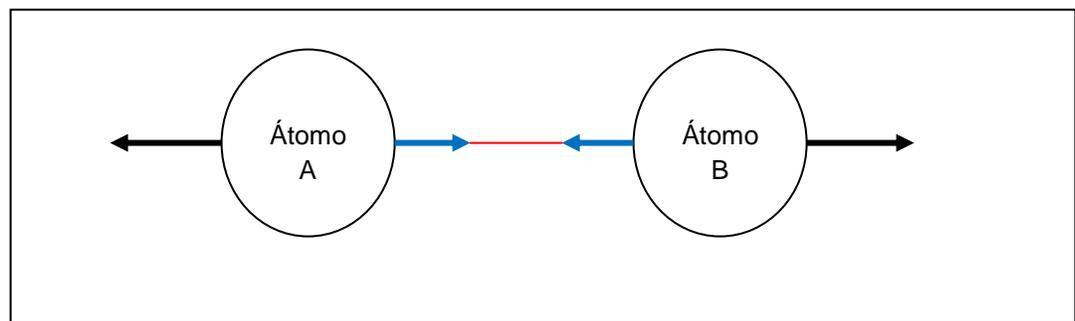
1.5 Propiedades del sonido

Desde un punto de vista teórico, el estudio físico del sonido se plantea como una aplicación de la dinámica, basando en la propagación por un medio de las ondas sonoras.

² Documentos de la Organización Mundial de la Salud. Washington. (1980). *Criterios de la Salud Ambiental 12. El Ruido.*

Cuando se origina un sonido, se produce un impacto en las moléculas del aire que empiezan a vibrar, variando la distancia entre sus átomos constituyentes mediante un movimiento oscilatorio (figura 1)

Figura 1. Movimiento oscilatorio de los dos átomos.



Fuente: Elaborado por Pablo Cesar Saravia Solares

1.5.1 Velocidad

Se define como la velocidad de desplazamiento de las ondas sonoras. El valor de la velocidad a la que se propaga el sonido en un medio elástico depende de las propiedades del medio y se puede calcular mediante formulas. En condiciones normales de presión (1atm) y de temperatura (20°C), la velocidad del sonido tiene un valor de 344 m/s en el aire. Esta velocidad aumenta aproximadamente 0,61 m/s por cada °C que aumenta la temperatura.

Tabla I. Velocidad del sonido en diferentes medios de propagación

MEDIO DE PROPAGACIÓN	VELOCIDAD (m/s)
Caucho	35
Corcho	500
Plomo	1.200
Agua (a 15°C)	1.440
Cobre	3.800
Hierro	4.950
Vidrio	5.600

Fuente: elaborado por Pablo Cesar Saravia Solares

1.5.2 Periodo³

El periodo se define como el tiempo (en segundos) que tarda en producirse un ciclo completo de oscilación de la onda sonora. Se representa por T.

³ FLORES PEREITA, PEDRO. (1990). *Manual de Acústica, Ruidos y Vibraciones*. Ed. Ediciones GYC. Barcelona.

1.5.3 Frecuencia⁴

La frecuencia se define como el número de ciclos completos que se producen en un segundo. Es el inverso del periodo y se mide en Hertzios (ciclos por segundo).

$$F=1/T \text{ (Hz)}$$

El oído humano capta frecuencias entre 20 y 20.000 Hz. Dentro de esta escala, se entienden como sonidos graves los que poseen una frecuencia inferior a los 250 Hz; entre 500 y 1000 Hz los sonidos son medianos y, pasado de 1000Hz, los sonidos son agudos.

1.6 Estudio de los niveles de sonido

1.6.1 Bandas de octavas⁵

El oído humano, al asimilar un ruido, lo que capta es una suma de todas las ondas sonoras que lo constituyen. Estas ondas pueden tener diferente amplitud y frecuencia, de manera que su superposición da lugar a una onda sonora resultante más compleja.

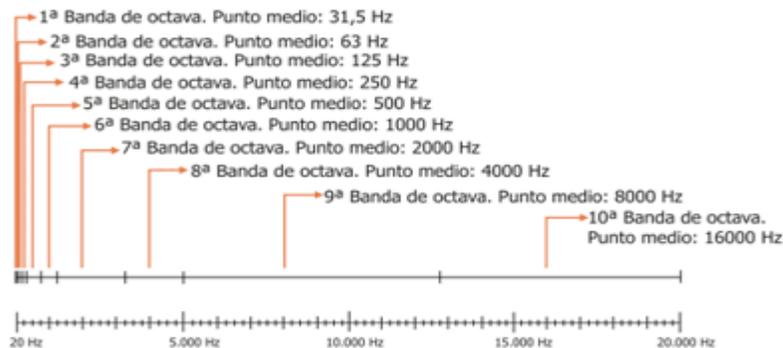
Se dice que el ruido que percibimos está compuesto por un rango de frecuencia que pueden analizarse independientemente.

⁴ FLORES PEREITA, PEDRO. (1990). *Manual de Acústica, Ruidos y Vibraciones*. Ed. Ediciones GYC. Barcelona.

⁵ FLORES PEREITA, PEDRO. (1990). *Manual de Acústica, Ruidos y Vibraciones*. Ed. Ediciones GYC. Barcelona.

Una banda de octava es una región de frecuencias de todo el espectro, normalmente el audible, entre 20 y 20000 Hz, que se suele dividir en diez partes o bandas con las siguientes características (figura 2):

Figura 2: Bandas de octavas. Cada banda de octava se identifica por su valor central indicado en la figura.



Fuente: Pedro Flores. Manual de Acústica, Ruidos y vibraciones, pag.121.

- Las bandas viene definida por su valor central, siendo los mas utilizados los valores correspondientes a 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 y 16000 Hz. Cada valor mantiene una relación 2:1 con el anterior, que quiere decir eso, vale el doble que el valor anterior y la mitad que el siguiente.
- La frecuencia central de la banda de octava se obtiene calculando la media geométrica de las frecuencia de las frecuencias extremas, es decir, aplicando la siguiente fórmula:

$$f_c = \sqrt{(f_1 \cdot f_2)}$$

Actualmente los más nuevos equipos en medición de sonido, están provistos de un *software* interno que hace el cálculo de las octavas. Para el siguiente trabajo no serán tomadas en cuenta las octavas, ya que no es necesario realizar un análisis por frecuencias.

1.6.2 Curvas de ponderación⁶

La respuesta del sistema auditivo frente al ruido no es lineal, sino que los tonos más graves (frecuencias más bajas) son atenuados o filtrados, por lo que resultan menos molestos que los tonos agudos o de frecuencias altas.

En los equipos utilizados para el estudio y medición del ruido se intenta imitar el funcionamiento del oído humano, y se emplean unos filtros que atenúan el peso relativo de diferentes frecuencias del sonido, siguiendo unas curvas denominadas curvas estándar de ponderación.

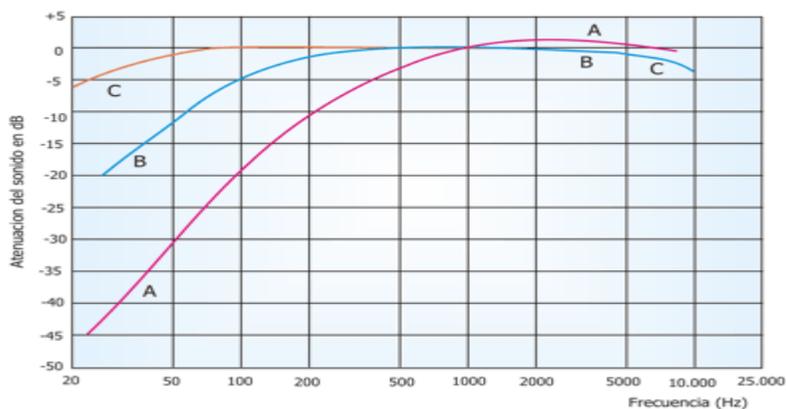
A partir de las curvas de ponderación se pueden obtener los valores de presión sonora (L_p) asociados a cada filtro. Así, si se quiere analizar ruido continuo que no varíe mucho con el tiempo, es decir, un ruido de fondo, el parámetro que se debe utilizar es esta presión asociada al filtro correspondiente ($L_{pA,B}$).

⁶ GARCÍA, AMANDO. (1988). *La Contaminación Acústica*. Ed. Universidad de Valencia. Servicio de Publicaciones.

Los filtros más utilizados para la medición son:

- El filtro TIPO A, que atenúa frecuencias por debajo de los 1000 Hz de manera progresiva y que actúa de manera similar a como lo hace el oído humano. Este es el filtro más utilizado.
- Los filtros TIPO B, C Y D. el B filtra frecuencias por debajo de los 500 Hz y por encima de 3000 Hz. El tipo C filtra frecuencias por debajo de los 50 Hz y por encima de 3000 Hz. El tipo D se utiliza para filtrar el sonido de aviones. Estos filtros no se utilizan demasiado en la actualidad.

Figura 3: Curvas de ponderación o de atenuación A,B y C



Fuente: Manual de medidas acústicas y control de Ruido, tercera edición.

1.6.3 Niveles de presión sonora equivalente (Leq)

Cuando un ruido no se produce de manera continua, si no que su duración abarca un periodo de tiempo determinado y, durante este tiempo, la presión sonora fluctúa aleatoriamente, se debe utilizar el nivel de presión sonora equivalente (Leq), que se define como la presión sonora que tendría un sonido con la misma energía y en el mismo intervalo de tiempo, pero que se produjera de manera continua.

Para calcular su valor, se puede hacer aproximaciones que consideren un valor continuo de presión sonora en cada intervalo de tiempo considerado.

$$Leq = 10 \cdot \log\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n 10^{Li/10}\right)$$

Donde:

Leq= nivel de presión sonora equivalente, dB.

N= n° de intervalos considerados.

Li= nivel de presión sonora en cada fracción de tiempo.

No se aplicará esta fórmula, porque los sonómetros con los que se realizara el estudio cuentan que un *software* que calcula el Leq, solo queda como referencia.

1.6.4 Nivel de contaminación acústica

El nivel de contaminación acústica es un parámetro que considera las molestias provenientes de la oscilación del nivel de presión acústica respecto al valor medio de dicha presión sonora. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$LNP = Leq + 2.56 \cdot \sigma$$

1.7 Origen y naturaleza de la contaminación acústica

1.7.1 Industrial textil

Las características sonoras de la industria textil vienen determinadas por el tipo de operación que en ella se realice:

- En empresas que se dedican al bobinado de hilos o a la fabricación de tejidos, el ruido ambiente es constante. Sobre el ruido de fondo se pueden escuchar picos de presión sonora de hasta 100 dBA cuando el carro de las maquinas de tricotar cambia de sentido.
- Para pequeños talleres de confección, que generalmente funcionan agregados a otros de más envergadura, el nivel sonoro proviene del funcionamiento de las maquinas de coser. El tipo de ruido viene determinado por la clase de tejido con el que se trabaja, pero se pueden medir picos de presión de 90 dBa aproximadamente.

El principal problema en estas instalaciones aparece cuando las ondas sonoras se transmiten por resonancia de la estructura en la cual estén fijadas las maquinas normalmente un forjado metálico.

FIGURA 4: Imagen de la industria textil, china.



Fuente: <http://www.blogmaquinaria.com/wpcontent/uploads.png>

1.7.2 Industria metalúrgica

Dentro del sector metalúrgico se pueden incluir todo tipo de empresas, desde instalaciones relativamente grandes como las caldererías hasta pequeñas empresas como cerrajerías o fabricantes de puertas y ventanas de aluminio.

- La caldererías fabrican máquinas y contenedores utilizables para cualquier tipo de industrias. Las máquinas utilizadas para el tratamiento de la chapa son equipos de soldadura, plegadoras, cizallas eléctricas, etc. Que producen niveles sonoros bastantes altos, de hasta 110 dBA en algunas operaciones. Las frecuencias son también bastante altas, sobre todo cuando se corta la chapa con los discos de las fresadoras, y resultan especialmente molestas para los operarios.

- En cerrajería y fabricas de tratamiento de aluminio, el instrumental utilizado es el mismo pero a pequeña escala: fresadoras, tornos, perforadoras, pulidoras, etc. Su ubicación suele estar integrada dentro de núcleos urbanos, por lo que no solo afectan a los trabajadores del metal, sino que pueden tener una incidencia en la población.

1.7.3 Los talleres mecánicos

Son muchas las operaciones realizadas en los talleres mecánicos en las que pueden producirse niveles considerables de contaminación acústica. El ruido del motor de los automóviles y sobre todo de las motocicletas son causantes de molestias entre los vecinos que viven en los alrededores del taller. En el caso de que se esté reparando un automóvil, son comunes los picos de presión provocados por el martilleo de la chapa o el ruido discontinuo proveniente de los compresores de la maquinaria que funciona por aire comprimido.

1.8 Equipo de medición de sonido

1.8.1 Sonómetros⁷

El sonómetro es el instrumento más utilizado para medir el nivel de ruido. Proporciona una indicación del nivel acústico (promediado en el tiempo) de las

⁷ LOPEZ MUÑOZ, GERARDO. *El Ruido en el Lugar de Trabajo*. Ed. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Madrid, España.

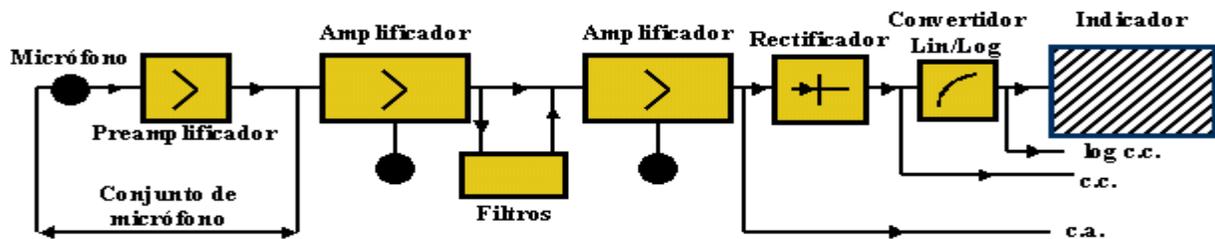
ondas sonoras que inciden sobre un micrófono. El nivel del sonido se visualiza normalmente sobre una escala graduada con un indicador de aguja móvil o en un indicador digital.

Figura 5. Sonómetro digital



Fuente: Quest Technologies. Catalogue.

Figura 6. Esquema de un sonómetro



Fuente: www.sonometros.com/esquema.

1.8.2 Analizador de frecuencia⁸

Los analizadores de frecuencia son dispositivos que analizan la energía sonora en tiempo real respecto al espectro de frecuencias de la señal captada. Básicamente, tienen el mismo funcionamiento que los sonómetros, por lo que algunos equipos pueden incorporar ambas funciones. La señal captada y transformada en corriente eléctrica es filtrada en un intervalo de frecuencias determinado, impidiendo el paso de toda señal con una frecuencia fuera de este intervalo. Detrás de cada filtro se instala un voltímetro que mide la potencia eléctrica correspondiente a cada rango de frecuencias.

Los analizadores de frecuencia operan principalmente con dos tipos de filtros: de anchura de banda constante y de anchura de banda de porcentaje constante. Los primeros dividen el espectro en partes o bandas iguales y dan la misma importancia a cada frecuencia del ruido.

Figura 7. Analizador de frecuencias.



Fuente: <http://www.tek.com/images/imagewidget/rsa3000/rsa3000-lrg.jpg>

⁸ LOPEZ MUÑOZ, GERARDO. *El Ruido en el Lugar de Trabajo*. Ed. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Madrid, España.

1.8.3 Dosímetros

Los dosímetros son equipos que funcionan de la misma forma que los sonómetros, pero, en vez de dar una respuesta instantánea, proporcionan el resultado promedio acumulado durante un periodo de tiempo largo. Este periodo de tiempo suele corresponder a la jornada laboral de ocho horas, que es donde generalmente son utilizados estos equipos. La medida obtenida en un dosímetro es un porcentaje de ruido acumulado referido a un valor del 100% correspondiente al valor máximo permitido.

1.8.4 Acelerómetros

Los acelerómetros se utilizan para la medida de las vibraciones en estructuras por las que puede transmitirse el ruido, y no para evaluar propiamente la propagación del sonido por el aire.

Este tipo de instrumentos es aplicable para la medición en cualquier rango de frecuencias, que determinaran la magnitud de la aceleración de la vibración, a partir de la cual pueden calcular su desplazamiento y velocidad.

El componente básico de los equipos de medida de las vibraciones es el acelerómetro.

1.9 Efectos de la contaminación acústica

El efecto del ruido sobre la salud del hombre no puede estudiarse como una relación causa-efecto, sino que en ocasiones la relación es más compleja, afectando de forma indirecta a determinados órganos y de manera desigual para cada individuo receptor del ruido. Efectivamente, la disminución de la capacidad auditiva en situaciones de ruido constante es un hecho demostrado, y se puede considerar una relación proporcional entre el aumento de la sonoridad y dicha pérdida, pero en ocasiones este mecanismo no es directo y se producen alteraciones en otros órganos causados por el estrés, que sí son consecuencia directa del ruido.

Este es el caso, por ejemplo, de las afecciones cardiovasculares, que se dan en mayor medida en poblaciones expuestas a intensos ruidos de fondo.

Por otra parte, deben considerarse muchos otros aspectos como las características fisiológicas y psicológicas particulares de cada individuo, puesto que hay personas más sensibles que otras frente a una agresión sonora. Si a una persona le supone una situación estresante trabajar con el continuo ruido de fondo de una máquina, otra lo puede tolerar más, evitando de este modo muchas incidencias indirectas sobre el organismo.

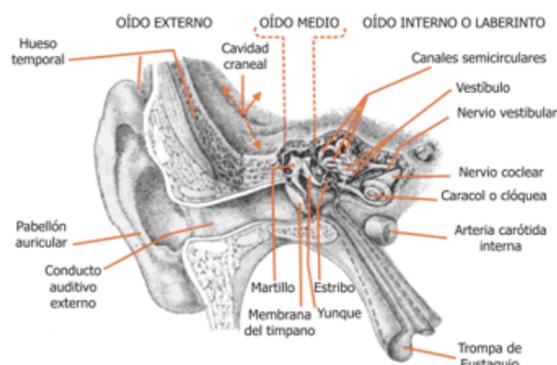
1.9.1 Fisiológicos

1.9.1.1 Efectos sobre el aparato auditivo⁹

El mecanismo fisiológico de captación y asimilación de un sonido que tiene lugar en el oído humano es posible gracias a un órgano receptor situado en el oído interno, la cloquea, que percibe las vibraciones causadas por las ondas sonoras, las codifica en mensajes nerviosos y las transmite al cerebro, que interpreta los mensajes sonoros.

Las vibraciones que capta la clóquea se originan en el oído medio, más concretamente en la membrana timpánica (que vibra por efecto de las ondas sonoras), y se transmiten hasta el oído interno por medio de la articulación de tres huesecillos: el martillo, el yunque y el estribo (figura 8).

Figura 8. Esquema del oído humano



Fuente: Cyril M. Harris manual de medidas acústicas y control del ruido
Pag.35

⁹ GARCÍA GARCÍA, ANA MARÍA. *Estudio de los Efectos del Ruido Ambiental sobre la Salud en Medios Urbanos y Laborales*. Ed. Generalitat Valenciana. Consejería de Sanidad.

Las afecciones auditivas se pueden estudiar en función de su origen, es decir, se pueden producir como consecuencia de un ruido continuado o de un impacto sonoro brusco. En este último caso, las consecuencias pueden ser de carácter irreversible y tener lugar inmediatamente después de la exposición.

1.9.1.2 Efectos en el sistema nervioso¹⁰

Los efectos en el sistema nerviosos se traducen en la misotomía muscular y las enfermedades nerviosas.

El ruido continuado o momentáneo es generador de una tensión muscular transmitida por la activación de la médula espinal denominada misotomía muscular. Este efecto se puede observar experimentalmente mediante la aplicación sobre los músculos de electrodos que responden a excitaciones sonoras, contrayéndose repetitivamente. Si el ruido es constante, la tensión del músculo una vez finalizado éste puede durar unas horas.

Estudios estadísticos han permitido establecer una influencia entre la contaminación acústica y diversas enfermedades nerviosas. En efecto, existe una mayor proporción de casos de neurosis en zonas ruidosas que en zonas tranquilas, aunque no puede asegurarse la existencia de una causa directa de estos efectos. También se observa una disminución en la capacidad para realizar procesos mentales complejos en niños en edad escolar.

¹⁰ GARCÍA GARCÍA, ANA MARÍA. *Estudio de los Efectos del Ruido Ambiental sobre la Salud en Medios Urbanos y Laborales*. Ed. Generalitat Valenciana. Consejería de Sanidad.

1.9.1.3 Efectos en otros órganos y sistemas¹¹

El cuerpo humano reacciona activando el sistema nervioso vegetativo frente a un estímulo sonoro dado, produciéndose un aumento en el consumo de energía del organismo. Esta reacción debe equilibrarse con períodos de descanso sonoro que, de no producirse, provocan una serie de efectos perjudiciales en la salud:

- Aumento de la actividad cutánea.
- Dilatación de la pupila e, incluso, trastornos gastrointestinales ocasionales.
- También pueden producirse estimulaciones en el sistema endocrino, que se manifiestan por el aumento de adrenalina y noradrenalina en la sangre, y por una elevada concentración de corticoesteroides en el plasma. Todas estas sustancias son hormonas y, por tanto, el exceso de alguna de ellas puede generar alteraciones bioquímicas en el organismo de carácter grave.

¹¹ GARCÍA GARCÍA, ANA MARÍA. *Estudio de los Efectos del Ruido Ambiental sobre la Salud en Medios Urbanos y Laborales*. Ed. Generalitat Valenciana. Consejería de Sanidad

1.9.2 Psicológicos

1.9.2.1 Interferencia en la comunicación oral

Uno de los efectos más comunes en medios urbanos respecto a las comunicaciones interpersonales es la interferencia que el ruido ambiente puede producir en la correcta interpretación del mensaje. Recientes estudios han demostrado de manera experimental que para que la inteligibilidad sea de un 100%, el mensaje debe superar en más de 10 dBA al ruido de fondo, y si lo supera justamente en 10 dBA, la capacidad de interpretación disminuye al 95%, como media de la población estudiada.

En una conversación sujeta a continuas interferencias sonoras, se hace necesario un mayor esfuerzo comunicativo del orador y una mayor capacidad de concentración del oyente para captar el mensaje, lo que provoca a largo plazo un desgaste psicológico que se suma a otras fuentes generadoras del stress.

En los numerosos estudios realizados para intentar tabular estos efectos del ruido, se ha calculado que a una distancia de un metro y para una presión sonora correspondiente a una conversación normal (60 dBA aproximadamente) el ruido ambiente no debe superar los 55 dBA para que dicha conversación tenga un grado aceptable de inteligibilidad.

1.9.2.2 Inhibición de actividades mentales

Existe un elevado número de actividades mentales en las que interviene el sistema auditivo cuyo rendimiento es mucho menor en presencia de un ruido de fondo. La presencia de este nivel sonoro puede ser el origen de una serie de efectos como la propensión de un estado permanente de somnolencia, una sobrecarga mental de estímulos, la sensación continua de la existencia de un estado de peligro o inseguridad asociado al ruido o la disminución de la memoria o la enunciación interna. En general, se atribuye un efecto negativo del ruido en todas las actividades mentales que requieren un estado de atención superior, memorización de datos o de agilidad mental.

Se calcula que para que estos efectos no tuvieran lugar, el ruido ambiental no debería superar los 40 dBA.

1.9.2.3 Interferencia con el sueño

Durante las dos a cuatro primeras horas del sueño, la reactividad frente a los estímulos se va reduciendo progresivamente: los reflejos condicionados desaparecen, pero se conservan los reflejos de la piel y los bulbares (respiratorios, cardíacos, vasomotores, etc.). La respiración se hace más lenta, disminuye el volumen respiratorio, la concentración de oxígeno en los alvéolos, la frecuencia de los latidos cardíacos, las secreciones lagrimales, digestiva y urinaria, y aumenta la del sudor y la concentración de CO₂. El metabolismo desciende por debajo del nivel basal. La inactividad no es completa, aunque se produce un gran reposo muscular.

Existe pues una sensibilidad frente a los estímulos sonoros durante el sueño que puede detectarse mediante electroencefalogramas, aplicando electrodos a los músculos, e incluso midiendo la diferencia de potencial entre la córnea y la retina del ojo. En efecto, el organismo reacciona de manera similar frente a estos estímulos que en estado de vigilia; es más, lo hace incluso con niveles de presión sonora menores.

A los 90 minutos aproximadamente de estar dormidos, la presión arterial, el pulso y la respiración se hacen irregulares, el oído se altera y los ojos se mueven por debajo de los párpados, como si estuviéramos viendo una película: estamos soñando. Éste es el llamado sueño MOR (movimientos oculares rápidos), donde el cerebro está tan activo como durante el día y emite ondas similares a la de una persona despierta. Normalmente se dedica un 25% del sueño al estado MOR. El ruido afecta a este estado reduciéndolo o incluso interrumpiéndolo, lo que da lugar a una mayor irritabilidad y cansancio del individuo al día siguiente. También se observa una disminución en el rendimiento en algunas actividades y una falta de concentración.

Si el ruido de fondo es constante y habitual en el lugar de descanso, la persona se habitúa a él, minimizando los efectos; pero a largo plazo se puede favorecer la aparición de ciertas reacciones fisiológicas, como alteraciones del ritmo cardíaco y respiratorio, movimientos corporales, etc. También debe tenerse en cuenta que no todo el mundo reacciona de la misma manera frente a estos estímulos sonoros. Los niños y adolescentes tienen menos dificultades en conciliar el sueño, mientras que los ancianos se ven más afectados. Por sexos,

se ha detectado que las mujeres son un poco más sensibles durante las horas del sueño que los hombres.

Se calcula que para que no exista esta influencia en el sueño, el nivel sonoro equivalente durante el sueño no debe superar los 35 dBA, y puntualmente no se debe superar este valor en más de 10 dBA.

2 DIAGNÒSTICO SITUACIONAL DE LA MEDICIÓN DE SONIDO

2.1 Metodología empleada actualmente

En Guatemala no existen actualmente normas que indique y orienten la metodología a emplearse en la medición de sonidos a nivel ocupacional por lo que la metodología que se aplica es la descrita en las normas internacionales como NIOSH y OSHA, y nacionales de otros países latinoamericanos como México y Chile.

También se han implementado metodologías, basados en la experiencia y siguiendo lo indicado en las normas posteriormente indicadas las cuales no tienen carácter de metodologías oficiales, son empleadas como una buena práctica.

2.1.1 Procedimiento de medición de sonido

El procedimiento empleado actualmente para realizar cualquier medición y los procedimientos asociados están siempre en función de los objetivos de la medición y de las condiciones en que la misma deberá llevarse a cabo.

Antes de comenzar cualquier medición acústica se tiene que definir la situación o el problema con claridad.

2.1.2 Método del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH)

La Seguridad y Salud Ocupacional la Ley de 1970 (Ley Pública 91-596), el Congreso de estados unidos de América declaró que su propósito era asegurar, en la medida de lo posible, seguras y saludables condiciones de trabajo de cada hombre y mujer y preservar los recursos humanos. En esta ley, el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) está encargada de recomendar la seguridad y salud ocupacional y la descripción de las concentraciones de exposición que son seguros para varios períodos de tiempo laboral, incluyendo pero no limitando a las concentraciones en las que ningún trabajador pueda sufrir afecciones, la salud de la capacidad funcional, o la esperanza de vida como resultado de su experiencia de trabajo. Por medio de los criterios de los documentos, el NIOSH comunica estas normas recomendadas por los organismos reguladores (incluida la Seguridad y Salud Ocupacional [OSHA]) y para otros en la seguridad y la salud.

Los documentos proporcionan la base científica para la seguridad y nuevas normas de salud. Estos documentos contienen por lo general una revisión crítica de la información científica y técnica disponible sobre la prevalencia de los peligros, la existencia de riesgos de seguridad y salud, y la adecuación de los métodos de control. Además de publicar estos documentos al Departamento de Trabajo, NIOSH también los distribuye entre los profesionales de la salud en las instituciones académicas, la industria, sindicatos, grupos de interés público, y otras agencias.

En 1972, el NIOSH publicó los criterios para un estándar recomendado: Exposición al ruido, que sirvió como base a una norma recomendada para reducir el riesgo de desarrollar una pérdida auditiva permanente, como resultado de la exposición de ruido en el trabajo [NIOSH 1972]. NIOSH ha evaluado la información científica más reciente y ha revisado algunas de sus recomendaciones anteriores. En 1998, las recomendaciones van más allá de intentar conservar la vista, centrándose en la prevención de ruido en el trabajo, la pérdida de audición inducida.

El límite de exposición recomendado por NIOSH para la exposición al ruido laboral es de 85 decibelios, con ponderación A, como un tiempo de 8 horas promedio ponderado [85 dBA como 8-hr TWA]) fue reevaluado usando técnicas de evaluación de riesgo actual y la incorporación de la de 4000 (hertzios Hz) de frecuencia audiométrica en la definición de discapacidad auditiva. La nueva evaluación del riesgo reafirma el apoyo a la dBA 85-REL. Con una exposición de 40-años de vida en el 85-dBA REL, el exceso de riesgo de desarrollar NIHL trabajo es de 8%, considerablemente inferior al 25% de exceso de riesgo en el 90-dBA límite de exposición permisible (PEL) en la actualidad entre la seguridad en el trabajo y la Administración de Salud (OSHA) y la Seguridad de Minas y la Administración de Salud (MSHA).

NIOSH recomendó anteriormente un tipo de cambio de 5 dB para el cálculo del promedio ponderado de tiempo (TWA) a las exposiciones al ruido. Sin embargo, el NIOSH recomienda actualmente una tasa de cambio de 3 dB, que es más firme apoyo de la evidencia científica. 5-El tipo de cambio dB todavía es utilizado por OSHA y MSHA, pero el tipo de cambio 3-dB ha sido cada vez más el apoyo de un consenso nacional e internacional.

EVALUACIÓN DE EXPOSIÓN AL RUIDO

- El empresario deberá realizar una evaluación de la exposición al ruido cuando la exposición a cualquier trabajador de TWA de 8 horas es igual o superior a 85 dBA. Mediciones de la exposición se ajustará a la norma americana Nacional de Medición de la exposición al ruido ocupacional, ANSI S12.19-1996 [ANSI 1996a]. La exposición al ruido se mide sin tener en cuenta el uso de protectores auditivos.

- Monitoreo inicial

Cuando un Programa de Prevención de la Pérdida Auditiva, se inicia, con el fin de realizar un seguimiento inicial de las obras o de las tareas de trabajo ruidosas, esta se llevará a cabo para determinar la exposición de niveles sonoros representativos, entre todos los trabajadores que permanezcan a 8 horas continuas en ponderación TWA, esta exposición al ruido puede ser igual o superior a 85 dBA. Para los trabajadores que permanecen en áreas fija, los niveles sonoros continuos, Se realizara ya sea con un medidor de nivel de sonido o un dosímetro. Sin embargo, para los trabajadores que se desplazan frecuentemente o que realizan diferentes tareas en diferentes niveles sonoros, se puede realizar una medición de control de la exposición para proporcionar una evaluación más exacta de la magnitud de las exposiciones.

- Seguimiento periódico

Si la exposición a cualquier trabajador de TWA de 8 horas al ruido sea igual o superior a 85 dBA, el control se repetirá al menos cada 2 años. El seguimiento se repetirá dentro de los 3 meses de haber ocurrido cuando hay un cambio en el equipo, los procesos de producción o mantenimiento de rutina. También

puede ser prudente para evaluar la exposición al ruido de las prácticas de trabajo han cambiado y/o si los trabajadores están desarrollando umbral de cambios importantes

- Instrumentación

Los instrumentos utilizados para medir la exposición de los trabajadores de ruido deberán estar calibrados para asegurar la exactitud de medición y, como mínimo, que se ajustará al American National Standard Specification for Sound Level Meters, ANSI S1.4-1983 y S1.4A-1985, tipo 2[ANSI 1983, 1985] o, con la excepción del rango de trabajo, a la American National Standard Specification for Personal Dosímetros de ruido, ANSI S1.25-1991 [ANSI 1991a]. Si se utiliza un medidor de nivel de sonido, la respuesta de metro será de SLOW.

En la determinación de las exposiciones TWA, todo continua, variando, intermitente, impulsivo y los niveles de sonido desde 80 hasta 140 dBA, se integrarán en las mediciones de ruido.

- Evaluación de la exposición

Sección 6 (b) (7) de la Occupational Safety and Health Act of 1970 [29 USC 651 et seq.] Exige que, en su caso, las normas de salud ocupacional sirven para supervisar o medir la exposición de los trabajadores en los lugares y los intervalos y en las formas necesarias para la protección de los trabajadores. La caracterización precisa del peligro de ruido presente en el lugar de trabajo y la posterior identificación de los trabajadores afectados son extremadamente importantes. Estos dos elementos forman la base para todas las acciones posteriores dentro de la HLPP [NIOSH 1996].

Los procedimientos de monitoreo deberán definirse específicamente para garantizar la coherencia, Instrumentación, calibración, los parámetros de medición, y métodos para vincular los resultados a los registros de los trabajadores estos deben ser claramente delineadas. La evaluación de la exposición debe realizarse durante los ciclos de producción típica, sin embargo, si los niveles de ruido varían de forma significativa durante las distintas fases de producción, las exposiciones deberán ser evaluadas por separado para cada fase [Royster y Royster 1990; NIOSH].

La evaluación de la exposición debe ser realizada por un ingeniero industrial, audiólogo, o de otro profesional con la formación adecuada [NIOSH 1996]. A los trabajadores se les deben de motivar para participar en las actividades de vigilancia en la medida en que la observación o que la participación no interfiera con el procedimiento de control. Su participación ayudará a garantizar resultados válidos, ya que los trabajadores suelen tener la experiencia para identificar las fuentes de ruido predominantes, indican los períodos en que la exposición al ruido puede variar, y reconocer si los niveles de ruido dado son típicos o atípicos. Ellos pueden explicar los modos de funcionamiento que pueden afectar al equipo y los niveles de sonido pueden describir las tareas de los trabajadores y las posiciones. La cooperación de los trabajadores es también esencial para garantizar que los trabajadores den advertencia o sin querer interferir en la obtención de mediciones válidas. El control de la exposición inicial puede servir como una introducción a la HLPP por la sensibilización de los trabajadores y la gestión de relación con el ruido como un peligro. La encuesta de seguimiento, si se realiza en cooperación, pueden ayudar a establecer una relación que ayudará a obtener la cooperación de los trabajadores y de gestión esencial en las fases posteriores del programa [Royster y Royster 1990; NIOSH 1996].

La frecuencia con que se actualizan las evaluaciones de la exposición al ruido depende de varias variables. Estos pueden incluir la intensidad del ruido, los cambios potenciales en la exposición debido a cambios en el equipo o la producción, la tasa de cambio de umbral significativo observado entre los trabajadores, otros cambios se señala en las medidas adicionales de eficacia de los programas, las necesidades de las diversas regulaciones gubernamentales, las estipulaciones del contrato sindical, y políticas de la compañía específica [Royster et al.1986].

En general, después de la evaluación de la exposición inicial, el NIOSH [1996] recomienda que el control de la exposición se repita periódicamente por lo menos cada 2 años para los niveles de ruido igual o superior a 95 dBA y por lo menos cada 5 años para los niveles de ruido inferior a 95 dBA. El control del ruido periódico identificará las situaciones en que los niveles de ruido han cambiado a causa de, por ejemplo, del envejecimiento del equipo, problemas de mantenimiento, y cambios no documentados. El seguimiento puede repetirse antes, si hay cambios en la producción, en el proceso, equipo o personal que pueda afectar los niveles de exposición [Royster et al. 1986; Royster y Royster 1990; NIOSH 1996].

Los trabajadores deberán ser notificados del nivel de exposición al ruido determinado para su trabajo y el riesgo relativo que esta exposición representa para su audición. Esta información también debe ser una referencia cruzada a los registros de cada trabajador. La notificación deberá incluir una descripción específica de las fuentes de ruido peligroso en el área del trabajador, la finalidad y el uso adecuado de los dispositivos de control de ruidos, y los requisitos para los protectores auditivos, en su caso. Esta notificación puede ser incorporado en el programa de capacitación de los trabajadores [Royster y Royster 1990; NIOSH 1996]. La notificación también puede ser colocada en el

área de trabajo. Mapas de contorno de ruido pueden ser publicados y disponibles para toda la instalación, de modo que los trabajadores pueden ser conscientes de los niveles de ruido en otras áreas. En los casos donde el ruido se debe a un proceso, la notificación puede incluir una lista de los procesos de ruido peligrosos.

Como mínimo, señales de advertencia debe ser colocado en la periferia de las zonas de ruido [Royster y Royster 1990; NIOSH 1996]. Las advertencias de aviso debe incluir el requisito de que los protectores auditivos deben ser usados en la zona, y un suministro de varios tipos de protectores auditivos deben ser fácilmente accesibles. Los signos deben comunicar gráficamente e imprimirse en español y en el idioma predominante de los trabajadores que no saben leer español.

- Controles de Ingeniería y Administración

Para el trabajo de prevención de pérdida de la audición, el NIOSH define el control de la Ingeniería como "toda modificación o sustitución de equipos, o los cambios físicos relacionados a la fuente de ruido o por la vía de transmisión (con la excepción de los protectores auditivos), que reduce el nivel de ruido en el oído del empleado" [NIOSH 1996]. Los mecanismos típicos para el control del ruido de ingeniería incluyen la reducción de ruido en la fuente (la instalación de un silenciador), la alteración de la ruta de ruido (la construcción de un recinto acústico o de barrera), la reducción de reverberación (el revestimiento de paredes con materiales de aislamiento acústico), y la reducción de vibraciones de equipo. Los controles de ingeniería debe ser la primera orden de protección contra la exposición al ruido excesivo [46 Fed. Reg. 4078 (1981a); Suter, 1986; AOMA 1987]. Cuando el ruido puede reducirse o eliminarse por medio de controles de ingeniería, el peligro para la audición también se ha reducido o

eliminado. Cuando se lleva a cabo el seguimiento periódico de ruido, debe ser reevaluada la factibilidad de aplicar los controles de ingeniería en este caso se dará prioridad, a las fuentes de ruido que afectan al mayor número de trabajadores. Cualquier reducción en el nivel de ruido (incluso si es sólo unos pocos decibeles) sirve para que el peligro del ruido sea más manejables, reduce el riesgo de pérdida auditiva, mejora la comunicación, y reduce las molestias y los problemas relacionados con el extra-auditivos asociados con altos niveles de ruido [NIOSH 1996]. Además, cuando el ruido se puede reducir a niveles aceptables a través de controles de ingeniería, los empleadores pueden renunciar a algunas de las dificultades y gastos adicionales relacionados con la prestación de los protectores auditivos, educación y programas de motivación y evaluación de programas [Royster y Royster 1990].

La reducción del ruido existente en una instalación, generalmente necesario para equipar a los controles de ingeniería. En el desarrollo de estos controles deberían participar los ingenieros, el personal de seguridad y de higiene industrial, y el personal de servicio, y mantener el equipo. El desarrollo de medidas especiales de control de ruido debe basarse en una evaluación a fondo de la fuente de ruido y la exposición individual de los trabajadores. Debería tenerse en cuenta la contribución relativa de cada fuente de ruido a los niveles de sonido en general. Varias opciones de control de ruido deben ser evaluados sobre la base de su eficacia, costo, viabilidad técnica, y las implicaciones para el uso de equipos, servicio y mantenimiento. Otras posibles complicaciones de nuevas medidas de control de ruido (como los efectos sobre la iluminación, la producción de calor, ventilación y ergonomía) se debe considerar [NIOSH 1996]. Los controles de ingeniería siempre se deben considerar el mantenimiento adecuado del equipo. Además, la función y finalidad de los controles de ingeniería o planificadas en el actual debería ser

debatida a fondo con los trabajadores para que apoyen los controles y no interferir con ellos sin darse cuenta [NIOSH 1996].

- El uso de protectores auditivos

NIOSH [1996] define un protector auditivo como "cualquier elemento que se puede usar para reducir el nivel de sonido de entrar en el oído." Protectores auditivos están sujetos a muchos problemas y debe ser considerado como el último recurso contra el ruido peligrosos. Berger [1980] ha identificado varias razones por los cuales los protectores auditivos puede dejar de proporcionar una protección adecuada en situaciones del mundo real: el malestar, la utilización incorrecta con otros equipos de seguridad, el deterioro, y el abuso. Además, los protectores auditivos suelen ofrecer mayor protección contra el ruido de alta frecuencia y mucho menos la protección contra el ruido de baja frecuencia [Berger, 1986]. Sin embargo, los protectores auditivos puede funcionar como una solución a corto plazo para evitar lesiones si su uso está cuidadosamente planificado, evaluado y supervisado [Berger, 1986; Royster y Royster 1990; NIOSH 1996, Franks y Berger, en prensa].

- Control del ruido

La investigación es necesaria para reducir la exposición al ruido a través de controles de ingeniería en los lugares de trabajo donde la exposición al ruido está siendo controlada principalmente por los protectores auditivos. Un HLPP es complejo y difícil de gestionar de manera eficaz, y la necesidad de que se puede ser obviada por los procedimientos de control de ruido que reducen los niveles de ruido a menos de 85 dBA. Es tan importante como las tecnologías de reducción de ruido son tales, es igualmente importante aplicar los conceptos

tradicionales de control de ruido de ingeniería para la construcción de nuevas instalaciones y equipos. La investigación también es necesaria para mejorar la adaptación de los controles de ruido a las operaciones existentes. Una base de datos de soluciones eficaces (mejores prácticas) debe ser creado y hecho accesibles al público.

- Ruido impulsivo

La investigación es necesaria para definir los parámetros peligrosos de ruido impulsivo y sus interrelaciones. Estos parámetros deben incluir la amplitud, duración, tiempo de subida, número de impulsos, la tasa de repetición, y el factor de cresta. En ausencia de cualquier otra opción, el ruido impulsivo se integra con el ruido continuo para determinar el riesgo. Las investigaciones de laboratorio con animales y estudios retrospectivos de los trabajadores indican que el ruido impulsivo es más peligroso para el oído que el ruido continuo del mismo espectro y la intensidad. Sin embargo, los datos no son suficientes para apoyar el desarrollo de criterios de riesgo de daños para los ruidos impulsivos.

2.1.3 Método de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA)

1910.95 - la exposición al ruido ocupacional

La protección contra los efectos de la exposición al ruido se facilitará cuando los niveles de sonido superiores a los mostrados en la Tabla II, cuando se mida en la escala A de una norma de nivel de sonido en respuesta lenta. Cuando los niveles de ruido son determinados por el análisis de banda de

octava, el equivalente a un nivel de ruido ponderado podrá determinarse como sigue:

TABLA II. Exposición de ruido permitido

DURACIÓN POR DÍA	NIVEL DE SONIDO EN dB EN RESPUESTA LENTA
8	90
6	92
4	95
3	97
2	100
1 ½	102
1	105
½	110
¼ o menos	115

Fuente: OSHA

Programa de conservación de la audición

1910.95 (c) (1)

El empresario deberá administrar un continuo, a partir del programa de conservación de la audición, como se describe en los siguientes párrafos de esta sección, siempre que la exposición de ruido iguales o superiores a los

empleados de tiempo de 8 horas de nivel de sonido promedio ponderada (TWA) de 85 decibelios medido en la escala de A (respuesta lenta) o, equivalentemente, una dosis de cincuenta por ciento. Para los propósitos del programa de conservación de la audición y sin tener en cuenta cualquier atenuación que procuran la utilización de equipos de protección personal.

1910.95 (c) (2)

Para los efectos de los apartados (c) a (n) de esta sección, un tiempo de 8 horas, promedio ponderado de 85 decibeles o una dosis de un cincuenta por ciento también se conoce como el nivel de acción.

1910.95 (d)

"Vigilancia".

1910.95 (d) (1)

Cuando la información indica que la exposición de cualquier empleado puede igualar o superar el tiempo de 8 horas, promedio ponderado de 85 decibeles, el empresario deberá elaborar y aplicar un programa de monitoreo.

1910.95 (d) (1) (i)

La estrategia de muestreo deberá ser diseñado para identificar a los empleados para su inclusión en el programa de conservación de la audición y para que la selección adecuada de los protectores auditivos.

1910.95 (d) (1) (ii)

En caso de circunstancias tales como la movilidad de los trabajadores de alta, variaciones significativas en los niveles de ruido o un componente significativo del ruido de impulso que la zona de vigilancia en general, inadecuado, el empleador deberá utilizar el muestreo personal para cumplir con los requisitos de seguimiento de este apartado a menos que el empleador pueda demostrar que la zona de muestreo produce resultados equivalentes.

1910.95 (d) (2) (i)

Todos los niveles de ruido continuo, intermitente e impulsivo de 80 decibeles a 130 decibeles, se integrarán en las mediciones de ruido.

1910.95 (d) (2) (ii)

Los instrumentos utilizados para medir la exposición al ruido empleado debe ser calibrado para asegurar la exactitud de la medición.

1910.95 (d) (3) (ii)

La atenuación que procuran los protectores auditivos siendo utilizado por los empleados pueden ser prestados insuficiente para satisfacer los requisitos.

1910.95 (e)

"Notificación a los empleados." El empresario deberá notificar a cada empleado expuesto en o por encima de un tiempo de 8 horas, promedio ponderado de 85 decibeles de los resultados de la vigilancia.

1910.95 (f)

"La observación de control." El empresario deberá proporcionar a los trabajadores afectados o a sus representantes la oportunidad de observar las mediciones de ruido realizadas con arreglo a esta sección.

1910.95 (g)

"Programa de pruebas audiométricas."

1910.95 (g) (1)

El empleador deberá establecer y mantener un programa de pruebas audiométricas de lo dispuesto en este apartado haciendo pruebas audiométricas a todos los trabajadores cuya exposición igual o mayor de tiempo de 8 horas de promedio ponderado de 85 decibeles.

1910.95 (g) (2)

El programa se proporciona sin costo alguno para los empleados.

1910.95 (g) (3)

Las pruebas audiométricas deberán ser realizadas por un audiólogo con licencia o certificado, otorrinolaringólogo, u otro médico, o por un técnico que esté certificado por el Consejo de Acreditación en Salud Ocupacional de conservación de la audición, o que ha demostrado satisfactoriamente la competencia en la administración de los exámenes audiométricos, la obtención de audiogramas válidos, y utilizarlo adecuadamente, mantener y verificar la calibración y buen funcionamiento de los audiómetros que se utiliza. Un técnico que opera audiómetros microprocesador no necesita ser certificada. Un técnico

que realiza pruebas audiométricas debe estar respaldado por un audiólogo, otorrinolaringólogo o médico.

"Audiograma de base".

1910.95 (g) (5) (i)

Dentro de 6 meses de la primera exposición de un empleado o por encima del nivel de acción, el empresario deberá establecer un audiograma de referencia válido en contra de que audiogramas posteriores se pueden comparar.

1910.95 (g) (5) (ii)

"Van Mobile prueba excepción". Esta prueba se utilizan para satisfacer la obligación de los exámenes audiométricos, el empresario deberá obtener un audiograma de referencia válida en el plazo de un año de la primera exposición de un empleado o por encima del nivel de acción. Cuando audiogramas de referencia se obtienen más de 6 meses después de la primera exposición del trabajador o por encima del nivel de acción, los empleados deben usar protectores auditivos durante un período superior a seis meses después de la primera exposición hasta que se obtenga el audiograma de base.

1910.95 (g) (5) (iii)

Las pruebas para establecer un audiograma de referencia deberán ir precedidas de al menos 14 horas sin exposición al ruido en el trabajo. Los protectores auditivos puede ser utilizado como un sustituto de la exigencia de que audiogramas referencia precedida por 14 horas sin exposición al ruido en el trabajo.

1910.95 (g) (5) (iv)

El empresario deberá notificar a los empleados de la necesidad de evitar los altos niveles de exposición al ruido no ocupacional durante el período de catorce horas inmediatamente anteriores al examen audiométrico.

1910.95 (g) (6)

"Audiograma anual." Por lo menos anualmente después de obtener el audiograma de referencia, el empresario deberá obtener un nuevo audiograma para cada empleado expuesto en o por encima de un tiempo de 8 horas, promedio ponderado de 85 decibeles.

1910.95 (g) (7)

"Evaluación de audiograma."

1910.95 (g) (7) (i)

Audiograma anual de cada empleado deberá ser comparado con el audiograma de referencia empleado para determinar si el audiograma es válido y si un cambio de umbral, esta comparación puede ser realizada por un técnico.

1910.95 (g) (7) (ii)

Si el audiograma, muestra anual, que un trabajador ha sufrido un cambio del umbral estándar, el empresario puede obtener un nuevo ensayo en treinta días y considerar los resultados del ensayo repetido, como el audiograma anual.

1910.95 (g) (7) (iii)

El audiólogo, otorrinolaringólogo, o el médico revisará audiogramas problema y determinará si hay una necesidad de otra evaluación. El empresario deberá proporcionar a la persona que realiza esta evaluación, la siguiente información:

1910.95 (g) (7) (iii) (B)

El audiograma de referencia y audiograma más reciente del empleado a ser evaluado;

1910.95 (g) (8)

"Los procedimientos de seguimiento".

1910.95 (g) (8) (i)

Si la comparación de los audiogramas anuales para el audiograma de referencia indica un cambio de umbral, el trabajador deberá ser informado de este hecho por escrito, dentro de veintiún días a partir de la determinación.

1910.95 (g) (8) (ii)

A menos de que el médico determina que el cambio del umbral estándar no es la labor relacionada o agravada por la exposición al ruido en el trabajo, el empresario deberá garantizar que los siguientes pasos se toman cuando una norma se produce cambio de umbral.

1910.95 (g) (8) (ii) (A)

Los empleados que no utilizan protectores auditivos deberán estar equipados con protectores auditivos, entrenados en su uso y cuidado, y obligado a utilizarlos.

1910.95 (g) (8) (ii) (B)

Los empleados que ya utilizan protectores auditivos tienen que adaptarse y requieren de un entrenamiento en el uso de protectores auditivos y está tiene que ofrecer una mayor atenuación en caso necesario.

1910.95 (g) (8) (ii) (C)

El empleado deberá ser referido para una evaluación audiológica clínica o un examen otológico, según proceda, pruebas adicionales si es necesario o si el empleador sospecha que un médico de la patología del oído es causado o agravado por el uso de protectores auditivos.

1910.95 (g) (8) (ii) (D)

El empleado sea informado de la necesidad de un examen otológica si se sospecha de una patología médica de la oreja que no está relacionada con el uso de protectores auditivos.

2.2 Calibración

Cualquier aparato de medida acústica, debido a su fragilidad y a la precisión de la medición, está sujeto a variaciones que siguen una determinada tendencia después de varias medidas. Surge entonces la necesidad de calibrarlos cada cierto tiempo a fin de garantizar la fiabilidad de los resultados.

2.2.1 Procedimiento

El procedimiento de calibración para los sonómetros soundpro BHH 070001, CDA 120040, CDE 110020, es el siguiente.

En la pantalla INICIO, oprima el botón CAL

Seleccione PRE CAL para calibrar el instrumento y oprima ACEPTAR

1. Prepare el sonómetro y el calibrador (pistófono) antes de iniciar la calibración.
2. Remueva la pantalla de viento.
3. Encienda el sonómetro.
4. Seleccione sesión detenida o pausa, dependiendo del tipo de calibración que llevará a cabo.
5. Verifique que el calibrador tenga carga de batería suficiente.

6. Verifique que el calibrador tenga las siguientes especificaciones:
114dB-1,000Hz.
7. Si el micrófono requiere de un adaptador de calibración, oprima este firme y uniformemente en la boca del calibrador.
8. acople el instrumento y el calibrador, para llevar a cabo la calibración.
9. Oprima ACEPTAR
10. Encienda el calibrador.
11. No siga este paso si aparece PAUSA (II) en la pantalla. Ajuste con los botones ▲▼ el valor para la salida del calibrador.
12. Oprima ACEPTAR para introducir el nuevo valor y finalizar la calibración.
13. Oprima ESC para salir de la pantalla de Calibración.

En la figura 9 se muestra como se realiza una calibración in situ del sonómetro.

Figura 9. Procedimiento de calibración de sonómetros



2.3 Medida de parámetros acústicos

Esta parte describe el método para obtener datos que permitan describir el sonido ambiental, evaluar el sonido en un área específica de terreno y analizar su compatibilidad con las actividades realizadas en dicho lugar.

2.3.1 Procedimiento

El procedimiento para la medición de parámetros acústicos se realiza por medio de escalas de ponderación, cuando se desea valorar los riesgos derivados de la exposición al ruido de los trabajadores, se tendrá que la medida del ruido sea, de algún modo, reflejo de la forma en que el trabajador percibe el ruido.

Existen cuatro escalas de ponderación denominadas A, B, C, D; estas escalas se encuentran introducidas en los sonómetros para que sus lecturas se adapten a las respuestas del oído.

2.3.2 Sistema de análisis

La escala A es la más utilizada porque es la que pondera la señal acústica recibida filtrando ciertas frecuencias del ruido, que imita a la perfección el oído humano, siendo relativamente poco frecuente el uso de escalas B,C y D.

2.4 Diseño de la encuesta

El propósito principal de una encuesta sobre sonido en el lugar de trabajo es determinar las exposiciones sonoras a las que los trabajadores están sometidos. Esta información sirve para tomar las decisiones apropiadas acerca de cómo protegerlos frente al desarrollo de una pérdida auditiva laboral.

El primer paso es definir con claridad el problema. Se precisan respuestas a preguntas como las siguientes:

- ¿Donde se encuentra el punto con mayor sonido de la planta?
Para evaluar los niveles de ruido o la exposición sonora en el lugar de trabajo.
- ¿Qué mediciones hay que realizar?

- ¿Tiene que satisfacer las mediciones una norma que defina la precisión del instrumento, las técnicas de medición y la posición del equipo?
- ¿Estará el ruido influido significativamente por el ruido ambiental que esté presente?
- Es probable que haya ruidos que interfieran de otras fuentes distintas de aquellas que se van a medir. Ej.: tráfico?
- ¿Cuáles son las características de funcionamiento de las fuentes de ruido?
- ¿Cuál es el patrón temporal normal de ruido. Ej: es impulsivo o estable?

Cuanta más información haya disponible antes de que las medidas se lleven a cabo, más probable es que se haga la selección adecuada de los instrumentos de medición.

2.4.1 Empresas a encuestar

Al ser este trabajo de graduación de carácter investigativo no se contara con la participación de empresas ya que estas manejan un grado de confidencialidad en sus datos y maquinaria por lo que no es posible la toma de datos en situ. Cuando se pueda realizar una encuesta, es necesario que esta empresa cuente con un área de producción donde las fuentes sonoras, sean fijas y con niveles continuos de 8 hrs, y que estas tengan mucho movimiento de operarios.

2.4.2 Selección de grupos de encuestados

Para seleccionar el grupo a encuestar es necesario realizar una muestra que sea representativa, si se utilizara para estimar las características de la población. Para que tuviera representatividad la muestra tiene que ser necesario que los trabajadores estén expuestos a niveles sonoros altos en un tiempo continuo de 8 hrs, o lo que dure su jornada laboral, estos debe ser identificados como el grupo más vulnerable dentro de la empresa. Los métodos para seleccionar una muestra representativa son numerosos, dependiendo del tiempo, dinero y habilidad disponibles para tomar una muestra y la naturaleza de los elementos individuales de la población. Por lo tanto, se requiere un gran volumen para incluir todos los tipos de métodos de muestreo.

2.5 Reconocimiento en planta

La contaminación acústica generada por las instalaciones industriales tiene su origen en la maquinaria existente en los procesos de producción. Las características del ruido dependen en gran medida del tipo de industria que se esté considerando.

En general, los límites tolerables de exposición al ruido en naves industriales suelen fijarse en torno a los 90 dBA para la mayoría de países.

Los efectos fisiológicos y psicológicos sobre la población adquieren especial relevancia en los propios trabajadores de estas instalaciones que, en muchos casos, presentan secuelas al cabo de unos años de haber estado trabajando bajo la influencia de un ruido de fondo constante más o menos intenso.

Debiendo identificarse las zonas de exposición a los sonidos y el riesgo para los obreros.

2.5.1 Localización de los riesgos existentes

La localización de los riesgos existentes son decisiones que deben incluir:

1. Determinar si las exposiciones sonoras de los trabajadores son suficientemente peligrosas como para requerir el establecimiento de un programa de conservación de la audición.
2. Identificar a los trabajadores que deben incluirse en el programa de conservación auditiva.
3. Clasificar las áreas donde se encuentren mayores niveles de riesgo de pérdida de audición.
4. documentar los niveles sonoros en el ambiente de trabajo y la exposición sonora de los trabajadores con el propósito de cumplir la legislación.

No es necesario medir la exposición sonora de cada persona con precisión, ya que al hacer una medida de exposición sonora extremadamente detallada puede resultar costosa en términos de tiempo y equipo.

2.5.2 Medidas de control

La medida y control del ruido permiten realizar predicciones fiables sobre las consecuencias que una fuente sonora pueda generar sobre un área de trabajo determinado y que sea muy susceptible a niveles sonoros altos. Así, conociendo las características acústicas propias del foco sonoro, se puede actuar sobre ellas en el mismo momento en que este se cree, utilizando materiales adecuados o diseñando formas geométricas que eviten problemas de reverberación. A grandes rasgos, se sugieren una serie de medidas según el tipo de ruido.

3 PROPUESTA PARA DESARROLLO INVESTIGATIVO

Para llevar a cabo de manera exitosa la investigación científica se requiere de un rigor metodológico desde el mismo momento en que se plantea la pregunta de investigación o la hipótesis hasta cuando se publican los resultados del estudio.

3.1 Ensayo controlado

Es un estudio en el cual se realizan mediciones al azar (por solo suerte). El ensayo controlado seleccionado al azar es una de las herramientas más simples y de más gran alcance de la investigación.

Los ensayos controlados seleccionados al azar son experimentos cuantitativos, comparativos, controlados en los cuales los investigadores realizan dos o más mediciones en diferentes equipos que los reciben en orden determinado por el azar.

3.1.1 Error sistemático de calibración

Son los que se repiten constantemente y afectan al resultado en un sólo sentido (aumentando o disminuyendo la medida).

Tienen su origen en la mala calibración del aparato, a la utilización de fórmulas (teoría) incorrectas, al manejo del aparato de forma no recomendada por el fabricante, etc.

3.2 Comparaciones

Estas se derivarán de los resultados de varios grupos de mediciones de sonido. Las comparaciones ocurren cuando se evalúan dos poblaciones o grupos de datos, se comparan y se encuentra el error con base en una estadística descriptiva básica.

3.2.1 Equipo de medición de sonido (sonómetro) calibrado

El sonómetro calibrado tiene que cumplir ciertas especificaciones para que sus datos sean confiables y que cumpla con la medición de impulsos de presión para convertirlos en presión acústica en unidades de decibeles (dB).

El equipo de medición de sonido (sonómetro) calibrado, deberá cumplir como mínimo por regulación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) las normas ANSI S1. 11-2004, ANSI S1 4-1983, ANSI S1. 43-1997, IEC 60651, IEC 60804; la medición de parámetros: ponderación: A, B Y C; tipo de respuesta: A,C,Z,M; respuesta: rápida, lenta, impulso; precisión: tipo 2.

Deberá ser calibrado por medio de un pistófo calibrado.

3.2.2 Sonómetro no calibrado

Es aquel sonómetro que por el paso del tiempo y el uso del equipo van perdiendo precisión esto hace que puedan existir alteraciones en la respuesta del sonómetro no detectables, estas alteraciones varían desde error en los datos recibidos, tiempo de integración, falsas lecturas, existencia de sonómetros sin respaldo de fabricantes confiables, etc.

3.2.3 Sonómetros utilizados en ensayo

Se utilizaran cuatro sonómetros para realizar las pruebas, los sonómetros a utilizar son los siguientes:

- SoundPro ES/DL número de serie: BHH070001 de Quest technologies.
- Realistic sound level meter marca radio shack.
- Quest technologies model 2900 integrating/logging sound level meter número de serie: CDA 120040.
- Quest technologies modelo 2900 integrating/logging sound level meter número de serie: CDE 110020.

3.2.3.1 Descripción

SoundPro ES/DL de Quest technologies

El sonómetro SoundPro DL reúne todos los requisitos para la medición de sonido y el análisis de frecuencia. Este sonómetro integrador de precisión e impulsos reúne todas las normativas (clase 1 EN/IEC 61672, ANSI S1.4-1983, ANSI S1.43-1997 EN/IEC61260, etc.). El sonómetro SoundPro DL dispone una pantalla grande con iluminación de fondo (128 x 64 píxeles) en la que se muestran gráficamente los valores a lo largo del tiempo en tiempo real. Los ámbitos típicos de uso de este aparato son la medición del ruido en puestos de trabajo, el cumplimiento de normativas, detección de ruido ambiental, selección

de protección acústica, selección de medidas para combatir el ruido y cálculo de la exposición de ruido.

FIGURA 10. Soundpro ES/DL Quest technologies



Fuente: Quest technologies.

Realistic sound level meter Radio Shack:

Equipo de medición Sonora más simple, sin certificados de calibración y sin cumplimiento de normas, Obtiene lecturas precisas cuando se ajusta fino de respuesta de audio de un equipo de sonido, PA o sistema de cine en casa, en combinación con un ecualizador. Lee 126dB SPL a 50, parámetros A y C, respuesta lenta y rápida, medición promedio, máximo y mínimo.

FIGURA 11. Realistic sound level meter Radio Shack



FUENTE: Radio Shack

Quest Technologies model 2900 integrating/logging sound level meter

Este sonómetro es el modelo anterior al soundpro SE/DL, tiene las mismas características, con diferencias de mayor capacidad de memoria y pantalla mejorada.

FIGURA 12. Quest technologies model 2900



FUENTE: Quest technologies

3.3 Métodos y equipos de calibración

Cualquier aparato de medida acústica, debido a su fragilidad y a la precisión de la medición, está sujeto a variaciones que siguen una determinada tendencia después de varias medidas. Surgen entonces la necesidad de calibrarlos cada cierto tiempo a fin de garantizar la fiabilidad de los resultados.

3.3.1 Descripción

El sistema más utilizado es el empleo de calibradores cilíndricos, que llevan incorporado en uno de los extremos un dispositivo vibrátil que emite ondas sonoras de presión perfectamente conocida. Por el otro extremo se introduce el micrófono que capta esta señal, la evalúa y da un resultado que debe coincidir con la presión sonora supuesta. Si no es así, el equipo está desajustado y es necesario calibrarlo haciendo coincidir ambos resultados.

Este calibrador llamado también pistófono, proporciona una señal de nivel de presión sonora conocido (nivel de referencia). En general, los pistófonos suelen proporcionar un tono puro, de frecuencia 1 kHz.

FIGURA 13. Pistófono



Fuente: Quest technologies

3.3.2 Características

Un pistófono produce un nivel de presión sonora mediante pistones que se mueven dentro de una pequeña cavidad cerrada, la presión sonora en la cavidad del pistófono depende fundamentalmente del cambio del volumen producido por el movimiento de los pistones y de la presión atmosférica ambiental. Dado que la presión atmosférica ambiental. Dado que la presión atmosférica dominante varia, hay que aplicar una corrección de presión atmosférica para determinar la presión sonora real en la cavidad en el momento de comprobar la sensibilidad del sistema de medición de sonido.

Es posible comprobar la sensibilidad de algunos micrófonos hasta una precisión de $\pm 0,1$ a $\pm 0,2$ dB, dependiendo si se encuentra en altitudes elevadas, es necesario hacer correcciones de hasta de 1dB. El nivel de presión sonora real producido en la cavidad de un pistófono en las condiciones de referencia puede cambiar después de un periodo prolongado de funcionamiento y, por tanto ha de comprobarse al menos una vez al año.

3.4 Ensayo controlado

Para que este ensayo tenga validez debe cumplir de manera exacta o aproximada los siguientes requerimientos:

- Se tienen que realizar una secuencia de n ensayos.
- Los ensayos son independientes, así que el resultado de cualquier ensayo particular no influye en el resultado de ningún otro.

3.4.1 Descripción del ensayo

En este ensayo se colocarán cuatro sonómetros, tres sobre el área de generación del sonido, un sonómetro en la oficina más próxima que sería el área de influencia.

La distribución de los sonómetros dentro del área de generación de sonido es la siguiente: un sonómetro calibrado (soundpro ES/DL), un sonómetro sin calibrar (Quest technologies model 2900 integrating/logging sound level meter número de serie: CDA 120040), sonómetro realístico RadioShack. En la oficina se colocara en sonómetro Quest technologies model 2900 integrating/logging sound level meter número de serie CDE 110020.

Partiendo del tiempo de exposición del trabajador al sonido, el cual está fijado legalmente en 8 horas de continuas de trabajo por día, se tiene un tiempo de exposición de 480 minutos, si la integración del sonido se hace cada 30 segundos, daría un universo de 960 mediciones de sonido a cada treinta segundo durante el día laboral.

El muestreo tiene que ser representativo, por lo que se determino el número de muestras con 8% de error máximo aceptable, con un nivel de porcentaje del 50% y un nivel deseado de confianza del 95%. Se empleo el programa Decision Analyst STATS 2.0, determinando el número de muestra en 130.

Se harán 130 mediciones a cada 30 segundos, que corresponde al tiempo de integración programado para sonómetros integradores. El tiempo total será de 1 hora y 30 minutos.

FIGURA 14. Determinación del número de muestras a través del programa Decision Analyst STATS 2.0

The screenshot displays the 'Sample Size Determination' window of the Decision Analyst STATS 2.0 software. The window is titled 'Sample Size Determination (Sample Size for Population Percentage Estimates)' and features a calculator icon. It is divided into two main sections: 'Inputs' and 'Results'.
Inputs Section:
- **Universe Size:** A text input field contains '960'. Below it, a note states: 'If universe is less than 99,999, replace 99,999 with the smaller number'.
- **Maximum Acceptable Percentage Points of Error:** A dropdown menu is set to '8%'.
- **Estimated Percentage Level:** A dropdown menu is set to '50%'.
- **Desired Confidence Level:** A dropdown menu is set to '95%'.
Results Section:
- The text 'The Sample Size Should Be...' is displayed above a text box containing the calculated sample size, '130'.
At the bottom right of the interface is the 'Decision Analyst' logo, which includes a stylized profile of a head with a brain made of dots, and the tagline 'The global leader in analytical research systems'.

Fuente: programa Decision Analyst STATS 2.0.

3.5 Ensayo de exactitud

Este ensayo se realiza bajo condiciones controladas en un laboratorio certificado, donde puedan existir las condiciones ideales para el funcionamiento exacto del equipo de medición y la toma de muestras.

3.5.1 Descripción del ensayo

En este caso se realizarán al comparar los datos muestreados por los sonómetros BGI 070018 localizado en el área de generación de sonido y el CDA 110020 localizado en el área de influencia más cercano, al recabar estos datos se quiere comparar que no es lo mismo medir un área que genera sonido pero en la cual no hay personal directo trabajando y el área más próxima de personal, donde se debe realizar la medición.

La correcta medición viene de un sentido común en la colocación del aparato de medición, con lo cual se quiere demostrar la variación que existe al medir en un área correcta determinado por el lugar de trabajo más cercano a la fuente de emisión de sonidos y en un área incorrecta fuente de sonido, donde no existe un puesto de trabajo, esto los ayudará a tomar decisiones para elegir el equipo de seguridad personal de nuestros operarios.

3.5.2 Concordancia con lo medido

Esta forma se utiliza para medir la concordancia entre diferentes métodos cuyo resultado es una variable cuantitativa. Ahora se trata de medir el grado de acuerdo entre varios métodos que clasifican el resultado de una observación según una serie de posibilidades mutuamente excluyentes. El caso más sencillo se presenta cuando la variable cualitativa es dicotómica (dos posibilidades) y se está comparando dos métodos de clasificación.

3.6 Establecimiento del grado de error en mediciones no representativas

Se deben tener en cuenta siempre varios tipos de error para que las mediciones sean representativas, estos errores se da por hacer un mal análisis en la toma de datos. Estos errores pueden controlarse haciendo varias mediciones y tratando estadísticamente los resultados obtenidos.

3.6.1 Mediciones representativas

Se determinan las exposiciones al ruido representativo, para ello se debe conocer el número correcto de puntos de medida necesario para determinar el nivel de presión sonora promedio en el tiempo y en el espacio con determinada precisión, para que se acerque lo más posible a la realidad.

3.6.2 Ensayo controlado

Este ensayo se realiza baja la supervisión y el control de la personas especialista en sonido, donde se revisa y se toman en cuenta todos los procedimientos descritos de calibración, reconocimiento en planta y descripción de ensayo para que los resultados recabados tengan validez.

3.6.3 Ubicación del instrumento de medición

Una altura inadecuada del sonómetro supone importantes variaciones en los niveles de presión sonora, siempre que no existan obstáculos físicos que lo impidan, el sonómetro tiene que situarse entre 1.2 y 1.5 metros de altura, el tiempo de medición debe quedar constancia de la hora de inicio de la medida y de la hora de finalización de esta, también se debe anotar la fecha de realización, esto también garantiza la comparación con otras mediciones. En la figura 15 se muestra la forma en que se debe colocar el sonómetro.

FIGURA 15. Ubicación del sonómetro



3.6.4 Posicionamiento del instrumento de medición

El sonómetro se debe colocar a una altura aproximada de 1,5 m del nivel del suelo y a una distancia de 1 m respecto a cualquier otra superficie reflectante, como pared o techo, ya que las reflexiones podrían influir significativamente en las mediciones. Respecto al operario, se debe colocar el sonómetro a una distancia libre mínima aproximada de 0,50 m del cuerpo del funcionario, siempre que sea posible, las mediciones deben realizarse en ausencia del trabajador afectado. Siempre que se considere necesario, se debe utilizar la pantalla (rejilla o filtro) anti viento que forma parte del equipo. En la figura 16 se muestra el posicionamiento correcto del sonómetro.

FIGURA 16. Posicionamiento del instrumento de medición



3.6.5 Tiempo de exposición y medición

La magnitud que se mide en el estudio de la presión sonora con el tiempo viene determinada por el tipo de fuente sonora que se estudia. Para un ruido constante y sin picos significativos la duración de la medición será más corta que en el caso de que dentro de un ruido de fondo se produzcan máximos de presión considerables.

3.7 Ensayo de precisión

Este ensayo se realiza cuando los sonómetros cumplen todos los requerimientos y especificaciones en calibración, posicionamiento de equipo y tiempo de exposición necesarias para realizar las mediciones sonoras, dentro de la industria, se quiere recabar los datos como suma precisión y certeza para poder dar una correcta interpretación de los resultados.

3.7.1 Concordancia entre mediciones utilizando métodos estandarizados

Se pretende en este trabajo de graduación, que utilizando métodos estandarizados se pueda lograr una concordancia en los resultados, que lleven a dar datos que puedan tener una validez y al mismo tiempo sirva para tomar una correcta decisión en el análisis e interpretación de los resultados, y con base en eso poder optar a un correcto equipo de protección personal para el trabajador.

3.7.2 Ensayo comparativo entre la utilización de las metodologías

Se realizaran ensayos utilizando varias metodologías y se compararán los resultados obtenidos, con el fin de analizar que sucedió en cada ensayo y que consecuencias trae cada desviación que tenga la grafica, con esto se pretende poder determinar una metodología que nos sirva de base para futuras tomas de muestras y análisis de sonido en el lugar de trabajo.

4 IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1 Aplicaciones y metodologías en la medida del ruido

Al no existir una metodología oficial en el país, existen metodologías validas usadas a nivel internacional, actualmente se tiene metodologías de referencia como la norma chilena, la norma mexicana, la norma española o la norma de Republica Dominicana. Es necesario contar con una normativa para Guatemala, esta debería evaluar correctamente los niveles de presión sonora a que está expuesta una zona residencial o una zona industrial, identificar las principales fuentes de emisión de ruido, también se pretende poner de manifiesto el grado de exposición a factores perturbadores de la salud, como el ruido urbano, a que está expuesta una población, durante un largo período de tiempo, a una fuente de emisión cercana.

En esta tesis se utiliza la norma chilena como base para ciertas aplicaciones, con respecto a toma de muestra, altura del sonómetro, tipo de sonómetros, niveles de presión sonora, etc.

4.1.1 Toma de muestras

Este proceso se lleva a cabo después de la correcta colocación y calibración del equipo, en el área a trabajar, la toma de muestras no es arbitraria, sino que depende de muchos factores, por lo que se considera un muestreo de juicio. En primer lugar, deben tenerse en cuenta las características físicas del entorno y de las fuentes sonoras.

Una vez se ha identificado el tipo de fuente sonora a analizar, se debe decidir que parámetro acústico es el más adecuado para evaluar el efecto sonoro.

En el momento de la medición es muy importante no interferir en ella. Para ello, la orientación del sonómetro debe ser la correcta, intentando evitar el posible apantallamiento o irregularidades, e incluso eliminado otras interferencias como personas situadas dentro del campo de captación del equipo. El tiempo de la toma de muestras viene determinado por la variación de la presión sonora con el tiempo.

En la toma de muestras se realiza principalmente dos tipos de medida: Los niveles de presión sonora respecto a la frecuencia y. Respecto al tiempo.

La correcta obtención de los datos viene predicha de los siguientes apartados:

- a) Localización exacta del punto de medida.
- b) Altura del micrófono.
- c) Tiempo de medición.
- d) Posibles incidencias.

Si se debe efectuar algún ajuste en el equipo, se deberá corroborar que este no afecte las lecturas anteriores, de lo contrario deberá repetirse el muestreo.

Si existiera, incluir entre el registro un diagrama, croquis o similar identificando los lugares donde se lleva a cabo el muestreo. De ser necesario, definir las condiciones ambientales en las que se efectuó el muestreo. En la gráfica.

4.1.2 Medida del ruido en el lugar de trabajo

La exposición diaria a niveles sonoros provocados por maquinaria industrial, herramientas de trabajo ruidosas, aparatos eléctricos, etc. Es uno de los temas que tienen mayor consideración en cualquier estudio de seguridad e higiene industrial.

La medida de esta contaminación acústica viene determinada por las características de las fuentes sonoras, de manera que podemos realizar tres tipos de medidas dependiendo del ambiente laboral estudiado: si solo se considera una fuente sonora, si existen varias o si la emisión acústica supera un ruido de fondo.

Cuando solo existe un punto de emisor, la medida debe efectuarse a una determinada distancia, la medida debe efectuarse a una determinada distancia, dentro del área de influencia de la fuente sonora. La localización de este lugar se obtiene experimentalmente, alejando el sonómetro de las inmediaciones del foco emisor del ruido hasta que al doblar la distancia la presión sonora descienda en 6 dB.

En el caso de que el nivel sonoro no pueda atribuirse a una sola fuente, si no que se trate de un ruido de fondo general, la norma para realizar la medida es efectuarla donde el operario desempeñe su tarea diaria. En esta situación, la captación de la presión sonora no debe estar condicionada por una determinada dirección, sino que debe ser independiente a este efecto.

4.1.3 Identificación de las fuentes de ruido a analizar

Es de suma importancia identificar correctamente las fuentes de sonido alto a analizar, porque no es lo mismo realizar una medición en un área con altos niveles sonoros pero que no cuente con personal, a realizar una medición en el área donde estén los operarios trabajando y sea esta la fuente más cercana de influencia del sonido, así que para eso es de suma importancia analizar con detenimiento las áreas que sean más vulnerables y que dé una representatividad en las mediciones, esto para poder tener una lectura real de lo que sucede y poder hacer un análisis e interpretación correcto de los resultados.

4.1.4 Medida del ruido en las actividades

Se entiende como ruido de actividades a toda aquella contaminación acústica que tiene su origen en la actividad comercial o industrial cotidiana del hombre, en el ocio o en su actividad doméstica, que normalmente están incluidas en el interior de poblaciones urbanas y que, por tanto, afectan, a las personas en su lugar de descanso o a personas ajenas a estas actividades.

El estudio del ruido en actividades puede realizarse en las propias zonas afectadas o en futuras zonas en construcción, en las que se puede predecir futuros problemas de contaminación acústica.

Otro factor importante a tener en cuenta es el periodo de la toma de muestra. Para ello, resulta útil disponer de un conocimiento previo del tipo de ruido que se quiere evaluar, es decir, de las características sonoras de la fuente que lo provoca (frecuencia del sonido, continuidad, picos máximos, etc.) Si no se dispone de esta información, se pueden realizar un mínimo de diez medidas

de la presión sonora, dependiendo del sonómetro que se utilice cada 10 o 15 segundos, y si los resultados máximo y mínimo difieren en más de 5 dBA, considerar el ruido como variable. En el caso de estar midiendo presiones sonoras equivalentes, se suelen realizar tres medidas de un minuto y la variación máxima no debe superar los 2 dBA para tratar al ruido como continuo.

Si llega a la conclusión de que el ruido es de tipo variable con el tiempo, la medición se tiene que efectuar cuando la actividad que lo genera está funcionando con su máxima intensidad. Se precisa entonces un estudio más cuidadoso, intentando conocer la variabilidad de la fuente sonora a lo largo de una jornada.

4.1.5 Medida de las vibraciones

La medida de las vibraciones se realiza allí donde el operario trabaja diariamente. Una vez se han determinado las posiciones precisas de la toma de muestras, se lleva a cabo una medida por cada dirección de los ejes x, y, z.

Este tipo de estudio consiste en analizar la vibración en cada banda de frecuencia a través de unos filtros, donde cada uno de ellos selecciona un rango de frecuencias específico, para representar luego la combinación de todos los resultados a lo largo de todo el espectro en un gráfico denominado “espectrograma de frecuencias”. El intervalo de valores de cada filtro puede estar fijado o se puede disponer de un filtro de atenuación regulable, mediante el cual se realice todo el barrido.

En la práctica, se llevan a cabo dos tipos de análisis: los de banda estrecha y los de banda ancha. En los primeros, la banda de cada filtro es

mucho más estrecha, como su nombre indica, y por tanto, la precisión de la medida será superior que en los segundos, pero tienen el inconveniente de que son mucho más lentos. El modo de operación habitual consiste en realizar un primer análisis de banda ancha y observar las zonas del espectro que revistan mayor interés, para luego concentrarse en ellas mediante un análisis de banda estrecha.

4.2 Ruido por repetición

Cuando un ruido es repetitivo, es decir, se produce cada cierto tiempo, su grado de molestia aumentará cuando menor sea este periodo. Si va disminuyendo el tiempo de repetición, llegará un momento en el cual el oído humano lo interprete como un sonido continuo, y por tanto, mucho más molesto.

La acción contra este tipo de ruido se centra pues en la disminución de su frecuencia, por ejemplo, trabajando a menor potencia en cualquier sistema mecánico.

4.3 Propuesta de documento de evaluación

Con este modelo se pretende recabar los datos que el equipo de medición (sonómetros), muestra en pantalla en el campo, como se sabe el sonómetro tiene la capacidad de almacenar los datos en la memoria, pero para fines de mantener un registro propio. Está basado en los principales parámetros de medición sonora y en los necesarios para hacer una correcta interpretación de los datos, como Leq, mínimo, máximo, promedio, L10, etc., se le coloca la hora de inicio, la hora de final del muestreo, el tiempo de muestreo, la calibración inicial y final, localización del sitio, tipo de sonómetro, no de serie,

4.4 Desarrollo de instructivo

Es conveniente establecer un protocolo o instructivo de muestreo, este debe llevar los pasos necesarios para la correcta toma de datos, colocación, calibración, manipulación del equipo, es conveniente que este protocolo se anexe a la hoja de toma de muestras en campo, y se aplique antes de realizar cualquier medición de niveles sonoros.

4.4.1 Modelo de instructivo para medición de sonido

El modelo de protocolo debe llevar un encabezado donde claramente se lean el nombre, también la serie de actividades que se debe desarrollar deben de ir numeradas y cumplir el orden que esta numeración nos indica.

4.5 Formularios

4.5.1 Protocolo de medición de sonido

Este protocolo es de suma importancia antes de realizar cualquier medición de niveles sonoros, su uso se volverá obligatorio si se quiere tener un buen procedimiento de medición de sonido, su correcto uso y seguimiento permitirá que la medición que realicemos sea lo más precisa.

Formato: Protocolo de muestreo de sonido

Actividades de medición de niveles de sonido

INICIO DEL MUESTREO

1. Verificar la batería del equipo, (low battery) esta debe de estar por arriba del 50% de la barra indicadora para muestreo puntual, y por arriba del 90% para monitoreo de 24 horas. Si se encuentra más baja reemplazar las baterías.
2. Llenar la hoja de protocolo de muestreo.
 - a. Efectuar la calibración de $114 \text{ dB} \pm 0.5$, anotando los datos solicitados, sobre la calibración inicial hora y día.
 - b. Anotar número de serie del equipo.
3. Colocar la pantalla protectora de viento al micrófono. Instalar el equipo en el trípode de muestreo.
4. Preparar el muestreo
 - Verificar que el equipo se encuentre en escala A
 - Verificar que la respuesta se encuentre en lentas
 - Verificar el rango de muestreo (40-100, 50-120, etc.)
 - Verificar tiempo de integración (# 1', 5', 10', 15', 30', 60', etc.).
5. Verificar la localización del equipo
 - a. Mediciones externas: 3.5 metros de cualquier estructura reflejante y 1.2 a 1.5 metros sobre el nivel del suelo.
 - b. Mediciones externas cercanas a edificios: 1a 2metros de la fachada y 1.2 a 1.5 sobre el nivel del suelo.
 - c. Medición al interior de edificios: 1 metro de paredes, 1.5 metros de ventanas y 1.2 a 1.5 metros sobre el piso.
6. Retirar vehículos y apagar celulares
7. Iniciar el muestreo,
8. Anotar el loc, del registro
9. Verificar que el tiempo este corriendo.
10. Anotar la hora de inicio, en la hoja de protocolo.
11. En hoja de protocolo anotar y describir la meteorología, dibujar aspectos importantes del sitio, su ubicación, naturaleza de la fuente sonora, etc.
12. Antes de retirarse verifique puntos 2 y 8

FIN DEL MUESTREO

13. Antes de acercarse al punto de muestreo apagar celulares y el vehículo debe de estacionarse a suficiente distancia para no influir en la medición.
14. Al terminar el periodo de tiempo, presionar la tecla pausa, anotando el día y la hora, en la hoja de protocolo.
15. Mover la tecla de función para mostrar y anotar los siguientes datos: tiempo de muestreo, Leq, Lmáx, Lmin, L5, L10, L50, L90, LTW, LdN, LWA, CNEL, etc.
16. Calibrar nuevamente el equipo, si el protocolo lo requiere, anotando los datos en la hoja de protocolo, si existe una diferencia de $\pm 2\text{dB}$ se debe repetir el muestreo.
17. Apagar el equipo, **ATENCIÓN AL BOTÓN OFF**

4.5.2 Presentación de los resultados

La presentación de resultados deberá facilitar la interpretación de los datos, tiene que incluirse:

- La identificación de la muestra: nombre de la empresa, dirección, municipio, departamento, área de trabajo.
- Comentario sobre el área de trabajo.
- Información del sonómetro: modelo, número de serie, certificado de calibración, calibración inicial y final.
- Parámetros de medición: inicio de prueba, fin de prueba, tiempo de muestreo, ponderación, rango, índice de intercambio, constante de tiempo.
- Los resultados: mínimo, máximo, promedio, pico, twa, L5, L10, L50, L90.
- Algún comentario del área de trabajo donde se realizo el monitoreo, observaciones.
- Firma y sello del ingeniero responsable.
- La grafica del comportamiento del sonido durante el tiempo de muestreo.

Figura 18. Modelo de un reporte de niveles sonoros

Reporte de medición de niveles sonoros															
					Reporte No. NS50-10										
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA															
Nombre de la empresa;															
Dirección:															
Municipio:															
Departamento:															
Área de trabajo o muestreo:															
Comentarios sobre la ubicación del punto de muestreo:		Muestreo de sonido en el área de trabajo													
INFORMACIÓN DE SONÓMETRO															
Marca:	Quest	Modelo:	SondPro	Numero de Serie:	BGI070018										
Certificado de Calibración No.:		Fecha vencimiento:		d	m a										
Calibración inicial:	114.0 dB	114.0 dB Salida del calibrador													
Calibración final:	114.0 dB														
PARÁMETROS DE MEDICIÓN															
Inicio de prueba		Tiempo de muestreo		Ponderación											
20/05/2010	08:25:00 a.m.	0/05/02		A											
<i>fecha</i>	<i>hora</i>	<i>h/m/s</i>													
Fin de prueba		Rango		Índice de intercambio											
20/05/2010	08:30:00 a.m.	30-120		3 dB											
<i>fecha</i>	<i>hora</i>														
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Constante de tiempo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Rápido</td> <td style="text-align: center;">f</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Lento</td> <td style="text-align: center;">s</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Impulso</td> <td style="text-align: center;">i</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Picos</td> <td style="text-align: center;">p</td> </tr> </table>						Constante de tiempo		Rápido	f	Lento	s	Impulso	i	Picos	p
Constante de tiempo															
Rápido	f														
Lento	s														
Impulso	i														
Picos	p														
RESULTADOS															
Nivel Máximo	-	Fecha/ hora	--												
Nivel Mínimo		Fecha/ hora	--												
Sobre Carga	--	LEQ	dB	TWA	dB										
		L5	dB	L10	dB										
				L50	dB										
				L90	dB										
COMENTARIOS	Se adjunta grafica del periodo de muestreo														
OBSERVACIONES			Firma y sello responsable												
Planta operando normalmente															

5 SEGUIMIENTO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Ensayo controlado

5.1.1 Resultado de los ensayos

Los resultados experimentales se interpretaran a partir de los datos numéricos obtenidos de los ensayos, en este capítulo se darán a conocer los datos obtenidos tras la realización de los ensayos, así mismo se describirá el desarrollo de los ensayos y las observaciones de los mismos, debido a la extensión de de la información que puede generar un experimento como este y con el fin de dar a conocer un comportamiento representativo de los ensayos realizados, evitando así caer en una redundancia excesiva.

Comparado con la presión estática del aire (105 Pa), las variaciones de presión sonora audible son muy pequeñas, en un margen que puede ir desde los 20 μPa (20×10^{-6} Pa) hasta 100 Pa.

20 μPa corresponde al umbral auditivo medio de una persona. Por lo tanto es llamado umbral auditivo. Una presión sonora de, aproximadamente, 100 Pa es tan alta que causa dolor y por lo tanto es llamado umbral del dolor. La relación entre estos dos extremos es mayor que de un millón a uno.

Aplicar de forma directa las escalas lineales (en Pa) a la medida de la presión sonora nos lleva a cifras enormes e inmanejables. Ya que el oído responde a los estímulos de forma logarítmica, más que lineal, es más práctico expresar los parámetros acústicos como una relación logarítmica entre el valor medido respecto a un valor de referencia. Esta relación logarítmica es llamada decibelio o dB. La ventaja de usar dB. Es que la escala lineal con sus grandes

cifras se convierte en una escala manejable, desde 0 dB en el umbral auditivo (20 μ Pa), hasta 130 dB, en el umbral del dolor (100 Pa).

Para el análisis de la información en la presente investigación se empleara la escala de Pascales para hacer más exactas y representativas las mediciones sonoras tomadas.

Se mostrarán primero los datos tomados con el sonómetro CDA 120040, el cual contaba calibración alterada, con el propósito de obtener un ensayo controlado sobre errores en la calibración los datos son los siguientes:

PRUEBA TRABAJO DE GRADUACIÓN FUENTES DE ERROR EN LA MEDICION DE SONIDO EN LA INDUSTRIA, área de generación del sonido.

Inicio de prueba: 11:49:53a.m.

Fin de prueba: 12:57:15p.m.

Duración: 01:07:21

Sonómetro: 2900

Numero de serie: CDA 120040

PARAMETROS DE MEDICIÓN

Rango: 60 - 120 Ponderación: A Constante: Lento

Nivel máx: 94.3 dB, 21/07/2010 12:56:07

Nivel mín: 82.8 dB, 21/07/2010 11:59:42

A continuación se presentan los resultados obtenidos.

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
11:50:23a.m.	85.9	87.1	0.0	86.3	85.6
11:50:53a.m.	85.7	87.1	0.0	86.0	85.5
11:51:23a.m.	85.5	85.9	0.0	85.8	85.1
11:51:53a.m.	85.7	86.3	0.0	86.0	85.5
11:52:23a.m.	85.9	86.4	0.0	86.2	85.6
11:52:53a.m.	85.8	86.4	0.0	86.2	85.4
11:53:23a.m.	85.8	86.4	0.0	86.1	85.6
11:53:53a.m.	85.8	86.4	0.0	86.2	85.5
11:54:23a.m.	85.4	86.1	0.0	85.7	85.1
11:54:53a.m.	85.2	86.1	0.0	85.7	85.0
11:55:23a.m.	85.3	85.9	0.0	85.7	85.0
11:55:53a.m.	85.2	85.8	0.0	85.5	85.1
11:56:23a.m.	86.7	88.9	0.0	87.9	84.6
11:56:53a.m.	85.5	88.3	0.0	86.3	84.8
11:57:23a.m.	85.1	85.9	0.0	85.5	84.8
11:57:53a.m.	84.9	85.4	0.0	85.2	84.7
11:58:23a.m.	85.0	85.7	0.0	85.3	84.8
11:58:53a.m.	84.7	85.2	0.0	85.0	84.2
11:59:23a.m.	84.1	85.5	0.0	85.2	83.4
11:59:53a.m.	83.4	83.9	0.0	83.7	83.1
12:00:23p.m.	83.2	83.6	0.0	83.4	83.1
12:00:53p.m.	84.4	85.6	0.0	85.3	83.2
12:01:23p.m.	85.1	85.6	0.0	85.3	84.9
12:01:53p.m.	84.6	85.3	0.0	85.1	84.2

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
12:02:23p.m.	85.0	85.5	0.0	85.3	84.8
12:02:53p.m.	84.8	85.3	0.0	85.1	84.6
12:03:23p.m.	84.9	85.4	0.0	85.2	84.7
12:03:53p.m.	84.9	86.0	0.0	85.2	84.6
12:04:23p.m.	85.1	85.8	0.0	85.3	84.9
12:04:53p.m.	85.0	85.6	0.0	85.3	84.8
12:05:23p.m.	85.4	87.2	0.0	85.9	85.1
12:05:53p.m.	85.0	85.4	0.0	85.3	84.6
12:06:23p.m.	85.1	85.5	0.0	85.4	85.0
12:06:53p.m.	85.1	85.7	0.0	85.5	84.8
12:07:23p.m.	85.2	85.6	0.0	85.5	84.9
12:07:53p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.1
12:08:23p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.1
12:08:53p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.1
12:09:23p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.1
12:09:53p.m.	85.2	85.6	0.0	85.5	85.1
12:10:23p.m.	85.1	85.7	0.0	85.4	85.0
12:10:53p.m.	85.1	85.5	0.0	85.3	85.0
12:11:23p.m.	85.1	85.4	0.0	85.3	85.0
12:11:53p.m.	85.1	85.5	0.0	85.3	85.0
12:12:23p.m.	85.2	85.5	0.0	85.4	85.1
12:12:53p.m.	85.2	85.6	0.0	85.5	85.1
12:13:23p.m.	85.3	85.8	0.0	85.5	85.2
12:13:53p.m.	86.4	87.4	0.0	87.0	85.5
12:14:23p.m.	86.8	89.2	0.0	88.3	85.3

Fecha y Hora	LEQ	LMAX	Peak	LN10	LN90
12:14:53p.m.	86.5	87.8	0.0	87.2	85.6
12:15:23p.m.	89.2	91.7	0.0	91.0	85.0
12:15:53p.m.	89.1	92.3	0.0	90.0	86.9
12:16:23p.m.	87.3	91.3	0.0	90.6	84.7
12:16:53p.m.	90.6	92.5	0.0	91.6	89.6
12:17:23p.m.	88.1	90.8	0.0	90.2	85.4
12:17:53p.m.	85.1	85.6	0.0	85.4	84.9
12:18:23p.m.	85.4	85.8	0.0	85.6	85.3
12:18:53p.m.	85.4	85.8	0.0	85.6	85.3
12:19:23p.m.	85.3	85.8	0.0	85.6	84.9
12:19:53p.m.	85.1	85.6	0.0	85.4	85.0
12:20:23p.m.	85.3	85.8	0.0	85.6	85.2
12:20:53p.m.	85.3	85.7	0.0	85.6	85.2
12:21:23p.m.	85.3	85.7	0.0	85.5	85.1
12:21:53p.m.	85.3	85.7	0.0	85.6	85.2
12:22:23p.m.	85.1	85.6	0.0	85.4	85.0
12:22:53p.m.	86.8	89.4	0.0	88.7	84.8
12:23:23p.m.	90.1	93.4	0.0	91.7	88.4
12:23:53p.m.	88.5	90.3	0.0	89.6	87.3
12:24:23p.m.	88.1	91.5	0.0	89.9	85.4
12:24:53p.m.	89.1	93.6	0.0	90.6	86.4
12:25:23p.m.	88.2	91.1	0.0	90.0	86.1
12:25:53p.m.	89.7	93.3	0.0	91.1	87.5
12:26:23p.m.	87.0	90.5	0.0	88.6	85.2
12:26:53p.m.	86.0	89.6	0.0	88.0	85.0

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
12:27:23p.m.	90.2	92.7	0.0	91.8	85.5
12:27:53p.m.	88.5	91.1	0.0	89.5	87.3
12:28:23p.m.	89.5	93.0	0.0	91.0	87.9
12:28:53p.m.	87.9	91.9	0.0	90.7	84.8
12:29:23p.m.	88.9	91.9	0.0	90.0	87.3
12:29:53p.m.	86.7	89.3	0.0	88.2	85.3
12:30:23p.m.	86.7	90.7	0.0	88.5	84.7
12:30:53p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.1
12:31:23p.m.	85.2	85.7	0.0	85.4	85.0
12:31:53p.m.	84.9	85.6	0.0	85.3	84.6
12:32:23p.m.	85.1	85.6	0.0	85.4	85.0
12:32:53p.m.	85.2	85.5	0.0	85.4	85.1
12:33:23p.m.	85.2	85.7	0.0	85.5	85.0
12:33:53p.m.	85.1	85.7	0.0	85.5	84.8
12:34:23p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.0
12:34:53p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.1
12:35:23p.m.	85.2	85.6	0.0	85.5	85.0
12:35:53p.m.	85.3	85.8	0.0	85.6	85.1
12:36:23p.m.	85.2	85.5	0.0	85.4	85.1
12:36:53p.m.	85.2	85.5	0.0	85.4	85.1
12:37:23p.m.	85.2	85.7	0.0	85.5	85.0
12:37:53p.m.	85.2	85.7	0.0	85.4	85.1
12:38:23p.m.	85.1	85.6	0.0	85.4	85.0
12:38:53p.m.	85.1	85.6	0.0	85.4	85.0
12:39:23p.m.	85.1	85.5	0.0	85.3	85.0

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
12:39:53p.m.	85.2	85.8	0.0	85.5	85.1
12:40:23p.m.	85.2	85.6	0.0	85.4	85.1
12:40:53p.m.	85.3	85.8	0.0	85.6	85.1
12:41:23p.m.	85.2	85.8	0.0	85.5	85.0
12:41:53p.m.	85.2	86.6	0.0	85.5	85.0
12:42:23p.m.	85.2	85.6	0.0	85.5	85.1
12:42:53p.m.	85.2	85.7	0.0	85.5	85.1
12:43:23p.m.	85.2	86.3	0.0	85.5	84.9
12:43:53p.m.	85.2	85.8	0.0	85.5	85.0
12:44:23p.m.	84.9	87.1	0.0	85.4	84.5
12:44:53p.m.	86.6	88.9	0.0	88.3	84.6
12:45:23p.m.	84.9	85.5	0.0	85.2	84.5
12:45:53p.m.	86.6	88.4	0.0	87.9	85.1
12:46:23p.m.	87.1	89.2	0.0	88.6	85.3
12:46:53p.m.	85.9	88.1	0.0	87.1	84.5
12:47:23p.m.	86.4	88.7	0.0	87.6	84.4
12:47:53p.m.	86.3	88.8	0.0	87.8	84.8
12:48:23p.m.	86.2	89.7	0.0	88.7	84.9
12:48:53p.m.	84.9	85.4	0.0	85.3	84.6
12:49:23p.m.	84.9	85.4	0.0	85.2	84.6
12:49:53p.m.	85.0	85.3	0.0	85.2	84.9
12:50:23p.m.	84.9	85.3	0.0	85.1	84.8
12:50:53p.m.	85.1	86.3	0.0	85.8	84.8
12:51:23p.m.	85.1	85.6	0.0	85.3	84.9
12:51:53p.m.	84.9	85.4	0.0	85.2	84.7

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
12:52:23p.m.	84.9	85.7	0.0	85.4	84.4
12:52:53p.m.	85.2	86.1	0.0	85.8	84.7
12:53:23p.m.	85.1	85.5	0.0	85.3	84.8
12:53:53p.m.	85.1	85.5	0.0	85.4	84.9
12:54:23p.m.	83.8	85.3	0.0	84.9	83.1
12:54:53p.m.	85.3	87.5	0.0	86.7	84.4
12:55:23p.m.	86.4	89.0	0.0	88.6	84.6
12:55:53p.m.	89.8	93.1	0.0	91.7	85.0
12:56:23p.m.	91.6	94.3	0.0	92.6	90.2
12:56:53p.m.	88.8	92.4	0.0	91.4	84.7

RESULTADOS

Nivel máximo: 94.3 dB, 21/07/2010 12:56:07 PM

Nivel mínimo: 82.8 dB, 21/07/2010 11:59:42 AM

Sobrecarga: 0.00%

LEQ: 86.1 dB **TWA:** 77.6 dB **LDN:** 86.1 dB **CNEL:** 86.1 dB

L5: 89.8 dB **L10:** 88.4dB **L50:** 85.3 dB **L90:** 84.8 dB

Datos del sonómetro CDA 110020 localizado en el área de influencia más cercana a la generación de ruido.

PRUEBA TRABAJO DE GRADUACIÓN FUENTES DE ERROR EN LA MEDICION DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA, lugar oficina de trabajo.

Inicio de prueba: 11:46:48a.m.

Fin de prueba: 12:54:07p.m.

Duración:01:07:18

Sonómetro: 2900

Numero de serie: CDA 110020

Parámetros de medición

Rango:60 - 120 Ponderación: A Constante: Rápido

Nivel máximo: 90.6 dB, 21/07/2010 12:38:12

Nivel mínimo: 67.7 dB, 21/07/2010 11:52:13

Sobrecarg0.00%

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
11:47:18a.m.	70.1	72.8	0.0	70.7	69.2
11:47:48a.m.	70.6	72.1	0.0	71.0	70.2
11:48:18a.m.	70.6	71.3	0.0	71.1	70.0
11:48:48a.m.	70.1	71.5	0.0	70.9	69.3
11:49:18a.m.	70.5	81.7	0.0	70.7	69.3
11:49:48a.m.	70.9	76.0	0.0	71.3	70.3
11:50:18a.m.	70.7	71.7	0.0	71.1	70.4
11:50:48a.m.	70.5	71.5	0.0	71.0	69.6
11:51:18a.m.	70.8	79.5	0.0	71.0	70.0
11:51:48a.m.	70.4	78.8	0.0	70.8	69.7
11:52:18a.m.	70.0	77.5	0.0	70.7	68.8
11:52:48a.m.	71.4	73.0	0.0	72.1	70.6
11:53:18a.m.	73.1	77.8	0.0	74.7	71.2
11:53:48a.m.	71.9	75.2	0.0	72.5	71.1
11:54:18a.m.	71.7	72.7	0.0	72.3	71.1
11:54:48a.m.	71.6	72.5	0.0	72.0	71.1
11:55:18a.m.	71.8	73.0	0.0	72.5	71.3
11:55:48a.m.	71.2	72.9	0.0	72.0	70.5
11:56:18a.m.	71.2	72.5	0.0	71.9	70.7

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
11:56:48a.m.	71.1	72.2	0.0	71.6	70.5
11:57:18a.m.	71.0	79.4	0.0	71.5	70.1
11:57:48a.m.	71.4	78.9	0.0	72.1	70.1
11:58:18a.m.	71.3	72.5	0.0	71.9	70.6
11:58:48a.m.	71.2	72.2	0.0	71.7	70.6
11:59:18a.m.	71.6	73.1	0.0	72.1	71.0
11:59:48a.m.	71.5	72.5	0.0	71.8	71.0
12:00:18p.m.	71.2	72.1	0.0	71.7	70.7
12:00:48p.m.	71.8	73.2	0.0	72.1	71.4
12:01:18p.m.	72.1	83.6	0.0	72.3	70.7
12:01:48p.m.	72.3	81.0	0.0	72.5	71.5
12:02:18p.m.	72.2	73.0	0.0	72.5	71.8
12:02:48p.m.	71.9	72.8	0.0	72.3	71.5
12:03:18p.m.	72.1	72.9	0.0	72.5	71.7
12:03:48p.m.	72.1	72.7	0.0	72.4	71.7
12:04:18p.m.	72.0	72.9	0.0	72.4	71.5
12:04:48p.m.	72.0	72.9	0.0	72.5	71.2
12:05:18p.m.	72.4	73.4	0.0	72.9	72.0
12:05:48p.m.	72.6	73.3	0.0	73.0	72.4
12:06:18p.m.	72.7	73.3	0.0	73.0	72.4
12:06:48p.m.	72.8	73.7	0.0	73.1	72.5
12:07:18p.m.	72.5	73.4	0.0	72.9	72.1
12:07:48p.m.	72.6	73.4	0.0	73.0	72.3
12:08:18p.m.	72.8	84.3	0.0	72.9	71.4
12:08:48p.m.	72.6	73.3	0.0	72.9	72.2

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
12:09:18p.m.	72.8	73.6	0.0	73.1	72.5
12:09:48p.m.	72.6	73.5	0.0	73.0	72.3
12:10:18p.m.	72.6	73.3	0.0	73.0	72.2
12:10:48p.m.	72.4	74.3	0.0	73.2	71.6
12:11:18p.m.	72.6	75.7	0.0	73.9	71.5
12:11:48p.m.	72.8	76.3	0.0	74.0	71.8
12:12:18p.m.	74.5	79.3	0.0	76.8	71.2
12:12:48p.m.	74.2	81.4	0.0	75.7	71.4
12:13:18p.m.	73.5	78.1	0.0	76.0	71.3
12:13:48p.m.	75.8	79.0	0.0	77.4	74.1
12:14:18p.m.	73.6	78.2	0.0	75.8	71.3
12:14:48p.m.	71.8	72.9	0.0	72.4	71.2
12:15:18p.m.	72.1	78.8	0.0	72.5	71.1
12:15:48p.m.	72.2	73.1	0.0	72.6	71.7
12:16:18p.m.	71.5	73.3	0.0	72.3	70.5
12:16:48p.m.	71.0	82.2	0.0	71.7	69.2
12:17:18p.m.	72.1	81.8	0.0	72.4	71.0
12:17:48p.m.	71.5	72.9	0.0	72.3	70.8
12:18:18p.m.	72.2	72.9	0.0	72.5	71.7
12:18:48p.m.	72.1	73.0	0.0	72.5	71.6
12:19:18p.m.	72.2	73.0	0.0	72.5	71.7
12:19:48p.m.	73.1	78.7	0.0	74.8	71.8
12:20:18p.m.	75.2	80.3	0.0	76.9	73.1
12:20:48p.m.	73.8	77.0	0.0	75.2	71.8
12:21:18p.m.	73.6	79.8	0.0	75.5	71.1

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
12:21:48p.m.	74.6	81.0	0.0	77.1	71.1
12:22:18p.m.	74.0	79.2	0.0	76.3	71.5
12:22:48p.m.	75.4	82.2	0.0	77.7	71.3
12:23:18p.m.	72.9	78.9	0.0	74.9	71.0
12:23:48p.m.	72.5	76.6	0.0	73.8	71.7
12:24:18p.m.	75.8	82.0	0.0	78.0	71.9
12:24:48p.m.	74.5	79.9	0.0	76.8	72.0
12:25:18p.m.	75.4	81.7	0.0	78.2	71.6
12:25:48p.m.	74.1	80.2	0.0	77.1	71.4
12:26:18p.m.	74.7	79.6	0.0	76.6	71.9
12:26:48p.m.	73.0	78.4	0.0	74.8	71.6
12:27:18p.m.	73.2	79.4	0.0	75.2	71.7
12:27:48p.m.	72.2	73.0	0.0	72.6	71.7
12:28:18p.m.	72.3	73.7	0.0	72.7	71.8
12:28:48p.m.	72.1	73.2	0.0	72.7	71.6
12:29:18p.m.	71.9	72.9	0.0	72.5	71.1
12:29:48p.m.	72.6	74.6	0.0	72.9	72.2
12:30:18p.m.	72.5	73.4	0.0	72.9	72.2
12:30:48p.m.	72.4	73.1	0.0	72.8	72.0
12:31:18p.m.	72.4	73.1	0.0	72.7	72.1
12:31:48p.m.	72.4	73.2	0.0	72.8	72.1
12:32:18p.m.	72.5	73.2	0.0	72.8	72.2
12:32:48p.m.	72.1	72.9	0.0	72.5	71.7
12:33:18p.m.	72.3	73.1	0.0	72.7	71.9
12:33:48p.m.	72.3	73.2	0.0	72.7	72.0

<u>Fecha y Hora</u>	<u>LEQ</u>	<u>LMAX</u>	<u>Peak</u>	<u>LN10</u>	<u>LN90</u>
12:34:18p.m.	72.5	73.7	0.0	72.9	72.1
12:34:48p.m.	72.4	73.1	0.0	72.7	72.1
12:35:18p.m.	72.6	73.5	0.0	72.9	72.3
12:35:48p.m.	72.4	73.2	0.0	72.7	72.1
12:36:18p.m.	72.4	73.2	0.0	72.7	72.1
12:36:48p.m.	72.3	73.1	0.0	72.6	72.0
12:37:18p.m.	72.4	73.2	0.0	72.7	72.1
12:37:48p.m.	75.3	87.7	0.0	76.1	71.3
12:38:18p.m.	77.6	90.6	0.0	81.7	72.2
12:38:48p.m.	72.5	74.4	0.0	72.7	72.1
12:39:18p.m.	72.2	73.1	0.0	72.7	71.6
12:39:48p.m.	71.8	73.1	0.0	72.3	71.1
12:40:18p.m.	72.2	73.7	0.0	72.5	71.9
12:40:48p.m.	72.0	81.2	0.0	72.5	70.4
12:41:18p.m.	70.4	74.2	0.0	71.4	69.4
12:41:48p.m.	71.6	75.1	0.0	73.1	70.3
12:42:18p.m.	70.7	75.7	0.0	71.5	70.0
12:42:48p.m.	71.6	75.6	0.0	72.9	70.3
12:43:18p.m.	72.0	76.2	0.0	73.7	70.3
12:43:48p.m.	71.2	75.1	0.0	72.3	70.1
12:44:18p.m.	71.6	75.9	0.0	73.2	70.1
12:44:48p.m.	71.2	75.8	0.0	72.9	70.0
12:45:18p.m.	71.7	76.8	0.0	73.7	70.3
12:45:48p.m.	71.5	75.4	0.0	72.3	70.2
12:46:18p.m.	71.4	74.0	0.0	72.0	70.8

12:46:48p.m.	72.0	73.1	0.0	72.5	71.4
12:47:18p.m.	72.1	73.0	0.0	72.5	71.7
12:47:48p.m.	72.0	74.7	0.0	72.6	71.4
12:48:18p.m.	72.0	72.9	0.0	72.4	71.5
12:48:48p.m.	71.7	72.8	0.0	72.1	71.3
12:49:18p.m.	71.6	73.1	0.0	72.0	71.1
12:49:48p.m.	72.3	74.3	0.0	73.1	71.4
12:50:18p.m.	72.2	73.1	0.0	72.7	71.7
12:50:48p.m.	71.9	73.5	0.0	72.7	71.2
12:51:18p.m.	72.0	73.1	0.0	72.5	71.2
12:51:48p.m.	73.2	76.3	0.0	73.9	72.1
12:52:18p.m.	73.5	76.3	0.0	74.7	72.5
12:52:48p.m.	75.2	79.4	0.0	76.9	72.7
12:53:18p.m.	76.6	81.1	0.0	78.1	75.0
12:53:48p.m.	74.8	79.5	0.0	77.2	72.1

Resultados

LEQ: 72.6 dB TWA: 64.0 dB LDN: 72.6 dB CNEL: 72.6 dB

L5:75.5 dB L10:73.9 dB L50:72.1 dB L90:70.7 dB

Datos recabados por el sonómetro marca realistic. Estos datos solo se refieren al promedio, ya que por tener que ser tomados a mano cada treinta segundos, no permite la toma de los datos mínimo y máximo requiere de suma precisión, tampoco se puede recabar la hora exacta, de cada dato que se genere cada treinta segundos.

**PRUEBA FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN
LA INDUSTRIA, lugar en la fuente.**

Inicio de prueba: 11:46:48 a.m.

Fin de prueba: 12:54:07 p.m.

Duración:01:07:18

Sonómetro: Realistic

Parámetros de medición

Rango: 60 – 120 dB

Ponderación: A

Constante: Rápido

Tabla III: Datos sonómetro Realistic

| LEQ |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 85 | 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 90 |
| 85 | 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 91 |
| 85 | 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 91 |
| 85 | 86 | 87 | 87 | 87 | 89 | 91 |
| 86 | 86 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 86 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 86 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 86 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 89 | |
| 86 | 87 | 87 | 87 | 88 | 90 | |

Fuente: Elaborado por Pablo Saravia.

Los datos del sonómetro calibrado y colocado en el área de generación de sonido son los siguientes:

PRUEBA TRABAJO DE GRADUACIÓN FUENTES DE ERROR EN LA MEDICIÓN DE SONIDOS EN LA INDUSTRIA, lugar área de generación de sonido (la fuente).

Inicio de prueba: 11:46:48 a.m.

Fin de prueba: 12:54:07 p.m.

Duración: 01:07:18

Sonómetro: soundpro

Numero de serie: BGI 070018

Parámetros de medición

Rango:60 - 120 Ponderación: A Constante: Rápido

Nivel máximo: 94.7 dB, 21/07/2010 12:30:12

Nivel mínimo: 83.3 dB, 21/07/2010 11:55:13

Fecha y hora	Leq	Lmax	Lmin
21/07/2010 11:48	85.8	87	84.6
21/07/2010 11:48	85.2	85.6	84.5
21/07/2010 11:49	84.9	85.3	84.2
21/07/2010 11:49	85.1	85.5	84.9
21/07/2010 11:50	84.9	85.8	84.3
21/07/2010 11:50	85.1	85.6	84.7
21/07/2010 11:51	85.3	86	84.8
21/07/2010 11:51	85.6	86.1	84.9
21/07/2010 11:52	85.4	86	84.9
21/07/2010 11:52	85.4	86.1	84.7
21/07/2010 11:53	85.1	85.9	84.4
21/07/2010 11:53	84.9	85.4	84
21/07/2010 11:54	86.6	88.4	84
21/07/2010 11:54	85	85.9	84.5
21/07/2010 11:55	85	85.7	84.4
21/07/2010 11:55	84.6	85.2	84.1
21/07/2010 11:56	85.3	85.9	83.7
21/07/2010 11:56	84.3	85.1	83.3
21/07/2010 11:57	84.2	85	83.9
21/07/2010 11:57	84.2	84.6	83.9
21/07/2010 11:58	84.1	84.4	83.8
21/07/2010 11:58	84.7	85.5	83.9
21/07/2010 11:59	85.1	85.8	83.9
21/07/2010 11:59	84.9	85.7	83.8
21/07/2010 12:00	85.1	85.8	84.6

Fecha y hora	Leq	Lmax	Lmin
21/07/2010 12:00	85	85.4	84.6
21/07/2010 12:01	85.4	85.8	84.9
21/07/2010 12:01	85.2	85.9	84.7
21/07/2010 12:02	85.4	85.9	85
21/07/2010 12:02	85.4	85.9	85
21/07/2010 12:03	85.6	86	84.8
21/07/2010 12:03	85.3	86	84.4
21/07/2010 12:04	85.5	86	85.1
21/07/2010 12:04	85.4	85.8	85
21/07/2010 12:05	85.7	86	85.2
21/07/2010 12:05	85.7	86.1	85.1
21/07/2010 12:06	85.8	86.2	85.3
21/07/2010 12:06	85.8	86.2	85.6
21/07/2010 12:07	85.8	86.1	85.6
21/07/2010 12:07	86	86.3	85.6
21/07/2010 12:08	86	88.8	85.5
21/07/2010 12:08	85.8	86.1	85.5
21/07/2010 12:09	85.8	86.1	85.3
21/07/2010 12:09	85.9	86.1	85.7
21/07/2010 12:10	85.8	86.1	85.6
21/07/2010 12:10	85.9	86.3	85.6
21/07/2010 12:11	85.9	86.9	85.3
21/07/2010 12:11	86.4	87.3	84.9
21/07/2010 12:12	86.7	89	85.4
21/07/2010 12:12	86.7	87.7	85

Fecha y hora	Leq	Lmax	Lmin
21/07/2010 12:13	89.3	91.4	84.7
21/07/2010 12:13	88.2	91.3	84.8
21/07/2010 12:14	88.2	90.8	84.6
21/07/2010 12:14	90.1	91.7	87.7
21/07/2010 12:15	87.2	90.4	85
21/07/2010 12:15	85.5	86	84.7
21/07/2010 12:16	85.9	86.2	85.6
21/07/2010 12:16	86	86.5	85.5
21/07/2010 12:17	85.6	86.3	84.9
21/07/2010 12:17	85.6	86.1	85.1
21/07/2010 12:18	85.8	86.3	85.2
21/07/2010 12:18	85.6	86.2	85.1
21/07/2010 12:19	85.8	86.3	85.5
21/07/2010 12:19	85.9	86.3	85.5
21/07/2010 12:20	85.4	86.1	84.9
21/07/2010 12:20	87.9	90.9	84.7
21/07/2010 12:21	89.4	92.5	87.3
21/07/2010 12:21	88	89.5	84.9
21/07/2010 12:22	88.2	91.3	85
21/07/2010 12:22	89.1	92.8	85.2
21/07/2010 12:23	88.2	92	85.5
21/07/2010 12:23	89.5	93.2	86.3
21/07/2010 12:24	87.2	90.9	84.9
21/07/2010 12:24	86	90.8	84.9
21/07/2010 12:25	90.1	92.5	86.8

Fecha y hora	Leq	Lmax	Lmin
21/07/2010 12:25	88.4	90.8	86.3
21/07/2010 12:26	89.1	92.5	85.3
21/07/2010 12:26	88.3	91.9	84.4
21/07/2010 12:27	89	91.1	86.7
21/07/2010 12:27	86.2	88.5	84.8
21/07/2010 12:28	86.9	90.7	85.4
21/07/2010 12:28	85.7	86	85.5
21/07/2010 12:29	85.5	85.9	85.1
21/07/2010 12:29	85.4	85.7	84.9
21/07/2010 12:30	85.8	86.2	85.4
21/07/2010 12:30	85.9	86.2	85.7
21/07/2010 12:31	85.9	86.2	85.5
21/07/2010 12:31	85.7	86.2	85.2
21/07/2010 12:32	85.8	86.2	85.6
21/07/2010 12:32	85.9	86.2	85.6
21/07/2010 12:33	86	86.4	85.7
21/07/2010 12:33	85.4	85.8	85
21/07/2010 12:34	85.9	86.3	85.6
21/07/2010 12:34	85.9	86.3	85.6
21/07/2010 12:35	85.7	86.1	85.4
21/07/2010 12:35	85.6	85.9	85.4
21/07/2010 12:36	85.8	86.2	85.6
21/07/2010 12:36	85.9	86.1	85.6
21/07/2010 12:37	85.8	86.1	85.4
21/07/2010 12:37	85.7	86	85.3

Fecha y hora	Leq	Lmax	Lmin
21/07/2010 12:38	85.9	86.3	85.6
21/07/2010 12:38	85.9	86.4	85.4
21/07/2010 12:39	85.8	86.2	85.3
21/07/2010 12:39	85.8	86.6	85.3
21/07/2010 12:40	85.9	86.3	85.4
21/07/2010 12:40	85.8	86.1	85.3
21/07/2010 12:41	85.9	86.4	85.6
21/07/2010 12:41	85.6	86.3	84.8
21/07/2010 12:42	85.7	87.6	84.7
21/07/2010 12:42	86.5	88.9	84.6
21/07/2010 12:43	85.1	85.7	84.7
21/07/2010 12:43	86.6	88	84.7
21/07/2010 12:44	87.1	89.1	84.9
21/07/2010 12:44	86.4	88.1	84.5
21/07/2010 12:45	86.4	88.3	84.7
21/07/2010 12:45	86.6	89.4	85
21/07/2010 12:46	85.9	89.4	85
21/07/2010 12:46	85.2	86	84.7
21/07/2010 12:47	85.4	85.9	84.9
21/07/2010 12:47	85.6	85.9	85.3
21/07/2010 12:48	85.7	86	85.4
21/07/2010 12:48	85.4	86.2	84.8
21/07/2010 12:49	85.5	85.9	85.1
21/07/2010 12:49	85.1	85.5	84.7
21/07/2010 12:50	85.3	85.8	84.5

Fecha y hora	Leq	Lmax	Lmin
21/07/2010 12:50	85.3	86.2	84.7
21/07/2010 12:51	85.8	86	85.3
21/07/2010 12:51	85.6	86	85
21/07/2010 12:52	84.5	87.1	83.8
21/07/2010 12:52	85.4	87.5	84.1
21/07/2010 12:53	87	89.6	84.6
21/07/2010 12:53	91.2	94.4	84.9
21/07/2010 12:54	91.9	94.7	89
21/07/2010 12:54	88	92.9	84.8

Resultados

LEQ: 86.3 dB TWA: 77.8 dB LDN: 86.3 dB CNEL: 86.3 dB

L5:89.6 dB L10:88.2 dB L50:85.6 dB L90:84.8 dB

5.1.2 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en el programa Microsoft office Excel, por la facilidad que esta herramienta presenta para el análisis de datos y manejos de media, desviación estándar, máximo y mínimo.

Al final y dentro de la tabla siguiente se encuentran los datos antes mencionados, estos nos servirán más adelante para hacer la interpretación de los resultados, el análisis, las conclusiones y dar recomendaciones sobre las mediciones realizadas, el equipo de medición correcto a utilizar y el equipo de protección personal.

Tabla IV. Análisis estadístico de los sonómetros

Quest Technologies CDA 120040		QuestTechnologies CDA 110020		Realistic		Quest Technologies BGI 070018	
LEQ	Pascales	LEQ	Pascales	LEQ	Pascales	LEQ	Pascales
85.9	0.289088	70.0	0.06324555	85	0.355655882	84.1	0.32064908
85.7	0.2958217	70.1	0.0639779	85	0.355655882	84.2	0.32436202
85.5	0.3097633	70.1	0.0639779	85	0.355655882	84.2	0.32436202
85.7	0.3206491	70.4	0.06622622	85	0.355655882	84.3	0.32811795
85.9	0.3319174	70.4	0.06622622	86	0.399052463	84.5	0.3357608
85.8	0.3396487	70.5	0.06699309	86	0.399052463	84.6	0.33964873
85.8	0.3435817	70.5	0.06699309	86	0.399052463	84.7	0.34358168
85.8	0.3475602	70.6	0.06776883	86	0.399052463	84.9	0.35158472
85.4	0.3515847	70.6	0.06776883	86	0.399052463	84.9	0.35158472
85.2	0.3515847	70.7	0.06855356	86	0.399052463	84.9	0.35158472
85.3	0.3515847	70.7	0.06855356	86	0.399052463	84.9	0.35158472
85.2	0.3515847	70.8	0.06934737	86	0.399052463	85	0.35565588
86.7	0.3515847	70.9	0.07015037	86	0.399052463	85	0.35565588
85.5	0.3515847	71.0	0.07096268	86	0.399052463	85	0.35565588
85.1	0.3515847	71.0	0.07096268	86	0.399052463	85.1	0.35977418
84.9	0.3515847	71.1	0.07178439	86	0.399052463	85.1	0.35977418
85.0	0.3515847	71.2	0.07261561	86	0.399052463	85.1	0.35977418
84.7	0.3515847	71.2	0.07261561	86	0.399052463	85.1	0.35977418
84.1	0.3515847	71.2	0.07261561	86	0.399052463	85.1	0.35977418
83.4	0.3556559	71.2	0.07261561	86	0.399052463	85.1	0.35977418
83.2	0.3556559	71.2	0.07261561	86	0.399052463	85.1	0.35977418
84.4	0.3556559	71.2	0.07261561	86	0.399052463	85.2	0.36394017
85.1	0.3556559	71.3	0.07345646	86	0.399052463	85.2	0.36394017
84.6	0.3556559	71.4	0.07430705	86	0.399052463	85.2	0.36394017
85.0	0.3597742	71.4	0.07430705	86	0.399052463	85.3	0.3681544
84.8	0.3597742	71.4	0.07430705	86	0.399052463	85.3	0.3681544
84.9	0.3597742	71.5	0.07516748	86	0.399052463	85.3	0.3681544
84.9	0.3597742	71.5	0.07516748	86	0.399052463	85.3	0.3681544
85.1	0.3597742	71.5	0.07516748	86	0.399052463	85.3	0.3681544
85.0	0.3597742	71.5	0.07516748	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.4	0.3597742	71.6	0.07603788	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.0	0.3597742	71.6	0.07603788	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.1	0.3597742	71.6	0.07603788	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.1	0.3597742	71.6	0.07603788	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.2	0.3597742	71.6	0.07603788	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.2	0.3597742	71.6	0.07603788	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.2	0.3597742	71.7	0.07691836	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.2	0.3597742	71.7	0.07691836	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.2	0.3597742	71.7	0.07691836	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.2	0.3597742	71.8	0.07780903	87	0.447744228	85.4	0.37241743

85.1	0.3597742	71.8	0.07780903	87	0.447744228	85.4	0.37241743
85.1	0.3597742	71.8	0.07780903	87	0.447744228	85.5	0.37672982
85.1	0.3597742	71.8	0.07780903	87	0.447744228	85.5	0.37672982
85.1	0.3597742	71.9	0.07871002	87	0.447744228	85.5	0.37672982
85.2	0.3597742	71.9	0.07871002	87	0.447744228	85.5	0.37672982
85.2	0.3639402	71.9	0.07871002	87	0.447744228	85.6	0.38109214
85.3	0.3639402	71.9	0.07871002	87	0.447744228	85.6	0.38109214
86.4	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.6	0.38109214
86.8	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.6	0.38109214
86.5	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.6	0.38109214
89.2	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.6	0.38109214
89.1	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.6	0.38109214
87.3	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.6	0.38109214
90.6	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.6	0.38109214
88.1	0.3639402	72.0	0.07962143	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.1	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.4	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.4	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.3	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.1	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.3	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.3	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.7	0.38550498
85.3	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.8	0.38996892
85.3	0.3639402	72.1	0.08054341	87	0.447744228	85.8	0.38996892
85.1	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
86.8	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
90.1	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
88.5	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
88.1	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
89.1	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
88.2	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
89.7	0.3639402	72.2	0.08147606	87	0.447744228	85.8	0.38996892
87.0	0.3639402	72.3	0.0824195	87	0.447744228	85.8	0.38996892
86.0	0.3639402	72.3	0.0824195	87	0.447744228	85.8	0.38996892
90.2	0.3639402	72.3	0.0824195	87	0.447744228	85.8	0.38996892
88.5	0.3681544	72.3	0.0824195	87	0.447744228	85.8	0.38996892
89.5	0.3681544	72.3	0.0824195	87	0.447744228	85.8	0.38996892
87.9	0.3681544	72.3	0.0824195	87	0.447744228	85.8	0.38996892
88.9	0.3681544	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.8	0.38996892
86.7	0.3681544	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455
86.7	0.3681544	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3681544	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3681544	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455
84.9	0.3681544	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.1	0.3681544	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455

85.2	0.3724174	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3724174	72.4	0.08337388	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.1	0.3724174	72.5	0.0843393	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3724174	72.5	0.0843393	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3767298	72.5	0.0843393	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3767298	72.5	0.0843393	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.3	0.385505	72.5	0.0843393	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.385505	72.5	0.0843393	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3899689	72.6	0.0853159	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3899689	72.6	0.0853159	87	0.447744228	85.9	0.39448455
85.2	0.3899689	72.6	0.0853159	87	0.447744228	86	0.39905246
85.1	0.3944845	72.6	0.0853159	88	0.502377286	86	0.39905246
85.1	0.3944845	72.6	0.0853159	88	0.502377286	86	0.39905246
85.1	0.3944845	72.6	0.0853159	88	0.502377286	86	0.39905246
85.2	0.3990525	72.6	0.0853159	88	0.502377286	86	0.39905246
85.2	0.4083476	72.6	0.0853159	88	0.502377286	86.2	0.40834759
85.3	0.413076	72.7	0.08630382	88	0.502377286	86.4	0.41785923
85.2	0.4178592	72.8	0.08730317	88	0.502377286	86.4	0.41785923
85.2	0.4178592	72.8	0.08730317	88	0.502377286	86.4	0.41785923
85.2	0.4178592	72.8	0.08730317	88	0.502377286	86.5	0.42269781
85.2	0.4226978	72.8	0.08730317	88	0.502377286	86.6	0.42759242
85.2	0.4275924	72.9	0.08831409	88	0.502377286	86.6	0.42759242
85.2	0.4275924	73.0	0.08933672	88	0.502377286	86.6	0.42759242
84.9	0.4325437	73.1	0.09037119	89	0.563676586	86.7	0.4325437
86.6	0.4325437	73.1	0.09037119	89	0.563676586	86.7	0.4325437
84.9	0.4325437	73.2	0.09141764	89	0.563676586	86.9	0.44261894
86.6	0.4375523	73.2	0.09141764	89	0.563676586	87	0.44774423
87.1	0.4375523	73.5	0.09463025	89	0.563676586	87.1	0.45292886
85.9	0.4477442	73.5	0.09463025	89	0.563676586	87.2	0.45817353
86.4	0.4529289	73.6	0.09572602	89	0.563676586	87.2	0.45817353
86.3	0.4634789	73.6	0.09572602	89	0.563676586	87.9	0.49662662
86.2	0.4966266	73.8	0.09795576	89	0.563676586	88	0.50237729
84.9	0.5081945	74.0	0.10023745	89	0.563676586	88	0.50237729
84.9	0.5081945	74.1	0.10139814	89	0.563676586	88.2	0.51407916
85.0	0.5140792	74.2	0.10257228	89	0.563676586	88.2	0.51407916
84.9	0.532145	74.5	0.10617689	89	0.563676586	88.2	0.51407916
85.1	0.532145	74.5	0.10617689	89	0.563676586	88.2	0.51407916
85.1	0.5508457	74.6	0.10740636	89	0.563676586	88.3	0.52003191
84.9	0.5572242	74.7	0.10865007	89	0.563676586	88.4	0.5260536
84.9	0.5702037	74.8	0.10990817	89	0.563676586	89	0.56367659
85.2	0.5702037	75.2	0.11508799	90	0.632455532	89.1	0.57020365
85.1	0.5768063	75.2	0.11508799	90	0.632455532	89.1	0.57020365
85.1	0.5970765	75.3	0.11642064	91	0.709626778	89.3	0.5834854
83.8	0.6109842	75.4	0.11776873	91	0.709626778	89.4	0.59024185
85.3	0.6180591	75.4	0.11776873	91	0.709626778	89.5	0.59707652

86.4	0.639779	75.8	0.123319			90.1	0.63977902
89.8	0.6471873	75.8	0.123319			90.1	0.63977902
91.6	0.6776883	76.6	0.1352166			91.2	0.72615611
88.8	0.7603788	77.6	0.15171552			91.9	0.78710015
desv estand	0.0807674	desv estand	0.01430796	desv estand	0.067879776	desv estand	0.07606155
Máximo	0.7603788	maximo	0.15171552	maximo	0.709626778	maximo	0.78710015
Minimo	0.289088	minimo	0.06324555	minimo	0.355655882	minimo	0.32064908
promedio	0.3992753	promedio	0.08425411	promedio	0.464635532	promedio	0.41067684

5.2 Ensayo de exactitud

Este ensayo es la comparación entre el sonómetro calibrado BGI 0700018 y el sonómetro CDA 110020, este último se encuentra con una calibración modificada para poder encontrar la diferencia entre un sonómetro calibrado y uno con calibración alterada. Con los datos recabados en el ensayo esperamos poder encontrar la diferencia en exactitud de estos dos sonómetros.

5.2.1 Inferencia de los ensayos

Para encontrar la inferencia de los ensayos usaremos un contraste de hipótesis (también denominado test de hipótesis o prueba de significación) es una metodología de inferencia estadística para juzgar si una propiedad que se supone cumple una población es compatible con lo observado en una muestra de dicha población. Mediante esta teoría, se aborda el problema estadístico considerando una hipótesis determinada H_0 y una hipótesis alternativa H_1 , y se intenta dirimir cuál de las dos es la hipótesis verdadera, tras aplicar el problema estadístico a un cierto número de ensayos.

Está fuertemente asociada a los considerados errores de tipo I y II en estadística, que definen respectivamente, la posibilidad de tomar un suceso verdadero como falso, o uno falso como verdadero.

5.2.2 Comparaciones estadísticas

Para realizar las comparaciones estadísticas se uso el programa MINITAB 15 y Excel, que son una herramienta más eficaz y rápida para trabajar estadística descriptiva, estas serán las medidas estadísticas más importantes para determinar errores y encontrar una precisión en los resultados, tales como la desviación estándar, la media, mediana, rango, mínimo, máximo e intervalo de confianza.

5.3 Ensayo de precisión

Este es la comparación entre los sonómetros que se encuentran en el área de influencia, el que esta calibrado BGI 070018 y el sonómetro marca REALISTIC de Radio Shack, este sonómetro no tiene certificado de calibración y no cumple con normas internacionales, con este ensayo se quiere encontrar que instrumento tiene más precisión en la forma de recabar datos.

5.3.1 Derivación

Los resultados obtenidos entre estos dos sonómetros son:

Tabla V. Resultados obtenidos después del análisis estadístico

<hr/> Datos Ralistic <hr/>	
Media	0.464636
Error típico	0.005953
Mediana	0.447744
Moda	0.447744
Desviación estándar	0.06788
Varianza de la muestra	0.004608
Curtosis	2.69961
Coefficiente de asimetría	1.464398
Rango	0.353971
Mínimo	0.355656
Máximo	0.709627
Suma	60.40262
Cuenta	130
Mayor (1)	0.709627
Menor(1)	0.355656
Nivel de confianza(95.0%)	0.011779
<hr/> <i>BGI 0700018</i> <hr/>	
Media	0.410677
Error típico	0.006571
Mediana	0.389969
Moda	0.389969
Desviación estándar	0.076062
Varianza de la muestra	0.005785
Curtosis	6.793217
Coefficiente de asimetría	2.424089
Rango	0.466451
Mínimo	0.320649
Máximo	0.7871
Suma	55.0307
Cuenta	134
Mayor (1)	0.7871
Menor(1)	0.320649
Nivel de confianza (95.0%)	0.012997

Se Puede ver que el numero de datos recabados por realistic es menor al BGI 070018 ya que este último tiene mayor exactitud en la toma de datos, porque lo hace automático, en el realistic se tienen que tomar los datos cada 30 segundos manualmente, con cronometro en mano.

5.3.2 Estadísticas

Estadísticas descriptivas: esta nos da referencia al número de datos totales, la media, error medio y la desviación estándar, datos que se utilizarán más adelante, estos datos se sacaron utilizando el programa minitab 15 da como resultado en pascales, cda 120040, pascales cda 110020, pascales realistic, pascales bgi 070018.

Variable	Conteo				Media del Error		
	total	N	N*	Porcentaje	Media	estándar	Desv.Est.
Pascales cda 120040	134	134	0	100	0.39928	0.00698	0.08077
Pascales cda 110020	134	134	0	100	0.08425	0.00124	0.01431
Pascales realistic	130	130	0	100	0.46464	0.00595	0.06788
Pascales bgi 070018	134	134	0	100	0.41068	0.00657	0.07606

Variable	CoefVar	Suma	Mínimo	Q1	Mediana	Q3
Pascales cda 120040	20.23	53.50289	0.28909	0.35977	0.36394	0.40953
Pascales cda 110020	16.98	11.29005	0.06325	0.07604	0.08148	0.08556
Pascales realistic	14.61	60.40262	0.35566	0.44774	0.44774	0.50238
Pascales bgi 070018	18.52	55.03070	0.32065	0.37242	0.38997	0.41073

N para

Variable	Máximo	Rango	Modo	moda	Sesgo
Pascales cda 120040	0.76038	0.47129	0.363940	30	2.17
Pascales cda 110020	0.15172	0.08847	0.0805434	9	1.86

Pascales realistic	0.70963	0.35397	0.447744	67	1.46
Pascales bgi 070018	0.78710	0.46645	0.389969	17	2.42

5.4 Interpretación de resultados de los ensayos

El objetivo de esta parte del capítulo es analizar e interpretar la información brindada en la toma de datos y con base en estos resultados se hacen una representación gráfica de los datos que permite presentar mejor y con más eficacia los resultados.

5.4.1 Error sistemático

Error que no se determina por un evento al azar, sino que se introduce por una inexactitud en el sistema. Los errores sistemáticos son predecibles y esperados. En este caso tenemos que las mediciones que se realizaron sobre el área de influencia no arroja los mismos resultados los dos sonómetros ya que uno se le modifico la calibración, acá comparamos el sonómetro calibrado BGI 0700018 y el calibrado CDA 120040. Los resultados de la medición son los siguientes:

Donde N es número de datos recabados.

Mean es la media de los datos.

StDev es la desviación estándar

SE Mean es la desviación estándar da las medias.

Two-sample T for BGI070018 vs CDA120040

	N	Mean	StDev	SE Mean
BGI070018	134	0.4107	0.0761	0.0066
CDA120040	134	0.3993	0.0808	0.0070

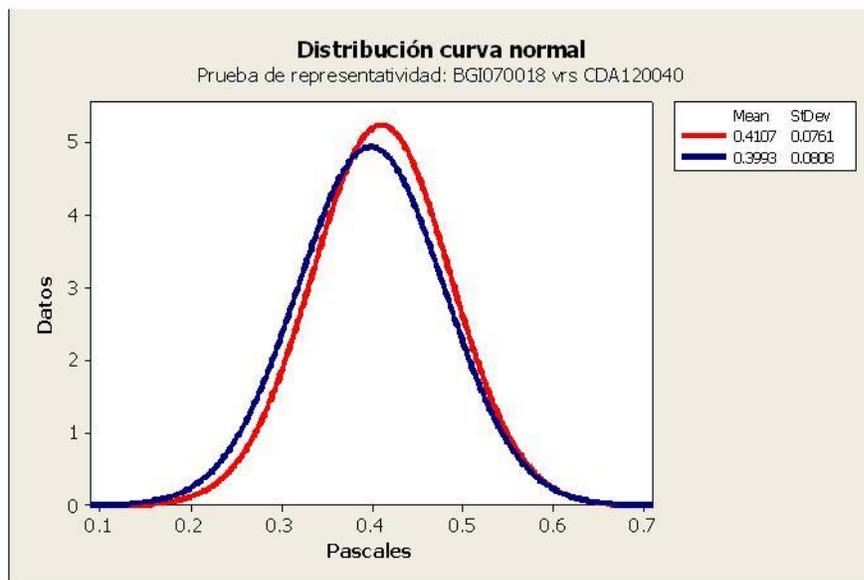
Difference = μ (BGI070018) - μ (CDA120040)

Estimate for difference: 0.01140

95% CI for difference: (-0.00747, 0.03027)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 1.19 P-Value = 0.235 DF = 265

Figura 19. Error Sistemático.



Fuente minitab 15

En la gráfica anterior se puede ver que la campana roja, que representa el sonómetro con calibración, demarca la campana más exacta, que representa el sonómetro con calibración, y la campana azul representa el sonómetro con la calibración modificada, se ve que existe un sesgo entre las dos campanas que aunque es mínimo hay diferencia al hacer mediciones con un equipo calibrado y uno modificado, aunque nuestra hipótesis principal se rechaza, ya que nuestra H_0 quedo dentro de los limites de aceptación de la prueba, por lo que se rechaza la H_a , en el muestreo de niveles sonoros continuos la diferencia es mínima a hacer una medición con un sonómetro certificado y calibrado y otro certificado y con la calibración modificada. En la figura 20 se muestra como en el sonómetro realistic se hace la toma de datos manual y en los sonómetros calibrados BGI 0700018 y CDA 120040 con la calibración modificada, realiza la toma de datos automáticamente en la fuente generadora de sonido.

FIGURA 20. Sonómetro Realistic, Sonómetro BGI 0700018 y sonómetro CDA 120040



5.4.2 Errores de exactitud

Este tipo de error refiere a que tan cerca del valor real se encuentra el valor medido. En términos estadísticos, la exactitud está relacionada con el sesgo de una estimación. Cuanto menor es el sesgo más exacto es una estimación.

Cuando expresamos la exactitud de un resultado se expresa mediante el error absoluto que es la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero.

En este caso es la diferencia que existe entre el sonómetro que se colocó cercano a la fuente de sonido, sonómetro calibrado BGI 070018 y el sonómetro que se colocó en el sitio de trabajo, donde se encuentra la persona más cercana a la fuente que produce el sonido CDA 110020. El ensayo permite evaluar y comparar los resultados obtenidos en un sitio de medición no representativo donde no permanece el personal y la medición representativa donde existe el riesgo, lugar de trabajo.

Donde N es número de datos recabados.

Mean es la media de los datos.

StDev es la desviación estándar

SE Mean es la desviación estándar de las medias.

Two-sample T for BGI070018 vs CDA110020

	N	Mean	StDev	SE Mean
BGI070018	134	0.4107	0.0761	0.0066
CDA110020	134	0.0843	0.0143	0.0012

Difference = μ (BGI070018) - μ (CDA110020)

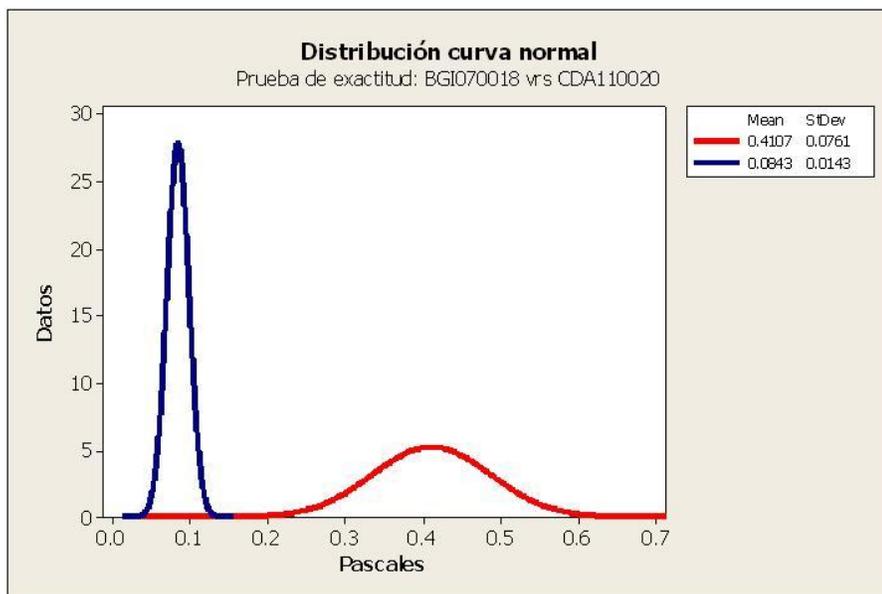
Estimate for difference: 0.32642

95% CI for difference: (0.31321, 0.33964)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = 48.82 P-Value = 0.000

DF = 142

Figura 21. Grafica de prueba de exactitud



Fuente Minitab 15.

En la gráfica anterior se observa la diferencia que existe en medir en un lugar cercano a la fuente generadora de sonido, que no es representativo y en otro, en el lugar donde existe el riesgo por ser el sitio de trabajo donde permanece el personal, la campana azul, representa el sonómetro calibrado y localizado sobre la fuente, la campana roja muestra el sonómetro calibrado y colocado en el lugar más próximo con personas, claramente vemos una gran diferencia entre una y otra, esto se debe a que no existe compatibilidad en los datos, porque los niveles sonoros disminuyen al alejarse de la fuente de origen, por lo tanto se puede observar que a veces no es necesario una medición en una fuente donde no hay movimiento de personas cercanas y que se encuentra aislada, es más importante la medición sobre el área donde se encuentre personal trabajando y el cual es directamente afectado, para poder tomar decisiones correctas a la hora de escoger la protección necesaria y de organizar los turnos de trabajo. En la gráfica 22 se muestra la toma de datos de los dos sonómetros.

FIGURA 22. Sonómetros BGI 0700018 en la fuente generadora y el CDA 110020 en la fuente de influencia más próxima



5.4.3 Errores de precisión

Anteriormente se hablo de exactitud, los términos exactitud y precisión que en una conversación ordinaria se utilizan muchas veces como sinónimos, se deben distinguir con cuidado en relación con los datos científicos ya que no significan lo mismo. Un resultado exacto es aquel que concuerda de cerca con el valor real de una cantidad medida.

El término precisión se refiere a la concordancia que tienen entre sí un grupo de resultados experimentales; no tiene relación con el valor real. Los valores precisos pueden ser inexactos, ya que un error que causa desviación del valor real puede afectar todas las mediciones en igual forma y por consiguiente no perjudicar su precisión. La precisión se expresa por lo general en términos de la desviación estándar. Como en el caso del error (mencionado anteriormente), precisión puede expresarse en forma absoluta o relativa.

Este ensayo es el que se realizo entre el sonómetro certificado y calibrado BGI 070018, y el sonómetro realistic, sin certificación y calibración, los datos fueron los siguientes.

Donde N es número de datos recabados.

Mean es la media de los datos.

StDev es la desviación estándar

SE Mean es la desviación estándar da las medias

Two-sample T for BGI070018 vs Realistic

	N	Mean	StDev	SE Mean
BGI070018	134	0.4107	0.0761	0.0066
Realistic	130	0.4646	0.0679	0.0060

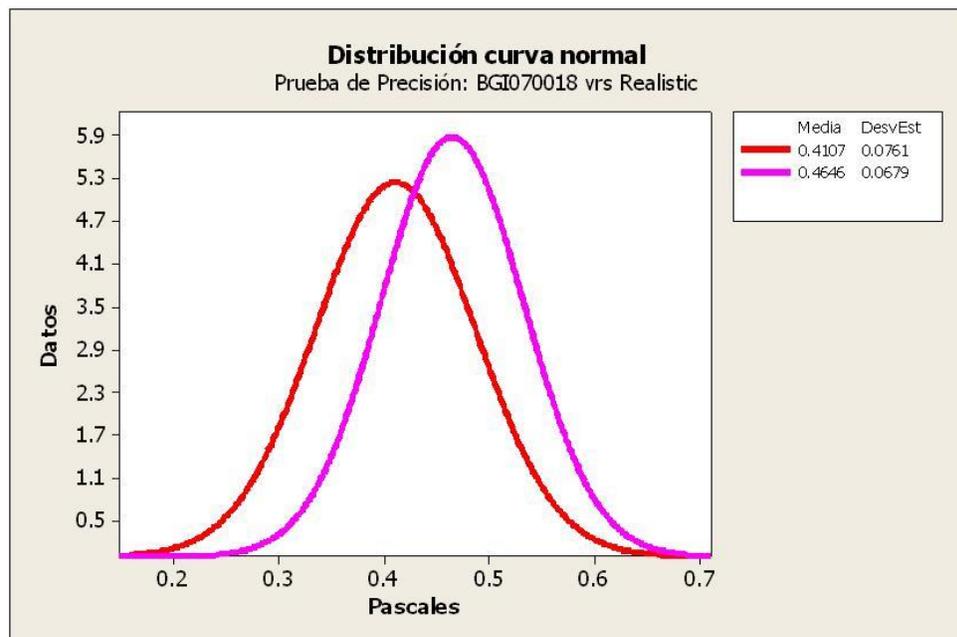
Difference = μ (BGI070018) - μ (Realistic)

Estimate for difference: -0.05396

95% CI for difference: (-0.07142, -0.03650)

T-Test of difference = 0 (vs not =): T-Value = -6.09 P-Value = 0.000 DF = 260

Figura 23. Prueba de Precisión



Fuente Minitab 15

Se observa las dos campanas, la roja es la del sonómetro BGI 0700018 y la magenta es del realístic, los datos tienen mucho parecido y tienen una tendencia casi iguales, pero no existe en la gráfica uniformidad, por lo que podemos ver que existe una gran diferencia entre la medición de un sonómetro calibrado y con precisión y uno sin calibración y sin precisión. Para que el ensayo tuviera 100% de confiabilidad las gráficas debería estar traslapadas, por lo cual no existe precisión alguna entre los dos sonómetros, el realístic a pesar de ser un equipo sumamente simple, nos da datos muy parecidos al sonómetro con mayor capacidad y completo, aunque influye también en los resultados la destreza de la persona que esté operando el equipo realístic ya que todos los datos se tienen que tomar a mano y con cronómetro al mismo tiempo, como se representa en la figura 24, la obtención de los datos, el tipo de fuente a examinar y la instalación del equipo con respecto a la fuente, influyen en la recopilación de los datos, es necesario hacer hincapié que el sonómetro realístic se probó con un ruido la mayoría del tiempo continuo, lo que hace que el sonómetro registre sonidos con poca variación en la tiempo de exposición, es decir el rango entre sonidos máximos y mínimos es bajo. Con el tiempo, por razones de tiempo y falta de un área con ruido impulsivo, no se pudo establecer si al existir picos de sonidos durante un periodo determinado de tiempo, obtenga los mismos resultados.

Figura 24. Toma de datos en la fuente generadora de sonido REALISTIC



5.5 Planificación del muestreo de sonido

Planificar es una parte importante en el conjunto de la gestión del ruido y puede verse desde dos niveles diferentes:

- **Global** – donde el ruido ambiental de una zona extensa está siendo gestionado continuamente para prevenir que aumenten los problemas de ruido y para optimizar el uso de los recursos limitados
- **Local** – donde las situaciones individuales se evalúan antes de su implementación. Para el caso de esta tesis se planifica sonido desde el punto de vista local, porque su aplicación en áreas industriales.

A menudo nos referimos a esto como evaluación del impacto ambiental y se usa frecuentemente para proporcionar las bases que garanticen el permiso de planificación de nuevos desarrollos, y para mapas estratégicos de ruido, muy útiles para optimizar la gestión del ruido urbano.

En el nivel local en muchos países, la evaluación del impacto ambiental debe hacerse con antelación, por ejemplo, al solicitar el permiso para una fábrica nueva. A menudo existe el requisito de evaluar el impacto de ruido bien impidiendo que se exceda un límite fijo, o bien ponderando el impacto del ruido y de otros factores ambientales contra los beneficios socioeconómicos de la propuesta. Esto puede conducir al desarrollo de propuestas alternativas para mejorar el impacto ambiental antes de su aprobación.

Las herramientas que se utilizan para evaluar el impacto del ruido incluyen:

- Mapas de curvas de nivel de ruido
- Cálculo de un Índice de Ruido Ponderado
- Evaluación de la eficacia/coste y del efecto de las actividades de reducción de ruido
- Información del número de personas expuestas a ciertos niveles de ruido

5.6 Control de sonido

Cuando se tiene como objetivo reducir los efectos del sonido ambiental sobre las personas, deberán tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Fuentes de ruido
- Vía de transmisión
- Tipo de trabajo que efectúa

5.6.1 Emisor del sonido (la fuente)

La fuente más común de ruido ambiental es el tráfico rodado. El ruido de tráfico rodado constituye más del 90% de los niveles de ruido inaceptables (L_{Aeq} diario > 65 dB(A)). Otras formas de ruido procedente del transporte, tal como el ruido de aeronaves o del ferrocarril, causan un problema más localizado aunque también causará molestia a un gran número de personas.

Los niveles de ruido exterior disminuyen normalmente al aumentar la distancia existente desde la fuente a causa de una dispersión geométrica de la energía sonora en una gran superficie y al ser absorbido el ruido por la atmósfera y por el terreno. Las barreras pueden lograr reducciones adicionales de los niveles de ruido.

El aislamiento acústico de los edificios es la barrera final contra los efectos intrusos del ruido ambiental.

La medida y el estudio del ruido permiten realizar predicciones fiables sobre las consecuencias que una fuente sonora pueda generar sobre un entorno determinado. Así, conociendo las características acústicas propias del foco sonoro, se puede actuar sobre ellas en el mismo momento en que este se cree, utilizando materiales adecuados o diseñados de formas geométricas que eviten problemas de reverberación o vibración.

La intensidad del ruido por impacto se minimiza empleando materiales que amortigüen las ondas sonoras en su estructura. Otra manera de prevenirlos consiste en determinar con exactitud el origen del impacto y actuar sobre el, aumentando las superficies que lo producen.

La acción contra el ruido procedente de la fricción entre dos superficies se concentrara en la utilización de materiales poco rugosos o en la lubricación de un mecanismo mecánico.

5.6.2 Pantallas acústicas

Una de las actuaciones más económicas y efectivas para la lucha contra el ruido consiste en colocar barreras acústicas que absorban las ondas sonoras entre las fuentes sonoras y los receptores. El efecto de estas pantallas depende en gran medida de la frecuencia del sonido incidente, que es atenuado en diferente grado según la zona en la que esté ubicado el receptor.

La efectividad de las pantallas acústicas no solo está condicionada por sus dimensiones físicas o por el material del que están compuestas, sino también por la situación, relativa entre la fuente sonora y los receptores. Es por esto, antes de aplicar cualquier medida de apantallamiento en el lugar afectado por niveles altos de contaminación acústica, debe realizarse un estudio cuidadoso de las condiciones sonoras de la zona.

Otro punto a tenerse en cuenta es el económico. Según el diseño de la forma de los plafones sus dimensiones y su composición, puede conseguirse una mayor efectividad en el aislamiento acústico de una población.

Figura 25. Pantalla de aislamiento acústico



Fuente: <http://www.panrodo.com/productos.html>

5.6.3 Diseño de pantalla acústica

Cuando se desea, minimizar la influencia que el ruido procedente de un área de niveles sonoros altos, las variables básicas para obtener el índice de inserción máximo son la altura de la pantalla y su ubicación idónea.

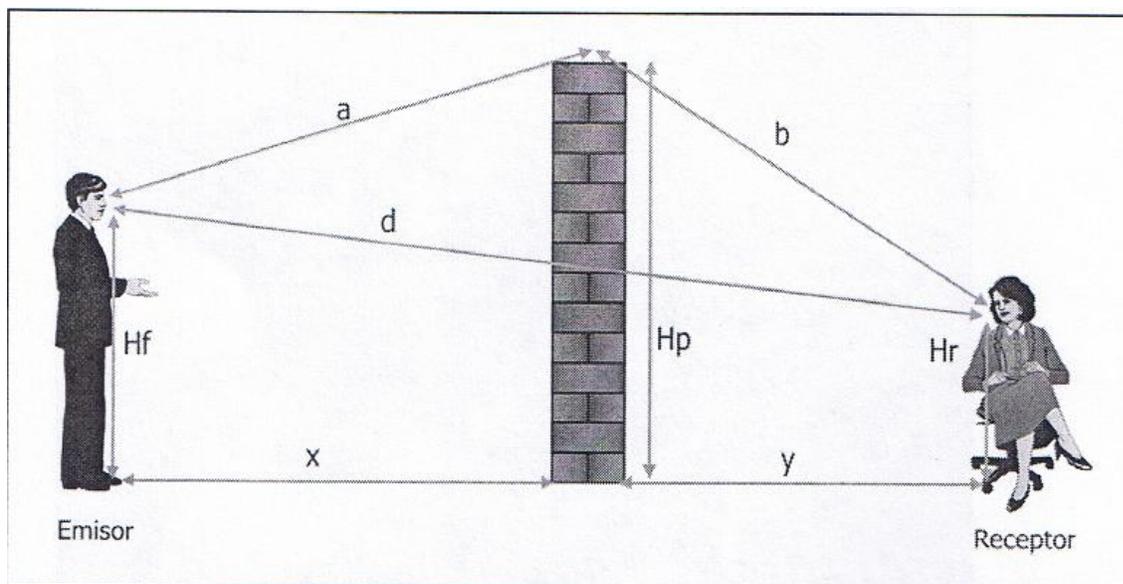
El índice de inserción (I.L.) es la diferencia entre los niveles de presión sonora con y sin la pantalla.

Para su cálculo se define el camino preferencial del sonido (δ) como:

$$\delta = a + b - d$$

Donde a, b y d son las distancias representadas en la figura 26

Figura 26. Posiciones relativas entre el emisor y receptor, respecto a una pantalla acústica



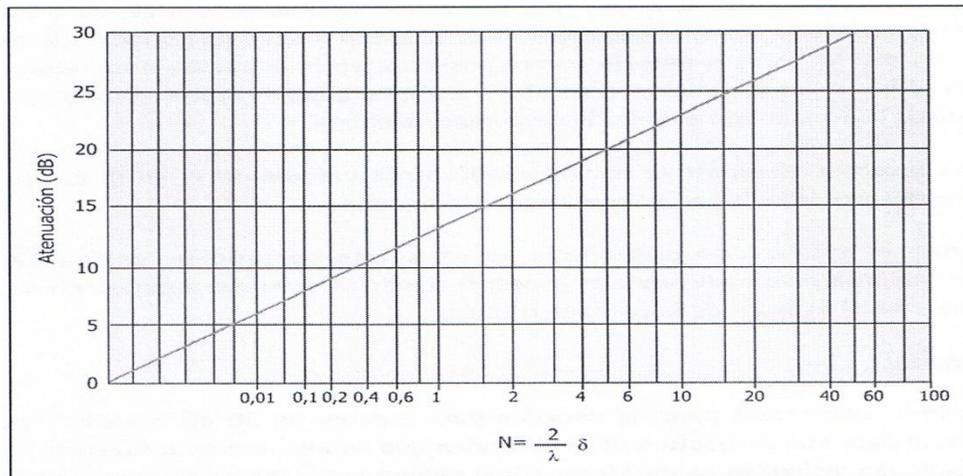
Fuente: Flores Pereita, Pedro. Manual acústica, ruidos y vibraciones, pag.56

También definiremos el n°de fresnel (N) como:

$$N = \frac{2 \cdot \delta}{\lambda}$$

Que se relaciona con el índice de inserción, mediante la grafica 27.

Figura 27: Atenuación acústica de pantallas



Fuente: Flores Pereita, Pedro .Manual acústica, ruidos y vibraciones, pag. 57.

Así, a partir de una atenuación deseada, se calcula el valor del camino preferencial (δ) correspondiente y, mediante cálculos trigonométricos, la ubicación y altura de la pantalla.

En el análisis de la ubicación, por medio de programas de optimización informáticos, puede obtenerse rápidamente la situación para la cual la suma (a +b) es máxima, y por lo tanto, también serán máximos los valores de N y de la atenuación.

Por lo tanto aplicando el teorema de Pitágoras, en la figura 26

$$a = \sqrt{(H_p - H_f)^2 + x^2}$$

$$b = \sqrt{(H_p - H_r)^2 + y^2}$$

$$c = \sqrt{(H_f - H_r)^2 + (x + y)^2}$$

Sustituyendo en la expresión del camino preferencial:

$$\delta = a + b - d$$

$$\delta + d = a + b$$

$$\frac{N \cdot \lambda}{2} + \sqrt{(H_f - H_r)^2 + (x + y)^2} = \sqrt{(H_p - H_f)^2 + x^2} + \sqrt{(H_p - H_r)^2 + y^2}$$

Dado que las variables N , λ , H_f , H_r y $(x+y)$ son valores conocidos, consideraremos un valor determinado de “ x ” (y por tanto de “ y ”), con la cual nos quedará la expresión en función de H_p . Puesto que H_p estará presente en la ecuación dos veces y no podrá aislarse, su cálculo se llevara a cabo mediante sucesivas aproximaciones hasta dar con el valor H_p que más se ajuste.

El proceso puede repetirse considerando otros valores de x , en la búsqueda de los valores óptimos de “ x ” e “ y ” que hagan H_p mínima.

Cuando el espesor de la pantalla no se pueda despreciar, se realiza el mismo procedimiento pero incluyendo el espesor, siendo la distancia total entonces $(x+y+e)$; donde e es el espesor de la pantalla acústica.

5.6.4 Equipo de protección personal (EPP)

Los sonidos se escuchan en condiciones normales como una variación de diferencias de presión y llegan al oído para luego ser transmitidas por los mecanismos auditivos al cerebro, en donde se producen diferentes sensaciones, de acuerdo al tipo de ruido, los perjudiciales que excedan los niveles de exposición al ruido permitidos (85-90 dB) se deben realizar disminuciones en la fuente de emisión, pero a veces no es suficiente y se debe acudir a la protección del oído, sea en su parte interna, o directamente en los canales auditivos.

Los protectores para oídos se pueden dividir en dos grupos principales:

- a. Los tapones o dispositivos de inserción: son aquellos que se colocan en el canal auditivo. Existen los tapones aurales, y los supraaurales. Las cantidades de reducción de ruido dependerán del tipo de material con el que se encuentren fabricados, siendo más o menos absorbentes del ruido pudiendo llegar hasta disminuir 15 dB.

Figura 28. Tapones o dispositivos de inserción



Fuente: <http://www.panrodo.com/productos.html>

- b. Orejeras: es una barrera acústica que se coloca en el oído externo, su capacidad para atenuar el sonido depende de las diferencias de tamaños, formas, material sellador, armazón, y clase de suspensión. La clase de cojín o almohada que se usa entre la copa y la orejera y la cabeza tienen mucho que ver con la eficiencia de la atenuación. Los cojines llenos de líquidos o grasas, brindan una mejor suspensión de ruido, que los plásticos o caucho esponjoso, aunque pueden sufrir pérdidas.

Figura 29. Orejeras



Fuente: <http://www.panrodo.com/productos.html>

Las variaciones de los modelos brindan distintos grados de disminución de ruido. Pudiéndolos llevar en el caso de las orejeras hasta unos 25 dB o 30 dB menos de lo que existe en el ambiente.

A pesar de lo eficiente que puedan ser los protectores auditivos el que se lo acepte bien o mal, depende enormemente de lo cómodo que resulte, debido

a que existen personas que por defectos físicos o psíquicos no pueden usar tapones, mientras que a otras les es imposible usa orejeras.

Es importante notar, que dentro de las maneras de disminuir la cantidad de ruido, se deben disponer de ambas para permitirle al obrero elegir cual le sea más comfortable y le sienta mejor, siempre y cuando estas cumplan con los debidos niveles de protección buscados con este dispositivo.

CONCLUSIONES

1. Se determinó la diferencia que existe entre medir en el área donde se produce el sonido y el área donde se encuentra el personal trabajando y está directamente afectado, estas diferencias sirven para tomar decisiones correctas a la hora de escoger la protección necesaria y de organizar los turnos de trabajo.
2. Se realizó y estableció una metodología de toma de datos en campo, adecuada, la cual puede ser tomada como base para realizar mediciones de niveles sonoros en la industria.
3. Se describió con claridad el procedimiento básico necesario para realizar una correcta calibración del equipo de medición de sonido en situ antes de realizar una medición en la industria.
4. Se identificó la diferencia que existen entre medir con un sonómetro que cumpla normas, estándares internacionales y que tenga certificados de calibración y un sonómetro básico y poco funcional para realizar mediciones de sonido en la industria.
5. Se comprobó que al realizar medición de sonidos con un sonómetro con una calibración modificada y un sonómetro calibrado, en condiciones de ruido continuo, durante un periodo determinado, tienden a estabilizar los sonómetros dando lecturas muy parecidas, pero no iguales.

6. Se logró identificar la importancia que tiene el localizar las áreas con mayor influencia de sonido y como realizar una correcta medición en el área de trabajo, para ello es necesario realizar un reconocimiento en planta identificado los riesgos existentes.

7. Se describió el equipo de protección personal que se necesita para evitar las molestias producidas por los sonidos en la industria.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda basarse en metodologías y estándares internacionales para realizar mediciones sonoras, también contar con un equipo de medición que cumpla con certificaciones y calibraciones, para que los datos recabados tenga representatividad.
2. Debe realizarse más ensayos con sonido impulsivo y sonido continuo en las mismas condiciones para establecer si existe una diferencia más marcada.
3. Mantener monitoreo constante sobre las áreas en las cuales se produzcan estos niveles sonoros altos, para evitar que el operario se exponga a niveles de presión, que le produzcan lesiones.
4. Recurrir siempre a personal calificado, que sepa sobre legislación ambiental y parámetros de control ambiental, para realizar las mediciones de niveles sonoros.
5. Mantener en constante capacitación a los operarios y jefes de área sobre las causas y efectos que produce la exposición a niveles sonoros altos, sin una protección adecuada.
6. Hacer uso del protocolo de medición siempre que se vaya a realizar una evaluación de sonido en un área de trabajo.

7. Realizar un plan de medición de sonido en las empresas tratando de abarcar las áreas con personal laborando que más se ve afectadas por sonidos altos.

BIBLIOGRAFIA

1. CAMPOSECO Espina, Lesbia; Medición, evaluación y control del ruido en una industria de maquilado de tubería de acero, Ingeniera Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003.
2. DACARETT Cabrera, Maritza; Introducción a la evaluación y Manejo de Riesgos Ambientales, Ingeniera Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004.
3. HADDAD Ricardo, **Evaluación y Reglamentación de Fuentes Ruido, Informe Técnico**, Perú, CEPIS/OPS: 1974.
4. HARRIS, Cyril, M; **Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido**, 3era Edición, México, Mc Graw Hill: 1995.
5. INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE NAVARRA, **Curso de Atención al Medio**, ISPN, España, ISPN: 1986.
6. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD - OMS -, **Riesgos del Ambiente Humano para la Salud, OMS**, Ginebra, Suiza, 1978.

7. ROJAS Torres, María; Manual de evaluación de impacto ambiental, Ingeniera Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005.
8. SANCHEZ Montenegro, Álvaro; Manual para la realización de auditorías Ambientales en la industria guatemalteca, Ingeniero Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2002.
9. SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA - SEDUE- Programa Nacional de Capacitación Ambiental, **Control de la Contaminación Atmosférica**, SEDUE, México: 1988.
10. SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA - SEDUE- **Reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación originada por emisión de Ruido**, SEDUE.