



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**INCIDENCIA DEL RUIDO GENERADO POR ASERRADEROS EN
EL BIENESTAR DE LA POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE QUEVEDO**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL**

AUTOR:

LUIS ENRIQUE SUÁREZ BUSTAMANTE

DIRECTOR DE TESIS:

ING. RAFAEL GARCÉS ESTRELLA

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2014

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **LUIS ENRIQUE SUÁREZ BUSTAMANTE**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____
Luis Enrique Suárez Bustamante

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, Ing. Rafael Garcés Estrella, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el Egresado, Luis Enrique Suárez Bustamante, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero en Gestión Ambiental titulada “Incidencia del ruido generado por aserraderos en el bienestar de la población de la ciudad de Quevedo”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Rafael Garcés Estrella

DIRECTOR DE TESIS



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL**

TESIS DE GRADO

**“INCIDENCIA DEL RUIDO GENERADO POR ASERRADEROS EN EL
BIENESTAR DE LA POBLACIÓN DE LA CIUDAD DE QUEVEDO”**

Presentada al Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención
del título de:

Ingeniera en Gestión Ambiental

APROBADO POR:

Ing. Pedro Suatunce Cunuhay
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Carlos Sánchez
**INTEGRANTE DEL TRIBUNAL
DE TESIS**

Ing. Julio Pazmiño
**INTEGRANTE DEL TRIBUNAL
DE TESIS**

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2014

AGRADECIMIENTOS

- ❖ *Agradezco a Dios todopoderoso por guiarme siempre por el camino correcto.*
- ❖ *Un agradecimiento muy especial a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a la Facultad de Ciencias Ambientales por abrirme sus puertas para poder obtener esta meta trazada.*
- ❖ *Agradecerle a cada uno de los docentes de la Facultad de Ciencias Ambientales por brindarme su apoyo incondicional y muestra de cariño en todos los años de mi carrera.*
- ❖ *Expresar mis más sinceros agradecimientos al Ing. Rafael Garcés Estrella director de mi tesis de grado, gracias por su apoyo y amistad brindada.*
- ❖ *Un agradecimiento muy especial al Ing. Julio Pazmiño por brindarme su amistad y apoyo desinteresado en todo momento de mi tesis de grado.*
- ❖ *A los señores conserjes Roberto Beserrín y Faustino Saldaña, grandes personas y amigos.*
- ❖ *Agradecerle de todo corazón a mi gran amiga Paola Villacís por su ayuda y apoyo incondicional, y sin dejar a un lado a mis compañeros y amigos de clases.*
- ❖ *A ti Victoria Corrales que has sido un apoyo fundamental en la culminación de mi investigación gracias por haber sido esencial en estos meses de mi carrera.*
- ❖ *A mis amigos que nunca me han fallado Ramiro, Gabriel y Edison que siempre han estado brindándome su amistad y apoyo en cada momento de mi tesis.*

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía y amigo incondicional.

Dedico mi tesis a ti Enrique Suárez mi papito querido que aunque no estés junto a mí, tus consejos y enseñanzas me sirvieron de mucho y siempre me llevaron por el camino correcto, gracias a ti eh alcanzado este gran logro, te amo padre amado.

A mi madrecita querida Mariana Bustamante que ha estado conmigo en todo momento, te dedico con todo mi amor esta tesis de grado y este título alcanzado todo esto es especialmente para ti, te amo mamá.

También quiero dedicar este logro con todo mi corazón a mis hermanos: Cecilia, Levis, Marita, Pochita, Consuelito y Mabel gracias por estar siempre a mi lado y brindarme su amor, confianza y cariño los amo.

A los chiquitos de la casa mis sobrinos que los llevo siempre presente en mi mente y en mi corazón también va dedicado este logro alcanzado, Mykel, Melany, Kenneth, Ariana, Andrés, David, Linda, Iker y Erik, los adoro mis pequeños consentidos.

ENRIQUE Y MARIANITA LOS AMOS.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
AGRADECIMIENTOS.....	¡Error! Marcador no definido.v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	x
ÍNDICE DE FIGURA	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
CAPÍTULO I.Marco Contextual de la Investigación.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos	4
1.3 HIPÓTESIS	5
CAPÍTULO II.Marco teórico	6
1.4 MARCO LEGAL.....	7
1.4.1 Ley de Gestión Ambiental	7
1.4.2 Constitución de la República del Ecuador 2008.....	11
1.4.3 Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones	13
1.5 FUNDAMENTOS FÍSICOS DEL SONIDO	16
1.5.1 Propiedades del sonido.....	16
1.5.2 Generación del sonido	20
1.6 RUIDO.....	20
1.6.1 Curva de ponderación A.....	21
1.6.2 Nivel sonoro continuo equivalente ponderación A ($L_{Aeq,T}$).....	22
1.6.3 Nivel percentil (L_p).....	22

1.6.4	Ruido urbano o ruido ambiente	22
1.6.5	Clasificación del ruido	22
1.6.6	Causantes de la contaminación	24
1.6.7	Ruido industrial	24
1.6.8	Factores de influencia	25
1.7	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	27
1.8	EFFECTOS DE RUIDO SOBRE LA SALUD	28
1.8.1	Efectos del ruido sobre el sueño	28
1.8.2	Efectos del ruido en la memoria	29
1.8.3	Estrés	29
1.8.4	Efectos del ruido en el embarazo	29
1.8.5	Efectos del ruido sobre la infancia	30
1.8.6	Alteraciones cardiovasculares	30
1.8.7	Malestar	31
1.9	ASPECTOS AMBIENTALES DE LOS ASERRADEROS	32
1.9.1	Emisión de ruido	32
1.9.2	Emisiones de polvo	33
1.9.3	Emisiones gaseosas	33
1.9.4	Residuos sólidos	34
1.10	EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DEL RUIDO	34
1.10.1	Sonómetro	34
	Tipos de sonómetro	35
	CAPÍTULO III. Metodología de la investigación	36
3.1.	MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1.1.	Localización de la zona de investigación	37
3.1.2.	Materiales y Equipos (de campo y oficina)	37
3.1.3.	METODOLOGÍA	38
3.1.3.1.	Caracterización de los niveles de ruido en los aserraderos	38
3.1.3.2.	Análisis estadístico	40

3.1.3.3. Relación de la percepción de la población con los niveles de ruido, aplicando la técnica de la entrevista	44
3.1.3.4. Plan de mitigación del ruido en los aserraderos	46
CAPÍTULO IV.Resultados y Discusión.....	47
4.1.2. Análisis estadístico de los resultados del monitoreo de ruido	58
4.2. Relación de la percepción de la población con los niveles de ruido, aplicando la técnica de la entrevista Likert	63
4.2.1. Percepción de la población	63
4.2.2. Relación percepción ciudadana – niveles promedios de ruido.....	64
4.3. Plan de mitigación del ruido en los aserraderos.....	69
4.4. Discusión	73
CAPÍTULO V.Conclusiones y Recomendaciones	76
CAPÍTULO VI.Bibliografía.....	80
CAPÍTULO VII.Anexos	84

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Longitud de onda.....	17
Gráfica 2. Longitud de onda necesaria para completar un ciclo	18
Gráfica 3. Curvas de ponderación	21

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Clasificación del ruido	20
Figura 2. Niveles promedio de ruido en el aserradero Sebmar en tres horarios ...	48
Figura.3. Niveles promedio de ruido en el aserradero San Rafael en tres horarios.....	49
Figura 4. Niveles promedio de ruido en el aserradero El Maderal en tres horarios.....	50
Figura 5. Niveles promedio de ruido en el aserradero <i>Madera Fina</i> en tres horarios.....	51
Figura 6. Niveles promedio de ruido en el aserradero <i>Madera de Guerreros</i> en tres horarios.....	52
Figura 7. Niveles promedio de ruido en el aserradero <i>El Campeón</i> en tres horarios.....	53
Figura 8. Niveles promedio de ruido en el aserradero <i>San Miguel</i> en tres horarios	54
Figura 9. Niveles promedio de ruido en el aserradero <i>El Criollo</i> en tres horarios.....	55
Figura 10. Niveles promedio de ruido en el aserradero <i>Puente Sur</i> en tres horarios.....	56
Figura 11. Niveles promedio de ruido en el aserradero <i>La Isla</i> en tres horarios.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles Máximos de Ruido Permisibles según Uso del Suelo	14
Tabla 2. Identificación de los aserraderos	38
Tabla 3. Efectos simples de los factores: A puntos, B días y C horarios	40
Tabla 4. Interacción de los factores A puntos y B días (AxB)	41
Tabla 5. Interacción de los factores A puntos y C horarios AxC.	41
Tabla 6. Interacción de los factores B días y C horarios BxC	41
Tabla 7. Interacción de los factores A puntos, B días y C horarios (AxBxC)	42
Tabla 8. Esquema del diseño estadístico completamente al azar	43
Tabla 9. Promedios de los factores y Prueba de Tukey.....	59
Tabla 10. Promedio de las interacciones AxC.	61
Tabla 11. Promedio de las interacciones BxC	62
Tabla 12. Valores absolutos de frecuencia según la metodología de Likert	63
Tabla 13. Promedios de ruido en días, semanas y horario	64
Tabla 14. Relación niveles de ruido – efecto en la salud (OMS)	65
Tabla 15. Promedio de la media general de la mañana.....	66
Tabla 16. Promedio de la media general del mediodía.....	67
Tabla 17. Promedio de la media general de la tarde	68

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Maquinarias de los aserraderos.....	85
Anexo 2. Medición del ruido.....	85
Anexo 3. Realización de encuesta.....	85
Anexo 4. Cuestionario empleado en la encuesta.....	86
Anexo 5. Cuadro de análisis de varianza de la contaminación acústica de los aserraderos en la ciudad de Quevedo (factores simples y combinación de factores).....	87
Anexo 6. Mapa de ubicación de los aserraderos en estudio.....	88

(Dublin Core) Esquema de Codificación			
1.	Título/Title	M	Incidencia del ruido generado por aserraderos en el bienestar de la población de la ciudad de Quevedo
2.	Creador/Creator	M	Suárez, L.; Universidad Técnica Estatal de Quevedo
3.	Materia/Subject	M	Ciencias Ambientales; Contaminación acústica.
4.	Descripción/Description	M	La presente investigación se la realizo en Quevedo; el objetivo principal fue determinar la incidencia de los niveles de ruido producidos por aserraderos en el bienestar de la población de la ciudad de Quevedo. Tuvo como conclusión que los niveles de ruido sobrepasan los límites máximos permisibles que establecen el TULMAS.
5.	Editor/Publisher	M	FCAMB; Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental; Suárez, L.
6.	Colaborador/Contributor	O	Ninguno
7.	Fecha/Date	M	
8.	Tipo/Type	M	Tesis de grado; Artículo
9.	Formato/Format	R	.doc. MS Word 2010; .pdf.
10.	Identificador/Identifier	M	http://biblioteca.uteq.edu.ec
11.	Fuente/Source	O	Investigación Ambiental. Contaminación acústica (2013)
12.	Lenguaje/Language	M	Español
13.	Relación/Relation	O	Ninguno
14.	Cobertura/Coverage	M	UTM, Datum WGS 1984, Zona 17S UTM 668773 E; 9883901 N UTM 669733 E; 9887939 N UTM 670226 E; 9887365 N UTM 671348 E; 9885235 N UTM 671325 E; 9885480 N UTM 672074 E; 9887658 N UTM 671899 E; 9887695 N UTM 671591 E; 9887164 N UTM 672001 E; 9884600 N UTM 672134 E; 9884598 N
15.	Derechos/Rights	M	Ninguno
16.	Audiencia/Audience	O	Tesis de Pregrado/Bachelor Thesis

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo investigativo “Incidencia del ruido generado por aserraderos en el bienestar de la población de la ciudad de Quevedo”, se realizó en el mes de abril del 2014 durante 12 días iniciando el lunes 7 hasta el viernes 19; en horarios de 8:00 – 10:00 am; 12:00 – 14:00 pm y 16:00 – 18:00 pm. Los objetivos de la investigación fueron: Caracterizar los niveles de ruido generados en los aserraderos del área urbana de la ciudad de Quevedo; Relacionar la percepción de la población con los niveles de ruido registrados en los aserraderos sobre la base de los límites máximos permisibles y criterios de la OMS; y Elaborar un plan de mitigación del ruido en los aserraderos de la ciudad de Quevedo.

Para caracterizar los niveles de ruido generados en los aserraderos del área urbana de la ciudad de Quevedo se tomaron las coordenadas de los diferentes aserraderos, y consecutivamente se procedió a la toma de los niveles de ruido con el sonómetro digital en los distintos aserraderos (10 puntos), cada 10 segundos se tomó una medición. En donde se determinó que el aserradero *El Campeón* registró el nivel de ruido de mayor intensidad con un promedio de 82,2 dB. En cambio, en el aserradero *Madera Fina* registró el nivel de ruido de menor intensidad con un promedio de 77,9 dB. Se comprobó que todos los establecimientos sobrepasan la norma de los niveles máximos de ruido permisible según el uso del suelo; esto quiere decir que ninguno cumple con el límite máximo permisible establecido por el TULSMA para zona industrial y para zona mixta, que es de 70 dB y de 55 dB, respectivamente.

Para relacionar la percepción de la población con los niveles de ruido registrados en los aserraderos se empleó un cuestionario de 10 ítems de los cuales se identificaron los más discriminantes según la metodología de Likert.

Posteriormente para la elaboración del plan de mitigación del ruido en los aserraderos de la ciudad de Quevedo se consideró los siguientes puntos: el aspecto ambiental que se va a tratar, se describe los objetivos a conseguir, las medidas que se sugiere implementar, que indicadores se utilizaran y finalmente se detalla a la entidad responsable.

ABSTRACT

This research work "The effects of noise generated by sawmills in the welfare of the city of Quevedo," was held in April 2014 for 12 days beginning Monday 7 to Friday 19; at times 8:00 to 10:00 a.m.; 12:00 to 2:00 p.m. and 4:00 p.m. to 6:00 p.m.. The objectives of the research were to characterize the noise levels generated at sawmills in the urban area of the city of Quevedo, relate the perception of the population with the noise levels recorded in the mills on the basis of the maximum permissible limits and criteria WHO; Develop a plan and noise mitigation in sawmills city Quevedo.

To characterize the noise levels generated at sawmills in the urban area of the city of Quevedo coordinates the different mills were taken consecutively and proceeded to making the noise levels with digital sound level meter in individual mills (10 points), every 10 seconds a measurement was taken. Where it was determined that the mill Champion noise level recorded highest intensity averaging 82.2 dB. In contrast, in the sawmill wood Fina recorded noise of lower intensity averaging 77.9 dB. It was found that all facilities beyond the standard maximum permissible noise levels according to land use; this means that none meets the maximum allowable limit set by the TULSMA industrial area and mixed area, which is 70 dB and 55 dB, respectively.

To relate the perception of people with noise levels recorded in sawmills 10-item questionnaire which identified the most discriminating according to Likert methodology was used.

Then for the development of noise mitigation plan in sawmills city Quevedo considered the following points: the environmental aspect to be treated, the objectives described getting the measures suggested implementing that indicators and finally utilize the responsible entity is detailed.

CAPÍTULO I

Marco Contextual de la Investigación

1.1 INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizará con el fin de conocer los diferentes niveles de ruido que son generados por los distintos aserraderos de la ciudad de Quevedo, y los daños que ocasiona la contaminación acústica a la población en general.

Cuando las personas están expuestas a un ruido continuo de muy alta intensidad ya sea de forma temporal o permanente, puede afectar directamente a nuestra salud, el ruido procedente de máquinas puede causar diferentes enfermedades como: daños psicológicos, pérdida de la audición, estrés, dolores de cabeza, entre otros (FIA, 2008).

El ruido es uno de los problemas ambientales más relevantes. Su indudable dimensión social contribuye en gran medida a ello, ya que las fuentes que lo producen forman parte de la vida cotidiana: actividades locales y de ocio, grandes vías de comunicación, los medios de transporte, las actividades industriales, entre otras (Miyara, 2002).

El ruido es un sonido no deseado, ya que es considerado por la mayoría de las personas como un factor medioambiental muy importante que incide en la calidad de vida de las personas, es por eso que en la actualidad se encuentra entre los contaminantes que causan mayor riesgo a la salud de las personas a nivel mundial (Blanco, 2006).

El ruido es uno de los contaminantes laborales más comunes. Gran cantidad de trabajadores se ven expuestos diariamente a niveles sonoros potencialmente peligrosos para su audición, además de sufrir otros efectos perjudiciales en su salud. En muchos casos es técnicamente viable controlar el exceso de ruido

aplicando técnicas de ingeniería acústica sobre las fuentes que lo generan (González, 2008).

El ruido que causan las diferentes maquinas utilizadas en los distintos aserraderos de la ciudad de Quevedo provoca malestar en los trabajadores y las familias que habitan cerca de los predios de los aserraderos.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Determinar la incidencia de los niveles de ruido producidos por aserraderos en el bienestar de la población de la ciudad de Quevedo.

1.2.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar los niveles de ruido generados en los aserraderos del área urbana de la ciudad de Quevedo.
2. Relacionar la percepción de la población con los niveles de ruido registrados en los aserraderos sobre la base de los límites máximos permisibles y criterios de la OMS.
3. Elaborar un plan de mitigación del ruido en los aserraderos de la ciudad de Quevedo.

1.3 HIPÓTESIS

H0= Hipótesis Nula.- Los aserraderos ubicados en el área urbana de la ciudad de Quevedo generan niveles de ruido distintos entre sí, que pueden o no incumplir el límite máximo permisible establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

H1= Hipótesis Alternativa.- Los aserraderos ubicados en el área urbana de la ciudad de Quevedo generan niveles de ruido similares que incumplen el límite máximo permisible establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

CAPÍTULO II

Marco teórico

1.4 MARCO LEGAL

1.4.1 Ley de Gestión Ambiental

El Ministerio del Ambiente (2004) establece en la Ley de Gestión Ambiental lo que se describe a continuación:

TITULO II: DEL RÉGIMEN INSTITUCIONAL DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

Capítulo II De La Autoridad Ambiental

Art. 8.- La autoridad ambiental nacional será ejercida por el Ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, sin perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del Estado.

El Ministerio del ramo, contará con los organismos técnicos - administrativos de apoyo, asesoría y ejecución, necesarios para la aplicación de las políticas ambientales, dictadas por el Presidente de la República.

Art. 9.- Le corresponde al Ministerio del ramo, según los siguientes numerales:

- a)** Elaborar la Estrategia Nacional de Ordenamiento Territorial y los planes seccionales.
- c)** Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar normas técnicas, manuales y parámetros generales de protección ambiental, aplicables en el ámbito nacional; el régimen normativo general aplicable al sistema de permisos y licencias de actividades potencialmente contaminantes, normas

aplicables a planes nacionales y normas técnicas relacionadas con el ordenamiento territorial.

- i) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes.
- j) Definir un sistema de control y seguimiento de las normas y parámetros establecidos y del régimen de permisos y licencias sobre actividades potencialmente contaminantes y la relacionada con el ordenamiento territorial.

CAPITULO IV De la Participación de las Instituciones del Estado

Art. 12.- Son obligaciones de las instituciones del Estado del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental en el ejercicio de sus atribuciones y en el ámbito de su competencia:

- a) Aplicar los principios establecidos en esta Ley y ejecutar las acciones específicas del medio ambiente y de los recursos naturales;
- b) Ejecutar y verificar el cumplimiento de las normas de calidad ambiental, de permisibilidad, fijación de niveles tecnológicos y las que establezca el Ministerio del ramo;
- c) Participar en la ejecución de los planes, programas y proyectos aprobados por el Ministerio del ramo;

- d)** Coordinar con los organismos competentes para expedir y aplicar las normas técnicas necesarias para proteger el medio ambiente con sujeción a las normas legales y reglamentarias vigentes y a los convenios internacionales;
- e)** Regular y promover la conservación del medio ambiente y el uso sustentable de los recursos naturales en armonía con el interés social; mantener el patrimonio natural de la Nación, velar por la protección y restauración de la diversidad biológica, garantizar la integridad del patrimonio genético y la permanencia de los ecosistemas;
- f)** Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales; y,
- g)** Garantizar el acceso de las personas naturales y jurídicas a la información previa a la toma de decisiones de la administración pública, relacionada con la protección del medio ambiente.

TITULO III INSTRUMENTOS DE GESTION AMBIENTAL Capítulo I de la Planificación

Art. 16.- El Plan Nacional de Ordenamiento Territorial es de aplicación obligatoria y contendrá la zonificación económica, social y ecológica del país sobre la base de la capacidad del uso de los ecosistemas, las necesidades de protección del ambiente, el respeto a la propiedad ancestral de las tierras comunitarias, la conservación de los recursos naturales y del patrimonio natural. Debe coincidir con el desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacio. El ordenamiento territorial no implica una alteración de la división político administrativa del Estado.

Art. 17.- La formulación del Plan Nacional de Ordenamiento Territorial la coordinará el Ministerio encargado del área ambiental, conjuntamente con la institución responsable del sistema nacional de planificación y con la participación de las distintas instituciones que, por disposición legal, tienen competencia en la materia, respetando sus diferentes jurisdicciones y competencias.

Art. 18.- El Plan Ambiental Ecuatoriano, será el instrumento técnico de gestión que promoverá la conservación, protección y manejo ambiental; y contendrá los objetivos específicos, programas, acciones a desarrollar, Contenidos mínimos y mecanismos de financiación así como los procedimientos de revisión y auditoría.

CAPITULO V INSTRUMENTOS DE APLICACION DE NORMAS AMBIENTALES

Art. 33.- Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

TITULO VI DE LA PROTECCION DE LOS DERECHOS AMBIENTALES

Art. 41.- Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, concédase acción pública a las personas naturales, jurídicas o grupo humano para denunciar la violación de las normas de medio ambiente, sin perjuicio de la acción de amparo constitucional previsto en la Constitución Política de la República.

1.4.2 Constitución de la República del Ecuador 2008

La Constitución Política de la República del Ecuador 2008, es una norma suprema política que establece la protección, regulación y control sobre el ambiente.

Título II DERECHOS. Capítulo Segundo, Derechos del buen vivir. Sección Segunda, Ambiente Sano

Art 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Título II DERECHOS. Capítulo Segundo, Derechos del buen vivir. Sección Sexta. Hábitat y Vivienda

Art. 31.- Las personas tienen derecho al disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural.

El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía.

Título II DERECHOS. Capítulo Séptimo, Derecho de la Naturaleza

Art. 71.- La naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observaran los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda.

El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de Indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

1.4.3 Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones

La presente norma técnica es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los niveles permisibles de ruido en el ambiente, provenientes de fuentes fijas.
- Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores.
- Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones.
- Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido.

Esta norma establece los niveles máximos permisibles de ruido. La norma establece la presente clasificación:

Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas

- a. Niveles máximos permisibles de ruido
 - i. Medidas de Prevención y Mitigación de Ruidos
 - ii. Consideraciones generales
- b. De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija

- c. Consideraciones para generadores de electricidad de emergencias
- d. Ruidos producidos por vehículos automotores
- e. De las vibraciones en edificación

Los niveles de presión sonora equivalente, NPSeq, expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la siguiente tabla:

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DE SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPS eq [dB(A)]	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial mixta	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Comercial mixta	65	55
Zona Industrial	70	65

Tabla 1. Niveles Máximos de Ruido Permisibles según Uso del Suelo

Fuente: TULSMA, Libro VI, Anexo 5.

La Entidad Ambiental de Control otorgará la respectiva autorización o criterio favorable de funcionamiento para aquellos locales comerciales que utilicen amplificadores de sonido y otros dispositivos que produzcan ruido en la vía pública.

La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuará mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow). Los sonómetros a utilizarse deberán cumplir con los requerimientos señalados para los tipos 0, 1 ó 2, establecidas en las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional

(International Electrotechnical Commission, IEC). Lo anterior podrá acreditarse mediante certificado de fábrica del instrumento. El micrófono del instrumento de medición estará ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 (tres) metros de las paredes de edificios o estructuras que puedan reflejar el sonido. El equipo sonómetro no deberá estar expuesto a vibraciones mecánicas, y en caso de existir vientos fuertes, se deberá utilizar una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

La referida Norma de ruido establece las siguientes medidas de prevención y mitigación de ruidos

- a) Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido de 85 decibeles A o mayores, determinados en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida.
- b) En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente.

1.5 FUNDAMENTOS FÍSICOS DEL SONIDO

1.5.1 Propiedades del sonido

1.5.1.1 Frecuencia

Para Reyes (2011), la frecuencia se mide en Hercios (Hertz,H_z) y nos permite saber a cuantos ciclos por segundo va esa onda. Un ciclo es cuando la onda sube hasta un punto máximo de amplitud baja hasta atravesar la línea central y llega hasta el punto de amplitud máximo negativo y vuelve a subir hasta alcanzar la línea central. El *tono* o *altura* de un sonido depende de su frecuencia, es decir, del número de oscilaciones por segundo. Esta medida puede tener cualquier longitud, se conoce como longitud de onda al número de veces que pasa esto en un segundo, se conoce como la frecuencia de la onda. Cuanto mayor sea la frecuencia, más agudo será el sonido. Cuantos más ciclos por segundo, más elevado será el tono. Así, la frecuencia hace el tono.

La altura de un sonido corresponde a nuestra percepción del mismo como más grave o más agudo. Esto puede comprobarse, por ejemplo, comparando el sonido obtenido al acercar un trozo de cartulina a una sierra de disco: cuanto mayor sea la velocidad de rotación del disco más alto será el sonido producido. Cada nota musical, tiene un valor en Hercios (Reyes, 2011).

1.5.1.2 Período

El tiempo que tarda en producirse un ciclo completo de oscilación medido en segundos, es decir el inverso de la frecuencia se obtiene mediante la ecuación (Reyes, 2011).

$$T = \frac{L}{f}$$

Dónde:

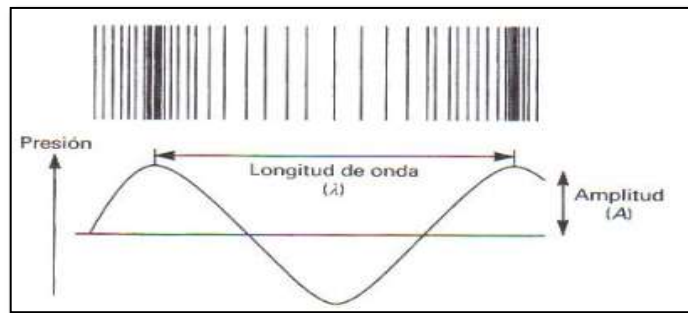
T = Período

L = Longitud de onda

f= Frecuencia

1.5.1.3 Longitud de onda

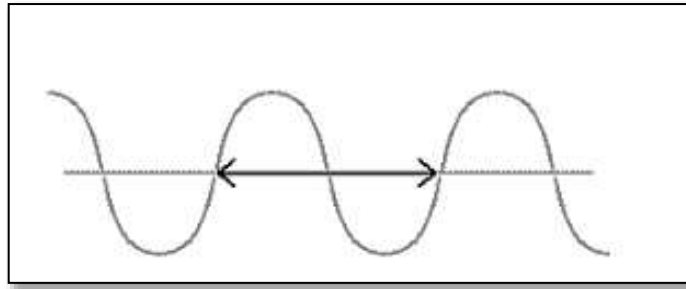
Reyes (2011), indica que el sonido es un movimiento ondulatorio que se propaga a través de un medio elástico, por ejemplo el aire. Su origen es un movimiento vibratorio, tal como la vibración de una membrana, y cuando llega a nuestro oído hace que el tímpano adquiera un movimiento vibratorio similar al de la fuente de la que proviene.



Gráfica 1. Longitud de onda

Fuente: Reyes, H. 2011

La longitud de onda de un sonido es la distancia perpendicular entre dos frentes de onda que tienen la misma fase.



Gráfica 2. Longitud de onda necesaria para completar un ciclo

Fuente: Reyes, H. 2011

1.5.1.4 Velocidad del sonido

Según Reyes (2011), esta es la propiedad más simple y precisa del sonido. La velocidad del sonido en un medio puede medirse con gran precisión. Se comprueba que dicha velocidad es independiente de la frecuencia y de la intensidad del sonido, dependiendo únicamente de la densidad y la elasticidad del medio. Así, mayor en los sólidos que en los líquidos y en estos mayores que en los gases. En el aire, y en condiciones normales, es de 330,7 m/s. La temperatura del aire tiene un efecto significativo sobre la velocidad del sonido. La velocidad aumenta aproximadamente 0,61 m/seg, por cada aumento de 1°C en la temperatura.

1.5.1.5 Potencia sonora

Segues (2007), sostiene que la potencia acústica es la cantidad de energía radiada por una fuente determinada. El nivel de la potencia acústica es la cantidad de energía total radiada en un segundo y se mide en w. la referencia es $1\text{pw} = 10^{-12} \text{ w}$. La potencia acústica es un valor intrínseco de la fuente y no depende del lugar donde se halle. La potencia acústica de un foco sonoro es constante y solo depende de las características de la fuente. En cambio, la

intensidad y la presión varían inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

1.5.1.6 Intensidad

La intensidad acústica se define como la cantidad de energía sonora transmitida en una dirección determinada por unidad de área. Para realizar la medida de intensidades se utiliza actualmente analizadores de doble canal con posibilidad de espectro cruzado y una sonda que consiste en dos micrófonos separados a corta distancia. Permite determinar la cantidad de energía sonora que radia una fuente dentro de un ambiente ruidoso. No es posible medirlo con un sonómetro. El nivel de intensidad sonora se mide en w/m^2 (Segues, 2007).

1.5.1.7 Presión sonora

De acuerdo con Segues (2007), una fuente sonora produce una cierta cantidad de energía por unidad de tiempo, esto es una cierta potencia sonora. Esta es una cierta medida básica de cuanta energía acústica puede producir una fuente sonora con independencia del contorno. La energía sonora fluye de la fuente al exterior, aumentando el nivel de la presión sonora existente. Cuando medimos el nivel de presión, esto no solo dependerá de la potencia radiada y de la distancia radiada respecto de la fuente, también dependerá de la cantidad de energía absorbida y de la cantidad de energía transmitida. Puesto que la presión sonora es una magnitud variable de un punto a otro, en ciertas circunstancias es conveniente utilizar como medida de amplitud del sonido en lugar de la presión. Se puede utilizar tres magnitudes para definir la amplitud de una onda sonora:

La presión sonora es la presión que se genera en un punto determinado. El nivel de presión sonora se mide en dB y determina el nivel de presión que realiza la onda sonora en relación a un nivel de referencia que es $2 \cdot 10^{-5}$. Es el parámetro

más fácil de medir, se mide con un sonómetro. Su valor depende del punto donde midamos (Segues, 2007).

1.5.2 Generación del sonido

Cualquier superficie que vibre generará unas perturbaciones análogas en el medio en que se encuentre. Ésta es la fuente más simple de sonido, sin embargo podrá ser generado también por cualquier proceso que implique fluctuaciones periódicas del medio (aspas de un ventilador, instrumentos musicales etc).

1.6 RUIDO

El ruido es todo sonido que puede producir una pérdida de audición, ser nocivo para la salud o interferir gravemente una actividad. Es todo sonido molesto, indeseado y por lo tanto desagradable o perturbador en un momento determinado. El ruido es un sonido, y un sonido es cualquier variación de presión, en forma de vibraciones, que se propagan en los sólidos, los líquidos y en los gases (García *et. al.*, 2009).

Los ruidos se pueden clasificar de varias maneras, entre las cuales se destaca las siguientes



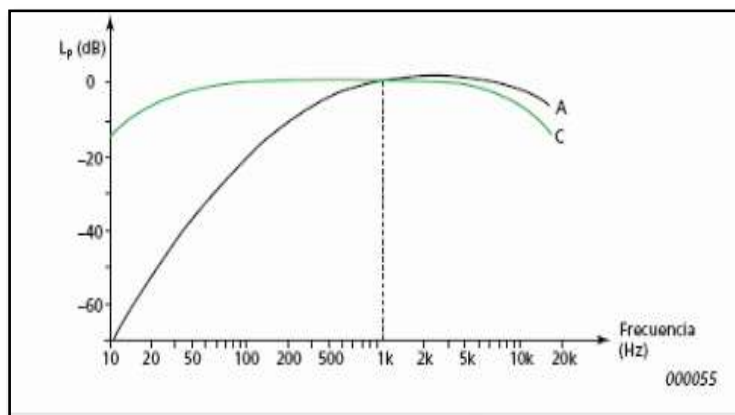
Figura 1. Clasificación del ruido

Fuente: García *et. al* (2009).

Por otra parte Domínguez (2009), sostiene que el ruido es cualquier variación de la presión en el aire que puede ser receptado por el oído humano. Por definición, el ruido es un sonido no deseado y molesto. Técnicamente, el ruido es el resultado de la combinación de sonidos de una sola frecuencia o tonos puros, y tiene un espectro de frecuencia continuo, de amplitud y longitud de onda irregulares. El movimiento ondulatorio se inicia, cuando un elemento pone en movimiento a la partícula de aire más cercana, alejándose gradualmente de la fuente. Dependiendo del medio, el sonido se propaga a diferentes velocidades. En el aire, el sonido se propaga a una velocidad de 340 m/s, aproximadamente.

1.6.1 Curva de ponderación A

Para Lobos (2008), la curva de ponderación A es el nivel de presión sonora medida con el filtro de ponderación A, unida de nivel sonoro, a la cual se le ha aplicado la red de compensación A, en la cual se expresan habitualmente los resultados de las mediciones de ruido con fines legales o estudios medioambientales, esto porque esta curva se asemeja a la respuesta de la audición humana.



Gráfica 3. Curvas de ponderación

Fuente: Lobos, (2008).

1.6.2 Nivel sonoro continuo equivalente ponderación A ($L_{Aeq,T}$)

Según Lobos (2008), es el nivel de presión sonora ponderado en A, en dB(A), que debe tener un ruido constante hipotético, correspondiente a la misma cantidad de energía acústica que el ruido real considerado, en un punto determinado durante el periodo de tiempo T de observación.

1.6.3 Nivel percentil (L_p)

Dado que los niveles de ruido fluctúan más o menos con el tiempo, esta caracterización se lleva a cabo utilizando diferentes niveles estadísticos. Un método ampliamente usado para medir las variaciones del nivel de presión sonora en el tiempo es realizando un análisis de distribución de niveles. Este se cuantifica por medio de la variable llamada percentil L_p , que indica el nivel en dB(A) que es sobrepasado durante un P% del tiempo de medición (Lobos, 2008).

1.6.4 Ruido urbano o ruido ambiente

La Directiva del Parlamento Europeo (UE 2002), define como ruido ambiental al sonido no deseado o nocivo generado por la actividad humana en el exterior, incluido el ruido emitido por medios de transporte, emplazamientos industriales o edificios industriales. El ruido urbano incluye todas las fuentes de ruido excepto el ruido al interior de los lugares industriales de trabajo. En general, el término ruido urbano hace referencia al ruido exterior en la vecindad de las áreas habitadas.

1.6.5 Clasificación del ruido

Para García *et. al.* (2009), la clasificación más relevante es según su dinámica temporal, por la que el ruido se clasifica en:

a. Ruido constante

Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (LpA) permanece esencialmente constante (esto es, cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo sea inferior a 5 dB). Este tipo de ruido se da en cadenas de producción continuas.

b. Ruido intermitente

Es interrumpido por períodos de silencio. Se da especialmente en trabajos que se desarrollan en exteriores. Puede ser el generado en trabajos de aserraderos.

c. Ruido aleatorio

El que su diferencia entre los valores máximo y mínimo de nivel de presión acústica ponderada A (LpA) es superior o igual a 5 dB y varía aleatoriamente a largo del tiempo.

d. Ruido periódico o cíclico

Su intensidad varía a lo largo del tiempo de forma periódica, puede ser el ruido provocado por máquinas programadas para realizar un trabajo cíclico.

e. Ruido de impacto

Su nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo. Se da especialmente en armas de fuego, operaciones de martillado, estampado de metal, troquelado, etc.

1.6.6 Causantes de la contaminación

Las causas fundamentales de la contaminación acústica son, entre otras, el aumento espectacular del parque automovilístico, el hecho de que las ciudades no habían sido concebidas para soportar los medios de transportes, las actividades industriales, las obras publicas y la construcción, los servicios de limpieza y de recogida de basura, sirenas y alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas, y entre ellas, la creciente proliferación de botellones de áreas urbanas (Reyes, 2011).

1.6.6.1 Ruido urbano

Reyes (2011), afirma que el ruido existente en las zonas urbanas esta originado fundamentalmente por el tráfico rodado y, en menor cuantía, por el tráfico aéreo, las actividades industriales o artesanas, las obras publicas.

1.6.6.2 Ruido de tráfico

De acuerdo a Reyes (2011), el ruido de tráfico generado por una vía de circulación, es una secuencia de sumas simultáneas de los niveles sonoros variables generados por los distintos vehículos que forman dichos tráficos. Si la intensidad de tráfico en una carretera es baja, la distancia media entre vehículos es grande y el paso de ellos es prácticamente independiente del resto, con notables periodos o casi constante, en el nivel de fondo.

1.6.7 Ruido industrial

Según Reyes (2011), el ruido industrial está originado fundamentalmente por el funcionamiento de los diferentes tipos de máquinas existentes en estos lugares y, en general por toda su actividad interna. La progresiva molestia que produce el

ruido industrial está relacionada directamente con toda una serie de factores objetivos, tales como el aumento del nivel de industrialización en todo el mundo, la paulatina concentración de la actividad industrial en espacios limitados y el aumento de la potencia de la máquina.

En líneas generales, el ruido industrial se caracteriza por presentar niveles de presión acústica relativamente elevados, con carácter impulsivo o ruido de alta intensidad y corta duración. Las obras públicas o la construcción tienen una gran importancia como causa de molestia. Los compresores, martillos neumáticos, excavadores y vehículos pesados de todo tipo producen unos niveles de ruido tan elevados que, al margen de la significación de prosperidad y desarrollo que pueden simbolizar, son el blanco de muchas de las quejas de los residentes de las ciudades (Reyes, 2011).

1.6.8 Factores de influencia

Abad *et. al.* (2011), manifiestan que las molestias debidas al ruido dependen de numerosos factores. El índice que se seleccione debe ser capaz de contemplar las variaciones o diferentes situaciones entre una serie de aspectos. A continuación se detalla dichos aspectos en la forma siguiente:

- **La energía sonora:** Las molestias que produce un sonido están directamente relacionadas con la energía. A más energía (sonido más fuerte) más molestia. El índice básico relacionado con la energía sonora es el nivel de presión sonora (Abad *et. al.*, 2011).
- **Tiempo de exposición:** Para un mismo nivel de ruido, la molestia depende del tiempo al que un determinado sujeto está expuesto a ese ruido. Podemos estar contemplando periodos de segundos, minutos, horas o incluso una vida laboral entera. En general, un mayor tiempo de exposición supone un mayor grado de

molestia. Así, el efecto adverso del ruido es proporcional a la duración de la exposición y parece estar relacionado con la cantidad total de energía sonora que llega al oído interno (Abad *et. al.*, 2011).

- **Características del sonido:** Para un mismo nivel de ruido y un mismo tiempo de exposición, la molestia depende de las características del sonido: espectro de frecuencias, ritmo, etc. La música es un sonido que en general resulta agradable. Respecto a la intensidad, cualquier ruido mayor de 90 dBA puede ser lesivo para el hombre. En la población trabajadora se considera peligrosa la permanencia en un ambiente ruidoso con un Nivel Diario Equivalente (LAeq,d) superior a 80 dBA. Los sonidos más peligrosos son los de altas frecuencias (superiores a 1.000 Hz). La mayoría de los ruidos industriales comprenden una gama ancha de frecuencias. La exposición intermitente al ruido es menos lesiva que una exposición continua. Sin embargo, los ruidos permanentes lesionan menos que los pulsados, a igualdad de intensidades, gracias a la amortiguación muscular que se produce en el oído medio (Abad *et. al.*, 2011).
- **El receptor:** No todas las personas consideran el mismo grado de molestia para el mismo ruido. Dependiendo de factores físicos, distintas sensibilidades auditivas, y en mayor medida de factores culturales, lo que para uno son ruidos muy molestos, para otros pueden no serlo. Los factores culturales están relacionados con la experiencia vital del sujeto y sus expectativas. Distintas sociedades reaccionan de manera diferente frente a sonidos más o menos “familiares”. En las culturas occidentales, las mayores diferencias se encuentran entre los habitantes de los pequeños núcleos rurales y los de las grandes ciudades. Dentro de un mismo sector de población, el factor edad parece ser también significativo. En la edad media de la vida hay más posibilidades de lesión. En un gran número de casos existe la posibilidad de que este efecto se sume a la presbiacusia propia de la edad y sea este proceso degenerativo el que favorezca la aparición de la lesión acústica (Abad *et. al.*, 2011).

- **La actividad del receptor:** Para un mismo sonido, dependiendo de la actividad del receptor, éste puede ser considerado como un ruido o no. El caso más evidente es el de los periodos de descanso. Un sonido que puede ser considerado como agradable (un concierto de música) se convierte en un ruido molesto si el receptor pretende dormir. Sonidos que durante la actividad laboral pasan desapercibidos, se convierten en ruidos perfectamente reconocibles en periodos de descanso. Algunas actividades o estados requieren ambientes sonoros más silenciosos (lectura, enfermedades, conversaciones, etc.), percibiéndose como ruido cualquier sonido que no esté relacionado con la actividad (Abad *et. al.*, 2011).

- **Las expectativas y la calidad de vida:** Dentro de este epígrafe se engloban aquellos aspectos subjetivos, difíciles de evaluar, que están relacionados con la calidad de vida de las personas. Para ciertos grupos de personas, las exigencias de calidad ambiental para el tiempo y los espacios dedicados al ocio son muy superiores a las de otras situaciones. El caso más frecuente es el de las viviendas de segunda residencia, en las que los ruidos se perciben en general como mucho más molestos que en la vivienda principal, debido a las expectativas de descanso depositadas en la segunda residencia. También sucede habitualmente que en entornos de una gran calidad ambiental, se aceptan peor los ruidos que en entornos medioambientalmente degradados (Abad *et. al.*, 2011).

1.7 CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

Para Blanco (2006), la contaminación acústica se define como la presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que implementen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. Es el principal problema

ambiental señalado en los últimos años, por lo que la lucha contra este tipo de contaminación debe ser prioridad, actuando desde el terreno legal, educativo y participativo.

Desde el punto de vista técnico y económico, la contaminación acústica es más fácil de controlar que la contaminación del agua o del aire, ya que se puede actuar en la fuente de emisión, en el medio de transmisión y en el receptor. Por otro lado, la contaminación auditiva desaparece en el momento que deja de producirse, no dejando residuos; además de que el ruido es un contaminante localizado, ya que posee un radio de acción mucho menor que el de otros contaminantes (Blanco, 2006).

González (2008), manifiesta que las principales fuentes de contaminación acústica en la sociedad actual provienen de los vehículos de motor, que se calculan en casi un 80%; el 10% corresponde a las industrias; el 6% a ferrocarriles y el 4% a bares, locales públicos, pubs, talleres industriales, etc. Y sorprendentemente, aunque el causante de la mayoría de la contaminación acústica es el tráfico rodado, este casi nunca es señalado por la opinión pública como perturbador del descanso, es normalmente, el último 4% (bares, pubs, etc.) y el 10% de las industrias, los responsables de casi el 75% de las quejas que se generan.

1.8 EFECTOS DE RUIDO SOBRE LA SALUD

1.8.1 Efectos del ruido sobre el sueño

Para Grande (2012), el ruido puede provocar dificultades para conciliar el sueño y también despertar a quienes están dormidos. Se ha comprobado que sonidos del orden de los 60 dB reducen la profundidad del sueño, así los ruidos sufridos durante la noche inciden en la calidad del sueño drásticamente, ya que hay que

tener en cuenta no solo implica al cerebro, sino al conjunto de componentes neuroendocrinas, térmicas y cardio-respiratorias del organismo.

1.8.2 Efectos del ruido en la memoria

En tareas donde se utiliza la memoria, se observa un mejor rendimiento en los sujetos que no han estado sometidos al ruido. El ruido hace más lenta la articulación en la tarea de repaso, especialmente con palabras desconocidas o de mayor longitud. Es decir, en condiciones de ruido, el sujeto sufre un coste psicológico para mantener su nivel de rendimiento (Grande, 2012).

1.8.3 Estrés

Según Grande (2012), el ruido es un elemento estresante fundamental, y no solo los ruidos de alta intensidad son los nocivos, ya que ruidos incluso débiles pero repetidos pueden entrañar perturbaciones neurofisiológicas aún más importantes que los intensos.

1.8.4 Efectos del ruido en el embarazo

Grande (2012), manifiesta que se ha observado que las madres embarazadas que han estado desde el principio en una zona ruidosa, tienen niños que sufren de alteraciones, pero si se han instalado en estos lugares después de los cinco meses de gestación, después del parto de los niños no soportan el ruido, lloran cada vez que lo sienten, y al nacer su tamaño es inferior al normal.

Estudios realizados en diferentes zonas de aeropuertos del mundo revelan unas tasas de malformaciones anormales elevadas y un número también más elevados de niños que nacen muertos. El ritmo cardiaco de un lactante se acelera ante un

ruido intenso y provoca, como en adultos, perturbaciones del sistema cardiovascular y respiratorio y alteraciones hormonales diversas (Grande, 2012).

1.8.5 Efectos del ruido sobre la infancia

Según Grande (2012), el ruido es un factor de riesgo para niños y niñas, repercute negativamente en su aprendizaje. Educados en un ambiente ruidoso se convierten en menos atentos a las señales acústicas y sufren perturbaciones en su capacidad de escuchar y un retraso en el aprendizaje de la lectura. Se dificulta la comunicación verbal, favoreciendo el aislamiento y la poca sociabilidad.

La exposición al ruido afecta al sistema respiratorio, disminuye la actividad de los organismos digestivos, acelerando el metabolismo y el ritmo respiratorio, provoca trastornos al sueño, irritabilidad, fatiga psíquica, etc. De hecho, el ruido parece tener una influencia negativa sobre las facultades de atención que se desarrollan desde los primeros años de vida. En estos niños se observan manifestaciones de agresividad, fatiga, agitación psicomotriz, sentimiento de aislamiento, dificultad de socializar y relacionarse con los demás, etc., (Grande, 2012).

1.8.6 Alteraciones cardiovasculares

Según Reyes (2011), la estimulación con ruido produce, tanto en animales como en humanos, elevaciones transitorias de la tensión arterial. Con exposiciones continuas a ruidos estas elevaciones se hacen permanentes, siendo un agente a tener en cuenta en la génesis de la HTA. Es, pues, un factor de riesgo cardiovascular; de hecho se calcula que una persona expuesta a ambientes ruidosos debe ser considerada como 10 años mayor que su edad cronológica a efectos de riesgos de enfermedad coronaria. Aunque el último informe de la OMS no detecta un significativo aumento del riesgo de infarto, si demuestra un aumento

de los síntomas cardiovasculares que pueden ser causa de incremento en la utilización de los servicios de urgencias en los hospitales.

1.8.7 Malestar

Reyes (2011), afirma que el malestar entendido como un “sentimiento de desagrado o rechazo experimentado por un individuo o un grupo como consecuencia de la acción de un agente externo no deseado, en este caso el ruido”, es probablemente el efecto adverso más frecuente asociado a la exposición al ruido.

El ruido, como agente estresante que es, provoca diferentes reacciones conductuales que, aunque normalmente son pasajeras en tanto dura el estímulo adverso, pueden carnificarse y constituirse en enfermedad, si el ruido como elemento agresor persiste en el tiempo. Las posibles reacciones ante el ruido incluyen: inquietud, inseguridad, impotencia, agresividad, desinterés, abulia o falta de iniciativa, siendo variables en su número e intensidad según el tipo de personalidad. Tampoco es raro que aparezcan problemas en las relaciones interpersonales e intrafamiliares. En este sentido es esperable que las personas modifiquen su conducta y sus hábitos para defenderse del ruido, en un intento de conseguir su bienestar físico y psíquico; esto es, evitando zonas especialmente ruidosas, poniendo ventanas o cristales dobles, cambios de dormitorio hacia el interior, cambio de domicilio, o recurriendo a fármacos hipnóticos y antidepresivos (Reyes, 2011).

1.9 ASPECTOS AMBIENTALES DE LOS ASERRADEROS

1.9.1 Emisión de ruido

C.N.M.A (2000), afirma que los aserraderos son fábricas en la que los rodillos de madera se transforman en mercancía cortada. El procesamiento mecánico de la madera conlleva la producción de ruido y polvo. Asimismo, va seguido con frecuencia de un tratamiento superficial con lacas, decapantes, etc., en el que desprenden sustancias gaseosas que deberían corresponder a compuestos orgánicos volátiles. El mecanizado de la madera propiamente dicho comienza en el aserradero con el descortezado, caso que este no haya sido realizado ya en el bosque, el tronzado y el corte a medida de la madera extraída del bosque.

La madera aserrada se utiliza directamente como material de construcción o se ennoblece mediante el cepillado, fresado, lijado, pintado o impregnado. Los dispositivos mecánicos de transporte utilizados en los distintos aserraderos como son; corte, fresado, cepillado y aspiración de polvo empleados en la industria de la madera producen ruidos. Este hecho se acentúa cuando, a causa de las condiciones climáticas, se construyen aserraderos abiertos (C.N.M.A, 2000).

Dado que los emplazamientos suelen estar ubicados en función del lugar de procedencia de la materia prima, es decir, alejados de los núcleos poblados, los trabajadores de la empresa son, primeramente, los afectados por el ruido, por lo que debería ser obligado el uso de protectores para el oído. En las instalaciones y equipos nuevos debería atenderse a que las herramientas sean lo más herméticas posibles y reducir de este modo la emisión de ruidos. Otras repercusiones negativas sobre el operativo de la máquina provienen de las vibraciones. En la construcción de los fundamentos y de las instalaciones debería prestarse atención a la reducción de las mismas (C.N.M.A, 2000).

1.9.2 Emisiones de polvo

Para la C.N.M.A (2000), en el aserradero la madera se separa con generación de virutas. Al tratarse casi siempre de madera fresca y de fibras saturadas, las emisiones de polvo en estos casos tienen una importancia relativamente pequeña, haciendo innecesaria la incorporación de filtros de tela o de desempolvadores húmedos. En el caso de que las virutas de aserradero se almacenen al aire libre, deberán adoptarse medidas de precaución frente a las fracciones pequeñas de material que quedan a disposición del viento.

Mediante la inhalación de polvo de la madera, en especial de madera dura, se pueden absorber sustancias perjudiciales para la salud y ocasionar graves enfermedades. Deberán averiguarse previamente los riesgos específicos derivados para la salud y adoptarse las correspondientes medidas de seguridad (C.N.M.A, 2000).

1.9.3 Emisiones gaseosas

Por otra parte C.N.M.A, (2000), como ya se ha mencionado anteriormente, las industrias mecanizadoras de la madera se encuentran con frecuencia en lugares aislados, por lo que los trabajadores de la misma son los principales afectados por las posibles emisiones gaseosas de las calderas. Sin embargo, se debe considerar que el aprovechamiento de los residuos de aserrín y virutas para ser incinerados en las calderas genera emisiones de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno a la atmosfera, problema que en muchas regiones del orbe ha contribuido al origen e incremento de las lluvias ácidas. Existen evidencias de que el empleo de aserrín como combustible para la alimentación de calderas emite dióxido de carbono a la atmosfera, contribuyendo de esta forma al efecto invernadero.

1.9.4 Residuos sólidos

Para C.N.M.A (2000), afirma que la industria del aserrío se caracteriza por su diversidad. Una situación que resulta muy común a cualquier unidad de producción lo constituye la generación de un volumen de lampazos, astillas, desechos de madera, cortezas y aserrín. Generalmente estos residuos son empleados como materia prima para otras industrias y en algunos casos se aprovechan para la generación de calor y eventualmente de energía eléctrica.

Se deben agregar además como residuos sólidos de alta toxicidad a las borras provenientes del baño antimancha, compuesta principalmente de aserrín, tierra y las soluciones de biocidas mencionadas anteriormente. Los volúmenes dependen del tipo de aserradero y de los procesos productivos y sus impactos sobre el suelo, agua, flora y fauna son de gran magnitud cuando estos residuos no son manejados apropiadamente. Además, las actividades de mantención de un aserradero generan una serie de residuos sólidos tales como envases de solventes, aceites, grasas y elementos de limpieza de la máquina. Estos residuos se consideran sólidos, ya que su manejo implica almacenarlos en contenedores seguros y sellados, ya que constituyen elementos peligrosos inflamables (C.N.M.A, 2000).

1.10 EQUIPOS PARA LA MEDICIÓN DEL RUIDO

1.10.1 Sonómetro

El sonómetro o decibelímetro es un instrumento que permite medir el nivel de presión acústica (expresado en dB). Está diseñado para responder al sonido casi de la misma forma que el oído humano y proporcionar mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión acústica. Se utiliza por ejemplo para evaluar la exposición al ruido de un individuo o cuando es necesario medir el promedio de nivel sonoro al que ha estado durante un tiempo determinado (Decibelímetros

integradores). En el caso que se necesite conocer el espectro del ruido, es decir, la distribución del nivel de presión sonora en las diferentes frecuencias se usa un decibelímetro con banda de octavas (bolaños, 2013).

Tipos de sonómetro

Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener resultados de referencia.

Sonómetro de clase 1: permite el trabajo de campo con precisión

Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en los trabajos de campo

Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y solo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que solo se utiliza para realizar reconocimientos (Rocha, 2012).

CAPÍTULO III

Metodología de la investigación

3.1. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.1. Localización de la zona de investigación

La presente investigación se la realizará en la ciudad de Quevedo provincia de Los Ríos. Es una ciudad ecuatoriana que se ubicada al centro de dicho país, su actividad económica principal es la agropecuaria. Cuenta con una población de 173.585 habitantes, sus coordenadas son 1°1'0"S 79°27'0"O, a una distancia de 104 km de la ciudad de Santo Domingo (ver anexo 6 Mapa de ubicación de los aserraderos en estudio).

3.1.2. Materiales y Equipos (de campo y oficina)

- Bolígrafo
- Cámara Digital
- Celular
- Gorra
- GPS.
- Impresora
- Laptop
- Libreta de apuntes
- Libreta de campo
- Ordenador
- Pen Drive.
- Reloj
- Software ARC GIS 10

3.1.3. METODOLOGÍA

3.1.3.1. Caracterización de los niveles de ruido en los aserraderos

En la ciudad de Quevedo, de acuerdo a la base de datos que maneja la Dirección Provincial de Los Ríos, hay 90 aserraderos, los cuales mayoritariamente se encuentran en el área urbana. Para el monitoreo de ruido en este tipo de industrias, se seleccionó diez (10) aserraderos, aplicando el criterio de escoger aquellos aserraderos de mayor tamaño y potencialidad de impacto ambiental por su cercanía a la población.

Se utilizó una terminal de GPS para determinar las respectivas coordenadas UTM, de los sitios seleccionados en el área urbana de Quevedo.

Tabla 2. Identificación de los aserraderos

PUNTOS	NOMBRES DE LOS ASERRADEROS	COORDENADAS	
		X	Y
1	SEBMAR	668773	9883901
2	SAN RAFAEL	669733	9887939
3	EL MADERAL	670226	9887365
4	MADERA FINA	671348	9885235
5	MADERA DE GUERRERO	671325	9885480
6	EL CAMPEÓN	672074	9887658
7	SAN MIGUEL	671899	9887695
8	EL CRIOLLO	671591	9887164
9	PUENTE SUR	672001	9884600
10	LA ISLA	672134	9884598

La medición de los niveles de ruido en los aserraderos del área urbana de Quevedo, se realizó durante un período de doce días en tres jornadas (mañana, mediodía y tarde) en horarios establecidos, de 08H00 – 10H00; 12H00 – 14H00; 16H00 – 18H00.

La metodología que se utilizó en cuanto al uso del sonómetro para la medición es la establecida en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), LIBRO VI, NEXO 5 límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas, móviles y vibraciones, para zona industrial (70 dB de 06H00 a 20H00) que indica lo siguiente:

- La medición de los ruidos en ambiente exterior se efectuó mediante un decibelímetro (sonómetro) normalizado, previamente calibrado, con sus selectores en el filtro de ponderación A y en respuesta lenta (slow).
- El sonómetro estuvo ubicado a una altura entre 1,0 y 1,5 m del suelo, y a una distancia de por lo menos 3 metros de estructuras que puedan reflejar el sonido.
- Se utilizó una pantalla protectora en el micrófono del instrumento.

3.1.3.2. Análisis estadístico

A continuación se muestra la tabla de los factores de efectos simples.

Tabla 3. Efectos simples de los factores: A puntos, B días y C horarios

Factor A	Puntos
a₀	Punto 1
a₁	Punto 2
a₂	Punto 3
a₃	Punto 4
a₄	Punto 5
a₅	Punto 6
a₆	Punto 7
a₇	Punto 8
a₈	Punto 9
a₉	Punto 10
Factor B	Días de la semana
b₀	Lunes
b₁	Martes
b₂	Miércoles
b₃	Jueves
b₄	Viernes
b₅	Sábado
Factor C	Horarios
c₀	Mañana 08:00 – 10:00
c₁	Medio día 12:00 – 14:00
c₂	Tarde 16:00 – 18:00

Tabla 4. Interacción de los factores A puntos y B días (AxB).

a ₀ -b ₀	a ₁ -b ₀	a ₂ -b ₀	a ₃ -b ₀	a ₄ -b ₀	a ₅ -b ₀	a ₆ -b ₀	a ₇ -b ₀	a ₈ -b ₀	a ₉ -b ₀
a ₀ -b ₁	a ₁ -b ₁	a ₂ -b ₁	a ₃ -b ₁	a ₄ -b ₁	a ₅ -b ₁	a ₆ -b ₁	a ₇ -b ₁	a ₈ -b ₁	a ₉ -b ₁
a ₀ -b ₂	a ₁ -b ₂	a ₂ -b ₂	a ₃ -b ₂	a ₄ -b ₂	a ₅ -b ₂	a ₆ -b ₂	a ₇ -b ₂	a ₈ -b ₂	a ₉ -b ₂
a ₀ -b ₃	a ₁ -b ₃	a ₂ -b ₃	a ₃ -b ₃	a ₄ -b ₃	a ₅ -b ₃	a ₆ -b ₃	a ₇ -b ₃	a ₈ -b ₃	a ₉ -b ₃
a ₀ -b ₄	a ₁ -b ₄	a ₂ -b ₄	a ₃ -b ₅	a ₄ -b ₄	a ₅ -b ₄	a ₆ -b ₄	a ₇ -b ₄	a ₈ -b ₄	a ₉ -b ₄
a ₀ -b ₅	a ₁ -b ₅	a ₂ -b ₅	a ₃ -b ₅	a ₄ -b ₅	a ₅ -b ₅	a ₆ -b ₅	a ₇ -b ₅	a ₈ -b ₅	a ₉ -b ₅

Tabla 5. Interacción de los factores A puntos y C horarios AxC.

a ₀ -C ₀	a ₁ -C ₀	a ₂ -C ₀	a ₃ -C ₀	a ₄ -C ₀	a ₅ -C ₀	a ₆ -C ₀	a ₇ -C ₀	a ₈ -C ₀	a ₉ -C ₀
a ₀ -C ₁	a ₁ -C ₁	a ₂ -C ₁	a ₃ -C ₁	a ₄ -C ₁	a ₅ -C ₁	a ₆ -C ₁	a ₇ -C ₁	a ₈ -C ₁	a ₉ -C ₁
a ₀ -C ₂	a ₁ -C ₂	a ₂ -C ₂	a ₃ -C ₂	a ₄ -C ₂	a ₅ -C ₂	a ₆ -C ₂	a ₇ -C ₂	a ₈ -C ₂	a ₉ -C ₂

Tabla 6. Interacción de los factores B días y C horarios BxC.

b ₀ -C ₀	b ₁ -C ₀	b ₂ -C ₀	b ₃ -C ₀	b ₄ -C ₀	b ₅ -C ₀
B ₀ -C ₁	b ₁ -C ₁	b ₂ -C ₁	b ₃ -C ₁	b ₄ -C ₁	b ₅ -C ₁
B ₀ -C ₂	b ₁ -C ₂	b ₂ -C ₂	b ₃ -C ₂	b ₄ -C ₂	b ₅ -C ₂

Tabla 7. Interacción de los factores A puntos, B días y C horarios (AxBxC).

a ₀ b ₀ c ₀	a ₁ b ₀ c ₀	a ₂ b ₀ c ₀	a ₃ b ₀ c ₀	a ₄ b ₀ c ₀	a ₅ b ₀ c ₀	a ₆ b ₀ c ₀	a ₇ b ₀ c ₀	a ₈ b ₀ c ₀	a ₉ b ₀ c ₀
a ₀ b ₀ c ₁	a ₁ b ₀ c ₁	a ₂ b ₀ c ₁	a ₃ b ₀ c ₁	a ₄ b ₀ c ₁	a ₅ b ₀ c ₁	a ₆ b ₀ c ₁	a ₇ b ₀ c ₁	a ₈ b ₀ c ₁	a ₉ b ₀ c ₁
a ₀ b ₀ c ₂	a ₁ b ₀ c ₂	a ₂ b ₀ c ₂	a ₃ b ₀ c ₂	a ₄ b ₀ c ₂	a ₅ b ₀ c ₂	a ₆ b ₀ c ₂	a ₇ b ₀ c ₂	a ₈ b ₀ c ₂	a ₉ b ₀ c ₂
a ₀ b ₁ c ₀	a ₁ b ₁ c ₀	a ₂ b ₁ c ₀	a ₃ b ₁ c ₀	a ₄ b ₁ c ₀	a ₅ b ₁ c ₀	a ₆ b ₁ c ₀	a ₇ b ₁ c ₀	a ₈ b ₁ c ₀	a ₉ b ₁ c ₀
a ₀ b ₁ c ₁	a ₁ b ₁ c ₁	a ₂ b ₁ c ₁	a ₃ b ₁ c ₁	a ₄ b ₁ c ₁	a ₅ b ₁ c ₁	a ₆ b ₁ c ₁	a ₇ b ₁ c ₁	a ₈ b ₁ c ₁	a ₉ b ₁ c ₁
a ₀ b ₁ c ₂	a ₁ b ₁ c ₂	a ₂ b ₁ c ₂	a ₃ b ₁ c ₂	a ₄ b ₁ c ₂	a ₅ b ₁ c ₂	a ₆ b ₁ c ₂	a ₇ b ₁ c ₂	a ₈ b ₁ c ₂	a ₉ b ₁ c ₂
a ₀ b ₂ c ₀	a ₁ b ₁ c ₀	a ₂ b ₂ c ₀	a ₃ b ₂ c ₀	a ₄ b ₂ c ₀	a ₅ b ₂ c ₀	a ₆ b ₂ c ₀	a ₇ b ₂ c ₀	a ₈ b ₂ c ₀	a ₉ b ₂ c ₀
a ₀ b ₂ c ₁	a ₁ b ₁ c ₁	a ₂ b ₂ c ₁	a ₃ b ₂ c ₁	a ₄ b ₂ c ₁	a ₅ b ₂ c ₁	a ₆ b ₂ c ₁	a ₇ b ₂ c ₁	a ₈ b ₂ c ₁	a ₉ b ₂ c ₁
a ₀ b ₂ c ₂	a ₁ b ₁ c ₂	a ₂ b ₂ c ₂	a ₃ b ₂ c ₃	a ₄ b ₂ c ₂	a ₅ b ₂ c ₂	a ₆ b ₂ c ₂	a ₇ b ₂ c ₂	a ₈ b ₂ c ₂	a ₉ b ₂ c ₂
a ₀ b ₃ c ₀	a ₁ b ₁ c ₀	a ₂ b ₃ c ₀	a ₃ b ₃ c ₀	a ₄ b ₃ c ₀	a ₅ b ₃ c ₀	a ₆ b ₃ c ₀	a ₇ b ₃ c ₀	a ₈ b ₃ c ₀	a ₉ b ₃ c ₀
a ₀ b ₃ c ₁	a ₁ b ₁ c ₁	a ₂ b ₃ c ₁	a ₃ b ₃ c ₁	a ₄ b ₃ c ₁	a ₅ b ₃ c ₁	a ₆ b ₃ c ₁	a ₇ b ₃ c ₁	a ₈ b ₃ c ₁	a ₉ b ₃ c ₁
a ₀ b ₃ c ₂	a ₁ b ₁ c ₂	a ₂ b ₃ c ₂	a ₃ b ₃ c ₂	a ₄ b ₃ c ₃	a ₅ b ₃ c ₂	a ₆ b ₃ c ₂	a ₇ b ₃ c ₂	a ₈ b ₃ c ₂	a ₉ b ₃ c ₂
a ₀ b ₄ c ₀	a ₁ b ₁ c ₀	a ₂ b ₄ c ₀	a ₃ b ₄ c ₀	a ₄ b ₄ c ₀	a ₅ b ₄ c ₀	a ₆ b ₄ c ₀	a ₇ b ₄ c ₀	a ₈ b ₄ c ₀	a ₉ b ₄ c ₀
a ₀ b ₄ c ₁	a ₁ b ₁ c ₁	a ₂ b ₄ c ₁	a ₃ b ₄ c ₁	a ₄ b ₄ c ₁	a ₅ b ₄ c ₁	a ₆ b ₄ c ₁	a ₇ b ₄ c ₁	a ₈ b ₄ c ₁	a ₉ b ₄ c ₁
a ₀ b ₄ c ₂	a ₁ b ₁ c ₂	a ₂ b ₄ c ₂	a ₃ b ₄ c ₃	a ₄ b ₄ c ₂	a ₅ b ₄ c ₂	a ₆ b ₄ c ₂	a ₇ b ₄ c ₂	a ₈ b ₄ c ₂	a ₉ b ₄ c ₂
a ₀ b ₅ c ₀	a ₁ b ₁ c ₀	a ₂ b ₅ c ₀	a ₃ b ₅ c ₀	a ₄ b ₅ c ₀	a ₅ b ₅ c ₀	a ₆ b ₅ c ₀	a ₇ b ₅ c ₀	a ₈ b ₅ c ₀	a ₉ b ₅ c ₀
a ₀ b ₅ c ₁	a ₁ b ₁ c ₁	a ₂ b ₅ c ₁	a ₃ b ₅ c ₁	a ₄ b ₅ c ₁	a ₅ b ₅ c ₁	a ₆ b ₅ c ₁	a ₇ b ₅ c ₁	a ₈ b ₅ c ₁	a ₉ b ₅ c ₁
a ₀ b ₅ c ₂	a ₁ b ₁ c ₂	a ₂ b ₅ c ₂	a ₃ b ₅ c ₂	a ₄ b ₅ c ₂	a ₅ b ₅ c ₂	a ₆ b ₅ c ₂	a ₇ b ₅ c ₂	a ₈ b ₅ c ₂	a ₉ b ₅ c ₂

Se realizó un arreglo factorial 10 x 6 x 3 bajo un diseño completamente al azar con 2 repeticiones y 4 combinaciones. Para establecer diferencias significativas entre combinaciones se realizó la prueba de rangos de múltiples de Tukey (P= 0,05) y fueron analizados en el programa estadístico Sas.

Tabla 8. Esquema del diseño estadístico completamente al azar.

Fuente. Variación		GL
FACTOR A	A – 1	9
FACTOR B	B – 1	5
A x B	(a - 1) (b - 1)	45
FACTOR C	C – 1	2
A x C	(a - 1) (c - 1)	18
B x C	(b - 1) (c - 1)	10
A x B x C	(a - 1) (b - 1) (c - 1)	90
ERROR	(r - 1) (a b c)	180
TOTAL	(A x B x C r) – 1	359

Factores en estudio e interacciones

$$[y = f_a + f_b + f_c + Ax B + Ax C + Bx C + Ax Bx C + \varepsilon_{ij}]$$

Modelo estadístico

Dónde:

Fa = Puntos de muestreo

Fb = Días

Fc = Horarios

AxB = Puntos por Días

AxC = Puntos por Horarios

BxC = Días por Horarios

AxBxC = Puntos por Días por Horarios

E_{ij}= Error

3.1.3.3. Relación de la percepción de la población con los niveles de ruido, aplicando la técnica de la entrevista

Se aplicaron encuestas para determinar la percepción de la población en relación con el ruido generado por los aserraderos, y determinar cuál es el nivel de vida que llevan las personas que viven cerca de tales establecimientos.

Para aplicar la técnica propuesta por Likert, se estableció el tamaño total de la muestra de la población urbana de la ciudad de Quevedo lo cual se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N\sigma^2Z^2}{e^2(N-1) + \sigma^2Z^2}$$

Dónde:

n =Tamaño de la muestra.

N =Tamaño de la población.

σ= Desviación estándar de la población.

Z = Nivel de confianza.

e = Límite aceptable de error.

Para identificar los ítems discriminantes se aplicó la técnica propuesta por Likert, anunciada por Rensis Likert (1932), que plantea una serie de preguntas para medir las actitudes, frente a una problemática o situación particular. Con los resultados de la encuesta se obtuvo la desviación estándar, la moda, media, coeficiente de correlación y t-student de cada ítem.

- **Media:** Se obtuvo a partir de la suma de todos los valores de las respuestas de los ciudadanos dividida para el número de entrevistas que se realizó.
- **Moda:** Se lo obtiene observando la opción que se presenta con la mayor frecuencia.

- **Desviación estándar:** Es un indicador de la dispersión de los valores totales de cada ítem, demuestra la distancia que tienen los datos de la media.

Para obtener la desviación estándar se procedió a conseguir los cuadrados de los valores de cada uno de los entrevistados, de cada ítem y realizar la raíz cuadrada de la desviación estándar.

Empleando la siguiente ecuación para determinar el valor de la desviación estándar.

$$d = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

- **Coeficiente de correlación:** Es una medida relativa los coeficientes deben ser al menos estadísticamente significativos o distintos de cero. Los ítems con una mayor correlación con el total son los que tienen más en común y por lo tanto se puede pensar que miden lo mismo que los demás. En cambio los ítems con correlaciones no significativas o muy bajas se eliminaron de la escala.

Se calculó el coeficiente de correlación empleando la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

- **T-student:** Para utilizar este método debemos especificar, en primer lugar qué individuos forman parte del grupo con puntuaciones altas, y cuáles del grupo con puntuaciones bajas.

Para determinar la t-student se calculó la siguiente ecuación:

$$t \text{ Student} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}$$

Dónde:

μ = media;

σ = desviación estándar;

n = número de sujetos,

1: t más altos, 2: t más bajos.

3.1.3.4. Plan de mitigación del ruido en los aserraderos

Se elaboró un plan de mitigación de ruido, de acuerdo a los resultados obtenidos en los objetivos 1 y 2; de las mediciones aplicadas en los diferentes aserraderos de la ciudad de Quevedo, con el fin de mejorar la calidad de vida de los trabajadores y la población que vive a los alrededores de dichos establecimientos.

CAPÍTULO IV

Resultados y Discusión

4.1. Medición de ruido en los aserraderos en la ciudad de Quevedo

4.1.1. Niveles de ruido diarios en tres horarios por aserradero

En esta sección se presentan los valores promedios de ruido registrados en los tres horarios establecidos para cada uno de los aserraderos que fueron considerados en las dos semanas en que se extendió la fase de campo.

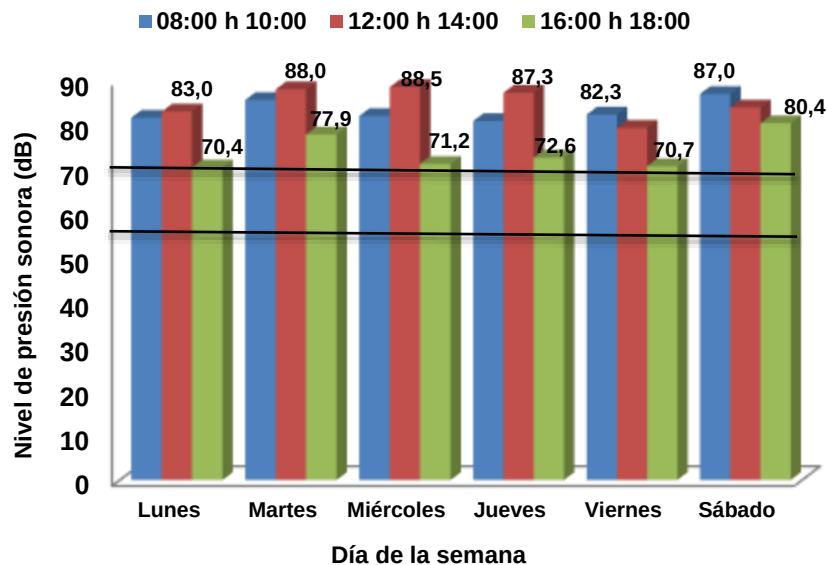


Figura 2. Niveles promedio de ruido en el aserradero *Sebmar* en tres horarios

Como se muestra en la figura 2, en el aserradero *Sebmar*, ubicado en el km 1,5 de la vía a El Empalme, el promedio de ruido es mayor en el horario cercano al mediodía (12h00 – 14h00) con valores que superan los 82 dB, a excepción de los días viernes y sábado, cuando el nivel de presión sonora es más alto en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), llegando a los 82 y 87 dB, respectivamente. Por otro lado, se observa también que en todos los casos, los niveles más bajos de ruido se registraron en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), con valores que oscilan entre 70 y 80 dB. Asimismo, como lo indican las líneas horizontales, los

promedios de ruido en el referido aserradero superan el límite máximo permisible establecido en la tabla 1, del anexo 5, Libro VI, del TULSMA, para zonas industriales y residenciales mixtas.

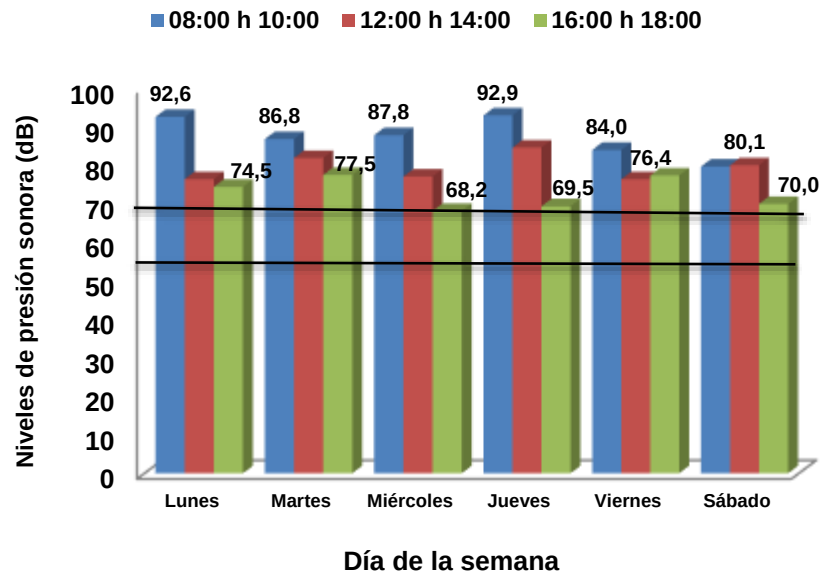


Figura 3. Niveles promedio de ruido en el aserradero *San Rafael* en tres horarios

En relación con el aserradero *San Rafael*, que se ubica en los alrededores del Terminal Terrestre, la figura 3 muestra que de lunes a viernes los niveles más altos de presión sonora se registran en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), con valores que varían entre 80 y 93 dB, con el día lunes y jueves con el mayor nivel de ruido: 92,6 y 92,9 dB, respectivamente. Por otra parte, los niveles más bajos de ruido se registraron en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), a excepción del día viernes; estos valores vespertinos resultaron inferiores a los 77,5 dB, no obstante tampoco en este aserradero las emisiones de ruido cumplen con los límites máximos permisible establecido en la Norma de Ruido, Libro VI, del TULSMA

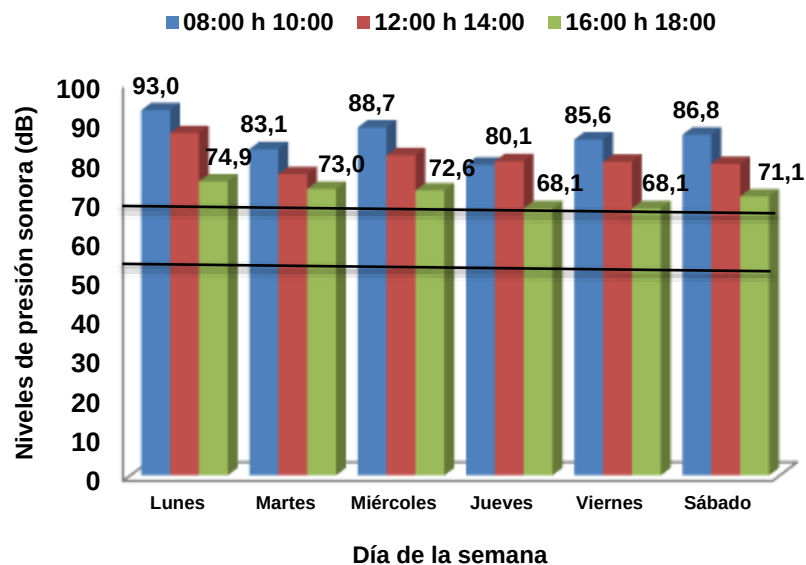


Figura 4. Niveles promedio de ruido en el aserradero *El Maderal* en tres horarios

La figura 4 muestra los resultados de la medición de ruido en el aserradero *El Maderal*, localizado en el sector Los Chapulos. Al respecto, se evidencia que los niveles promedio más altos de ruido se registraron en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), llegando hasta los 93 dB el día lunes, a excepción del día jueves, cuando el promedio más alto ocurrió hacia el mediodía. En lo concerniente a los valores más bajos de ruido que se registraron, todos estos promedios se obtuvieron en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), con valores inferiores a los 74,9 dB. Asimismo, en el caso de este aserradero tampoco se cumple con la normativa ambiental nacional aplicable al ruido en zonas industriales y residenciales mixtas

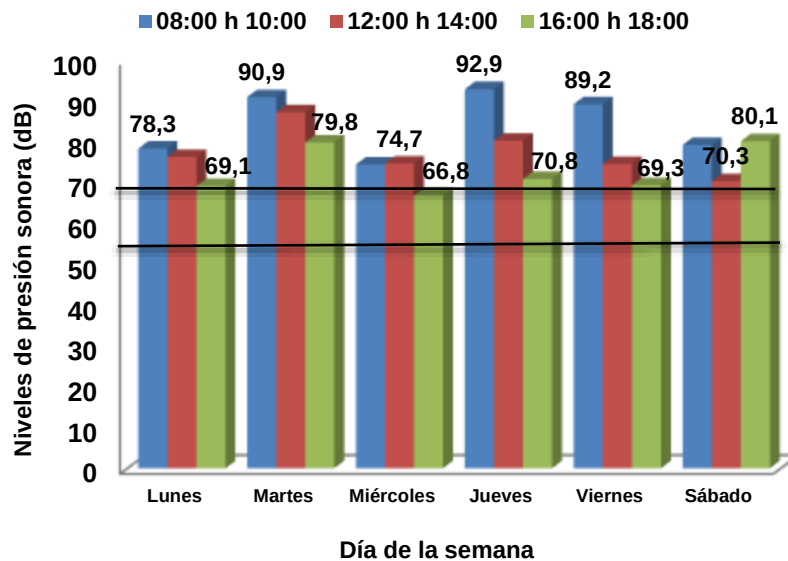


Figura 5. Niveles promedio de ruido en el aserradero *Madera Fina* en tres horarios

La figura 5 muestra los niveles de ruido ambiente en el aserradero *Madera Fina*, localizado a los alrededores de la terminal terrestre de Quevedo, se observa que los niveles de ruido más altos se los registraron en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), siendo el jueves el día mayor intensidad con un promedio de 92,9 dB, excepto los días miércoles y sábados que fue donde el promedio más alto se registró en el horario del medio día para el miércoles con 74,7 dB y el promedio más alto el día sábado en horarios de la tarde con 80 dB. Asimismo los niveles más bajos de ruido se registraron en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), con valores por debajo de los 74,9 dB. Esto da a entender que este aserradero tampoco cumple con los límites máximos permisibles establecidos en la Norma de Ruido, Libro VI, del TULSMA para zonas industriales y residenciales mixtas.

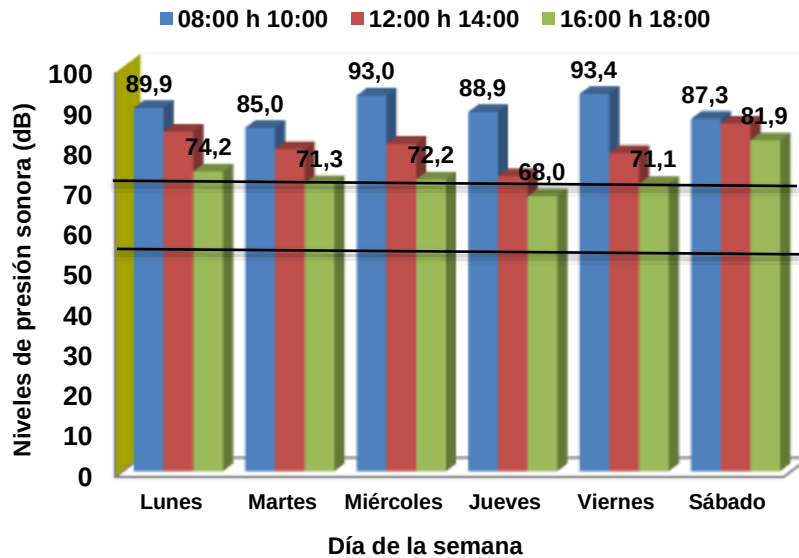


Figura 6. Niveles promedio de ruido en el aserradero *Madera de Guerrero* en tres horarios

En la figura 6 se muestran los niveles de ruido ambiente del aserradero *Madera de Guerrero*, que se encuentra ubicado en la vía Perimetral. Se puede observar que los niveles de ruido más altos se registraron en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), siendo el día viernes el q registro mayor intensidad con un promedio de 93,4 dB, mientras que los niveles más bajos fueron registrados en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), con promedios registrados de 81,9 y 68 dB. Esto da a entender que este aserradero tampoco cumple con lo establecido por la normativa ambiental nacional aplicable al ruido en zonas industriales y residenciales mixtas.

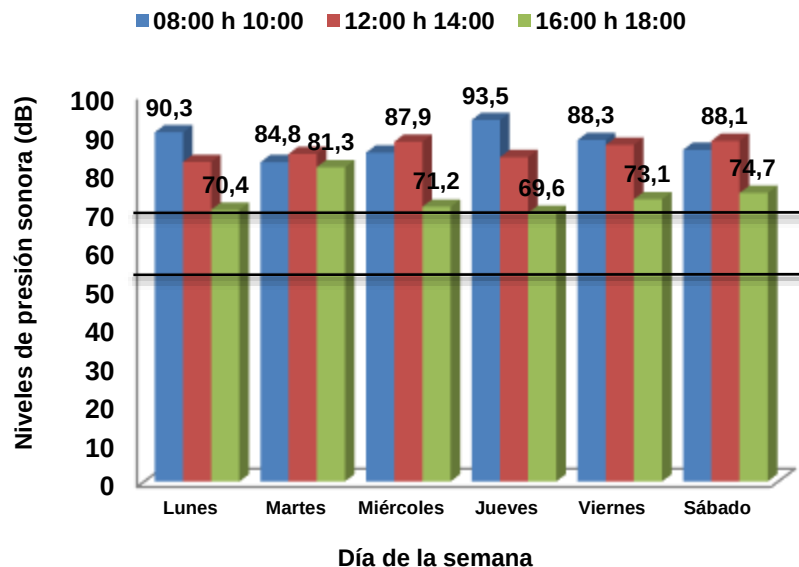


Figura 7. Niveles promedio de ruido en el aserradero *El Campeón* en tres horarios

En relación al aserradero *El Campeón* que se encuentra ubicado en la vía valencia, se observa que los niveles más altos de ruido se registraron en los horarios de la mañana y del mediodía, en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), con un promedio de 90,3 dB y en el horario del mediodía (12h00 – 14h00), con un promedio de 88,1 dB. Mientras que los niveles más bajos de ruido se registraron en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), con promedios que llegaron desde los 81,3 dB hasta el más bajo que fue de 69,6 dB. Esto muestra que el aserradero *El Campeón* tampoco cumple con los límites máximos permisible establecido en la Norma de Ruido, Libro VI, del TULSMA para zonas industriales y residenciales mixtas, tal como se indica en la figura 7.

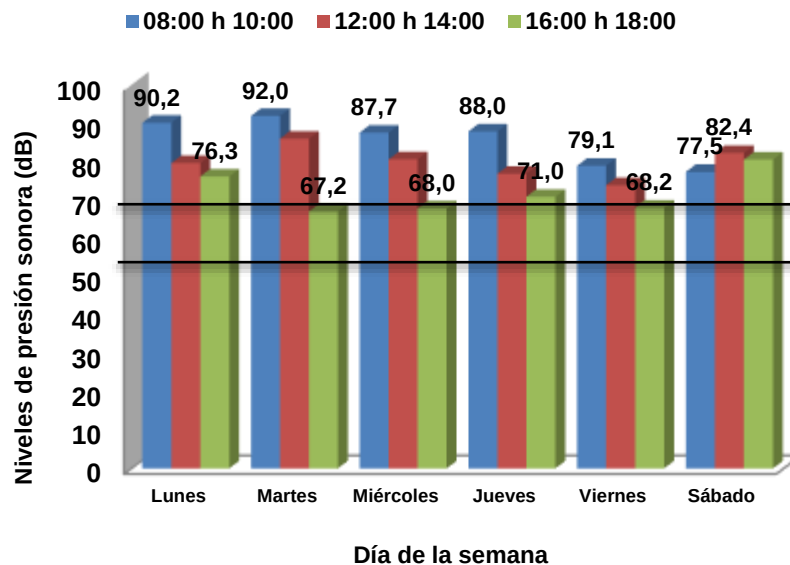


Figura 8. Niveles promedio de ruido en el aserradero *San Miguel* en tres horarios

En la figura 8 se muestran los niveles de ruido del aserradero *San Miguel*, ubicado en San Camilo sector el pantano, podemos observar que los niveles máximos de ruido fueron registrados en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), con un valor de 92,2 dB el día martes. Mientras que con un valor registrado de 82,4 el día sábado esto en el horario del mediodía (12h00 – 14h00). Los niveles de ruido más bajos fueron registrados en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), con un promedio de 76,3 dB, aunque en este aserradero se registró un valor bajo el día sábado en el horario de la mañana con un valor de 77,5 dB.

El aserradero San Miguel tampoco cumple con lo establecido por la normativa ambiental nacional aplicable al ruido en zonas industriales y residenciales mixtas.

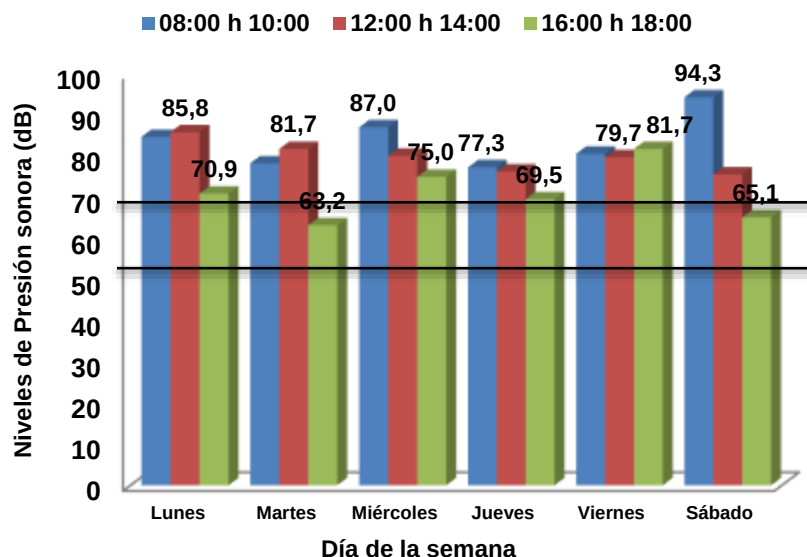


Figura 9. Niveles promedio de ruido en el aserradero *El Criollo* en tres horarios

En la figura 9 se muestran los niveles registrados de ruido ambiente en el aserradero *El Criollo* ubicado en San Camilo sector El Pantano. Allí se observa que los niveles de ruido de mayor intensidad fueron registrados en los horarios tanto de la mañana como del mediodía con promedios registrados de 94,3 dB el día sábado en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), y con un promedio de 85,8 dB el día lunes en el horario del mediodía (12h00 – 14h00). Mientras que los valores de menor intensidad fueron registrados en el horario de la tarde (16h00 – 18h00), con un valor de 75 dB que se registró el día lunes; aunque también es evidente que en el día viernes en el aserradero se registró el nivel de mayor intensidad que fue en este mismo horario con un valor de 81,7 dB. El aserradero El Criollo no cumple con los límites máximos permisible establecido en la Norma de Ruido, Libro VI, del TULSMA para zonas industriales y residenciales mixtas.

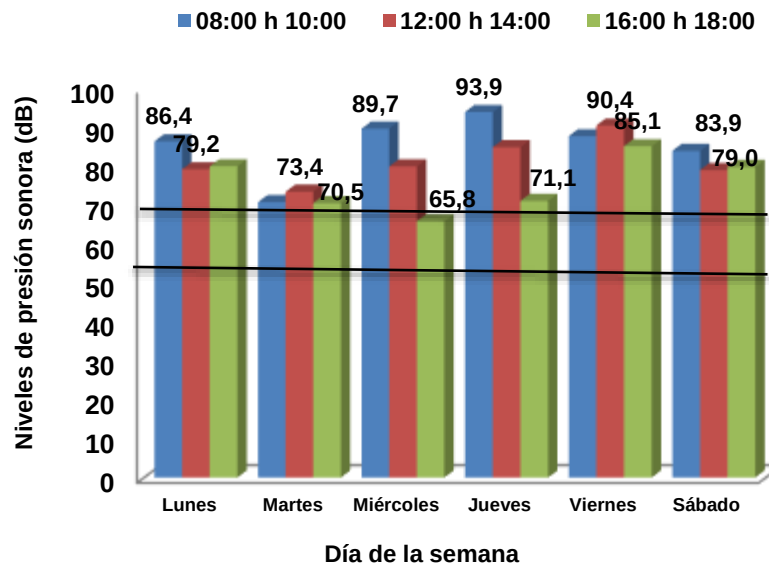


Figura 10. Niveles promedio de ruido en el aserradero *Puente Sur* en tres horarios

La figura 10 presenta los niveles de ruido registrados en el aserradero *Puente Sur*. Al respecto, se observa que los niveles más altos de ruido ambiente se registraron en los horarios de la mañana y mediodía con valores de 93,9 dB el día jueves en el horario de la mañana (08h00 – 10h00), mientras que el valor más alto en el horario del mediodía (12h00 – 14h00), se lo registró el día viernes con un promedio de 90,4 dB. Los niveles más bajos de ruido en este aserradero corresponden al horario de la tarde (16h00 – 18h00), con un valor de 85,1 dB, sin embargo en el día lunes en el horario del mediodía se registra el nivel más bajo de ruido ambiente con un valor de 79,2 dB en este sitio. Asimismo, se observa que el aserradero Puente Sur sigue el mismo patrón de los demás aserraderos, es decir no cumple con lo establecido por la normativa ambiental nacional aplicable al ruido en zonas industriales y residenciales mixtas.

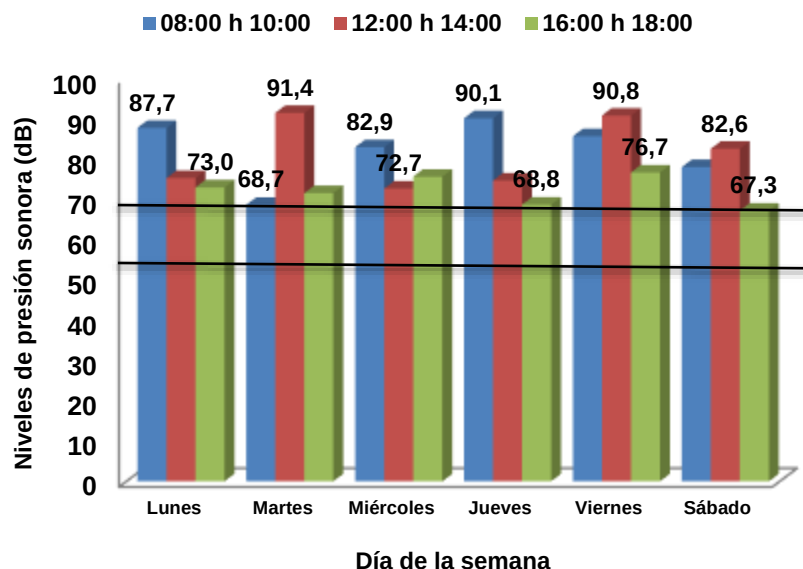


Figura 11. Niveles promedio de ruido en el aserradero *La Isla* en tres horarios

Los resultados de monitoreo de ruido del aserradero *La Isla*, ubicado en la parroquia urbana San Camilo, se presentan en la figura 11. Los niveles de ruido más altos ocurrieron en los horarios tanto de la mañana como del mediodía, con promedios que de 90,1 dB (08h00 – 10h00), y un valor de 91,4 dB (12h00 – 14h00), respectivamente. Los niveles más bajos de ruido ambiente se registraron principalmente durante la tarde, con un valor promedio mínimo de 67,3 dB. Asimismo, en relación con los límites máximos permisibles para ruido de la normativa nacional, es claro que este no cumple con los niveles aceptados para zonas industriales y residenciales mixtas.

De las figuras precedentes se infiere que las intensidades del ruido en los aserraderos de cantón Quevedo, en los horarios considerados (mañana, medio día y tarde), varían poco, aunque se observa una intensidad mayor en la mañana (08h00), seguida de la intensidad registrada al medio día (12h00), y el valor más bajo generalmente se observa en horas de la tarde (16h00).

Asimismo, si se consideran las diferencias entre cada uno de los aserraderos según los días de la semana, se observa que la variación por horarios sigue el mismo patrón determinado, así que es evidente que el perfil no sería determinante entre los horarios de la mañana y el medio día, ya que la diferencia se muestra en el horario de la tarde que es donde los decibelios son de menor intensidad.

En resumen, los valores promedio obtenidos de cada uno de los aserraderos en los diferentes días de monitoreo, como indican cada uno de los cuadros mostrados anteriormente, en su gran mayoría superan los límites máximos permisibles, siempre y cuando se considere como referente el estándar para zona industrial que es de 70 (dB), lo cual no siempre aplica porque los aserraderos se ubican principalmente dentro del área urbana de la ciudad en zonas esencialmente residenciales o mixtas con comercio.

4.1.2. Análisis estadístico de los resultados del monitoreo de ruido

Los valores registrados por el sonómetro en la presente investigación fueron sometidos a un tratamiento estadístico mediante un análisis de varianza con su correspondiente prueba de separación de medias por el método de Tukey.

Los resultados del análisis de varianza se ha incluido dentro del anexo 5.

Tabla 9. Promedios de los factores y Prueba de Tukey

Factor A (puntos)	Ruido (dBA)	Tukey
a₀	81,21	A
a₁	79,86	A
a₂	79,38	A
a₃	77,99	A
a₄	81,05	A
a₅	82,24	A
a₆	79,20	A
a₇	78,48	A
a₈	80,63	A
a₉	78,54	A
Factor B (Días de la semana)	Ruido (dBA)	
b₀	80,60	A
b₁	79,60	A
b₂	78,97	A
b₃	78,97	A
b₄	80,78	A
b₅	79,93	A
Factor C (Horarios)	Ruido (dBA)	
c₀	85,59	A
c₁	81,09	B
c₂	72,90	C

* Promedio con letras iguales no presenta diferencias estadísticas según Tukey al 0,05% de probabilidad.

* Valores originales transformados a la $\sqrt{x + 0.5}$

Factor A (puntos o aserraderos)

El factor A no presentó diferencia significativa según la prueba de Tukey, pero los valores registrados por el sonómetro al momento del monitoreo, sobrepasan los niveles máximos permisibles por el TULSMA, es así que en el aserradero número 6 (El Campeón), se presenta el mayor promedio con 82,24 dB; y en el aserradero número 1 (Sebmar) se obtuvo el segundo promedio más alto con 81,21 dB.

Los promedios más bajos que se registraron en el factor A, se obtuvieron en los aserraderos número 4 (Madera Fina), con un promedio de 77,99 dB, mientras que el segundo promedio más bajo se lo obtuvo en el aserradero número 8 (El Criollo), con un promedio de 78,48 dB. Estos son los dos promedios más bajos que registro la prueba de Tukey, pero de igual manera sobrepasan los límites máximos permisibles que corresponden al TULSMA.

Factor B (días)

El factor B está constituido por los días de la semana, de lunes a sábado, menos el domingo, y su análisis evidencia que no se presentan diferencias significativas entre las medias según la prueba de Tukey. Así, los valores más altos se obtuvieron en los días lunes y viernes con un promedio de 80,60 dB y 80,78 dBA. Por otro lado, los promedios más bajos fueron registrados en los días miércoles y jueves, ambos días con un promedio de 78,97 dB.

Factor C (horarios)

El factor C está constituido por los horarios en que se midieron los niveles de ruido: mañana (08:00 – 10:00), medio día (12:00 – 14:00) y tarde (16:00 – 18:00). Su análisis determinó que hay diferencias significativas entre las medias, las cuales mostraron resultados de 85,59 dB en la mañana, y de 81.09 dB en el

horario del mediodía; muy diferentes al promedio de la tarde, con un valor de 72,90 dB.

4.1.2.1. Interacción puntos de medición – horario

En la tabla 10 se muestran los promedios de las interacciones puntos versus horarios. El promedio más alto del horario de la mañana (08:00 – 10:00) se registró en el aserradero número 5 Madera de Guerreros con un valor de 89,6 dB, mientras que el promedio más bajo del mismo horario ocurrió en el aserradero número 10 La Isla con un valor de 82,2 dB.

El promedio con mayor cantidad de decibeles fue registrado en el horario del medio día (12:00 – 14:00), y ocurrió en el aserradero 6 El Campeón con un valor de 85,7 dB; mientras que el valor más bajo se registró en el aserradero 4 Madera Fina con un valor de 72,2 dB.

En la tarde (16:00 – 18:00), el valor más alto fue registrado en el aserradero 9 Puente Sur con un valor de 75,4 dB, mientras que en el aserradero 8 El Criollo se registró el valor más bajo con 70,8 dB.

Tabla 10. Promedio de las interacciones AxC

PUNTOS HORARIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MAÑANA	83,2	87,3	86,1	84,1	89,6	87,6	85,7	83,7	85,4	82,2
MEDIO DÍA	85,0	79,4	80,8	77,2	80,4	85,7	80,0	79,9	81,1	81,3
TARDE	73,9	72,9	71,3	72,7	73,1	73,4	71,9	70,9	75,4	72,2

4.1.2.2. Interacción día de la semana – horario de medición

En la tabla 11, se muestran los resultados de la combinación de los factores horarios y días de la semana, que establecen que hay diferencias altamente significativas.

Los niveles de ruido que no se encuentran dentro del rango establecido por el TULSMA. Libro VI, Anexo 5, corresponden a los horarios de la mañana y mediodía, para todos los días de la semana, sobrepasando los niveles máximos permisibles por el TULSMA, superior a los 70 dB, Esto se debe a que en estos dos horarios es cuando más se trabaja en los aserraderos y es por eso que las máquinas se las encontraban mayor tiempo encendidas, lo que genera un alto nivel de decibeles al momento de tomar las mediciones.

Mientras que en el horario de la tarde los niveles de ruido salieron más bajos, sin embargo aún sobrepasan los niveles máximo permisibles, excepto el día jueves, ya que el promedio obtenido en este día si se encuentra dentro de lo que registra el TULSMA para las zonas industriales, pero si se considera el estándar para zonas residenciales mixtas, ninguna de las interacciones lo cumple.

Tabla 11. Promedio de las interacciones BxC

DÍAS HORARIOS	L	M	M	J	V	S
MAÑANA	87,5	82,4	85,9	87,8	86,2	84,0
MEDIO DÍA	82,0	83,1	80,5	80,3	81,1	80,7
TARDE	73,4	71,8	70,7	70,0	75,1	75,1

4.1.2.3. Interacción puntos de medición – días de la semana - horarios

En las interacciones de la combinación de los puntos por horarios y por días no se encontraron diferencias estadísticas significativas.

4.2. Relación de la percepción de la población con los niveles de ruido, aplicando la técnica de la entrevista Likert

4.2.1. Percepción de la población

En la tabla 12 se presentan los resultados de la aplicación de la entrevista método de Likert con diez ítems, con una muestra de 120 individuos de la población, para mayor claridad en la interpretación de los resultados del método de Likert para la relación de la percepción de la población con los niveles de ruido, los datos se establecieron según la frecuencia de selección de las puntuaciones de la escala por parte de la muestra encuestada (Ver ejemplo de la encuesta en anexo 4).

Tabla 12. Valores absolutos de frecuencia según la metodología de Likert

<i>ítems</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Totalmente en desacuerdo</i>	1	7	0	6	6	3	1	0	0	4
<i>En desacuerdo</i>	3	13	5	8	5	13	9	2	2	3
<i>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</i>	15	36	30	39	63	57	33	9	8	24
<i>De acuerdo</i>	40	47	51	38	42	41	59	25	39	63
<i>Totalmente de acuerdo</i>	61	17	34	29	4	6	18	84	71	26
TOTAL	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
MODA.	5	4	4	3	3	3	4	5	5	4
STD.	0,85	1,05	0,84	1,08	0,81	0,82	0,85	0,70	0,70	0,90

CORR.	0,25	0,58	0,38	0,74	0,61	0,60	0,26	0,37	0,38	0,36
T-STUDENT	12.9	0.68	2.23	-3.85	-1.58	-1.57	2.31	-1.38	-1.13	-3.72

Luego de haber aplicado la prueba de t student para dos colas, para un nivel de significancia de 0,05 se observa que los ítems más discriminantes son el uno (1) *¿El ruido que generan las máquinas de los aserraderos es alto?*, el tres (3) *¿Cree usted que el exceso de ruido le podría provocar alguna enfermedad?*, el cuatro (4) *¿Considera usted que el ruido deteriora su capacidad auditiva?*, el siete (7) *¿Cree usted necesario que se implementen medidas para reducir el nivel de ruido en el interior de aserradero?*, y el diez (10) *¿Estaría de acuerdo con que se cambiara el sitio de ubicación del aserradero debido al ruido que generan a diario?*. Por lo que es evidente que las respuestas dadas por los individuos a quienes se aplicó la encuesta, para cada uno de los referidos ítems.

4.2.2. Relación percepción ciudadana – niveles promedios de ruido

Para el efecto se utilizaron los valores promedios de intensidad de ruido correspondiente a los doce días de monitorio y tres horarios, tal como se indica a continuación:

Tabla 13. Promedios de ruido en días, semanas y horario

HORARIO	MEDIA GENERAL									
08:00 h 10:00	83,2	87,3	86,1	84,1	89,6	87,6	85,7	83,7	85,4	82,2
12:00 h 14:00	85	79,4	80,8	77,2	80,4	85,7	80	79,9	81,1	81,3
16:00 h 18:00	73,9	72,9	71,3	72,7	73,1	73,4	71,9	70,9	75,4	72,2

La media general de las mediciones de ruido ambiente, realizadas en los distintos aserraderos de la ciudad de Quevedo tomados en cada uno de sus respectivos horarios nos muestra que los niveles de ruido sobre pasan los límites máximos

permisibles de ruido en las zonas industriales. Podemos observar que en el horario de la mañana, los niveles de ruido sobre pasan los 82,2 dB llegando hasta los 89,6 dB; siendo este el horario de mayor ruido en los doce días de la fase de campo realizada. En el horario del medio día los niveles superan los límites máximos permisibles con 77,2 dB llegando hasta los 85,7 dB; esto indica que el horario del medio día es el segundo de mayor perturbación para la población que vive cerca de estos establecimientos. En el horario de la tarde, se puede observar en la media general que los niveles d ruido son más bajos, esto se debe a que los distintos aserraderos en este horario ya estaban por terminar el día de labores es así que por lo consiguiente las distintas maquinas que utilizan no estaban todas en funcionamiento, esto hacia que los niveles de ruido sean de 70,9 dB llegando hasta los 75,4 dB; aunque igualmente sobre pasan los niveles máximos permisibles.

Tabla 14. Relación niveles de ruido – efecto en la salud (OMS)

Nivel de ruido (dB)	Efectos sobre la salud (OMS)	Mediciones	Porcentaje
30	Perturbación del sueño	———	———
40	Dificultad en la comunicación verbal	———	———
45		———	———
50	Malestar diurno moderado	———	———
55	Malestar diurno fuerte	———	———
65	Comunicación verbal difícil	9	30%
75	Pérdida auditiva a largo plazo	21	70%
110 -140	Pérdida auditiva a corto plazo	———	———

En el horario de la mañana (08h00), los niveles de ruido promedio, en los doce días de monitoreo, resultaron mayoritariamente superiores a los 75 dB (oscilando entre 82 dB y 88 dB), representando un 100 % del total de las mediciones realizadas. De esto modo, se puede inferir que los trabajadores y la población cercana está expuesta, según los efectos establecidos por la OMS, a una pérdida de la capacidad auditiva a largo plazo y su comunicación verbal se hace difícil, más allá de las molestias generales para el confort de la población

Tabla 15. Promedio de la media general de la mañana

MEDIA DE HORARIO DE LA MAÑANA									
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
83,2	87,3	86,1	84,1	89,6	87,6	85,7	83,7	85,4	82,2

Nivel de ruido (dB)	Efectos sobre la salud (OMS)	Mediciones	Porcentaje
30	Perturbación del sueño	—	—
40	Dificultad en la comunicación verbal	—	—
45		—	—
50	Malestar diurno moderado	—	—
55	Malestar diurno fuerte	—	—
65	Comunicación verbal difícil	0	0%
75	Pérdida auditiva a largo plazo	10	100%
110 -140	Pérdida auditiva a corto plazo	—	—

En el horario del mediodía (12h00), los niveles de ruido promedio, en los doce días de monitoreo, resultaron mayoritariamente superiores a los 75 dB (oscilando entre 77 dB y 85 dB), representando un 100 % del total de las mediciones realizadas. De esto modo, se puede inferir que los trabajadores y la población cercana está expuesta, según los efectos establecidos por la OMS, a una pérdida de la capacidad auditiva a largo plazo y su comunicación verbal se hace difícil, más allá de las molestias generales para el confort de la población.

Tabla 16. Promedio de la media general del mediodía

MEDIA DE HORARIO DEL MEDIODÍA									
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
85,0	79,4	80,8	77,2	80,4	85,7	80,0	79,9	81,1	81,3

Nivel de ruido (dB)	Efectos sobre la salud (OMS)	Mediciones	Porcentaje
30	Perturbación del sueño	—	—
40	Dificultad en la comunicación verbal	—	—
45		—	—
50	Malestar diurno moderado	—	—
55	Malestar diurno fuerte	—	—
65	Comunicación verbal difícil	0	0%
75	Pérdida auditiva a largo plazo	10	100%
110 -140	Pérdida auditiva a corto plazo	—	—

En el horario de la tarde (16h00), los niveles de ruido promedio, en los doce días de monitoreo, resultaron mayoritariamente inferiores a los 75 dB (oscilando entre 70 dB y 75 dB), representando un 90 % del total de las mediciones realizadas. Por otro lado, sólo el 10 % de las mediciones de ruido superó los 75 dB. De esto modo, se puede inferir que, la mayor parte del tiempo, los trabajadores y la población cercana están expuestos, según los efectos establecidos por la OMS, a

una pérdida de la capacidad auditiva a largo plazo y su comunicación verbal se hace difícil, más allá de las molestias generales para el confort.

Tabla 17. Promedio de la media general de la tarde

MEDIAS DE HORARIO DE LA TARDE									
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
73,9	72,9	71,3	72,7	73,1	73,4	71,9	70,9	75,4	72,2

Nivel de ruido (dB)	Efectos sobre la salud (OMS)	Mediciones	Porcentaje
30	Perturbación del sueño	—	—
40	Dificultad en la comunicación verbal	—	—
45		—	—
50	Malestar diurno moderado	—	—
55	Malestar diurno fuerte	—	—
65	Comunicación verbal difícil	9	90%
75	Pérdida auditiva a largo plazo	1	10%
110 -140	Pérdida auditiva a corto plazo	—	—

4.3. Plan de mitigación del ruido en los aserraderos

ASPECTO AMBIENTAL	OBJETIVO AMBIENTAL	MEDIDA	INDICADORES	RESPONSABLE
Leyes y normas ambientales	Cumplir las disposiciones establecidas en leyes, normas y reglamentos que regulan la práctica de las diferentes actividades generadoras de ruido	Elaborar y socializar un Manual de Buenas Prácticas Ambientales. Obtener y renovar los permisos ambientales con el Gobierno Municipal de Quevedo y/o la Dirección Provincial del Ministerio del Ambiente.	Manual de Buenas Prácticas elaborado (# de permisos ambientales obtenidos / # de permisos ambientales exigidos) *100 %	Gobierno Municipal de Quevedo Dirección Provincial del Ambiente de Los Ríos

Educación ambiental	Educar a los trabajadores sobre los efectos de la exposición al ruido.	Realizar charlas educativas sobre los niveles del ruido emitidos por las maquinarias utilizadas y sus efectos en la salud humana	3 charlas / año	Facultad de Ciencias Ambientales UTEQ (a través de un proyecto de vinculación) Dirección Provincial del Ambiente de Los Ríos
Administración del lugar y mantenimiento de equipos de trabajo	Disminuir el ruido interno y el emitido a los exteriores del área de trabajo	Implementación de maquinarias nuevas. Llevar un registro de mantenimiento de las máquinas	Registro anual de mantenimiento de las maquinarias de trabajo	Propietario del aserradero Gobierno Municipal de Quevedo (Departamento de Medio Ambiente)

Seguridad y salud ocupacional	Evitar daños a la salud auditiva	Utilización obligatoria de equipos de protección personal Revisiones médicas periódicas	(# EPP utilizado / # EPP de uso obligatorio) *100 % (# revisiones médicas realizadas / # revisiones médicas obligatorias) *100 %	Propietario del aserradero
	Verificar que se cumplan las medidas de seguridad en el trabajo	Realizar inspecciones periódicas a los aserraderos	2 revisiones anuales	Ministerio de Ambiente GADM de Quevedo

Emisiones de ruido	Disminuir la contaminación acústica	Reubicar los aserraderos que se encuentren en zonas urbanas. Reforzar el aislamiento acústico del área de trabajo, empleando los materiales y barreras necesarias.	2-3 km del perímetro urbano (# áreas aisladas / # áreas totales) *100 %	GADM de Quevedo Ministerio de Ambiente Propietario del aserradero
--------------------	-------------------------------------	--	---	--

4.4. Discusión

En la presente investigación, se determinaron valores de intensidad del ruido ambiente, en diferentes días de la semana, en tres horarios diarios (08h00, 12h00 y 16h00), y en diferentes puntos de la ciudad, en todos los casos se observa que los valores medidos y calculados se encuentran por encima de los límites máximos permisibles y que son recogidos por el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), Anexo 5. Los valores normativos referidos son 70 dB, para exposición del público general respectivamente.

De acuerdo con la OMS (1999), El límite aceptado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 65db. A partir de esa cantidad empiezan los problemas, y si se superan los 80 dB puede llegar la sordera. Siguiendo la indicación de la OMS, la mayoría de las legislaciones europeas marcan como límite 65 decibelios durante el día y 55 por la noche. Se concluyó que los datos obtenidos en los diferentes aserraderos de la ciudad de Quevedo sobre pasan los límites aceptados por la OMS que son de 65 dB, ya que los valores registrados en estas zonas industriales nos dieron como resultados niveles de ruido superiores a los 93 dB esto quiere decir que las personas y los trabajadores están expuestas a sufrir de sordera o pérdida auditiva a largo plazo.

De acuerdo con la OMS (1999), muchos factores influyen en cómo una persona puede percibir un riesgo a su salud, entre ellos factores personales como la edad, el sexo, el bagaje cultural y educacional; y que los individuos pueden llegar a sentir que no tienen el control sobre los riesgos. La recuperación es normalmente casi completa al cabo de dos horas y completa a las 16 horas de cesar el ruido, si se permanece en un estado de confort acústico (menos de 50 dB en vigilia o 30 dB durante el sueño). La sordera permanente está producida, bien por exposiciones prolongadas a niveles superiores a 75 dB, bien por sonido de corta

duración de más de 110 dB, o bien por acumulación de fatiga auditiva sin tiempo suficiente de recuperación. Las lesiones del oído interno se producen inicialmente en frecuencia no conversacionales, por lo que el sujeto no la suele advertir hasta que es demasiado tarde. Puede ir acompañada de zumbidos de oído y de trastornos del equilibrio.

Puesto que son factores de riesgos invisibles, no fácilmente cuantificables; y por esto la percepción dependerá básicamente de factores externos como la información científica disponible, los medios de comunicación y la situación económica del individuo y la comunidad. Al respecto, la investigación recogió información en relación con la percepción ciudadana y los riesgos que los pobladores exponen sobre el ruido que recibe de los aserraderos. En este contexto, se observa claramente que las personas han respondido de manera dispar cuando se les ha preguntado sobre los riesgos a su salud y la forma de divulgar la información por parte de las autoridades.

En la investigación realizada, los resultados concuerdan con Perugachi (2009) en la ciudad de Riobamba, donde se concluyó que los niveles de ruido registrados en las diferentes aserraderos de la ciudad de Quevedo y en los diferentes horarios, en su mayoría no se encuentran dentro de la norma nacional, sobrepasando los 70 dB que es el límite permitido por el TULSMA por la poca educación y conciencia ambiental de los dueños y trabajadores de los aserraderos los niveles generados de ruido por las máquinas seguirían provocando efectos a la salud.

Los ítems más discriminantes solo resultaron ser cinco: (1) *¿El ruido que generan las máquinas de los aserraderos es alto?*, el tres (3) *¿Cree usted que el exceso de ruido le podría provocar alguna enfermedad?*, el cuatro (4) *¿Considera usted que el ruido deteriora su capacidad auditiva?*, el siete (7) *¿Cree usted necesario que se implementen medidas para reducir el nivel de ruido en el interior de aserradero?*, y el diez (10) *¿Estaría de acuerdo con que se cambiara el sitio de*

ubicación del aserradero debido al ruido que generan a diario?; evidencian que la percepción de las personas en relación con los niveles de ruido aptos y que no pueden provocar daños en su salud seguramente debido a su escaso conocimiento acerca del impacto de la contaminación acústica y los estándares establecidos en las normativas pertinentes. Esto es compatible con lo señalado en la OMS (1999), al observarse que la percepción ciudadana con respecto del ruido que generan los aserraderos depende de factores personales y externos.

La encuesta realizada en la investigación a través de Likert en los aserraderos de la ciudad de Quevedo, dio como resultado que las personas están totalmente de acuerdo que los aserraderos no se encuentren dentro de la zona urbana de la ciudad de Quevedo, con un 63%, coincidiendo con Villena (2012) en la ciudad de Puyo, donde también la encuesta que aplicaron los ciudadanos opinan q los aserraderos no deben estar dentro de la ciudad de Puyo, con un 84%, ya que el ruido generado por las maquinas afecta directamente a la ciudadanía que habita cerca de las zonas industriales.

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- En la caracterización de cada uno de los aserraderos que fueron evaluados se llegó a comprobar que todos estos establecimientos sobrepasan la norma de los niveles máximos de ruido permisible según el uso del suelo; esto quiere decir que ninguno cumple con el límite máximo permisible establecido por el TULSMA para zona industrial y para zona mixta, que es de 70 dB y de 55 dB, respectivamente.
- En el periodo de monitoreo, el nivel de ruido, en los tres horarios escogidos, sobrepasa los límites máximos permisibles, es decir en la mañana con un nivel de ruido promedio de 85,6 dB; al mediodía con un promedio de 81,1 dB y en la tarde con 72,9 dB.
- En el aserradero *El Campeón* se registró el nivel de ruido de mayor intensidad con un promedio de 82,2 dB. En cambio, en el aserradero *Madera Fina* se registró el nivel de ruido de menor intensidad con un promedio de 77,9 dB.
- Los diferentes niveles de ruido ambiente en los aserraderos de la zona urbana de la ciudad de Quevedo, tienen promedios muy altos, que sobrepasan los 75 dB, ocasionando que los trabajadores estén expuestos a niveles de ruido que, a largo plazo, producen la pérdida de la capacidad auditiva, según los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Los ítems más discriminantes resultaron ser (1) *¿El ruido que generan las máquinas de los aserraderos es alto?*, el tres (3) *¿Cree usted que el exceso*

de ruido le podría provocar alguna enfermedad?, el cuatro (4) *¿Considera usted que el ruido deteriora su capacidad auditiva?*, el siete (7) *¿Cree usted necesario que se implementen medidas para reducir el nivel de ruido en el interior de aserradero?*, y el diez (10) *¿Estaría de acuerdo con que se cambiara el sitio de ubicación del aserradero debido al ruido que generan a diario?*; evidenciando, un conocimiento consistente acerca de la contaminación acústica, los principales impactos a la salud humana de los altos niveles de ruido, están relacionados con la pérdida de la capacidad auditiva básicamente.

- Con la elaboración del plan de mitigación se pretende disminuir los niveles de ruido que generan los aserraderos, proponiendo la ejecución de medidas que permitirán el cumplimiento de varios objetivos ambientales vinculados a los aspectos más importantes en relación con el problema de la contaminación acústica en los aserraderos y que fueron identificados en la presente investigación: Leyes y normas ambientales; Educación ambiental; Administración del lugar y mantenimiento de equipos de trabajo; Seguridad y salud ocupacional; y Emisiones de ruido.

5.2. Recomendaciones

- Luego de haber hecho el monitoreo en los diferentes aserraderos de la ciudad de Quevedo, es importante se realicen nuevos y continuos monitoreos a fin de verificar si con el tiempo el ruido generado por las maquinas sigue causando molestias a la población.
- Se recomienda la implementación de las medidas propuestas en el Plan de Mitigación del ruido en los aserraderos de la ciudad de Quevedo, y para ello deberán colaborar las instituciones identificadas como aquellas que tienen competencia en la regulación ambiental de tales actividades.
- Es imprescindible que las autoridades competentes hagan un análisis de la conveniencia de reubicar, sino todos, la mayoría de los aserraderos que se encuentran en áreas con una gran densidad de población.
- Capacitar a los pobladores que habiten en el área de influencia directa de los aserraderos, a fin de que puedan colaborar en el control de la contaminación acústica producida por dicha actividad, y puedan exigir se aplique las medidas necesarias para que no se deteriore ni su salud ni su calidad de vida.

CAPÍTULO VI

Bibliografía

6.1. Literatura citada

Abad, L.; Colorado, D.; Martín, D. (2001). Tecnología y Desarrollo. Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Volumen III. Madrid, España. pp 5, 6

Asamblea Nacional. (2008). Constitución de la República del Ecuador (en línea). Recuperado de http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf

Aznar, J. (2003). Contaminación acústica (en línea). Recuperado de: http://www.ofcformacion.com/admin/doc_temas_masters/Contaminacion%20Acustica.pdf.

Bolaños, D. (2003). Decibelímetros o sonómetros. (en línea). Argentina. Recuperado en http://www.bolanosdj.com.ar/circuitos_archivos/MISONOMETRO.pdf

Blanco, F. (2006). Propiedades Acústicas (en línea). Recuperado de: <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Temall.2.4.ACUSTICAS.B.pdf>

CIENES. (1996). Reportado por JIMENEZ, C. et al. (1999). Módulo de tutoría I. Programa de capacitación en liderazgo educativo. Ed. Unidad técnica EB/PRODEC. Ecuador

Comisión Nacional de Medio Ambiente. (2000). Guía para el control y prevención de la contaminación industrial. Santiago, Chile.

Domínguez, M. (2009). Medición y procesamiento avanzado de indicadores de ruido, en zonas críticas localizadas dentro del Distrito Federal. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Maestría en Ciencias en Ingeniería de Computo con opción en Sistemas digitales. Instituto Politécnico Nacional. México, México.

FIA (Congreso Iberoamericano de Acústica). (2008). Protocolo de medición para la emisión de ruido generado por fuentes fijas establecimientos comerciales. San Carlos de Bariloche Argentina. 5, 6 Nov. (en línea). Recuperado de: http://www.sea-acustica.es/Buenos_Aires_2008/a-052.pdf.

García, P.; Serrano, F.; Fernández, M. (2009). Madera sin ruido (en línea). Recuperado de: <http://mcaugt.org/documentos/0/doc4360.pdf>

González, A. (2008). Contaminación acústica (en línea). Recuperado de: <http://blogcdam.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2012/03/Contaminaci%C3%B3n-ac%C3%B3stica.pdf>

Grande, A. (2012). Contaminación acústica (en línea). Recuperado de: <http://agenda21alh.files.wordpress.com/2012/10/14-tomo-iii-contaminacion-acustica.pdf>

Lobos, V. (2008). Evaluación del ruido ambiental en la ciudad de Puerto Montt. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título profesional de Ingeniero Acústico. Valdivia, Chile.

Ministerio del Ambiente. (2004). Ley de Gestión Ambiental. Primera edición ed. Quito: Ministerio del Ambiente.

Miyara, F. (2002). Contaminación acústica urbana. (en línea). Recuperado de <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/05-06-02.pdf>

OMS (Organización Mundial de la Salud). (1999). Marco para el Desarrollo de Estándares de CEM basados en salud. (en línea). Recuperado de: <http://www.oms.org/cem/salud.htm>.

Reyes, H. (2011). Estudio y plan de mitigación del nivel de ruido ambiental en la zona urbana de la ciudad de Puyo. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero en Biotecnología Ambiental. Riobamba, Ecuador.

Rocha, D. (2012). Sonómetro digital. Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica. México, México. pp 11

Segues, F. (2007). Conceptos básicos de ruido ambiental (en línea). Recuperado de: <http://sicaweb.cedex.es/docs/documentos/Conceptos-Basicos-del-ruido-ambiental.pdf>

Título IV Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental; Libro VI de la Calidad Ambiental. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. D.E. 3399 R.O. 725, Diciembre 16, 2002 & D.E. 3516 R.O. Edición Especial N° 2, Marzo 31, 2003.

CAPÍTULO VII

Anexos

Anexo 1. Maquinarias de los aserraderos



Anexo 2. Medición del ruido



Anexo 3. Realización de encuesta



Anexo 4. Cuestionario empleado en la encuesta

5	4	3	2	1				
Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo				
Preguntas				Alternativas de Respuesta				
				1	2	3	4	5
1	¿El ruido que generan las máquinas de los aserraderos es alto?							
2	¿El ruido molesta la concentración en el momento de realizar las tareas?							
3	¿Cree usted que el exceso de ruido le podría provocar alguna enfermedad?							
4	¿Considera usted que el ruido deteriora su capacidad auditiva?							
5	¿Cree usted que sus niveles de ansiedad aumentan conforme el ruido se hace más alto?							
6	¿El ruido al que se expone por la cercanía del aserradero le pone irritable?							
7	¿Cree usted necesario que se implementen medidas para reducir el nivel de ruido en el interior de aserradero?							
8	¿Considera usted que el ruido es uno de los contaminantes más molestos de los últimos años?							
9	¿El exceso de ruido interrumpe su comunicación con las personas?							
10	¿Estaría de acuerdo con que se cambiara el sitio de ubicación del aserradero debido al ruido que generan a diario?							

Anexo 5. Cuadro de análisis de varianza de la contaminación acústica de los aserraderos en la ciudad de Quevedo (factores simples y combinación de factores).

Fuente	DF	Tipo I SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
ASERRIO	9	622.583999	69.176000	1.10	0.3623
DIAS	5	155.352650	31.070530	0.50	0.7792
HORARIO	2	9945.617255	4972.808628	79.34	<.0001
ASERRIO*DIAS	45	3296.900144	73.264448	1.17	0.2364
ASERRIO*HORARIO	18	845.627356	46.979298	0.75	0.7560
ASERRIO*DIAS*HORARIO	100	4882.817656	48.828177	0.78	0.9158

Anexo 6. Mapa de ubicación de los aserraderos en estudio

