



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN

**ACÚSTICA GENERADA POR EL PARQUE AUTOMOTOR EN LA
ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE IBARRA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

AUTORES

LÓPEZ TRUJILLO DIEGO ALEXANDER

LÓPEZ VILLARREAL STEFFANNY MARLENE

DIRECTOR

ING. LUIS GARZÓN

IBARRA, Enero 2018

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento se deja sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos en disposición la información siguiente:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE CIUDADANÍA	040155976-0		
APELLIDOS Y NOMBRES	LÓPEZ VILLARREAL STEFFANNY MARLENE		
DIRECCIÓN	TULCÁN - CALLE COTOPAXI Y ARGENTINA		
EMAIL	smlopezv@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	2988-229	TELÉFONO MÓVIL	0969461028

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE CIUDADANÍA	040188841-7		
APELLIDOS Y NOMBRES	LÓPEZ TRUJILLO DIEGO ALEXANDER		
DIRECCIÓN	SAN GABRIEL - CALLE SERBIO TULIO NAVARRETE Y RÍO AMAZONAS		
EMAIL	dalopez@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	2290-936	TELÉFONO MÓVIL	0985764970

DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO	ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA GENERADA POR EL PARQUE AUTOMOTOR EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE IBARRA		
AUTOR	LÓPEZ TRUJILLO DIEGO ALEXANDER – LÓPEZ VILLAREAL STEFFANNY MARLENE		
FECHA: 2018/01/10			
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/>	PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR/DIRECTOR	ING. LUIS GARZÓN MSC.		

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, **LÓPEZ TRUJILLO DIEGO ALEXANDER** y **LÓPEZ VILLARREAL STEFFANNY MARLENE**, con cédula de ciudadanía Nro. **0401888417** y **0401559760**, en calidad de autores y titulares de los derechos primordiales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 10 de Enero del 2018

LOS AUTORES

López Trujillo Diego Alexander

C.C. 040188841-7

Firma.....



López Villarreal Steffanny Marlene

C.C. 0401559760

Firma.....



CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por los señores: Diego Alexander López Trujillo y Steffanny Marlene López Villarreal, como requerimiento del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Atentamente,



Ing. Luis Garzón Msc.

DIRECTOR DE LA TESIS

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por brindarnos la oportunidad de vivir y cumplir con uno de los sueños en nuestra vida.

A la Universidad Técnica del Norte por cada conocimiento compartido en las aulas y brindarnos las bases para culminar esta etapa estudiantil.

Al Ing. Andrés Garzón, director de la tesis y a cada uno de nuestros maestros, quienes guiaron paso a paso la investigación e hicieron que logremos culminar con éxito, el trabajo de grado.

A nuestras familias por apoyarnos en cada decisión tomada y creer siempre en nosotros.

Diego López

Steffanny López

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a las personas más valiosas que tengo, mis padres Fanny Trujillo y Manuel Flores, quienes me han inculcado valores desde niño y me han enseñado a ser responsable en mis estudios, motivándome especialmente en esta etapa de mayor importancia en mi vida y futuro profesional, ayudándome a salir adelante con la ayuda de ellos.

A mis hermanos, quienes me incentivan a ser una persona de bien y agradecerles por su compañía, ratos de alegría y tristeza que hemos vivido juntos; a mi abuelita, mi tía por brindarme su cariño y apoyo moral. A todos ellos a quien los amo mucho.

A mi gran amiga Tefy que en el transcurso de esta etapa estudiantil le conocí, gracias por ser una mujer de gran corazón y ser mi compañera de tesis.

Diego A. López T.

Dedico este trabajo de investigación a mis Padres Guillo y Marly, quienes son los mejores padres del mundo, el mayor soporte y ejemplo fundamental en mi vida, gracias por todo el apoyo incondicional.

A mis hermanos Pato, Chicho y Tomás compañeros de vida e inspiración, gracias por la compañía y creer en mí.

A mi Morita, por ser un motor fundamental en mi vida, de lucha diaria y constancia para alcanzar cada anhelo soñado.

A mis sobrinos Dilan, Dustin y Arjhen las luces y amorcitos de mi corazón.

A mi amigo Diego por ser un pilar esencial en esta investigación, han sido muchos años compartidos, gracias por todo.

Steffanny M. López V.

RESUMEN

En esta tesis de investigación se procedió a realizar el análisis de la contaminación sonora en múltiples lugares de la zona urbana de la ciudad de Ibarra. El punto de partida fue desarrollar la introducción de la investigación, donde se formuló el objetivo general, objetivos específicos, de igual manera la justificación e importancia de la investigación; con la utilización de métodos y técnicas que facilitaron el estudio de campo y procesamiento de información del análisis sonoro. Seguido de esto se procedió a realizar la búsqueda de información acerca de la contaminación sonora en medios nacionales, regionales, e internacionales, con el objeto de tener recolectar información referente a la problemática, normativas y metodologías que son la base en la tesis de investigación. En cuanto se obtuvo la información acerca de la contaminación acústica en general se desplegó paso a paso la propuesta para la creación de mapas de ruido, tomando en cuenta la metodología para el procesamiento y manipulación de información monitoreada en el software ArcGIS. En otra instancia, en la empresa Movildelnor se desarrolló el proceso de medición de ruido motor (tubo de escape) en la Revisión Técnica Vehicular (RTV), cuando el vehículo se encontraba estacionado, todo esto para comprobar si cumple o no con los límites permisibles establecidos por la ley. Una vez que se recolectó la información de contaminación acústica y del ruido motor se procedió a realizar el análisis estadístico y cartográfico, para obtener los resultados sobre el levantamiento de mapas de ruido con respecto a los niveles permisibles según el uso del suelo, y población que habita en los sectores monitoreados. Y finalmente se procedió a elaborar las conclusiones y recomendaciones correspondientes a los objetivos propuestos en la investigación.

ABSTRACT

In this research thesis the sound pollution analysis was carried out in multiple places in the urban area of the city of Ibarra. The starting point was to develop the introduction of research, where the general objective, specific objectives were formulated, as well as the justification and importance of the research; with the use of methods and techniques that facilitated the field study and information processing of sound analysis. Following this, we proceeded to search for information about noise pollution in national, regional and international media, in order to collect information regarding the problems, regulations and methodologies that are the basis of the research thesis. As soon as the information about noise pollution in general was obtained, the proposal for the creation of noise maps was unfolded step by step, taking into account the methodology for the processing and manipulation of information monitored in the ArcGIS software. In another instance, in the company Movildelnor the process of measurement of engine noise (exhaust pipe) in the Technical Vehicle Review (RTV) was developed, when the vehicle was parked, all this to check whether or not it meets the permissible limits established by law. Once the acoustic contamination and motor noise information was collected, statistical and cartographic analysis was carried out to obtain the results about the noise maps with respect to the permissible levels according to the land use, and population that it inhabits the monitored sectors. And finally, the conclusions and recommendations corresponding to the objectives proposed in the investigation were drawn up.

GLOSARIO

NPS: nivel de presión sonora

dB: decibel

Leq_A: nivel de presión sonora equivalente

R: residencial

RM: residencial mixta

H: hospitalaria

E: educativa

C: comercial

CM: comercial mixta

A: alto

M: medio

MA: medio y alto

MB: medio y bajo

B: bajo

SP: sin pendiente

CP: con pendiente

ÍNDICE DEL CONTENIDO

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO.....	iii
CERTIFICACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
GLOSARIO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xxi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xxii
CAPÍTULO I	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Delimitación.....	6
1.4.1. Delimitación temporal.....	6
1.4.2. Delimitación espacial.....	7
1.4.2.1. Ubicación geográfica.....	7
1.4.2.2. Superficie territorial.....	7
1.4.2.3. División política.....	7
1.4.2.4. Densidad poblacional.....	8
1.5. Objetivos.....	8

1.5.1. Objetivo general	8
1.5.2. Objetivos específicos.....	8
1.6. Justificación.....	9
1.7. Tipo de investigación	10
1.7.1. Investigación de campo.....	11
1.7.2. Investigación documental.....	11
1.7.3. Investigación descriptiva.....	11
1.8. Métodos	12
1.8.1. Analítico.....	12
1.8.2. Deductivo	12
1.9. Técnica e instrumento.....	12
1.9.1. Observación.....	12
CAPÍTULO II.....	14
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Análisis de la contaminación acústica	14
2.1.1. Contaminación del aire.....	15
2.1.2. Fuentes sonoras contaminantes	16
2.1.2.1. Fuentes fijas.....	16
2.1.2.2. Fuentes móviles.....	17
2.1.3. El ruido.....	18
2.1.3.1. Decibel.....	18
2.1.3.2. Niveles de ruido.....	19
2.1.3.3. Nivel de presión sonora continua equivalente.....	19
2.1.4. Efectos del ruido en el ser humano	19
2.1.4.1. Efectos fisiológicos.....	20
2.1.4.2. Efectos fisiológicos no auditivos.....	20
2.1.4.3. Efectos sobre el sueño.....	20
2.1.4.4. Efectos de la comunicación.....	20
2.1.4.2. Efectos sobre el trabajo.....	21

2.1.4.3.	Afectación a las personas de acuerdo a niveles de exposición a ruidos excesivos.....	21
2.2.	Metodología para la caracterización de la contaminación acústica	22
2.2.1.	Metodología de muestreo espacial	22
2.2.1.1.	De retícula o rejilla.....	22
2.2.1.2.	De viales o tráfico.....	23
2.2.1.3.	En zonas específicas.....	23
2.2.1.4.	En función del uso de suelo.....	23
2.2.1.5.	Zonas aleatorias.....	24
2.2.2.	Equipo de medición acústico.....	24
2.2.2.1.	Respuesta lenta.....	25
2.2.2.2.	Respuesta rápida.....	26
2.2.2.3.	Calibrador sonoro.....	26
2.2.2.4.	Posición del equipo de medición.....	26
2.2.3.	Estudio de campo	27
2.2.3.1.	Ubicación geográfica de coordenadas.....	27
2.2.3.2.	Horarios de monitoreo.....	27
2.2.3.3.	Intervalos de medición.....	28
2.2.3.4.	Recolección de información sonora.....	28
2.3.	Mapas acústicos.....	28
2.3.1.	Características para la elaboración de mapas acústicos.....	29
2.3.1.1.	Características sobre la fuente de ruido.....	29
2.3.1.2.	Características de la propagación del sonido.....	30
2.3.1.3.	Características con el receptor del ruido.....	30
2.3.2.	Sistemas de información geográfica (SIG).....	30
2.3.2.1.	ArcMap.....	31
2.3.2.2.	ArcCatalog.....	31
2.3.2.3.	ArcToolbox.....	31
2.4.	Determinación de zonas sensibles al ruido	33
2.4.1.	Zonas hospitalarias.....	33
2.4.2.	Zonas educativas.....	33
2.4.3.	Zonas residenciales.....	33
2.4.4.	Niveles máximos permisibles de ruido según el uso de suelo.....	33

2.5. Metodología para la medición sonora de vehículos estacionarios	34
2.5.1. Agente de ruido mecánico.....	34
2.5.2. Agente de ruido rodado o de contacto	34
2.5.3. Metodología para la medición sonora en tubos de escape.....	35
2.5.3.1. Condiciones de medición.....	35
2.5.3.2. Entorno acústico.....	35
2.5.3.3. Condiciones meteorológicas.....	35
2.5.3.4. Medición de ruido de fondo.....	35
2.5.3.5. Posición y preparación del vehículo.....	36
2.5.3.6. Posición del micrófono.....	37
2.5.4. Categoría de automotores de acuerdo al INEC 2014 y Ordenanza Metropolitana	38
CAPÍTULO III.....	40
3. DESARROLLO DEL ESTUDIO.....	40
3.1. Análisis de la problemática del ruido vehicular.....	41
3.1.1. Fuente móvil.....	41
3.1.2. Principales arterias viales	42
3.2. Metodología utilizada para la representación de la contaminación acústica	44
3.2.1. Selección de puntos de medición	44
3.2.1.1. Metodología de rejilla y viales.....	44
3.2.2. Selección de equipo de medición	50
3.2.3. Estudio de campo	51
3.2.3.1. Inspección y ubicación de coordenadas de cada punto.....	51
3.2.3.2. Horarios de monitoreo.....	52
3.2.3.3. Intervalos de medición.....	52
3.2.3.4. Recolección de información de campo.....	52
3.3. Procesamiento datos para elaborar mapas de ruido	53
3.3.1. Datos sonómetro-ordenador	53
3.3.2. Construcción de base de datos.....	53
3.3.3. Análisis estadístico y cartográfico de los mapas de ruido	54
3.3.3.1. Análisis estadístico de información sonora.....	54
3.3.3.2. Análisis cartográfico.....	55
3.4. Identificación de zonas sensibles.....	56
3.5. Medición sonora de automotores en los patios de RTV	57

3.5.1. Muestreo de vehículos matriculados en la provincia de Imbabura	58
CAPÍTULO IV	60
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	60
4.1. Análisis estadístico	60
4.1.1. Estadística de niveles de presión sonora equivalentes, máximos y mínimos	60
4.1.1.1. Período lunes-viernes (7h00-9h00).....	60
4.1.1.2. Período lunes-viernes (12h00-14h00).....	61
4.1.1.3. Período lunes-viernes (17h00-19h00).....	61
4.1.1.4. Período sábado-domingo (7h00-9h00).....	62
4.1.1.5. Período sábado-domingo (12h00-14h00).....	62
4.1.1.6. Período sábado-domingo (17h00-19h00).....	63
4.1.2. Análisis de resultados de la mayor concentración de datos promedios	64
4.1.2.1. Período lunes-viernes.....	64
4.1.2.2. Período sábado-domingo.....	65
4.1.3. Análisis estadístico semanal de lunes a domingo	66
4.1.3.1. Representación estadística en cada punto (7h00-9h00).....	66
4.1.3.2. Representación estadística en cada punto (12h00-14h00).....	67
4.1.3.3. Representación estadística en cada punto (17h00-19h00).....	69
4.2. Análisis cartográfico de mapas acústicos	70
4.2.1. Interpolación lunes-viernes (Mañana 7h00-9h00).....	71
4.2.2. Interpolación lunes –viernes (Medio día 12h00-14h00).....	72
4.2.3. Interpolación lunes –viernes (Tarde y noche 17h00-19h00)	73
4.2.4. Interpolación sábado–domingo (Mañana 7h00-9h00).....	74
4.2.5. Interpolación sábado–domingo (Medio día 12h00-14h00)	75
4.2.6. Interpolación sábado-domingo (Tarde y noche 17h00-19h00)	76
4.2.7. Interpolación lunes-viernes y sábado-domingo (jornada completa).....	77
4.3. Análisis comparativo y afectación de zonas sensibles al ruido	78
4.4. Análisis inferencial del monitoreo del ruido motor (Tubo de escape) en diversos tipos de automotores	83
4.4.1. Caso 1. Para automóviles	84
4.4.2. Caso 2. Para autobuses	85
4.4.3. Caso 3. Para camiones.....	86
4.4.4. Caso 4. Para camionetas.....	87

4.4.5. Caso 5. Para furgonetas	88
4.4.6. Caso 6. Para jeeps	89
4.4.7. Caso 7. Para motocicletas.....	90
4.4.8. Caso 8. Para tráiler	91
4.4.9. Caso 9. Para volquetas	92
4.4.10. Análisis general los vehículos monitoreados	93
CAPÍTULO V	95
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
CONCLUSIONES.....	95
RECOMENDACIONES.....	97
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
ANEXOS	105

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1.1. Parroquias Urbanas del Cantón Ibarra.....	7
Tabla 2.1. Ruido originado por fuentes fijas	16
Tabla 2.2. Ruido originado por fuentes móviles.....	17
Tabla 2.3. Afectaciones por el ruido excesivo.....	21
Tabla 2.4. Niveles máximos de ruidos permisibles según el uso del suelo	34
Tabla 2.5. Descripción de tipos de vehículos que fueron monitoreados en los patios de la RTV	39
Tabla 3.1. Calles y avenidas de estudio descritas a través de gama de colores	43
Tabla 3.2. Características de los puntos de monitoreo	46
Tabla 3.3. Características de los puntos de monitoreo (Continuación)	47
Tabla 3.4. Características de los puntos de monitoreo (Continuación)	48
Tabla 3.5. Características de los puntos de monitoreo (Continuación)	49
Tabla 3.6. Vehículos a monitorear.....	59
Tabla 4.1. Rangos de niveles de presión sonora de lunes-viernes (Promedios)	64
Tabla 4.2. Rangos de niveles de presión sonora de sábados-domingos (Promedios)	65
Tabla 4.3. Valores iguales o mayores a 75.0 dB en la jornada lunes-domingo (7h00-9h00)	66
Tabla 4.4. Valores iguales o mayores a 75.0 dB en la jornada lunes-domingo (12h00-14h00)	68
Tabla 4.5. Valores iguales o mayores a 75.0 dB en la jornada lunes-domingo (17h00-19h00)	69
Tabla 4.6. Circuitos con mayor afectación de ruido período (Lunes-viernes).....	78
Tabla 4.7. Circuitos con mayor afectación de ruido período (Sábado-domingo)	79
Tabla 4.8. Centros educativos y hospitalarios afectados períodos (Lunes-viernes y sábado-domingo) en las 3 jornadas	81
Tabla 4.9. Monitoreo Automóviles.....	84
Tabla 4.10. Monitoreo autobuses	85
Tabla 4.11. Monitoreo camiones	86
Tabla 4.12. Monitoreo camionetas	87
Tabla 4.13. Monitoreo furgonetas	88
Tabla 4.14 Monitoreo jeeps.....	89
Tabla 4.15. Monitoreo motocicletas	90
Tabla 4.16. Monitoreo tráiler.....	91
Tabla 4.17. Monitoreo volquetas.....	92
Tabla 4.18. Vehículos con un mayor número de monitoreo que exceden los límites sonoros	94

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1. Excesiva contaminación del aire (China)	14
Figura 2.2. Contaminación acústica	15
Figura 2.3. Fuentes fijas	16
Figura 2.4. Fuentes móviles.....	17
Figura 2.5. Retícula o rejilla	22
Figura 2.6. Viales o tráfico	23
Figura 2.7. Uso del suelo	24
Figura 2.8. Sonómetro	25
Figura 2.9. Posición del equipo de medición.....	27
Figura 2.10. Ubicación de sonómetro en vehículo de cuatro ruedas	36
Figura 2.11. Ubicación de sonómetro en vehículos de dos ruedas	37
Figura 2.12. Ubicación de sonómetro en escapes verticales.....	38
Figura 3.1. Proceso de la propuesta	41
Figura 3.2. Fuente Móvil	42
Figura 3.3. Arterias viales en la zona urbana de la ciudad	44
Figura 3.4. Método de rejillas y viales	45
Figura 3.5. Puntos de monitoreo en zonas sensibles.....	50
Figura 3.6. Sonómetro DIGITECH	51
Figura 3.7. Coordenadas geográficas	51
Figura 3.8. Monitoreo horarios (7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00).....	52
Figura 3.9. Bloc de notas del sonómetro	53
Figura 3.10. Hoja de registro	54
Figura 3.11. Estadística en Matlab	55
Figura 3.12. Ejemplo de método de interpolación Kriging	56
Figura 3.13. Zona urbana (11 circuitos)	57
Figura 3.14. Número de muestra	58
Figura 4.1. Nivel de Ruido lunes-viernes (Mañana).....	61
Figura 4.2. Nivel de ruido lunes-viernes (Medio día).....	61
Figura 4.3. Nivel de Ruido lunes-viernes (Tarde y noche).....	62
Figura 4.4. Nivel de ruido sábado-domingo (Mañana).....	62
Figura 4.5. Nivel de ruido sábado-domingo (Medio día)	63
Figura 4.6. Nivel de ruido sábado-domingo (Tarde y noche).....	63
Figura 4.7. Histograma de presión sonora equivalente (Leq) lunes-viernes.....	64
Figura 4.8. Histograma de presión sonora equivalente (Leq) sábados-domingos	65
Figura 4.9. Promedio equivalente semanal 7h00-9h00.....	66
Figura 4.10. Promedio equivalente semanal 12h00-14h00.....	67

Figura 4.11. Promedio equivalente semanal 17h00-19h00.....	69
Figura 4.12. Krig. Lunes –viernes (7h00-9h00)	71
Figura 4.13. IDW lunes–viernes (7h00-9h00)	71
Figura 4.14. Krig. Lun–viernes (12h00-14h00).....	72
Figura 4.15. IDW lun–viernes (12h00-14h00)	72
Figura 4.16. Krig. Lun–viernes (17h00-19h00)	73
Figura 4.17. IDW lun –viernes (17h00-19h00)	73
Figura 4.18. Krig. Sáb-domingo (7h00-9h00).....	74
Figura 4.19. IDW sáb-domingo (7h00-9h00)	74
Figura 4.20. Krig. Sáb-dom. (12h00-14h00)	75
Figura 4.21. IDW sáb-dom. (12h00-14h00)	75
Figura 4.22. Krig. Sáb-dom. (17h00-19h00)	76
Figura 4.23. IDW sáb-dom (17h00-19h00)	76
Figura 4.24. Krig. Lun-vie (Jornada completa)	77
Figura 4.25. Krig. Sáb-dom (Jornada completa)	77
Figura 4.26. Análisis estadístico para automóviles.....	84
Figura 4.27. Análisis estadístico para autobuses	85
Figura 4.28. Análisis estadístico para camiones	86
Figura 4.29. Análisis estadístico para camionetas	87
Figura 4.30. Análisis estadístico para furgonetas	88
Figura 4.31. Análisis estadístico para jeeps.....	89
Figura. 4.32 Análisis estadístico para motocicletas	90
Figura 4.33. Análisis estadístico para tráiler	91
Figura 4.34. Análisis estadístico volquetas.....	92
Figura 4.35. Análisis general de vehículos monitoreados	93
Figura 5.1. Utilización de equipo de medición (sonómetro)	105
Figura 5.2. Información de estudios de contaminación acústica	106
Figura 5.3. Información de contaminación acústica	107
Figura 5.4. Autorización de monitoreo de ruido motor (tubo de escape)	108
Figura 5.5. Solicitud de trámite	109
Figura 5.6 Parque Atahualpa monitoreo mañana (7h00-9h00).....	110
Figura 5.7. Sector GOE monitoreo mañana (7h00-9h00).....	110
Figura 5.8. UE. Víctor Manuel Guzmán monitoreo mañana (7h00-9h00)	110
Figura 5.9. Bomba el Olivo monitoreo mañana (7h00-9h00).....	111
Figura 5.10. Bomba Priorato monitoreo mañana (7h00-9h00).....	111
Figura 5.11. Semáforo entrada a la Victoria monitoreo mañana (7h00-9h00)	111
Figura 5.12. ECU 911 monitoreo medio día (12h00-14h00).....	112
Figura 5.13. La Florida/Inicio autopista Ibarra-Otavaló monitoreo medio día (12h00-14h00).....	112

Figura 5.14. Hospital San Vicente de Paúl monitoreo medio día (12h00-14h00)	112
Figura 5.15. UE. Teodoro Gómez de la Torre monitoreo medio día (12h00-14h00)	113
Figura 5.16. UE. Madre Teresa Bacq monitoreo medio día (12h00-14h00)	113
Figura 5.17. Hostal el Ensueño monitoreo medio día (12h00-14h00).....	113
Figura 5.18. Tras Antojitos de Colombia monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)	114
Figura 5.19. Cementerio Jardín de Paz monitoreo tarde-noche (17h00-19h00).....	114
Figura 5.20. Clínica Ibarra monitoreo tarde-noche (17h00-19h00).....	114
Figura 5.21. Policía Judicial monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)	115
Figura 5.22. SECAP monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)	115
Figura 5.23. Sector la Terminal monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)	115
Figura 5.24. Medición tubo de escape Peugeot	116
Figura 5.25. Medición tubo de escape Ford F150	116
Figura 5.26. Medición tubo de escape motocicleta Yamaha	116
Figura 5.27. Medición tubo de escape Bus escolar Hino.....	117
Figura 5.28. Medición tubo de escape Chevrolet D-max	117
Figura 5.29. Revoluciones para prueba de de ruido (tubo de escape)	117
Figura 5.30. Hoja de campo	118

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 5.1. Solicitud de utilización de equipo de medición (sonómetro) propiedad del GADI	105
Anexo 5.2. Solicitud de información de contaminación acústica en departamentos de Gestión Ambiental y Avalúos-catastros del GADI.....	106
Anexo 5.3. Respuesta a la solicitud de información existente sobre contaminación acústica por el GADI	107
Anexo 5.4. Solicitud de autorización de medición de niveles de presión sonora en los patios de RTV de la empresa Movildelnor.....	108
Anexo 5.5. Solicitud de trámites administrativos	109
Anexo 5.6. Sitios monitoreados en las jornadas (7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00).....	110
Anexo 5.7. Medición del ruido motor (tubo de escape) en la RTV de la empresa Movildelnor	116
Anexo 5.8. Hoja de campo en la RTV	118

ÍNDICE DE ECUACIONES

2.1. Nivel de presión sonora	19
2.2. Nivel de presión sonora continua equivalente	19
3.1 Muestra poblacional	58

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Existen investigaciones referentes a la contaminación del ambiente, las que describen la existencia de diversos agentes contaminantes que se encuentran presentes en el entorno y afectan la calidad de vida de todos los seres vivos. Específicamente, se han abordado estudios en lo que respecta a la contaminación acústica generada por las actividades humanas, en las calles y avenidas de la zona urbana de la ciudad.

En los años 90, España fue uno de los países a nivel mundial donde los niveles de ruido a los que estaba expuesta la población eran los más elevados, se reconocía que alrededor del 20% de los habitantes correspondiente a 80 millones de personas, sufrían niveles de ruido inaceptables según los expertos sanitarios y científicos. En el futuro gran parte del ruido se originará en el entorno de las infraestructuras del transporte que están desplegándose a consecuencia de los diferentes planes de desarrollo, como por ejemplo el aumento del tráfico rodado. Cabe recalcar que todas las fuentes de ruido contempladas en los estudios correspondientes a mapas estratégicos de ruido, el tráfico rodado es la fuente contaminante sonora que afecta a un alto número de personas (Arana, y otros, 2013).

Por otra parte, otro estudio fue efectuado en la ciudad de Medellín, donde se realizó la investigación que relaciona la metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido. Así pues, en dicho estudio se procedió a tomar puntos de monitoreo en el área de estudio. Para empezar, se trazó una cuadrícula dividida en casillas cuadradas de 400 metros de lado y en el centro de cada una de ellas se precisó un punto de medición, para un total de 418 puntos de medición. Donde se concluye que Medellín puede ser considerada una ciudad altamente ruidosa, con niveles de ruido promedio de 72 dB(A) en el día y 68 dB(A) en la noche, respecto a los límites permisibles establecidos en su normativa (Yepes, Gómez, Sánchez, & Jaramillo, 2009).

En Ecuador, Quito, Guayaquil, y Cuenca, muestran niveles de contaminación sonora bastante preocupantes en función a lo dispuesto por la Ley de Gestión y Protección Ambiental, razón por la cual, los gobiernos municipales han puesto a funcionar los Departamentos de Gestión Ambiental adscritos, cuya función principal es la protección del medio ambiente y de cada uno de los habitantes de la ciudad (Jácome, 2009).

En el año 2009, en la ciudad de Quito, se realizó el estudio referente a la elaboración de mapas de ruido ambiental para determinar la ubicación más apropiada de puntos estratégicos en la Red Mínima de Monitoreo del Ruido Ambiental en el Distrito Metropolitano de Quito en los barrios: Calderón, Carapungo, los Chillos y Tumbaco. En este caso, se llevó a cabo la toma de muestras sonoras en horarios de la mañana, medio día y noche. Se utilizó el programa ArcGIS para la creación de mapas de ruido en cada estación de monitoreo. En cuanto a las tomas de datos, se realizaron por un lapso de un minuto durante cinco meses en cada punto de monitoreo. Donde se concluye que, los mayores factores contaminantes son los vehículos (Landázuri & Rubianes, 2009).

En Azogues, el estudio de evaluación de contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad fue elaborado en dos periodos, octubre-noviembre del 2014 y en enero-febrero del 2015. Durante esta investigación se utilizó el método de trazo de cuadrículas, basándose en el área de objeto de estudio y de la magnitud de la misma. En la determinación de los puntos de monitoreo se dividió la cuadrícula en longitudes de 500 metros de largo y ancho, arrojando un total de 52 casillas y 52 puntos de medición. Donde finalmente, los niveles de ruido en los puntos de medición son superiores a los límites permisibles y la principal causa de contaminación acústica es el tráfico vehicular (Saquisilí, 2015).

En lo referente a la provincia de Imbabura, los cantones de Ibarra, Pimampiro, Otavalo, Antonio Ante y Urcuquí, conforman la Mancomunidad de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial (El Comercio, 2014). Esta organización es dirigida por la Empresa Pública Móvil del Norte (Movildelnor), la misma que menciona la existencia de 66,286 vehículos matriculados en la provincia en el año 2014, con un crecimiento interanual de matriculación del 8%, el mismo que superó el promedio nacional (Movidelnor, 2015). Teniendo como consecuencia para la mayoría de los cantones, un crecimiento de alto tráfico motorizado principalmente en horas picos. Lo que ha ocasionado una mayor generación de ruidos molestos

para la ciudadanía que han provocado efectos fisiológicos no auditivos como: tensión, ira, ansiedad, insomnio (OMS, 2009). Además, el ruido molesto genera problemas irreversibles como la pérdida de audición, éstas problemáticas generalmente son originadas por el tránsito vial debido, al mal hábito de manejo, uso indebido de la bocina, la gran afluencia motorizada y vehículos que circulan sin las especificaciones de la normativa ambiental (Nagarnaik & Mohitkar, 2011).

En lo que respecta a la actualización del Plan de Movilidad, encargado por la empresa Movildelnor, se efectuó una evaluación sonora, centrando su estudio en la zona urbana de la ciudad de Ibarra. En esta investigación se realizó el levantamiento de muestras, mediante el uso de un celular (Sistema Android), con una aplicación que simula a un sonómetro. La investigación recolectó 81 datos en horarios de alta concurrencia vehicular, donde la frecuencia repetitiva de valores sonoros fue de 70 dB, máxima de 82 dB y mínima de 39 dB. Cabe recalcar que esta investigación, no fue realizada bajo ningún tipo de aplicación metodológica, tanto en la recolección de información, como tampoco en la selección de equipos de medición requeridos para este tipo de estudio (Movidelnor, 2015).

1.2.Planteamiento del problema

En la ciudad de Ibarra las técnicas tradicionales de gestión y planificación, en cuanto al control de la contaminación acústica, establecida por parte del departamento de salud e higiene del GADI; basan su estudio en el levantamiento de información de ruido de manera puntual y eventual mencionado por el Plan de Movilidad. De tal forma las autoridades competentes no verifican si existen incumplimientos de los vehículos que sobrepasen los límites permisibles de ruido, que son parte del incremento acústico en la zona urbana de la ciudad. Lo que ha originado una falta de análisis detallado y minucioso de la contaminación acústica, que posibiliten encontrar medidas de atenuación.

De igual manera, existen investigaciones correspondientes a la contaminación acústica elaboradas por el Departamento de Gestión y Ambiente del GADI. Donde las autoridades no aplican metodologías, ni normativas de seguimiento a corto, mediano ni largo plazo de tomas de monitoreo en la ciudad. Por esta razón, no es posible que los entes de control puedan realizar

una planificación acorde para las necesidades de la población que vive en el entorno urbano de la ciudad.

En cuanto a la investigación propuesta, se busca evidenciar a través de mapas de ruidos los niveles alcanzados en cada uno de los sectores de estudio en diferentes horarios considerados pico (7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00). Para mostrar la variación que se presenta en lugares monitoreados y compararlos con los datos permisibles de emisión de ruido según la normativa ambiental. Sobre todo, para mitigar posibles efectos negativos en sectores sensibles como: centros educativos, hospitalarios, residenciales y sus alrededores. Es por esto que las autoridades deben plantear estrategias para el cumplimiento de las normativas ambientales como: IEC 61672, ISO/FDIS5130.

En la constitución del Ecuador existen normativas vigentes correspondientes al cuidado y protección del medio ambiente que son mencionadas a continuación.

- a. De la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, sección primera, Naturaleza y Ambiente, en el Art. 395.- El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (Constituyente, 2008).
- b. De la Constitución de la República del Ecuador del año 2008, sección primera, Naturaleza y Ambiente, Art. 396.- el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas (Constituyente, 2008).

Con la finalidad de analizar el ruido generado por los automotores en la zona urbana de la ciudad de Ibarra, se determinó como posibles agentes sonoros contaminantes: ruido del motor y ruido de rodadura. Los mismos que contienen elementos que contribuyen al incremento del ruido ambiental.

1.3. Formulación del problema

La contaminación sonora está asociada al incremento del parque automotor y la falta de concienciación por parte de las personas, quienes son los principales protagonistas del uso indebido de la bocina, adecuación de resonadores, desgaste de los escapes, carrocerías en mal estado entre otras. Es por esto que las autoridades deberían encargarse de buscar formas de mitigar estos malos hábitos de manejo y circulación de vehículos que no cumplan con las normativas ambientales; con la ayuda de creación de campañas para la prevención del ruido excesivo, priorización de estudios y la toma de decisiones para el mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía.

Se ha planteado una interrogante para desarrollar la investigación.

¿Cómo se puede detectar los niveles de emisiones sonoras generadas por automotores en el sector urbano de la ciudad de Ibarra?

1. Analizar la contaminación acústica con proyectos nacionales, regionales, e internacionales, para tener un punto de partida para de la investigación
 - ✓ Agentes contaminantes (fuentes móviles)
 - ✓ Características del ruido
 - ✓ Afectaciones en el ser humano
2. Búsqueda de metodología para la creación de mapas acústicos
 - ✓ Ubicación de estaciones de monitoreo a través del muestro espacial
 - ✓ Selección de instrumentos de medición

- ✓ Estudio en campo (Inspección de puntos de monitoreo, horarios e intervalo de tiempo)
3. Elaboración de mapas de ruido en el software de Información Geográfica ArcGIS
- ✓ Recolección de datos a través de la herramienta Excel
 - ✓ Manejo y procesamiento de datos recolectados en el estudio de campo
 - ✓ Interpretación de datos recolectados a través del software Matlab
 - ✓ Levantar datos sonoros con la herramienta ArcGIS
4. Análisis estadístico y cartográfico de las zonas que sufren afectaciones
- ✓ Análisis estadístico
 - ✓ Análisis cartográfico
5. Análisis inferencial de la contaminación acústica generada por los automotores, que son matriculados en la provincia de Imbabura, con el fin de verificar si cumplen la ordenanza acústica de revisión vehicular (Quito, 2008)
- ✓ Recolección de información del parque automotor matriculado en la provincia de Imbabura.
 - ✓ Selección de categorías de vehículos destinados a la medición en los patios de RTV (Revisión Técnica Vehicular).
 - ✓ Muestreo de la población vehicular a medir.
 - ✓ Toma de medidas a vehículos seleccionados aleatoriamente.

1.4.Delimitación

1.4.1. Delimitación temporal

La presente tesis se desarrolló desde el 03 de junio del 2016 hasta el 20 de Noviembre del 2017.

1.4.2. Delimitación espacial

Esta investigación fue desarrollada en la zona urbana de la ciudad de Ibarra que tiene una superficie total de estudio de 18.42 km².

1.4.2.1.Ubicación Geográfica

La ciudad de Ibarra está ubicada en el norte del país, en el kilómetro 115 al noroeste de Quito, en el kilómetro 125 al sur de Tulcán (Turismo, 2017), al este el cantón Pimampiro y al oeste los cantones Urcuquí, Antonio Ante y Otavalo (Movidelnor, 2015).

1.4.2.2.Superficie Territorial

Ibarra es conocida como el eje geográfico de la región Sierra norte del Ecuador, que tiene una superficie de 1,162.22 km². Este cantón tiene una población de 181,175 habitantes, que representa el 39.9% de la población total de la provincia de Imbabura. Su densidad poblacional total es de $165.77 \frac{\text{hab}}{\text{km}^2}$ (Movidelnor, 2015).

La zona urbana del cantón cubre la superficie de 41.68km², la zona rural incluida la periferia de la cabecera cantonal cubre la superficie de 1,120.53 km². La temperatura máxima media entre los 20 y 25°C y una mínima media entre los 7 y 11° C. Los vientos promedios son del orden de $7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ como máximo y de $3.5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, como mínimos (GADI, 2014).

1.4.2.3.División Política

Para la división política en el área de estudio se ha seleccionado a las 5 parroquias urbanas, que se mencionan a continuación.

Tabla 1.1. Parroquias Urbanas del Cantón Ibarra

PARROQUIA	TIPO
San Francisco	Urbana
El Sagrario	Urbana
Caranqui	Urbana
Alpachaca	Urbana
Priorato	Urbana

(GADI, 2014)

1.4.2.4.Densidad Poblacional

La población ibarreña según el censo nacional realizado en el año 2010, es de aproximadamente 181,175 habitantes, donde 93,389 son mujeres y 87,786 son hombres (INEC, 2010). De igual manera, el INEC menciona que el incremento anual de la población del cantón, tiende a ser de 1.90%. De acuerdo a este cálculo poblacional, se estima que para el año 2015, ésta sea de aproximadamente 189,456 habitantes (Movidelnor, 2015).

Este incremento poblacional, hace que se originen altas necesidades en las personas, en lo que respecta al uso del transporte público e incremento del transporte privado. Por lo que, las autoridades deben actualizar o modificar el Plan de Movilidad de la ciudad, tomando como referencia investigaciones que se estén ejecutando o se hayan realizado en establecimientos universitarios. Todo esto con el fin de aportar a las autoridades.

1.5.Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar la contaminación acústica generada por el parque automotor en la zona urbana de la ciudad de Ibarra, mediante el uso de una metodología que permita su caracterización en mapas acústicos, para cuantificar las afectaciones existentes en zonas sensibles.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar la contaminación acústica en el sector urbano de la ciudad de Ibarra.
- Determinar la metodología que permita cuantificar gráficamente la contaminación acústica.
- Elaborar mapas para la representación de la contaminación acústica a través del uso del software ArcGIS.
- Analizar resultados estadísticos y cartográficos que permita cuantificar la afectación existente en sectores sensibles.

- Efectuar un análisis inferencial de la contaminación acústica para determinar el tipo de vehículo que afecta más en el mapa de ruido de la zona urbana.

1.6. Justificación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) confirmó que la contaminación acústica (niveles sobre los 65 dB), es la segunda amenaza a la salud pública después de la polución (La Vanguardia, 2017). Por esto las entidades encargadas del cuidado del medio ambiente, deben buscar estrategias para mitigar el ruido molesto originado por diversos factores; uno de ellos es la libre circulación de automotores que no cumplen con las normativas vigentes ambientales y emiten ruidos excesivos en las calles y avenidas de la ciudad.

De igual forma la OMS, considera que uno de los factores que incrementa la contaminación acústica es el alto índice de tráfico vehicular. Existen estudios de niveles sonoros que afirman que una de cada tres personas, sufren problemas de salud a causa del ruido excesivo durante el día y en la noche una de cada cinco personas presenta problemas para conciliar el sueño, lo que ha originado afectaciones de hipertensión y problemas cardiovasculares (Jakab, 2011).

Tomando en cuenta el estudio de los años 2014-2015, en lo que respecta a la venta de vehículos, existe un crecimiento anual del 8%, que equivale a 5,302 automotores en la provincia de Imbabura (Movidelnor, 2015). En cuanto a éste incremento anual, se origina la problemática sonora, debido a la acumulación de tráfico causado por la falta de vías de descongestionamiento. En cuanto a esto, las autoridades deben buscar formas de mitigar el uso excesivo de vehículos particulares. Un claro ejemplo de mitigación es modificar o crear nuevas rutas de circulación del transporte público, de igual manera brindar un servicio de calidad, con un alto índice de seguridad, para que la ciudadanía prefiera movilizarse a través de este medio de transporte.

La contaminación acústica es el resultado de diversos factores que menciona la revista El Investigador (Jácome, 2011), donde indica que la no existencia de espacios verdes y escasos lugares de amortiguación de ruidos, está provocando un problema silencioso en la salud de los habitantes que se exponen a tiempos prolongados de ruidos. Esta acción debe ser resuelta con una redistribución y descongestionamiento del tráfico vehicular.

Con esta investigación se busca detectar el nivel de contaminación acústica en diferentes lugares de la ciudad de Ibarra especialmente en zonas sensibles como: hospitalarias, educativas y residenciales. Por lo que, las autoridades pueden utilizar ésta investigación como un punto de partida para buscar soluciones, a través de la aplicación de normativas y ordenanzas en el patio de revisión técnica vehicular en la Empresa Pública Móvil del Norte. Donde se debería revisar carrocerías con un mal ajuste, adecuación de resonadores, tubos de escape en mal estado, bocinas no especificadas y motores en mal estado.

Es importante socializar a los conductores sobre los diferentes estándares que protegen al medio ambiente, debido a que los automotores son los principales agentes contaminantes en la ciudad; otro punto importante es concienciar a la ciudadanía con campañas del uso indebido de la bocina patrocinadas por el GADI y el Departamento de Gestión del Medio Ambiente. A través de la exposición de charlas de información en instituciones de conducción y educativas, principalmente a los niños, quienes dan el mejor ejemplo cuando se trata de cuidar el medio ambiente.

Además, con este estudio se busca mejorar la calidad de vida de la ciudadanía ibarreña con la participación de estudiantes que aporten resultados de investigaciones en lo que respecta al involucramiento con la localidad.

1.7. Tipo de investigación

Cuando se va a elaborar un estudio, previamente se debe establecer de forma detallada y clara el tipo de investigación que se va a utilizar, puesto que esto facilita la elaboración de la investigación. Se debe tomar en cuenta aspectos como el alcance del proyecto, el área de estudio y cada uno de los procedimientos que se va a seguir para la obtención de datos o información requerida, la coordinación en el trabajo de investigación facilita y provoca un mejor desempeño en los resultados que se desean obtener.

A continuación, se detalla cada una de las investigaciones que se van a utilizar en la presente investigación.

1.7.1. Investigación de campo

El estudio de la contaminación sonora se desarrolló en 54 puntos de la zona urbana de la ciudad de Ibarra, en los sitios de monitoreo se realizaron 21 tomas de información sonora, durante una semana por el lapso de 11 minutos en los períodos 7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00. Lo que generó un total de 715,000 muestras, que se utilizaron para la elaboración de mapas de ruido y análisis estadístico. La metodología utilizada fue tomada de diversas investigaciones internacionales y nacionales, tanto para la selección de equipos de medición, puntos de monitoreo, zonas sensibles entre otros.

En complementación al estudio, se elaboró un análisis inferencial en la Empresa Movildelnor, donde se tomó como fuente de estudio a los vehículos que estaban siendo matriculado. La selección de vehículos para el monitoreo sonoro se elaboró de acuerdo, al muestreo tomado del total de automotores matriculados en la provincia de Imbabura. Todo esto con el fin de obtener información de presión sonora tomada del ruido del motor (tubo de escape). En cuanto se tuvo los resultados monitoreados se procedió a compararlos con la normativa vigente del Distrito Metropolitano de Quito (Quito, 2008).

1.7.2. Investigación documental

Esta investigación utilizó fuentes de consulta como: bibliográficas, ensayos, artículos científicos, bases de datos, revistas, periódicos, entre otros. Las fuentes de búsqueda de información, requirieron cumplir con la necesidad de explorar trabajos referentes a la contaminación sonora. En primera instancia se procedió a buscar metodologías y normativas de: selección de equipos de medición, elaboración de mapas de ruido, selección de puntos de monitoreo, medición sonora en el motor (tubo de escape). Todo esto para elaborar una investigación que aporte un conocimiento a la sociedad. Esta investigación documental busca satisfacer necesidades a una problemática que pueda ser mitigada a través del seguimiento a corto, mediano o largo plazo.

1.7.3. Investigación descriptiva

Es la utilización del método de análisis que concreta un objeto de estudio, sus propiedades y características. Las mismas que van a ser procesadas a través de diversos criterios de orden, agrupación y análisis con los que se va a cumplir los objetivos establecidos en el

trabajo. Esta investigación puede ser el punto de partida para estudios que requieran una mayor profundidad, en lo que respecta a la contaminación sonora.

Este tipo de investigación coadyuva con la investigación de campo, debido a que el análisis de cada una de las mediciones tomadas en cada punto de monitoreo, arrojan datos que detectan si existe o no contaminación sonora en las diferentes estaciones definidas.

1.8.Métodos

1.8.1. Analítico

Este método consiste en la separación de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos que se producen (TecTijuanaFI, 2011). El análisis de la contaminación acústica se lo realizó en la zona urbana de la ciudad de Ibarra, la misma que fue dividida en 54 puntos de monitoreo, para realizar la recolección de los niveles sonoros en las jornadas correspondientes.

1.8.2. Deductivo

Consiste en encontrar principios desconocidos, a partir de otros conocidos por ejemplo una ley o principio puede reducirse a otra más general que la incluya (TecTijuanaFI, 2011). La investigación centra su estudio en la búsqueda de información, metodologías aplicadas y estudios ya elaborados. Todo esto, para tener un punto de partida en el análisis de la contaminación sonora en la ciudad de Ibarra y concluir si existen zonas afectadas.

1.9.Técnica e instrumento

1.9.1. Observación

Esta investigación está relacionada directamente con el entorno donde sucede el fenómeno, siendo fundamental debido a que se observa y se escucha lo que acontece en el área de estudio y se puede conocer las actividades efectuadas por la ciudadanía en los horarios y días de monitoreo.

Por otro lado en la toma de datos sonoros se utilizó los instrumentos o herramientas siguientes:

- Sonómetro Digital Sound Level Meter y equipamiento
- Medidor portátil del viento y temperatura
- Planos Municipalidad de Ibarra
- GPS Mobile Topographer
- Fichas de campo.
- Hp Intel Core i5
- Motocicleta 150 cc Sukida 2015 (transporte)
- Estructura de madera de 2.5 metros

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Análisis de la contaminación acústica

La contaminación está alterando drásticamente el medio ambiente, por lo que en diversos países el cambio climático es inexplicable, existen lugares inhabitables por la sequía extrema que se origina, contrastándose con lugares que se inundan por las fuertes lluvias y tormentas.

Grandes potencias mundiales como China se ven completamente afectadas, debido a que en su país no pueden transitar libremente en las calles, debido a los altos índices de contaminación; donde se han decretado varias alarmas naranjas que sugieren no salir de sus hogares, puesto que el aire se encuentra envenenado y la afluencia vehicular se ha incrementado notoriamente generando ruidos molestos en estos últimos años, contribuyendo así al desastre más grande del ecosistema (Excelsior, 2017).



Figura 2.1. Excesiva contaminación del aire (China)
(Excelsior, 2017)

Ante estos desastres naturales las autoridades quieren contrarrestar la degradación del planeta, restringiendo el abuso de emanaciones de gases tóxicos generados por la industria. Este ha sido el punto de partida, pero el más fundamental es la concienciación de las personas cuando

realizan actividades diarias que contribuyen al incremento de la contaminación, puesto que las actividades humanas como: ahorro de agua, reciclaje, concienciación de manejo vehicular, entre otras, que contrarrestan la propagación de la contaminación y contribuyen a tener una mejor calidad de vida. La degradación del planeta se incrementa día a día, debido a que los agentes contaminantes atacan al suelo, agua y aire.

2.1.1. Contaminación del aire

La contaminación del aire es un factor importante que afecta a las personas, debido a la excesiva propagación de partículas contaminantes y ruidos excesivos en el aire, que generan daños, molestias y efectos nocivos en la salud del ser humano y deterioro del ecosistema.

El ruido está presente en todo momento y es contaminante cuando sus niveles causan molestia a la población. Este agente contaminante no deja residuos, no tiene un efecto acumulativo en el medio, pero si puede tener un efecto acumulativo en la salud de las personas, debido a que necesita poca energía para ser emitido y es recibido por el oído (Bravo, 2002).

El daño auditivo puede ser causado por ruidos impulsivos y explosivos de gran intensidad, o de forma crónica por un nivel de ruido elevado, generando síntomas de hipoacusia inducida, trauma acústico entre otras (Ruiz, 2013).



Figura 2.2. Contaminación acústica
(Tierra, 2017)

2.1.2. Fuentes sonoras contaminantes

2.1.2.1. Fuentes fijas

Son todas las plantas e instalaciones industriales, obras públicas y civiles en construcción, parques recreativos, establecimientos comerciales y de servicios, sonidos de animales domésticos, entre otras fuentes (PAOT, 2006).



Figura 2.3. Fuentes fijas

(Pardo, 2012)

Este tipo de fuente origina ruidos como los siguientes.

Tabla 2.1. Ruido originado por fuentes fijas

Tipo de ruido	Agentes sonoros	Características
Ruido comunitario	- Tránsito Vehicular - Ruido industrial - Actividades de esparcimiento	Originado en áreas habitadas por personas

(Mora, 2007)

2.1.2.2. Fuentes móviles

Son todos los automotores que circulan en el entorno, generando sonidos a través de los diversos sistemas que lo componen como: el motor, la bocina, el frenado brusco, desajuste de la carrocería, adecuación de resonadores y modificaciones en el escape; estos desperfectos generan ruidos molestos en las calles y avenidas de las ciudades.



Figura 2.4. Fuentes móviles
(Munos, 2014)

En otra instancia, a continuación se menciona a los ruidos originados por las fuentes móviles.

Tabla 2.2. Ruido originado por fuentes móviles

Tipo de ruido	Agentes sonoros	Características
Aleatorio	Tráfico rodado	Generalmente en autopistas
Continúo constante	Tráfico rodado	Generalmente en autopistas
Constante pero intermitente	Automóviles en movimiento	Constante pero intermitente en el tiempo
Fluctuante periódicamente	Condiciones de frenado y puesta en marcha	Esquinas con semáforos
Fluctuante no periódico	Trancones y alteraciones en la vía	Flujo vehicular no es constante
Impulsivo repetitivo	Bocinas de vehículos	Impulsos repetitivos (Aumento de tráfico)
Impulso simple	Bocinas de vehículos	Impulsos aislados (poco tráfico)

(Mora, 2007)

2.1.3. El ruido

El ruido es una incorporación de sonidos de frecuencias e intensidades diferentes, que suele provocar una sensación desagradable en quien lo escucha y puede tener efectos nocivos sobre su capacidad auditiva y su estado de ánimo. Así la diferencia entre sonido y ruido reside en que un ruido estaría compuesto por varios sonidos con intensidades, lo que los hace casi imperceptibles individualmente, percibiendo un todo al que se denomina ruido.

De igual forma, el ruido es un tipo de sonido indeseado que se propaga a través del aire, el mismo que se ha transformado en nocivo y genera daños en la salud del ser humano cuando se expone a largos intervalos de sonidos. De igual forma este ruido se transforma en molesto, cuando sobrepasa los límites permisibles al oído humano, en su gran mayoría son generados por fuentes móviles y fijas (Arana, y otros, 2013).

Otra definición, establece al ruido como un subproducto no deseado del modo de vida moderno; también es considerado como una sensación auditiva molesta y una de las perturbaciones ambientales que de manera muy importante afectan al ser humano directamente en su calidad de vida. Las personas no son conscientes de las afectaciones del ruido excesivo, pues dichas perturbaciones no suelen manifestarse de forma inmediata, sino que aparecen en un tiempo más prolongado, puesto que no es percibido con claridad la relación causa-efecto en su salud (Mendoza, Torras, Téllez, Rascón, & López, 2006).

Se debe conocer que el ruido tiene dos componentes, el componente objetivo que es el sonido en sí, que es medido y cuantificado. En cuanto al componente subjetivo, se refiere al ruido que es definido por la sensación que produce en el receptor y que no se sujeta a medición alguna (Coral, 2008).

2.1.3.1. Decibel

El decibel (dB) es una unidad relativa de una señal que ayuda a la obtención de datos sonoros emitidos, por fuentes fijas y móviles. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibeles (dB) puede ser fácilmente sumada o restada y también por la razón de que el

oído humano responde naturalmente a niveles de señal en una forma aproximadamente logarítmica (Pérez, 2016).

2.1.3.2. Niveles de ruido

Son los niveles de presión sonora expresados en decibeles que se encargan de medir los sonidos de fuentes fijas o móviles. Se expresa en decibeles y es la relación entre la presión sonora medida y una presión sonora de referencia, matemáticamente se define (Ecuador, 2007):

$$NPS = 20 \log_{10} \left[\frac{PS}{20 * 10^{-6}} \right] \quad [2.1]$$

PS, representa la presión sonora expresada en pascales ($\frac{N}{m^2}$).

2.1.3.3. Nivel de presión sonora continua equivalente (Leq_A)

Es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles [dB(A)], en el mismo intervalo de tiempo, tiene igual energía total que el ruido medido (Ecuador, 2007).

$$Leq_A = 10 \log \left(\frac{1}{T_n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad [2.2]$$

L_i representa al nivel de presión sonora conseguido de cada una de las mediciones.

T_n es el intervalo de tiempo en cada medición.

2.1.4. Efectos del ruido en el ser humano

El ruido es un agente contaminante originado por diversas actividades que realiza la ciudadanía, las mismas que disminuyen la calidad de vida de la sociedad. Existen varios factores que contaminan el ambiente, por ejemplo los que genera el parque automotor (ruido mecánico-ruido rodado). También el tránsito vial y la falta de vías de congestionamiento son generadores de ruidos molestos debido al tráfico vehicular en horas pico.

En cuanto a afectaciones en las personas se mencionan diversas molestias a continuación.

2.1.4.1.Efectos fisiológicos

Un claro ejemplo es la pérdida de la capacidad auditiva, debido a la exposición excesiva al ruido, por esto la Organización Mundial de la Salud recomienda un límite de exposición ocupacional al ruido de 85 dB por un lapso de 8 horas, lo que previene la pérdida de audición después de los 40 años (OMS, 2009).

2.1.4.2.Efectos fisiológicos no auditivos

La pérdida de la audición no es uno de los factores más preocupantes en el ser humano, existen otras problemáticas generadas en el sistema nervioso central como: la aceleración del ritmo cardiaco, trastornos de la conciencia, aumento de la tensión vascular cerebral, disminución de la capacidad motriz, incremento de la presión arterial y tensión muscular.

2.1.4.3. Efectos sobre el sueño

Tener un buen descanso nocturno es primordial para emprender actividades al siguiente día, por esto el ruido debe ser de 35 dB para un confort en las personas. El ruido repercute en el sueño con efectos de: dificultad para dormir, deficiencias físicas y cognitivas, ansiedad, consumo de medicamentos para dormir y enfermedades psiquiátricas con hospitalización. También se origina un aumento de la actividad cerebral, de los movimientos del cuerpo y de las respuestas autónomas (Boggio, 2014).

2.1.4.4.Efectos sobre la comunicación

Las conversaciones se mantienen en un tono normal a niveles de 50-55 dB (A), pero pueden alcanzar 75-80 dB(A), si se las realiza a gritos. Se estima que, para que una palabra sea perfectamente entendible es necesario que su intensidad supere al ruido de fondo en 15 dB aproximadamente. Por lo tanto, en condiciones normales, un ruido superior a 35 o 40 dB produce en la comunicación oral dificultades para poder comunicarse. Sin embargo, a partir de

65 decibeles de ruido, mantener una conversación se vuelve demasiado complicado (OMS, 2009).

2.1.4.5.Efectos sobre el trabajo

El alto índice de ruido disminuye el rendimiento en actividades laborales, porque se requiere concentración, tranquilidad y un ambiente silencioso para realizar una excelente actividad o trabajo. Por otro lado, el ruido excesivo genera estrés, debido a que provoca trastornos de sueño, mala memoria, falta de atención e ira con el entorno. A través de la Organización Mundial de la Salud, esta problemática en forma crónica genera las siguientes afecciones: enfermedades cardiovasculares, trastornos del sistema inmune, cansancio crónico, insomnio y agresividad (OMS, 2009)

2.1.4.6.Afectación a las personas de acuerdo a niveles de exposición a ruidos excesivos

En la siguiente tabla se indica las afectaciones que sufren las personas, de acuerdo al tiempo de exposición al ruido, como también a los niveles a los que se hallan asociados (OMS, 2009).

Tabla 2.3. Afectaciones por el ruido excesivo

Ambiente	Efecto critico en la Salud	Nivel de sonido dB (A)	Tiempo de exposición (horas)
Áreas abiertas	Molestia	50 – 85	16
Espacio cerrado	Dificultad de habla	35	16
Dormitorios	Perturbación del sueño	30	8
Aulas de clase	Perturbación en la comunicación	35	1
Áreas comerciales, industriales y de trafico	Sordera	70	24
Escuchar música con audífonos	Sordera	85	1
Ceremonias y entretenimiento	Sordera	100	4

(OMS, 2009)

2.2. Metodología para la caracterización de la contaminación acústica

En cuanto a la recolección de información y despliegue de mapas de ruido se elaboraron diversos pasos para el cumplimiento de los objetivos anteriormente mencionados, por lo que, se procedió a utilizar diversas metodologías que se detallan a continuación.

2.2.1. Metodología de muestreo espacial

La elaboración de mapas de ruido inició en los años 80 y 90, los cuales fueron elaborados a través de medidas experimentales y muestro espacial, los mismos que aplican diversas metodologías que se asemejan a las necesidades de las investigación requerida (Recuero, Grundman, & Gil, 1996).

En cuanto a la experiencia de los modelos geo estadísticos, consideran como 50 al número mínimo necesario de puntos para representar adecuadamente la distribución espacial de una variable; por otro lado se selecciona los puntos de monitoreo de acuerdo a la delimitación geográfica de la magnitud tomada como área de estudio (Yepes, Gómez, Sánchez, & Jaramillo, 2009).

2.2.1.1. De Retícula o rejilla

En esta metodología se divide la zona de estudio con una rejilla de distancia fija y se toma como puntos de monitoreo los nodos de la rejilla (Prieto, 2009). Por otra parte la distancia oscila entre los 50-300 metros, dependiendo del área de estudio y necesidades investigativas (Romeu, Jiménez, Genescá, & Capdevila, 2006)



Figura 2.5. Retícula o rejilla
(Prieto, 2009)

2.2.1.2. De viales o tráfico

Este tipo de metodología consiste en categorizar a cada una de las vías de análisis (Romeu, Jiménez, Genescá, & Capdevila, 2006), en las cuales se coloque puntos y se pueda asumir que en la misma categoría presentarán ruidos semejantes (Prieto, 2009).



Figura 2.6. Viales o tráfico
(Prieto, 2009)

2.2.1.3. En zonas específicas

Se emplea esta metodología cuando el muestro de rejillas o viales, no cubren una zona concreta en la que se concentra un ruido específico (Prieto, 2009).

2.2.1.4. En función del uso de suelo

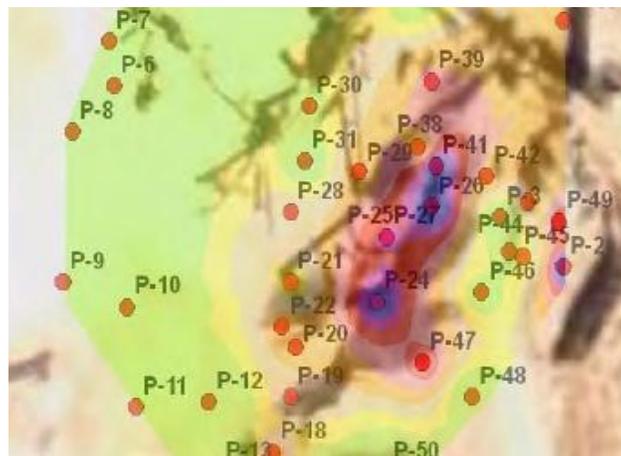
Esta metodología se utiliza cuando se tiene características del suelo con la ayuda de la planificación territorial en cuanto a aglomeración de: uso comercial, uso residencial (Romeu, Jiménez, Genescá, & Capdevila, 2006).



Figura 2.7. Uso del suelo
(Prieto, 2009)

2.2.1.5. De zonas aleatorias

Se utiliza principalmente cuando no se puede trazar una rejilla, no es coherente el método de viales y no existe una zona específica donde haya ruido (Pavón & Recuero, 2006)



Zonas aleatorias
(Prieto, 2009)

2.2.2. Equipo de medición acústico

El sonómetro es un instrumento diseñado para responder al sonido de la misma manera que lo hace el oído humano, permite obtener mediciones objetivas y reproducibles del nivel de presión sonora. Cada equipo está conformado de un micrófono, una sección de procesamiento y una unidad de lectura (Kjaer, 1984).

En lo que respecta a la utilización del sonómetro, en primera instancia se procedió con la calibración del micrófono del equipo de medida. El calibrador emite una señal con presión sonora de 94 dB a una frecuencia de 1 kHz (Estévez, 2011).

La selección del sonómetro debe cumplir con las normas y parámetros establecidos por la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672 correspondiente a especificaciones de Medidores de Intensidad de Sonido, la cual es aplicada en la normativa ecuatoriana vigente.



Figura 2.8. Sonómetro

(Gisiberica, 2013)

A continuación se mencionan diversos equipos de medición sonora.

- ✓ Clase 0: Cumplen las tolerancias más estrictas en cuanto a linealidad, desviaciones en omnidireccionalidad y respuesta en frecuencia.
- ✓ Clase 1: Para mediciones de precisión en campo.
- ✓ Clase 2: Para mediciones generales en campo. Solo tienen la obligación de llevar ponderación frecuencial A.
- ✓ Clase 3: Realizan mediciones aproximadas. Se utilizan para mediciones de sondeo de ruido (Marxadella, 2015).

Los equipos de medición se adecuan en diversas respuestas al sonido, con respecto a las necesidades de la recolección de información en el estudio, a continuación se mencionan las siguientes.

2.2.2.1.Respuesta lenta

Es utilizada para medir ruidos que no fluctúan rápidamente, la respuesta del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de un segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se abrevia como NPS lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en dB(A) lento (Ecuador, 2007).

2.2.2.2.Respuesta rápida

Se utiliza para las medidas de ruido fluctuante, donde la constante de tiempo para este tipo de respuesta es de 125 ms. De igual forma se utiliza el filtro de ponderación A.

2.2.2.3.Calibrador sonoro

Es un instrumento esencial que posee el sonómetro debido a que, cumple con la función de comprobar la sensibilidad del micrófono del sonómetro antes y después de cada medición. Además, el calibrador genera una onda sinusoidal de referencia de 1 kilohercio con un nivel de presión sonora de 94 dB (Marxadella, 2015).

2.2.2.4.Posición del equipo de medición

Con respecto a la ubicación del instrumento de medición de sonido (sonómetro), la altura del micrófono debe colocarse en cuanto a las necesidades esperadas del receptor. La norma ISO 1996-2 indica que las mediciones al aire libre deben posicionar al instrumento por lo menos a 3 metros de cualquier estructura reflectante, diferente del nivel del terreno (ISO 1996-2, 2007). En lo que respecta a la altura del micrófono de medición debe ubicarse a 1.2-1.5 metros por encima de la tierra, todo esto con el fin de minimizar el sonido reflejado por cualquier fuente sonora (ISO 1996-2, 2007).

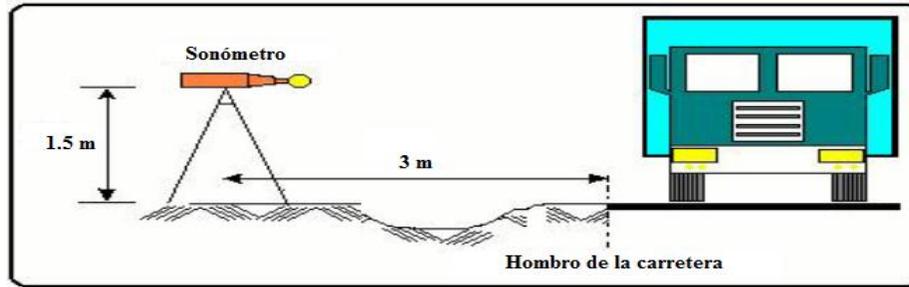


Figura 2.9. Posición del equipo de medición
(Mora, 2007)

2.2.3. Estudio de campo

En cuanto a la medición de cada una de las estaciones se seleccionó de acuerdo a la metodología los siguientes parámetros: ubicación de coordenadas, horarios de monitoreo, intervalos de medición es: Sonoro Continuo Equivalente, Presión Sonora Máximo, Presión Sonora Mínimo, y Presión Sonora Pico, con el fin de recolectar la mayor cantidad de datos sonoros para el despliegue de los mapas de ruido en el área de estudio (Yepes, Gómez, Sánchez, & Jaramillo, 2009).

2.2.3.1. Ubicación geográfica de coordenadas

Cuando ya se ha seleccionados la ubicación de los puntos de medición, se debe hacer un recorrido del área de estudio durante 3 días, con el fin de determinar la localización exacta de cada uno de los puntos definidos por el Modelo Geo estadístico (Yepes, Gómez, Sánchez, & Jaramillo, 2009).

2.2.3.2. Horarios de monitoreo

En Ecuador los horarios comprendidos de 07h00 a 09h30 en la mañana y de 16h00 a 19h30 en la tarde-noche, son considerados como horarios pico, debido al alto índice de afluencia vehicular en las ciudades de Quito, Guayaquil y Cuenca (Comercio, 2015).

2.2.3.3. Intervalos de medición

El tiempo de medición para evaluar el ruido sonoro ambiental, se recomienda que oscile entre los intervalos de 10-30 minutos en cada sitio de estación de monitoreo ya establecido (TULAS, 2013, pág. 424).

2.2.3.4. Recolección de información sonora

Se incorpora en un software de información geográfica ArcGIS la optimización de los datos procesados y de la presentación de los mismos, el objetivo de este procesamiento tiene como principal función crear mapas que representen los niveles sonoros existentes en la totalidad del área de estudio (Prieto, 2009). Se debe tomar en cuenta que la interpolación de datos es elaborada con la principal fuente de ruido registrado en el tráfico rodado, cuya caracterización y emisión sonora depende fundamentalmente de la intensidad de vehículos y velocidad que estos desarrollen (Prieto, 2009).

2.3. Mapas acústicos

Estos mapas son la representación de la exposición al ruido de una zona, donde se relaciona el número de habitantes afectados, el número de casas expuestas, en cuanto a la comparación de los límites permisibles. Por otra parte, cada lugar específico puede ser evaluado de acuerdo a los límites sonoros en las zonas sensibles como: escuelas, hospitales y zonas residenciales (Prieto, 2009).

Los mapas de ruido son herramientas utilizadas para evaluar información sonora global de zonas en un tiempo determinado. Sirven para informar a la ciudadanía sobre la realidad sonora en lugares de estudio (Prieto, 2009). Un mapa de ruido se fundamenta en una representación gráfica sobre los niveles sonoros arrojados a través de un sonómetro en zonas de conflicto. La utilización de los SIG en la fase final de la elaboración de los mapas facilita la agrupación, maquetación y edición de mapas que se ajustan a las normas establecidas en la elaboración de mapas de ruido (Imagine, 2007). Además, esta herramienta permite evaluar técnicas de interpolación con métodos como IDW (Inverse Distance Weighted), Kriging o Spline, que tienen como objetivo plasmar datos obtenidos mediante una interpolación espacial

y obtener capas raster sobre un área de estudio. Los mapas de ruido son sumamente útiles en el planeamiento urbanístico, la definición de usos del suelo y áreas de sensibilidad acústica (CAEND, 2011).

Los mapas de ruido son fuentes de geo información que representa la realidad sonora de un espacio determinado a través de indicadores del ruido ambiental. Para la elaboración de los mapas, se calcula la media de los distintos niveles sonoros registrados en intervalos de tiempo, donde se calcula el nivel sonoro continuo equivalente (LeqA). Éste identifica el nivel de un sonido continuo, en un intervalo de tiempo de referencia, que contiene la misma energía sonora total que el sonido fluctuante medido en el punto. Es equivalente, pues en términos de contenido energético, al ruido real; se mide la energía sonora total en un periodo de tiempo y se representa con un solo número (Martínez & Moreno, 2005).

En la elaboración de un mapa de ruido es necesario determinar las características que se desea obtener como.

- ✓ Escala de trabajo y precisión de los datos
- ✓ Índices acústicos e información reflejados en el mapa
- ✓ Un mapa diseñado para poder evaluar datos

2.3.1. Características para la elaboración de mapas acústicos

En la construcción de mapas de ruido se debe trabajar con tres parámetros que son necesarios para la elaboración de mapas de ruido.

2.3.1.1. Características sobre la fuente de ruido

Las fuentes de sonido se relacionan con el flujo y tipo de tráfico en cada tramo, los tipos de superficie de la carretera y la velocidad de circulación vehicular (Prieto, 2009).

2.3.1.2. Características de la propagación del sonido

La propagación del sonido depende de la elevación del terreno con las fuentes de medición, el tipo de superficie de la carretera, la altura de barreras en las estaciones de medición, la temperatura y la frecuencia sonora favorable (Prieto, 2009).

2.3.1.3. Características con el receptor del ruido

El receptor del ruido es toda la población que está inmiscuida a los niveles sonoros, con respecto a los usos de suelo como residenciales, comerciales, mixtos entre otros (Prieto, 2009).

La elaboración de mapas de ruido requiere de tres procesos como: la entrada de datos (niveles sonoros, carreteras, usos de suelo, datos de tráfico, fotografías, datos de la población, temperatura entre otras), de igual manera el programa de simulación acústica que elabora el modelo acústico (la propagación, condiciones de propagación y modelo de emisión) y finalmente se proyectan los mapas (Prieto, 2009).

2.3.2. Sistemas de información geográfica (SIG)

Es un sistema de gestión, análisis y representación de una realidad geográfica mediante un conjunto de datos. Los sistemas SIG incluyen modelos geográficos, mapas, metadatos asociados, procesamiento geográfico, metodología y flujos de trabajo (ESRI, 2006).

Por otra parte, es definido como un sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográfica geo referenciada. Estas herramientas ayudan a los usuarios con el análisis de información espacial, edición de datos, elaboración de mapas, para representar resultados utilizando las operaciones correspondientes (Mas, 2011). Por lo que, este software contiene diversos métodos de levantamiento de información que arrojan datos claros y legibles en la elaboración de mapas de ruido acústicos cumpliendo con las necesidades de esta investigación.

Dentro de este sistema de información geográfica existen módulos representativos que son indispensables para el levantamiento de mapas de ruido por medio del ArcGIS, a continuación, se menciona los siguientes:

2.3.2.1.ArcMap

Es una aplicación para desplegar mapas e investigarlos, entre sus funciones principales están: visualización, creación de mapas, edición, análisis espacial, presentación de resultados utilizando gráficos estadísticos, tablas, reportes, fotografías y otros elementos adicionales a los datos geográficos (ESRI, 2006).

Es considerada como la aplicación primordial en el área de trabajo, debido a que permite la entrada y manipulación de datos geográficos, la salida de información mediante mapas impresos y la visualización de valores ingresados (Caso, 2010).

2.3.2.2.ArcCatalog

Es una aplicación que funciona como una herramienta, donde se utilizan los archivos como: bases de datos, mapas, archivos raster. Teniendo como finalidad administrar, organizar, crear, buscar y encontrar la información de documentos de ArcGIS que generalmente son shapefiles (Mas, 2011).

2.3.2.3.ArcToolbox

Su principal función es el procesamiento de información geográfica donde se puede realizar la combinación de capas de información, transformación de sistemas de coordenadas, análisis de datos, entre otros (Caso, 2010).

De igual forma esta aplicación contiene el comando conocido como Spatial Analyst Tools, el mismo que trabaja con métodos de interpolación, que tienen como fin explorar la variabilidad de los datos mediante el levantamiento de mapas de ruido.

A continuación se detallan los métodos de interpolación para la elaboración de mapas de ruido.

1. IDW (Inverse Distance Weighted)

Este método combina el concepto de vecindad entre sitios con disponibilidad de datos, donde se origina un cambio gradual de las superficies definidas con una tendencia, es decir que los valores que no son conocidos aparecen del promedio de los valores de sus vecinos. Tomando en cuenta que los vecinos más cercanos tienen más peso o importancia que los más alejados (Enrique, 2016).

En cuanto al procesamiento de datos se limita la entrada excesiva de puntos, debido a que la velocidad del programa no permite una ejecución correcta en el arrojamamiento de resultados (Enrique, 2016).

2. Kriging

Este método puede ser aplicado en temas como ciencias de la salud, geoquímica, geología y modelado de la contaminación, además es calificado como la distancia o la dirección entre los puntos de muestreo que refleja una correlación espacial. Es decir se utiliza en la variación de la superficie de estudio con diversos puntos (Childs, 2004).

Este método se ajusta con la función de un número específico de puntos o todos los puntos dentro de una, con el radio específico para determinar el valor de salida en cada ubicación. Los datos son utilizados para arrojar promedios ponderados que buscan un radio fijo y variable, donde los valores de las celdas generadas con la aplicación pueden superar el valor de los datos recogidos sin afectar el resultado de la aplicación (Childs, 2004).

3. Spline

Es una interpolación segmentaria que se refiere al uso de un solo polinomio para interpolar los datos, se puede usar segmentos de polinomios y unirlos óptimamente para formar nuestro polinomio de interpolación. En cuanto a la curvatura mínima la superficie debe pasar exactamente por los puntos de cada dato (Enrique, 2016).

2.4.Determinación de zonas sensibles al ruido

Para la realización de la presente investigación se ha seleccionado como zonas sensibles que se encuentran afectadas por el ruido a las siguientes.

2.4.1. Zonas hospitalarias

En esta zona habitan personas que requieren de particulares condiciones de serenidad y tranquilidad, a cualquier hora del día para descansar, debido a que son personas que se encuentran vulnerables ante cualquier dificultad que pone en riesgo su integridad y salubridad (TULAS, 2013, pág. 419).

2.4.2. Zonas educativas

Las instituciones educativas son vulnerables ante la problemática de ruido originado por el tránsito vial, debido a que afecta la capacidad de atención de los estudiantes y el buen desarrollo de las actividades académicas, cabe señalar que el mayor efecto referido a causa de este ruido molesto es el dolor de cabeza (Figuroa, Orozco, & Preciado, 2012).

2.4.3. Zonas residenciales

Se refiere al uso de suelo autorizado por el departamento de planificación territorial, en lo que corresponde a lugares residenciales, donde los seres humanos requieren tranquilidad y serenidad para dormir o descansar (TULAS, 2013, pág. 419).

2.4.4. Niveles máximos permisibles de ruido según el uso de suelo

Los niveles de presión sonora equivalente, NPS_{eq} , son expresados en decibeles (dB), que trabajan con ponderación. En cuanto a los valores de emisión sonora de una fuente fija, éstos no deben exceder los límites permisibles citados a continuación (TULAS, 2013, pág. 420).

Tabla 2.4. Niveles máximos de ruidos permisibles según el uso del suelo

TIPO DE ZONA SEGÚN EL USO DEL SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE NPSeq (dB)	
	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	60

(TULAS, 2013)

2.5. Metodología para la medición sonora de vehículos estacionarios

En la generación de ruido ambiental emitido por parte de los automotores, existen diversos factores, que contribuyen a este incremento sonoro, los mismos que son mencionados a continuación.

2.5.1. Agente de ruido mecánico

Es generado a bajas velocidades por las fuentes del motor y por los elementos mecánicos que constituyen el automotor; además dependen principalmente de las características del vehículo como: régimen y carga del motor (Segués, 2007). Otras fuentes sonoras relacionadas al ruido mecánico son: motor, admisión, escape, frenos y movimiento de la carga en vehículos pesados (Zavala, 2014).

2.5.2. Agente de ruido rodado o de contacto

Es constituido por diversos factores como: vibraciones, adherencia del neumático y frenadas con la calzada (Zavala, 2014). La influencia del neumático-calzada depende principalmente de la velocidad del vehículo, por lo que a velocidades altas es relevante el ruido de rodamiento, mientras que, a velocidades bajas tiene más importancia el ruido del motor; teniendo en consideración que la calzada puede absorber o no gran parte del ruido (Zavala, 2014).

2.5.3. Metodología para la medición sonora en tubos de escape

En la presente investigación se tomó como prioridad medir el ruido emitido por el motor a través del tubo de escape.

2.5.3.1. Condiciones de medición

El instrumento de evaluación es el sonómetro, que mide la presión sonora calibrada en decibeles (dB). El monitoreo de ruido motor (Tubo de escape), es tomado de diversos tipos vehículos que ingresan a los patios de RTV, primeramente se procede a realizar una inspección minuciosa para conocer si existen irregularidades como: escape modificado, escape sin silenciador o con resonador, cambio de motor, instalación de mecanismo para la sobrealimentación y contra-explosiones en el escape en una desaceleración, las cuales serían las causas de ruido excesivo generado por éstas fuentes (ISO/FDIS5130, 2007).

2.5.3.2. Entorno acústico

En cuanto al lugar de ensayo, éste debe estar libre de obstáculos como vehículos, edificaciones, vegetación entre otros, los mismos que no deben interferir con las emisiones sonoras arrojadas por el objeto de estudio en este caso el automotor. Por lo general el área de estudio debe tener características como: hormigón plano, asfalto denso o material plano, césped, suelo suelto, cenizas u otro material absorbente de sonido (ISO/FDIS5130, 2007).

2.5.3.3. Condiciones meteorológicas

Por otra parte, la toma de datos no se realiza cuando el viento tenga una velocidad mayor a $5\frac{m}{s}$ y cuando exista lluvia en el área de trabajo, debido a que puede alterar los niveles sonoros emitidos por el equipo (ISO/FDIS5130, 2007).

2.5.3.4. Medición del ruido de fondo

Además, es importante medir el ruido de fondo, porque este sonido debe estar 10 dB menos con respecto al entorno acústico de medición.

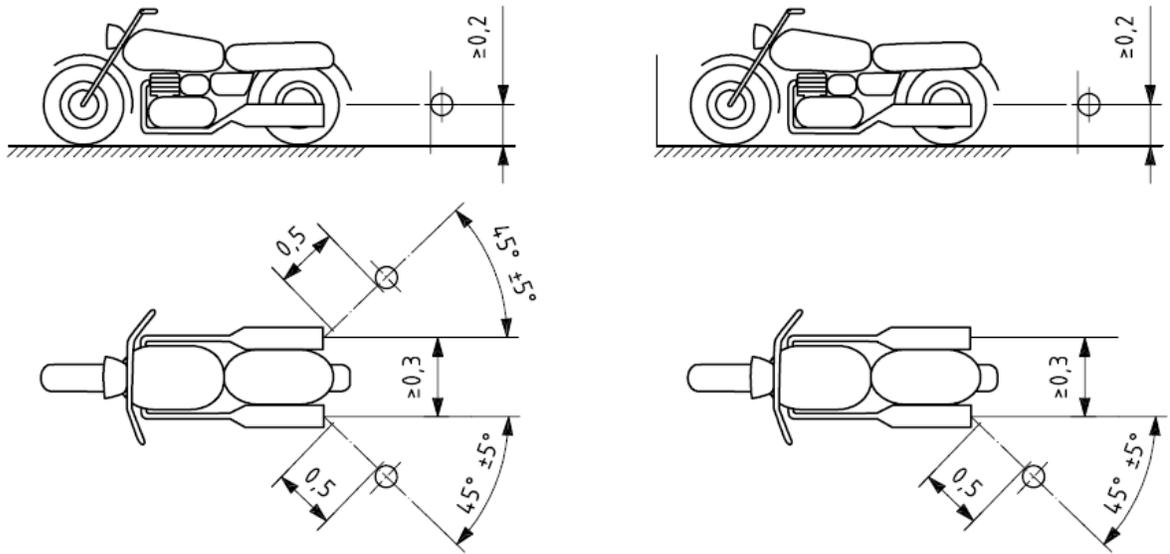


Figura 2.11. Ubicación de sonómetro en vehículos de dos ruedas
(ISO/FDIS5130, 2007)

2.5.3.6. Posición del micrófono

En cuanto a la ubicación del micrófono, la distancia oscila entre los 0.5 ± 0.01 metros del punto de referencia del tubo de escape, el cual debe formar un ángulo de $45^\circ \pm 5^\circ$ respecto al plano vertical que contiene el escape. Es recomendable que el micrófono no sea ubicado, por debajo de los 0.2 metros de la superficie del suelo. El eje de referencia del micrófono se sitúa en un plano paralelo a la superficie del suelo en referencia a la salida de escape (ISO/FDIS5130, 2007).

Por otra parte, cuando el vehículo tenga dos o más salidas de escape separadas a menos de 0.3 metros entre sí y conectadas a un solo silenciador, sólo se realiza una medición, en este caso el micrófono se coloca en la salida más alejada longitudinal del vehículo o cuando no exista tal salida, a la del suelo. En cambio, en el caso de los vehículos que tengan un escape con dos salidas separadas a más de 0.3 metros, se realizan las mediciones en cada una de las salidas anotando el nivel más alto de sonido (ISO/FDIS5130, 2007).

Mientras que, para vehículos con escape vertical, el micrófono se coloca a la altura de la salida de escape, donde su eje es vertical y orientado hacia arriba, debe ser colocado a una

distancia de 0.5 ± 0.01 metros del punto de referencia del tubo de escape (ISO/FDIS5130, 2007).

En los vehículos donde el punto de referencia del tubo de escape no es accesible o está situado debajo del vehículo, el micrófono debe ubicarse a una distancia mínima de 0.2 metros del obstáculo más cercano, incluida la carrocería del vehículo (ISO/FDIS5130, 2007).

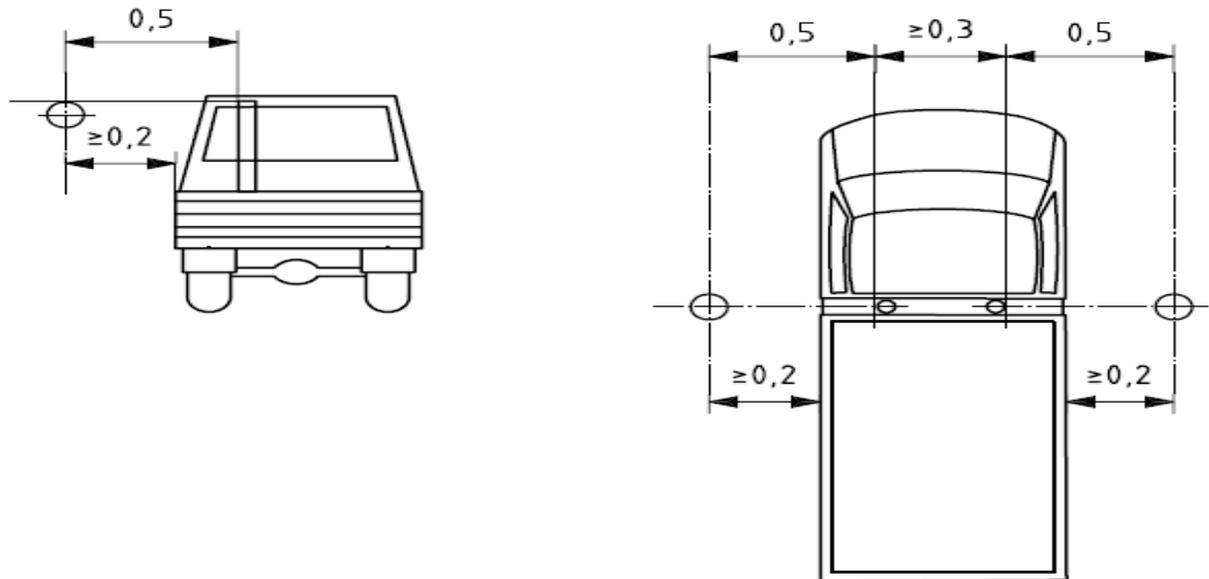


Figura 2.12. Ubicación de sonómetro en escapes verticales
(ISO/FDIS5130, 2007)

2.5.4. Categoría de automotores de acuerdo al INEC 2014 y Ordenanza Metropolitana

Los tipos de vehículos que se tomaron como objeto de estudio fueron: motocicletas, automóviles, jeeps, buses, camiones, volquetas, tráileres.

En la siguiente tabla se mencionada la clasificación de los automotores con características como: uso del automotor, peso, límites de nivel de presión sonora y rangos de revoluciones por minuto para la prueba de monitoreo sonoro.

Tabla 2.5. Descripción de tipos de vehículos que fueron monitoreados en los patios de la RTV

Tipo	Uso del automotor	Peso	Límites de NPS	Rangos de rpm
Automóvil	- De uso particular o público. - Tipo sedán, coupé, convertible.	Inferior a 3,500 kilos	88 dB(A)	Estacionado 2,500 a 3,500 rpm
Camioneta	- De uso particular o público. - Pueden ser de cabina sencilla o doble.	Inferior a 3,500 kilos	88 dB(A)	Estacionado 2,500 a 3,500 rpm
Jeep	- De uso particular o público.	Inferior a 3,500 kilos	88 dB(A)	Estacionado 2,500 a 3,500 rpm
Furgoneta	- De uso particular o público. - Capacidad mayor o igual a 18 ocupantes	Inferior a 3,500 kilos	88 dB(A)	Estacionado 2,500 a 3,500 rpm
Bus	- De uso público en su mayoría.	Superior a 3,500 kilos	90 dB(A)	Estacionado 1,500 a 2,500 rpm
Camión, volquete y tráiler	- Son de tipo pesado - Transporte de carga	Superior a 3,500 kilos	90 dB(A)	Estacionado 1500 a 2,500 rpm
Motocicletas	- Deportivas, paseo, y motocross.	-----	90 dB(A)	Estacionada 4,000 a 5,000 rpm

(Quito, 2008); (INEC, 2014)

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL ESTUDIO

DETECCIÓN DE ZONAS AFECTADAS POR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LA ZONA URBANA DE IBARRA Y MEDICIÓN DE NIVELES SONOROS EN VEHÍCULOS MATRICULADOS EN IMBABURA.

El estudio procede con la recolección de información en 54 puntos de la ciudad de Ibarra, en 3 horarios 07h00-09h00, 12h00-1400 y 17h00-19h00. En cuando a la información recolectada fue durante 7 días para cada punto de monitoreo, siendo manipulada y procesada en circuitos en toda la zona urbana de la ciudad. Las recopilaciones de datos sonoros en decibeles son procesados a través de la estadística y cartografía con las herramientas Excel, Matlab y ArcGIS; es importante señalar que los programas Matlab y ArcGIS fueron utilizados en los laboratorios de las facultades FICAYA y FICA de la Universidad Técnica del Norte. Los mapas de ruidos equivalentes fueron comparados a través de los métodos de interpolación IDW y Kriging, con el fin de obtener similitud en los valores acústicos desplegados.

Por otra parte, se realizó el proceso de medición de ruido motor (Tubo de escape), tomando como población a todos los vehículos matriculados en la provincia de Imbabura que corresponde a 51,308; por lo que, se procedió a utilizar la herramienta de muestreo que selecciona a una parte de la población que representa a todos los objetos de estudio. Esta herramienta generó a 381 automotores a monitorear en los patios de la RTV de la Empresa Pública Movildelnor.

A continuación, se mencionan los siguientes pasos para cumplir con el análisis de la contaminación sonora en la zona urbana de la ciudad de Ibarra.

Proceso para el análisis de la contaminación acústica

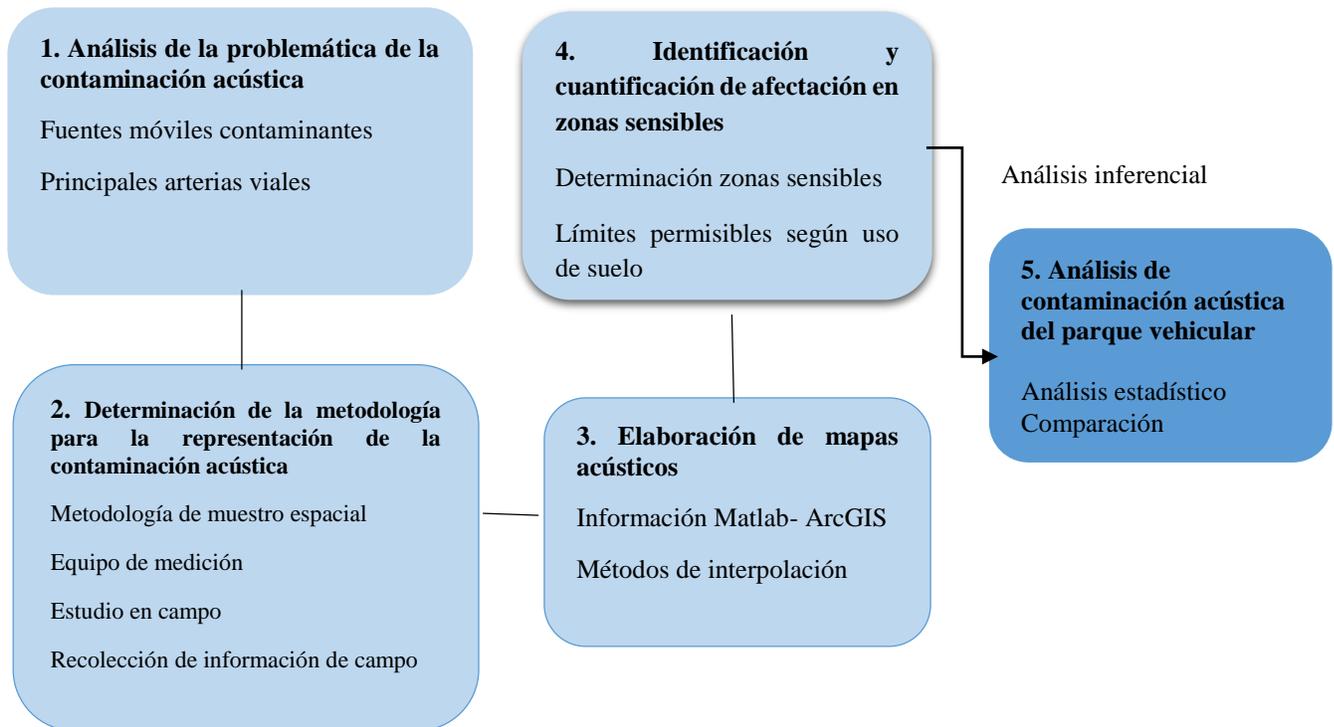


Figura 3.1. Proceso de la propuesta

3.1. Análisis de la problemática del ruido vehicular

En la provincia de Imbabura, en el año 2014 se ha registrado 51,308 vehículos matriculados de servicio público y privado, siendo alrededor de 5,000 vehículos más con respecto al año 2013 (INEC, 2014). Este incremento vehicular alarma a las autoridades ambientales, ya que a consecuencia de esto, se genera altas emisiones de ruidos molestos en las vías, debido a la mayor afluencia vehicular. En cuanto a datos otorgados por la Empresa Movildelnor correspondientes a la ciudad de Ibarra se registra 42,836 vehículos matriculados para el año 2016.

3.1.1. Fuente móvil

De acuerdo a la definición de contaminación acústica por fuentes móviles, para la investigación se consideró a todos los automotores, los cuales circulan en las calles y avenidas,

generando ruidos molestos en toda la ciudad. En cuanto al tipo de automotores que circulan son: sedán, autobús, camión, camioneta, furgoneta, jeep, motocicleta, volqueta entre otras clases (INEC, 2014). Estas clases de automotores son el objeto de estudio en esta tesis, en lo que respecta el ruido ambiental en avenidas y calles, como también en la medición aleatoria de vehículos matriculados en los patios de Movildelnor.



Figura 3.2. Fuente Móvil

3.1.2. Principales arterias viales

La ciudad de Ibarra se encuentra estructurada por vías principales y alternas que sirven de movilidad para automotores y personas. En cuanto al incremento del parque automotor se han generado múltiples molestias por ruidos excesivos y malos hábitos de manejo. Conjuntamente con la falta de vías de descongestionamiento en horarios de mayor afluencia motorizada, que imposibilitan un tránsito uniforme.

A continuación, se señala las principales arterias viales que fueron monitoreadas en la zona urbana de ciudad a través de gama de colores:

Tabla 3.1. Calles y avenidas de estudio descritas a través de gama de colores

	Nombre	Especificación
	Panamericana Norte	Bomba Priorato hasta la Florida (salida de Ibarra)
	Av. 17 de Julio y Av. Padre Aurelio Polit	Avenida principal de la UTN hasta la PUCESI
	Av. El Retorno	UE. Guzmán hasta la entrada de la vía San Francisco
	Av. Atahualpa	Intersección Av. Teodoro Gómez de la Torre hasta la UE. Caranqui
	Calle Hernán Gonzáles de Saa	Polideportivo de los Ceibos hasta el Ensueño
	Av. Eugenio Espejo	La Terminal hasta la periferia sur
	Av. Ricardo Sánchez	ECU 911 hasta la Av. El Retorno (UE. Víctor Manuel Guzmán)
	Av. Camilo Ponce Enríquez	Redondel de la Madre hasta la periferia sur
	Av. Teodoro Gómez de la Torre y Av. Heleodoro Ayala	UE. Teodoro Gómez de la Torre hasta concesionario Hyundai
	Av. Mariano Acosta	Redondel de la Madre a Obelisco (Laguna Mall)
	Calle Sánchez y Cifuentes	Intersección Av. Teodoro Gómez de la Torre (Su Ferretero) hasta el Consejo Nacional Electoral CNE
	Av. Fray Vacas Galindo y Av. Alfredo Pérez Guerrero	Cementerio Jardín de Paz y el mercado Amazonas
	Av. Víctor Manuel Guzmán	Hospital IESS hasta el redondel Ajaví
	Av. Jaime Rivadeneira	Redondel Ajaví hasta Cooperativa Pilahuin Tío
	Calle 13 de abril	Mercado Mayorista hasta estadio UTN (Miravalle)

En la tabla 3.1, se detallada las principales calles y avenidas de la zona urbana de la ciudad, en las cuales se mencionada a los sectores de estudio, por lo que facilita la ubicación de cada zona que fue monitoreada. En cuanto fue definida la gama de colores (calles y avenidas) se procedió a ubicarlas en un mapa de la ciudad de Ibarra.

El mapa fue geo referenciado en coordenadas UTM, con el fin de que exista una correlación entre los datos de ubicación geográfica de cada punto monitoreada con respecto a la geo referencia del mapa de Ibarra. Los límites del área de estudio fueron definidos a través de circuitos, para que en el levantamiento de información, ubicación de puntos de monitoreo y en el análisis de mapas de ruido se pueda evidenciar la información con una mejor claridad.

En la siguiente figura, se representa el mapa de Ibarra con las principales calles y avenidas que fueron parte del área de estudio de la presente investigación.

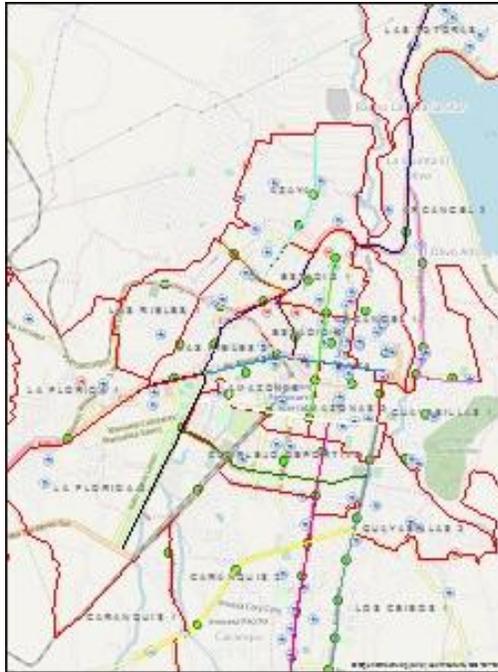


Figura 3.3. Arterias viales en la zona urbana de la ciudad

3.2. Metodología utilizada para la representación de la contaminación acústica

En la investigación se procedió a utilizar diversas metodologías que ayudan al cumplimiento de los objetivos.

3.2.1. Selección de puntos de medición

3.2.1.1. Metodología de rejilla y viales en mapa de la zona urbana de la ciudad

Se procedió a sectorizar el mapa de Ibarra a través del método de rejillas y viales, que consiste en trazar una cuadrícula de distancia fija, en la misma que se selecciona los nodos de la cuadrícula como puntos de medición (Prieto, 2009). Este método es la técnica más directa para obtener información, la cual fue trazada con la dimensión de 400 metros de lado y lado (Romeu, Jiménez, Genescá, & Capdevila, 2006).

En la siguiente figura se muestra el mallado ubicado en la ciudad de Ibarra, donde se toma en cuenta solo el área de estudio a monitorear este caso la zona urbana de la ciudad.

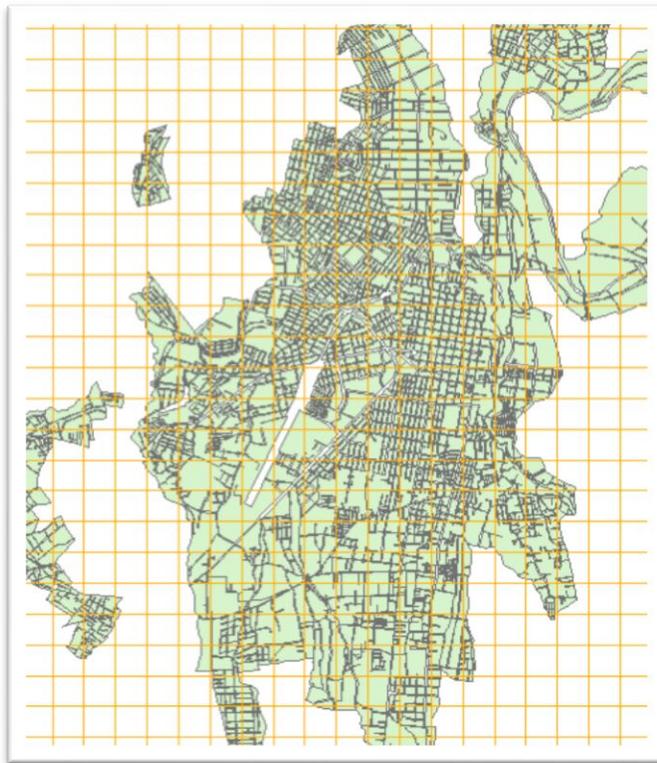


Figura 3.4. Método de rejillas y viales

Con la aplicación de la metodología de rejillas y viales la investigación arrojó 54 puntos de monitoreo en la zona urbana de la ciudad de Ibarra, tal ubicación fue tomada por diversos factores como: cercanías de nodos en la malla, esquinas con gran afluencia vehicular y zonas sensibles como: hospitales, centros educativos y residenciales

En la siguiente tabla se describe a los 54 puntos de medición con diversas características como: uso del suelo, límites sonoros, características del tráfico y ubicación del área de estudio. También hay que tomar en cuenta que las siglas mencionadas, están citadas en el glosario de la página x.

Tabla 3.2. Características de los puntos de monitoreo

Nº	Sector	Dirección	Nivel de ruido	Uso de suelo	Nivel de tráfico	Zona	Circuito	Subcircuitos
1	Bomba Priorato	Panamericana Norte y Mojanda	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	RM	Las Totoras	Las Totoras 1
2	Liceo Aduanero	Panamericana Norte	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	E	Las Totoras	Las Totoras 1
3	Policía Judicial	13 de abril y Quito	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Aza ya	Azaya 1
4	Mercado Mayorista	13 de abril y Riobamba	M	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	C	Azaya	Azaya 1
5	Bomba el Olivo	Panamericana Norte y Luis Madera	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	CM	Arcángel	Arcángel 2
6	Hospital IESS	Av. Víctor Manuel Guzmán y Brasil	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	H	Azaya	Azaya 1
7	CNE	Av. Jaime Roldós y Sánchez y Cifuentes	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	RM	Estadio	Estadio 1
8	UTN	Av. 17 de julio	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	E	Arcángel	Arcángel 2
9	Cementerio “Jardín de paz”	Av. Fray vacas Galindo y Federico Larrea	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	CM	Las Rieles	Las Rieles 1
10	Sector tras piscina olímpica	Rafael Troya y José Vinuesa	M	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Estadio	Estadio 1
11	Sector tras Antojitos de Colombia	Av. Fray vacas Galindo y Luis Felipe Borja	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	CM	Las Rieles	Las Rieles 2
12	Hospital San Vicente de Paúl	Panamericana Norte y Dr. Gonzalo Gómez Jurado	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	H	Las Rieles	Las Rieles 2
13	Viveres y licores Rossmery	Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	RM	Estadio	Estadio 1
14	CIBV. Luis Jaramillo Pérez	Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	R	Arcángel	Arcángel 1

Tabla 3.3. Características de los puntos de monitoreo (Continuación)

Nº	Sector	Dirección	Nivel de ruido	Uso de suelo	Nivel de tráfico	Zona	Circuito	Subcircuitos
15	Vida SPA	Luis Felipe Borja y Monseñor Jorge Eduardo Villacís	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Las Rieles	Las Rieles 2
16	Clínica Ibarra	Av. Cristóbal de Troya y Dr. Dávila Mesa	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	H	Las Rieles	Las Rieles 2
17	Autocentro	Av. Jaime Rivadeneira y Miguel Oviedo	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	C	Estadio	Estadio 2
18	Tsunami	Olmedo y Miguel Oviedo	MA	SP	Circulación de vehículos livianos en mayoría	RM	Estadio	Estadio 2
19	Pollo Alkosto	Av. 17 de julio y	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	R	Arcángel	Arcángel 2
20	Laguna Mall	Av. Mariano Acosta y Av. Fray Vacas Galindo	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (buses su mayoría)	C	Las rieles	Las Rieles 2
21	U. E. Particular Oviedo	Miguel Oviedo y Juan Montalvo	M	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	E	Arcángel	Arcángel 1
22	Supermaxi	Av. Mariano Acosta y	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	C	Las rieles	Las Rieles 2
23	Secap	Dr. Cristóbal Gómez Jurado y Alfonso Almeida Andrade	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Amazonas	Amazonas 1
24	Mercado Amazonas	Sánchez y Cifuentes y Av. Pérez Guerrero	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (buses)	C	Amazonas	Amazonas 1
25	Tas Basílica	Vicente Rocafuerte y Elías Liborio Madera	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (buses)	R	Amazonas	Amazonas 2
26	Sector hospital viejo (Escuela bilingüe Jean Peaget)	Juan Montalvo y Pasaje A	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Guayabillas	Guayabillas 1
27	Semáforo. Entrada barrio la Victoria	Av. 17 de julio y Av. Padre Espinoza Polit	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Arcángel	Arcángel 2

Tabla 3.4. Características de los puntos de monitoreo (Continuación)

Nº	Sector	Dirección	Nivel de ruido	Uso de suelo	Nivel de tráfico	Zona	Circuito	Subcircuitos
28	PUCE	Av. Padre Espinoza Polit y Av. Jorge Guzmán Rueda	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	E	Arcángel	Arcángel 2
29	Chifa Andina	Av. Heoloro Ayala y José Tobar y Tobar	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	RM	Complejo deportivo	Complejo deportivo 1
30	La Terminal	Av. Eugenio Espejo y Av. Teod. Gómez de la Torre	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	C	Amazonas	Amazonas 1
31	Su Ferretero	Av. Teodoro Gómez de la Torre y Sánchez y Cifuentes	MA	SP	Circulación de vehículos liviano y pesados (mayoría buses)	RM	Amazonas	Amazonas 1
32	UE. Teodoro Gómez de la Torre	Av. Teodoro Gómez de la Torre y Pedro Vicente Maldonado	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	E	Amazonas	Amazonas 2
33	Centro Victoria (UE. Peñaherrera)	Hugo Guzmán Larra y José María Larrea Jijón	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	E	Guayabillas	Guayabillas 1
34	La Florida (Entrada a autovía Ibarra – Otavalo)	Av. Mari. Acosta y Agustín Rosales	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	CM	La Florida	La Florida 1
35	ECU 911	Av. Camilo Ponce Enríquez y Av. Ricardo Sánchez	AM	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	RM	La Florida	La Florida 2
36	Red eléctrica	Av. Eugenio Espejo y Av. Ricardo Sánchez	AM	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	RM	Complejo deportivo	Complejo deportivo 1
37	Parque de la familia	Av. Rafael Sánchez y Francisco Bonilla	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	R	Complejo deportivo	Complejo deportivo 1
38	Hotel Giralda	Av. Atahualpa y Juan Francisco Bonilla	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	RM	Complejo deportivo	Complejo deportivo 1
39	U. E. Víctor Manuel Guzmán – La lico	Av. El retorno y Tahuando	A	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	RM	Guayabillas	Guayabillas 2
40	UPC La Victoria	Carlos Barahona y Tahuando	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría livianos)	R	Guayabillas	Guayabillas 1

Tabla 3.5. Características de los puntos de monitoreo (Continuación)

Nº	Sector	Dirección	Nivel de ruido	Uso de suelo	Nivel de tráfico	Zona	Circuito	Subcircuitos
41	Yuyucocha	Av. Eugenio Espejo y Carlos Proaño	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	La Florida	La Florida 2
42	Viveres Panchito's	Av. Atahualpa y Tobías Mena	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	RM	Complejo deportivo	Complejo deportivo 1
43	GOE	Av. El retorno y Río Blanco	MA	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	RM	Los Ceibos	Los Ceibos 1
44	Centro infantil Kids	Av. El retorno y Río Cenepa	MA	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	R	Los Ceibos	Los Ceibos 1
45	Villa de Guadalupe	Av. Atahualpa y Hernán Gonzales de Saa	MA	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	R	Caranquis	Caranquis 2
46	Micromercado Danny	Av. Atahualpa y Cap. José Espinosa de los Monteros	MA	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	R	Caranquis	Caranquis 2
47	Hostal el Ensueño	Hernán Gonzales de Saa y José Espinoza de los Monteros	MB	SP	Circulación de vehículos liviano y pesados	R	Caranquis	Caranquis 2
48	Cdla. 10 de agosto	Eugenio Espejo y Juana de la Cruz	MB	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Caranquis	Caranquis 1
49	Sector la Y	Hernán Gonzales de Saa y Princesa Pacha	M	SP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Caranquis	Caranquis 2
50	Parque Atahualpa	Av. Atahualpa y Princesa Cory	MB	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	R	Caranquis	Caranquis 2
51	U. E. Madre Teresa Bacq	Av. El retorno	M	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados (mayoría buses)	E	Los Ceibos	Los ceibos 1
52	Plaza de toros	Av. El retorno	MB	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Los Ceibos	Los Ceibos 1
53	Entrada vía San Francisco	Av. El retorno y Nazacota Puento	MB	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados	R	Los Ceibos	Los Ceibos 1
54	U. E. Caranqui	Atahualpa y Nazacota Puento	B	CP	Circulación de vehículos livianos y pesados	E	Caranquis	Caranquis 2



Figura 3.5. Puntos de monitoreo en zonas sensibles

En la figura 3.5, se puede constatar que los monitoreos fueron elaborados cerca a centros educativos, hospitalarios y zonas residenciales, debido a que son los lugares con mayor afectación por altos índices de ruidos molestos. En lo que respecta a la toma de datos, en primera instancia se procedió a calibrar el instrumento de medición (sonómetro) a 94 dB, luego se programó el sonómetro con respuesta lenta (slow) para rangos de 30-150 dB, por otro lado se preparaba el programa Sound Level Meter para la recolección de información del sonómetro-ordenador, con una frecuencia de 1 segundo, los mismos que fueron conectados con un cable de datos. Seguido de eso, se colocó el instrumento de medición en un componente de madera que tenía una altura de 2.5 metros, con el fin de cumplir con la normativa de medición de sonido, que recomendaba una altura mínima de 1.5 metros. La ubicación del equipo de medición, se lo realizó principalmente en el centro de parterres y también donde no exista obstáculos, a una distancia mínima de la pared de 1.5 metros. Todo esto con el fin de recolectar información que abarcara a las dos calles o avenidas y que no se origine una interferencia de sonidos que no correspondieran al monitoreo de estudio.

3.2.2. Selección de equipo de medición

En cuanto a la selección del instrumento de monitoreo se utilizó en el estudio de campo un sonómetro tipo 2, DIGITECH, destinado arrojar datos en decibeles con una frecuencia de 1 segundo, éste elemento de medición cumplió con las normativas vigentes establecidas por la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61672 (ICE 61672, 2002)



Figura 3.6. Sonómetro DIGITECH

3.2.3. Estudio de campo

Cuando ya se han señalado los puntos de monitoreo en el mapa de la ciudad de Ibarra a través de la herramienta ArcGIS se procede a.

3.2.3.1. Inspección y ubicación coordenadas de cada punto de monitoreo

De acuerdo a la normativa se procedió a visitar cada punto de monitoreo en la zona urbana, con el fin de conocer el sitio exacto de medida, que facilitó la ubicación de estos, en el proceso de toma de muestras en los diferentes horarios.

En la investigación se necesitó buscar las coordenadas geográficas de cada punto para elaborar los mapas de ruido. Las coordenadas fueron tomadas a través de la herramienta Mobile Topographer que arrojó datos geográficos en UTM y WGS 84.



Figura 3.7. Coordenadas geográficas

3.2.3.2.Horarios de monitoreo

En la selección de horarios de monitoreo se tomó en cuenta el incremento del tránsito vial en horarios pico, debido al ingreso o salida de estudiantes en el área de monitoreo (Norte, 2016). Esto se lo definió en tres horarios de monitoreo como: 7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00 durante siete días en cada punto.

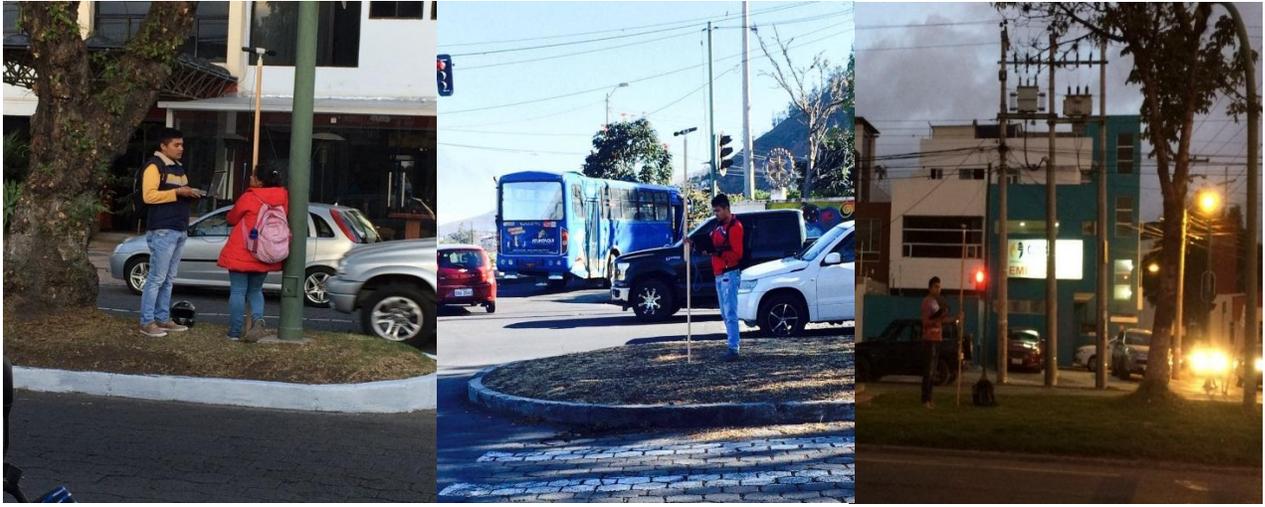


Figura 3.8. Monitoreo horarios (7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00)

3.2.3.3.Intervalos de medición

El tiempo de monitoreo se realizó durante 11 minutos en los tres horarios establecidos, durante 7 días (Yepes, Gómez, Sánchez, & Jaramillo, 2009).

3.2.3.4.Recolección de información de campo

La recolección de información fue recogida a través del instrumento de medición (sonómetro), que fue calibrado para cada turno de medición, arrojando datos cada segundo para el intervalo de 11 minutos, generando un total de 630 tomas en cada estación de medida durante los 7 días de la semana, en los 3 horarios establecidos dando como resultado a 714,420 datos recogidos.

3.3. Procesamiento datos para elaborar mapas de ruido

3.3.1. Datos sonómetro-ordenador

Los datos arrojados del sonómetro al ordenador fueron a través de un bloc de notas que señalaron la fecha, hora y presión sonora en decibeles.

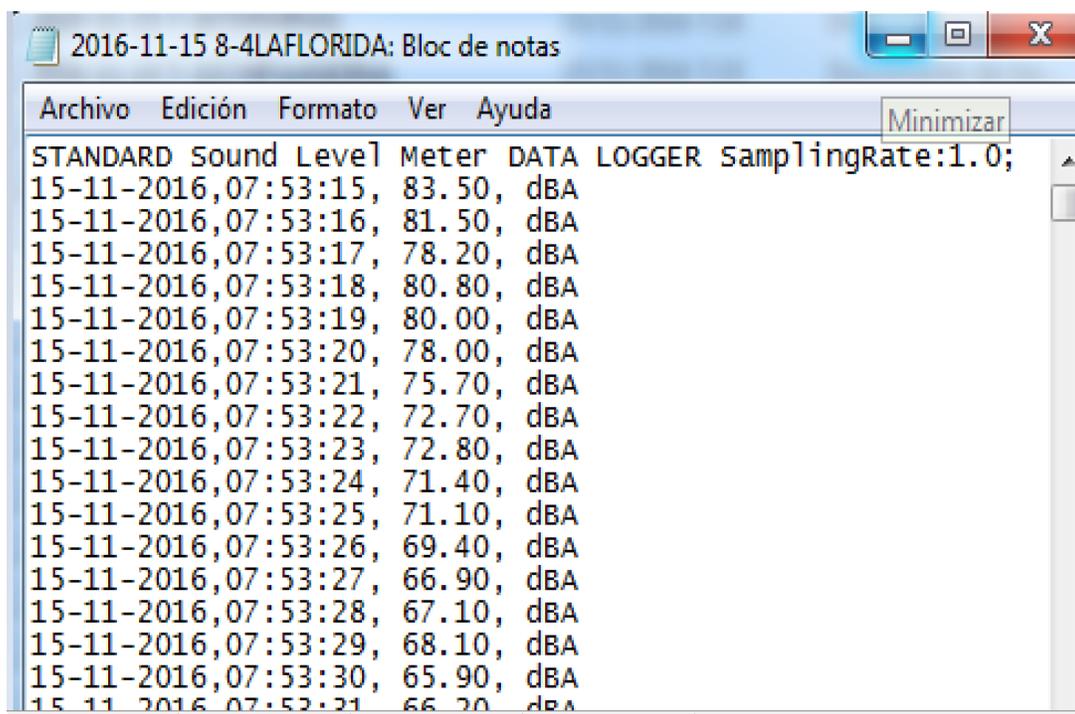


Figura 3.9. Bloc de notas del sonómetro

3.3.2. Construcción de base de datos

Se elaboró en Excel una tabla que contiene características de coordenadas geográficas, dirección, días, jornadas y niveles de presión sonora. De igual manera, se calculó el nivel de presión equivalente de los 715,000 datos, donde se utilizó la ecuación logarítmica de la presión sonora con los intervalos de medición.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	X	Y	Latitud	Longitud	Nombre	Direccion	Circuito	Subcircuito
2	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
3	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
4	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
5	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
6	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
7	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
8	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
9	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
10	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
11	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
12	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
13	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
14	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
15	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
16	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
17	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras
18	821764,9	42488,75	0,384	-78,110	Bomba de Gasolina (Priorato)	Panamericana Norte y Mojanda	Las Totoras	Las Totoras

Figura 3.10. Hoja de registro

3.3.3. Análisis estadístico y cartográfico de los mapas de ruido

3.3.3.1. Análisis estadístico de información sonora

Para este análisis se utilizó la estadística descriptiva debido a que los datos recolectados en la investigación son caracterizados a través de gráficos. Cada dato de Excel fue importado a Matlab, con el fin de utilizar los valores promedios, máximos y mínimos, donde se excluyeron valores atípicos que pueden cambiar resultados de la cartografía para la elaboración de mapas acústicos. El análisis estadístico fue aplicado a todos los valores recolectados en los 54 puntos de monitoreo, de la cual no se perdió la estructura de la información al momento de ser trasladada al software ArcGIS. Generando así la representación de los valores sonoros en mapas cartográficos de ruido.

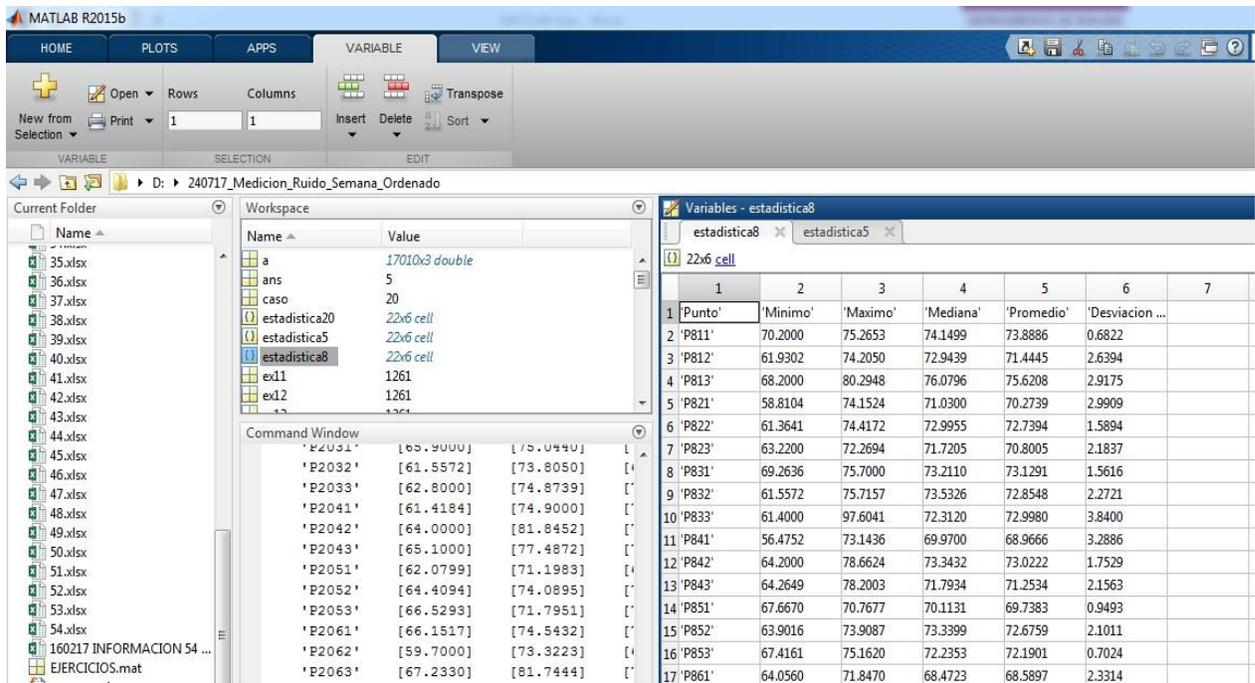


Figura 3.11. Estadística en Matlab

3.3.3.2. Análisis cartográfico

En este análisis cartográfico se levantó información en el software ArcGIS, dónde se analizó los métodos de interpolación Kriging e IDW, de los cuales se seleccionó el método Kriging para la representación de mapas de ruido, debido a que este método tiene mayor precisión al momento de interpolar un punto con otro; esto quiere decir que correlaciona los valores sonoros tomados en éstos, para concentrar la propagación de ruido en los puntos de monitoreo que se hallan a una distancia específica.

En la siguiente figura se identifica un claro ejemplo de la creación de un mapa de ruido a través del método de interpolación Kriging, en el mismo que se señala los niveles de ruido que afectan a la zona urbana de la ciudad de Ibarra.

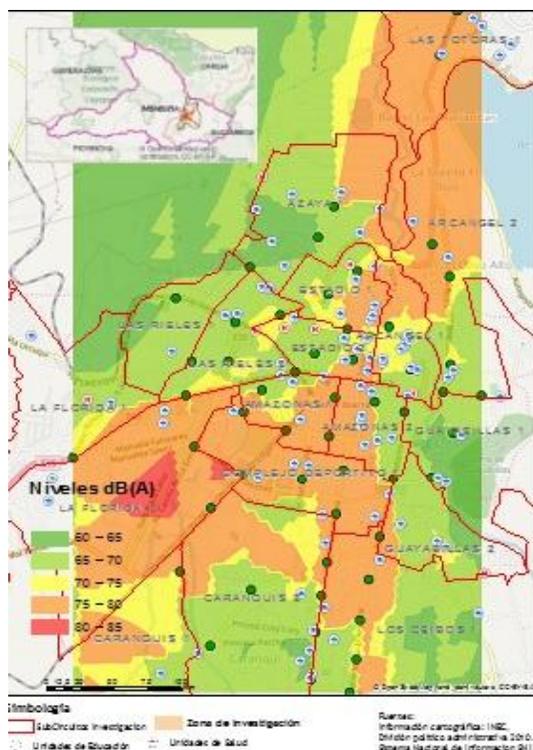


Figura 3.12. Ejemplo de método de interpolación Kriging

3.4. Identificación de zonas sensibles

El punto de partida para seleccionar las zonas de monitoreo, fue a través de un mapa de la ciudad de Ibarra, donde ubicó la zona urbana dividida en circuitos, el mapa fue referenciado en coordenadas UTM, para que se entrelace con herramientas de Google Earth y Google Maps.

El análisis de contaminación acústica tomó como referencia la proyección de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES), la cual conforma niveles administrativos de planificación como: zonas, las mismas que están conformadas de provincias con una proximidad geográfica; de igual forma los distritos prestan servicios públicos de acuerdo al número de habitantes y si es necesario se crea otro distrito; en este caso se inmiscuye el cantón Ibarra y finalmente se conforman los circuitos, los cuales abarcan a una parroquia o conjunto de parroquias puestas a brindar servicios de calidad y que estén al alcance de la ciudadanía (SEMPLADES, 2012). Es por esto que en la presente investigación se utilizó la planificación a través de circuitos que contienen ministerios de Educación, Salud y Unidad de

policía comunitaria. La ciudad de Ibarra está constituida por 11 circuitos (Totoras, las Rieles, Arcángel, Amazonas, la Florida, Guayabillas, Complejo deportivo, Azaya, Caranquis, Estadio y los Ceibos), los mismos que conforman el área urbana de la ciudad y fueron utilizados en la presente investigación.

Esta selección de niveles administrativos (circuitos), facilitó la interpretación y ubicación de cada punto de monitoreo, en especial la identificación de zonas sensibles como: hospitalarias, residenciales y centros educativos. En la siguiente imagen se indica la ubicación de cada uno de los circuitos anteriormente mencionados.



Figura 3.13. Zona urbana (11 circuitos)

3.5. Medición sonora de automotores en los patios de RTV

La investigación de monitoreo sonoro, fue elaborada en los patios de revisión técnica vehicular de la empresa Movildelnor, ésta consistió en la toma de niveles sonoros emitidos por los automotores a través del motor (tubo de escape). La misma que cumplió con la normativa ISO FDIS5130, que hace referencia al proceso de toma de muestras sonoras en el área de

estudio, como también la aplicación correspondiente al tipo de vehículo y lugar de ubicación del tubo de escape.

3.5.1. Muestreo de vehículos matriculados en la provincia de Imbabura

Para la selección de automotores a monitorear, se utilizó la información desplegada en el año 2014, emitida por el INEC; que corresponde a vehículos matriculados en la provincia de Imbabura. El valor de éstos fue de 51,308 automotores clasificados de acuerdo a su tipo como: automóvil, jeep, autobús, camión, camioneta, furgoneta, motocicleta, tanquero, tráiler y volqueta (INEC, 2014). Al total de los automotores se le aplicó un muestro con un nivel de confianza del 95%, el mismo que arrojó a 381 vehículos a monitorear.

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

[3.1]

n= número de muestra

N= tamaño de la población

Z= nivel de confianza

e= margen de error

p= probabilidad del éxito

q= probabilidad del fracaso

N	51308	
Z	1,96	95%
e	5%	
p	0,5	
q	0,5	
n=	$\frac{49276,2032}{129,2279}$	
n=	381,31	

Figura 3.14. Número de muestra

En cuanto se obtuvo el número de vehículos a monitorear a través de la herramienta del muestro, se procedió a clasificar a los automotores de acuerdo al total de tipo de vehículos correspondientes al INEC (INEC, 2014).

En la siguiente tabla se menciona al número total de vehículos, el porcentaje de éstos y el número de automotores a monitorear de acuerdo al tipo de uso.

Tabla 3.6. Vehículos a monitorear

Tipo de automotor	Número de vehículos	Porcentaje de vehículos	Vehículos a monitorear
Automóvil	17123	34	128
Autobús	415	1	3
Camión	2246	4	17
Camioneta	11692	23	88
Furgoneta	1140	2	9
Jeep	9311	18	70
Motocicleta	8437	17	63
Tanquero	47	0	0
Tráiler	161	0	1
Volqueta	283	1	2
TOTAL	50855	100	381

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Análisis estadístico

El análisis estadístico se lo realizó en dos períodos lunes-viernes y sábados-domingos en tres turnos diferentes de 7h00-9h00, 12h00-14h00 y 17h00-19h00. El número de datos monitoreados fue de 715,000 durante los horarios establecidos. Se eliminó datos atípicos para trabajar con toda la información depurada, de la cual se utilizó valores promedios, máximos y mínimos en la representación estadística.

En lo que respecta a la investigación en las figuras 4.9, 4.10 y 4.11, se tomó valores promedios para todas las jornadas de monitoreo. En el horario de 7h00-9h00 de lunes a domingo los días con más altos índices sonoros son: lunes y jueves con 80 dB, que comprenden a los circuitos: La Florida (ECU 911) y Amazonas (Bomba terminal). En la jornada del medio día el nivel sonoro más elevado fue de 81 dB en el circuito Estadio (Sector piscina olímpica). En el horario de 17h00-19h00 existieron niveles de 78 dB en los días lunes y jueves en los circuitos Amazonas (Mercado Amazonas) y la Florida (Yacucalle).

A continuación, se representa estadísticamente los niveles de presión sonora equivalentes, máximos y mínimos en cada uno de los circuitos de monitoreo.

4.1.1. Estadística de niveles de presión sonora equivalentes, máximos y mínimos

4.1.1.1. Período lunes-viernes (7h00-9h00)

En este período se evidenció un nivel de presión máximo en el circuito La Florida (ECU 911) con un valor de 91.76 dB, un mínimo en el circuito Complejo deportivo (Sector hotel Giralda) de 47.3 dB y un nivel sonoro continuo equivalente promedio en el circuito los Ceibos (GOE) de 81.9 dB.

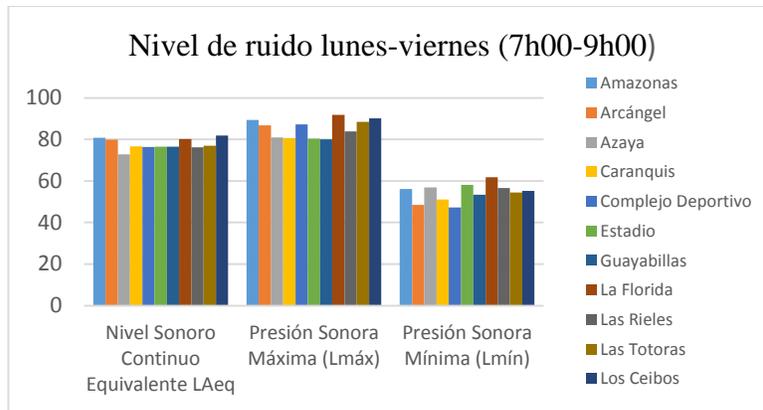


Figura 4.1. Nivel de Ruido lunes-viernes (Mañana)

4.1.1.2. Período lunes-viernes (12h00-14h00)

En lo que se refiere a niveles sonoros en la segunda jornada, el nivel de presión máximo fue en el circuito Estadio (Sector piscina Olímpica) con 88.71 dB, un mínimo de 45.2 dB en el circuito Caranquis (UE. Caranqui) y un nivel sonoro equivalente promedio en el circuito Estadio (Sector piscina Olímpica) de 81.0 dB.

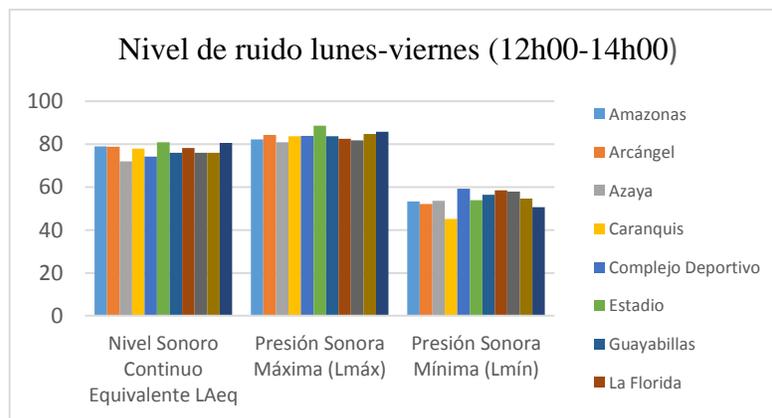


Figura 4.2. Nivel de ruido lunes-viernes (Medio día)

4.1.1.3. Período lunes-viernes (17h00-19h00)

En cuanto a esta jornada el nivel máximo de presión sonora es de 97.6 dB en el circuito Arcángel (UTN), un mínimo de 48.4 dB en el circuito Caranquis (Parque Atahualpa) y un valor sonoro continuo equivalente promedio de 78.6 dB en el circuito de la Florida (Yacucalle).

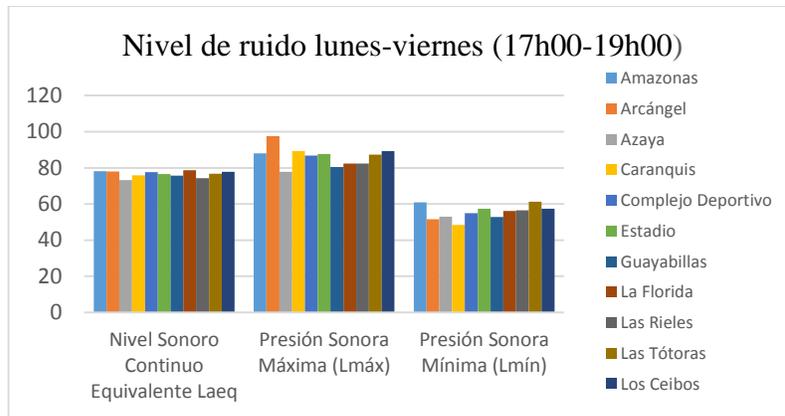


Figura 4.3. Nivel de Ruido lunes-viernes (Tarde y noche)

4.1.1.4. Período sábado-domingo (7h00-9h00)

El fin de semana se obtuvo un valor máximo de presión sonora de 87.4 dB en el circuito de los Ceibos (GOE), un valor mínimo de 56.8 dB en el circuito Caranquis (Parque Atahualpa) y un nivel sonoro equivalente promedio de 79.9 dB en el circuito Arcángel (UE. particular Oviedo).

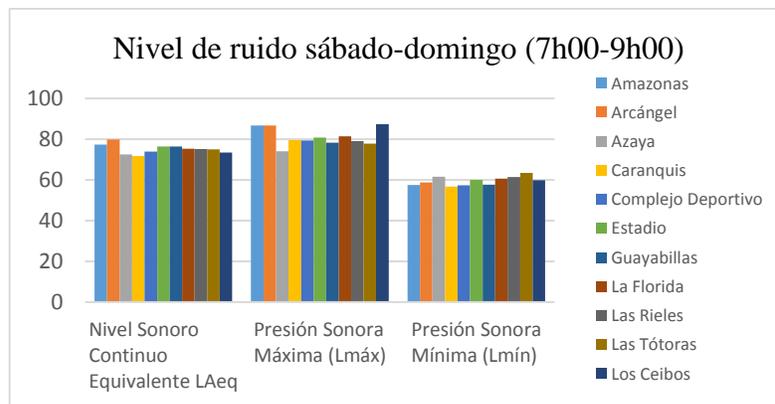


Figura 4.4. Nivel de ruido sábado-domingo (Mañana)

4.1.1.5. Período sábado-domingo (12h00-14h00)

En el turno del medio día en el fin de semana la investigación arrojó un valor máximo de presión sonora de 88.3 dB en el circuito las Totoras (Liceo Aduanero), un mínimo de 52.3

dB en el circuito Caranquis (UE. Caranqui) y un nivel sonoro equivalente promedio de 78.2 dB en el circuito Totoras (Liceo Aduanero).

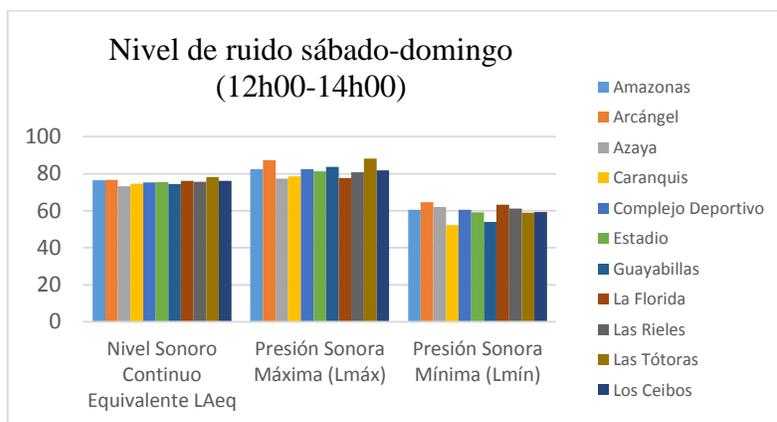


Figura 4.5. Nivel de ruido sábado-domingo (Medio día)

4.1.1.6. Período sábado-domingo (17h00-19h00)

En la jordana de la tarde y noche se registró un nivel máximo sonoro de 88.4 dB en el circuito Amazonas (Sector tras la Basílica), un mínimo de 46.4 dB en el circuito Azaya (Policía Judicial) y un nivel sonoro equivalente promedio de 76.6 dB en el circuito Amazonas (Sector tras la Basílica).

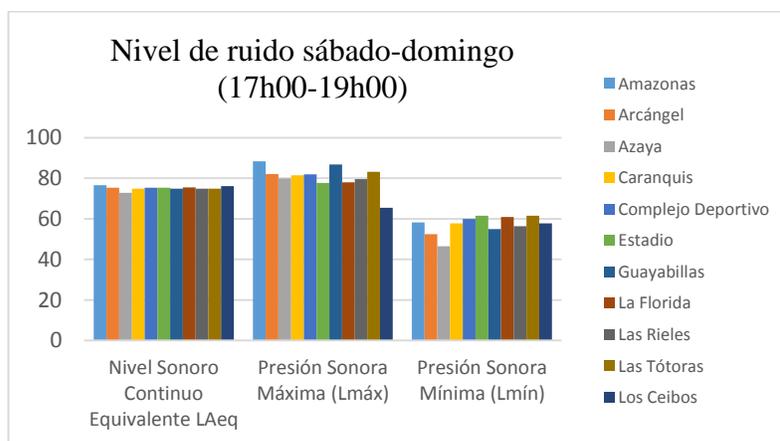


Figura 4.6. Nivel de ruido sábado-domingo (Tarde y noche)

4.1.2. Análisis de resultados de la mayor concentración de datos promedios

4.1.2.1. Período lunes-viernes

En el análisis del promedio total de datos del período lunes-viernes en las tres jornadas un 69.4% de los valores están concentrados en los niveles de 70-76 dB(A), los mismos que son comparados con la Normativa de TULAS (Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente), excediendo los niveles permisibles en las horas pico monitoreadas de la zona urbana de la ciudad.

Tabla 4.1. Rangos de niveles de presión sonora de lunes-viernes (Promedios)

LUNES – VIERNES			
Rango dB(A)	N° Datos	Porcentaje %	% Categorías
60 – 62	3	0.4%	
62 – 64	6	0.7%	
64 – 66	19	2.3%	25.6%
66 – 68	49	6.0%	
68 – 70	130	16.0%	
70 – 72	256	31.6%	69.4%
72 – 74	223	27.5%	
74 – 76	83	10.2%	
76 – 78	29	3.6%	
78 -80	7	0.9%	5.1%
80 -82	5	0.6%	
TOTAL	810	100%	

En la siguiente figura, se muestra el histograma de la mayor concentración de presión sonora equivalente en el período de lunes-viernes en las 3 jornadas.

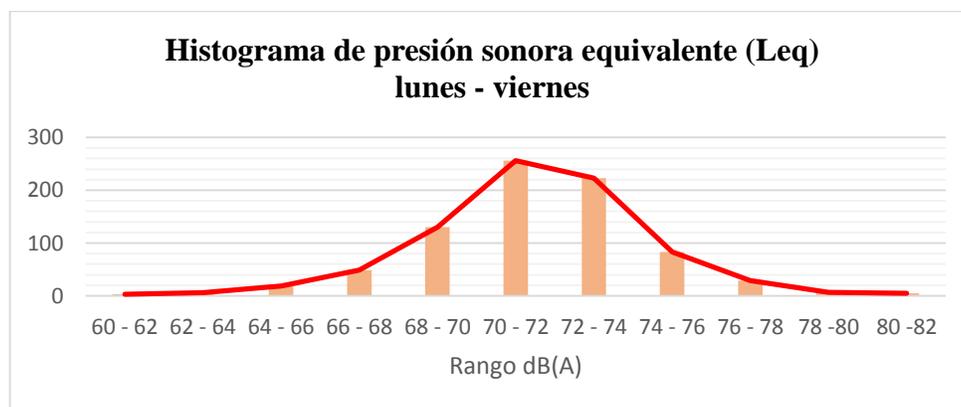


Figura 4.7. Histograma de presión sonora equivalente (Leq) lunes-viernes

4.1.2.2. Período sábado-domingo

Con respecto al periodo de sábado-domingo el análisis del promedio total de datos en las tres jornadas es 71.6%, de valores en 70-76 dB(A), los mismos que son comparados con la Normativa de TULAS (Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente), excediendo los niveles permisibles en las horas pico monitoreadas de la zona urbana de la ciudad.

Tabla 4.2. Rangos de niveles de presión sonora de sábados-domingos (Promedios)

SÁBADO – DOMINGO			
dB(A)	N° Datos	Porcentaje %	% Categorías
60 - 62	0	0.0%	
62 - 64	6	1.9%	
64 - 66	11	3.4%	24.1%
66 - 68	20	6.2%	
68 - 70	41	12.7%	
70 - 72	102	31.5%	
72 - 74	83	25.6%	71.6%
74 - 76	47	14.5%	
76 - 78	11	3.4%	
78 - 80	3	0.9%	4.3%
80 - 82	0	0.0%	
Total	324	100%	

En la siguiente figura, se muestra el histograma de la mayor concentración de presión sonora equivalente en el período de sábado-domingo en las 3 jornadas.

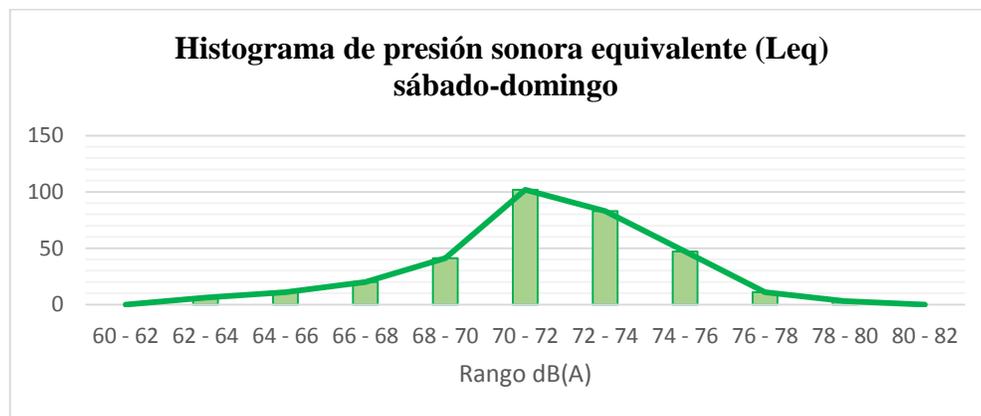


Figura 4.8. Histograma de presión sonora equivalente (Leq) sábados-domingos

4.1.3. Análisis estadístico semanal de lunes a domingo

4.1.3.1. Representación estadística en cada punto (7h00-9h00)

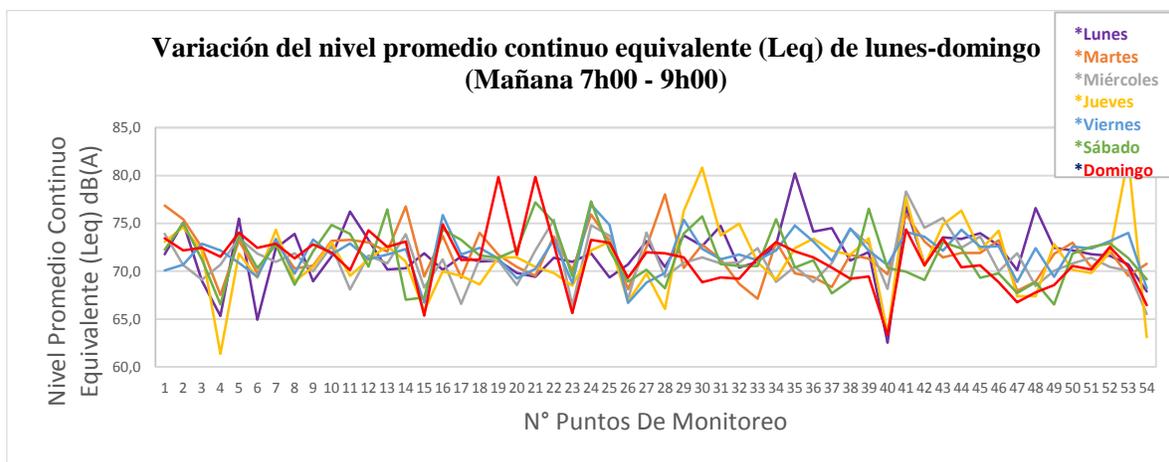


Figura 4.9. Promedio equivalente semanal 7h00-9h00

En el turno de la mañana, en lo que respecta a los 54 puntos de monitoreo se representa las variaciones sonoras equivalente para cada día. Existen valores significativos iguales o mayores a 75 dB, pero el nivel más alto se ubicó el día jueves en el circuito Amazonas (Bomba el terminal) con 80.8 dB, a continuación, la tabla siguiente.

Tabla 4.3. Valores iguales o mayores a 75.0 dB en la jornada lunes-domingo (7h00-9h00)

Nivel de Presión Sonora Leq dB(A)	Jornada (Día)	Circuito	Número de punto	Nombre del punto
80	Lunes	La Florida	35	ECU 911
	Jueves	Amazonas	30	Bomba de la Terminal
79	Domingo	Arcángel	19	Pollo Alkosto
		Arcángel	21	UE. Particular Oviedo
78	Martes	Arcángel	28	PUCE
	Miércoles	Complejo Deportivo	42	Víveres Panchitos
77	Jueves	La Florida	41	Yacucalle
	Sábado	Arcángel	21	UE. Particular Oviedo
		Amazonas	24	Mercado Amazonas
	Lunes	Las Rieles	11	Tras los Antojitos de Colombia
		L Florida	41	Yacucalle
		Caranquis	48	Cdla. 10 de Agosto

76	Martes	Las Totoras	1	Bomba Priorato
		Arcángel	14	CIBV. Luis Jaramillo Pérez
	Jueves	Los Ceibos	44	Centro infantil Kids
	Sábado	Estadio	13	Víveres y licores Rossmery
	Domingo	Guayabillas	39	UE. Guzmán - La lico esquina
75	Lunes	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
		Arcángel	5	Bomba el Olivo
	Martes	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
		Amazonas	24	Mercado Amazonas
		La Florida	41	Yacucalle
	Miércoles	Las Rieles	22	Supermaxi
		Los Ceibos	43	GOE
	Jueves	Amazonas	32	UE. Teodoro Gómez de la Torre
	Viernes	Complejo Deportivo	29	Chifa Andina
		Totoras	2	Liceo Aduanero
	Sábado	La Rieles	22	Supermaxi
		Amazonas	30	Bomba el Terminal
	Domingo	La Florida	34	La Florida - Inicio de autovía Ibarra/Otavalo

4.1.3.2. Representación estadística en cada punto (12h00-14h00)

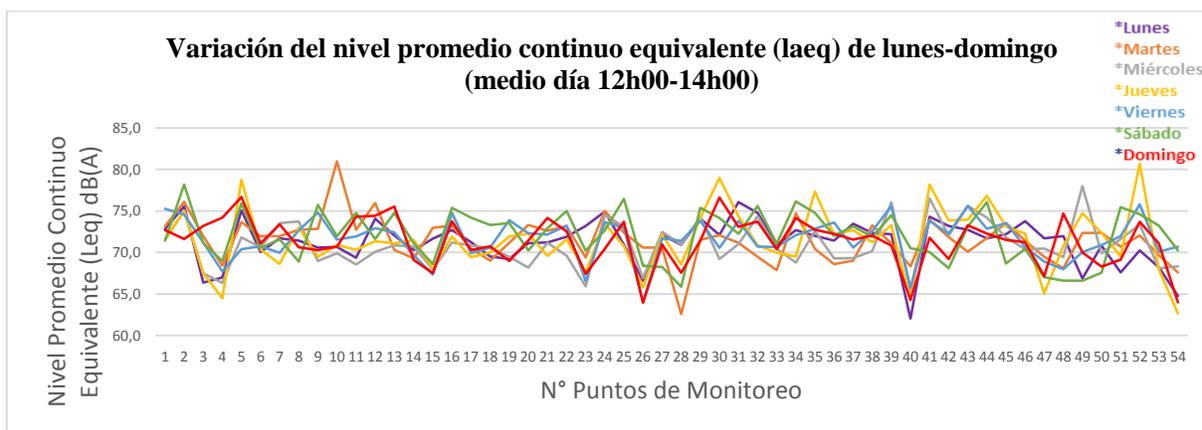


Figura 4.10. Promedio equivalente semanal 12h00-14h00

En el turno del medio día, se representan los 54 puntos de monitoreo a lo largo de la semana señalando niveles iguales o superiores a 75 dB y siendo el más palpable el día martes en el circuito Estadio (Sector piscina Olímpica) con 81 dB, indicados a continuación.

Tabla 4.4. Valores iguales o mayores a 75.0 dB en la jornada lunes-domingo (12h00-14h00)

Nivel de Presión Sonora Leq dB(A)	Jornada (Día)	Circuito	Número de punto	Nombre del punto
81	Martes	Estadio	10	Sector piscina Olímpica
80	Jueves	Los Ceibos	52	Plaza de Toros
79	Jueves	Amazonas	30	Bomba de la Terminal
	Miércoles	Caranquis	49	Sector la Y
78	Jueves	Arcángel	5	Bomba el Olivo
		La Florida	41	Yacucalle
	Sábado	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
77	Martes	Amazonas	24	Mercado Amazonas
	Jueves	La Florida	35	ECU 911
	Martes	Amazonas	31	Su ferretero
		Las Rieles	12	Hospital San Vicente de Paúl
	Miércoles	Guayabillas	39	UE. Guzmán - La lico esquina
		La Florida	41	Yacucalle
76	Jueves	Los Ceibos	44	Centro infantil Kids
		Amazonas	25	Tras la Basílica
	Sábado	La Florida	34	La Florida - Inicio de autovía Ibarra/Otavalo
	Domingo	Arcángel	5	Bomba el Olivo
	Lunes	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
		Arcángel	5	Bomba el Olivo
	Miércoles	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
		Los Ceibos	43	GOE
	Jueves	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
		Las Totoras	1	Bomba Priorato
	Viernes	Guayabillas	39	UE. Guzmán - La lico esquina
		Los Ceibos	43	GOE
		Los Ceibos	52	Plaza de Toros
75		Arcángel	5	Bomba el Olivo
		Las Rieles	9	Cementerio Jardín de paz
		Las Rieles	16	Clínica Ibarra
	Sábado	Las Rieles	22	Supermaxi
		Complejo Deportivo	29	Chifa Andina
		Amazonas	32	UE. Teodoro Gómez de la Torre
		Los Ceibos	51	UE. Madre Teresa Bacq
	Domingo	Estadio	13	Viveres y licores Rossmery

4.1.3.3. Representación estadística en cada punto (17h00-19h00)

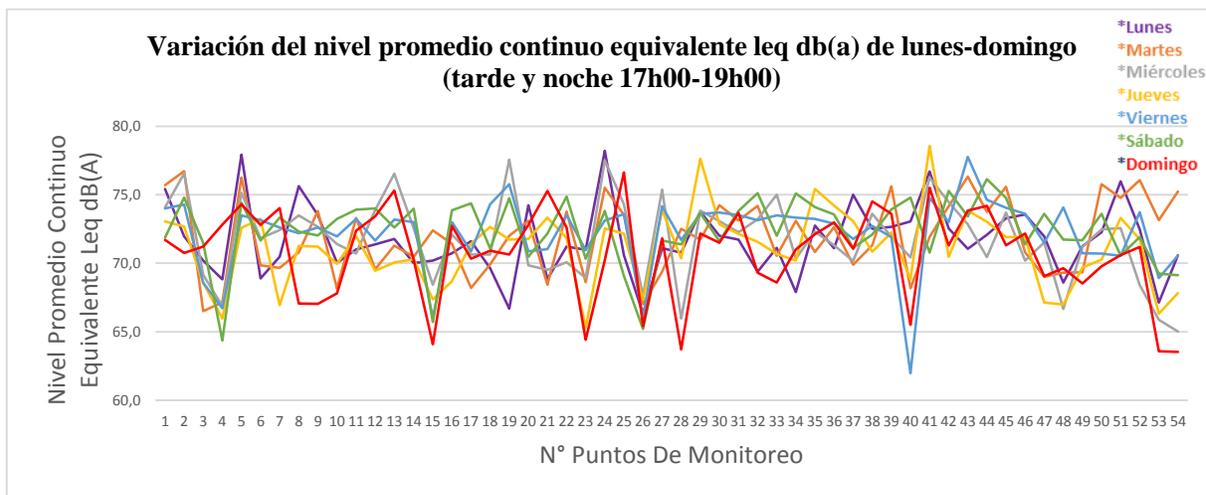


Figura 4.11. Promedio equivalente semanal 17h00-19h00

En el tercer turno de la tarde y noche durante la semana, existen valores representativos el día jueves en el circuito la Florida (Sector Yacucalle) con 78.8 dB y Amazonas (Mercado Amazonas) con 78 dB, representados a continuación.

Tabla 4.5. Valores iguales o mayores a 75.0 dB en la jornada lunes-domingo (17h00-19h00)

Nivel de Presión Sonora Leq dB(A)	Jornada (Día)	Circuito	Número de Punto	Nombre del punto
78	Lunes	Amazonas	24	Mercado Amazonas
	Jueves	La Florida	41	Yacucalle
77	Lunes	Arcángel	5	Bomba el Olivo
	Miércoles	Arcángel	19	Pollo Alkosto
		Amazonas	24	Mercado Amazonas
	Jueves	Complejo Deportivo	29	Chifa Andina
Viernes	Los Ceibos	43	GOE	
76	Lunes	La Florida	41	Yacucalle
		Los Ceibos	51	UE. Madre Teresa Bacq
	Martes	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
		Arcángel	5	Bomba el Olivo
		Los Ceibos	43	GOE
		Los Ceibos	52	Plaza de Toros
	Miércoles	Las Totoras	2	Liceo Aduanero
Estadio		13	Viveres y licores Rossmery	

		La Florida	41	Yacucalle
	Sábado	Los Ceibos	44	Centro infantil Kids
	Domingo	Amazonas	25	Tras la Basílica
		Las Totoras	1	Bomba Priorato
	Lunes	Arcángel	8	UTN
		Complejo deportivo	37	Parque de la familia
		Las Totoras	1	Bomba Priorato
		Amazonas	24	Mercado Amazonas
	Martes	Guayabillas	39	UE. Guzmán - La lico esquina
		Caranquis	45	Villa de Guadalupe
		Caranquis	50	Parque Atahualpa
		Caranquis	54	UE. Caranqui
		Arcángel	5	Bomba el Olivo
75	Miércoles	Arcángel	27	Entrada a barrio la Victoria (semáforo)
		Guayabillas	33	Centro barrio la Victoria (UE Peñaherrera)
	Jueves	La Florida	35	ECU 911
	Viernes	Arcángel	19	Pollo Alkosto
		Amazonas	32	UE. Teodoro Gómez de la Torre
	Sábado	La Florida	34	La Florida - Inicio de autovía Ibarra/Otavaló
		Complejo Deportivo	42	Viveres Panchitos
		Estadio	13	Viveres y licores Rossmery
	Domingo	Arcángel	21	UE. Particular Oviedo
		La Florida	41	Yacucalle

4.2. Análisis cartográfico de mapas acústicos

En esta investigación se realizaron dos métodos de interpolación: IDW y Kriging con el fin de elaborar un análisis comparativo de valores desplegados cartográficamente correspondientes a la presión acústica. Pero hay que tomar en cuenta que el método Kriging, es la interpolación que tiene una mayor precisión en cuanto a valores sonoros tomados en diversos puntos que se correlacionan a distancias específicas.

4.2.1. Interpolación lunes-viernes (Mañana 7h00-9h00)

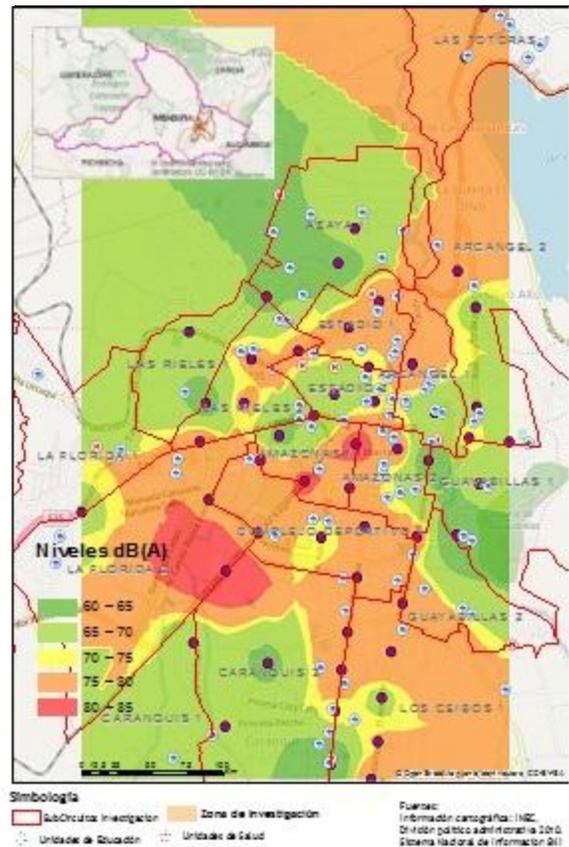
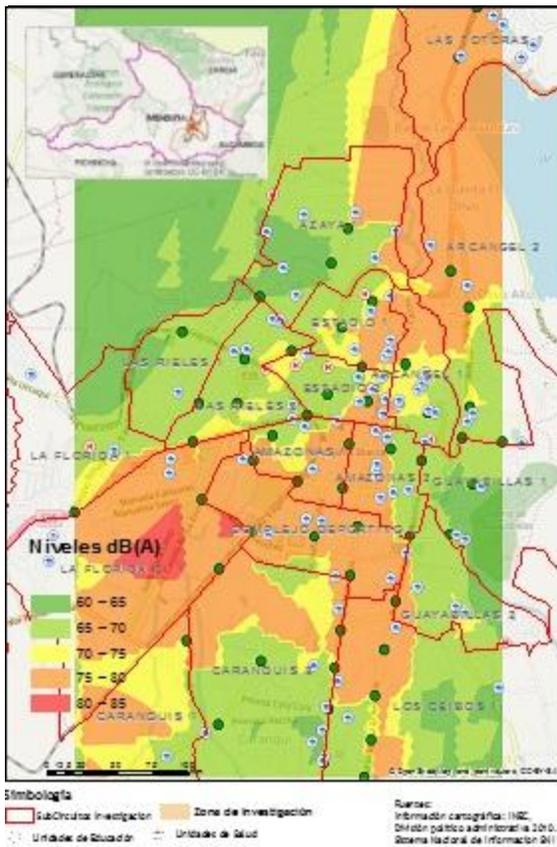


Figura 4.12. Krig. Lunes –viernes (7h00-9h00) Figura 4.13. IDW lunes–viernes (7h00-9h00)

Los métodos de interpolación Kriging e IDW arrojaron datos significativos de manera uniforme. En la figura 4.12 y 4.13, se indican los datos de presión sonora equivalente $Leq(A)$ en el período de lunes-viernes (7h00-9h00). Los circuitos de Caranquis y la Florida tuvieron una mínima parte de contaminación en los rangos 80-85 dB(A) con color rojo. Los rangos comprendidos entre 75-80 dB(A), fueron representados con color naranja, en los cuales se ubican los circuitos: la Florida, Caranquis, los Ceibos, Complejo deportivo, Amazonas, Arcángel, las Totoras; de igual manera se debe tomar en cuenta que en éstos circuitos también existen pequeñas proporciones de sectores afectados con niveles sonoros de rangos comprendidos entre 70-75 dB. Los niveles de contaminación de color verde están comprendidos en los rangos 65-70 dB(A), los mismos que corresponden a pequeños fracciones de circuitos como: Caranquis, Guayabillas, las Rieles, Azaya y Estadio.

4.2.2. Interpolación lunes –viernes (Medio día 12h00-14h00)

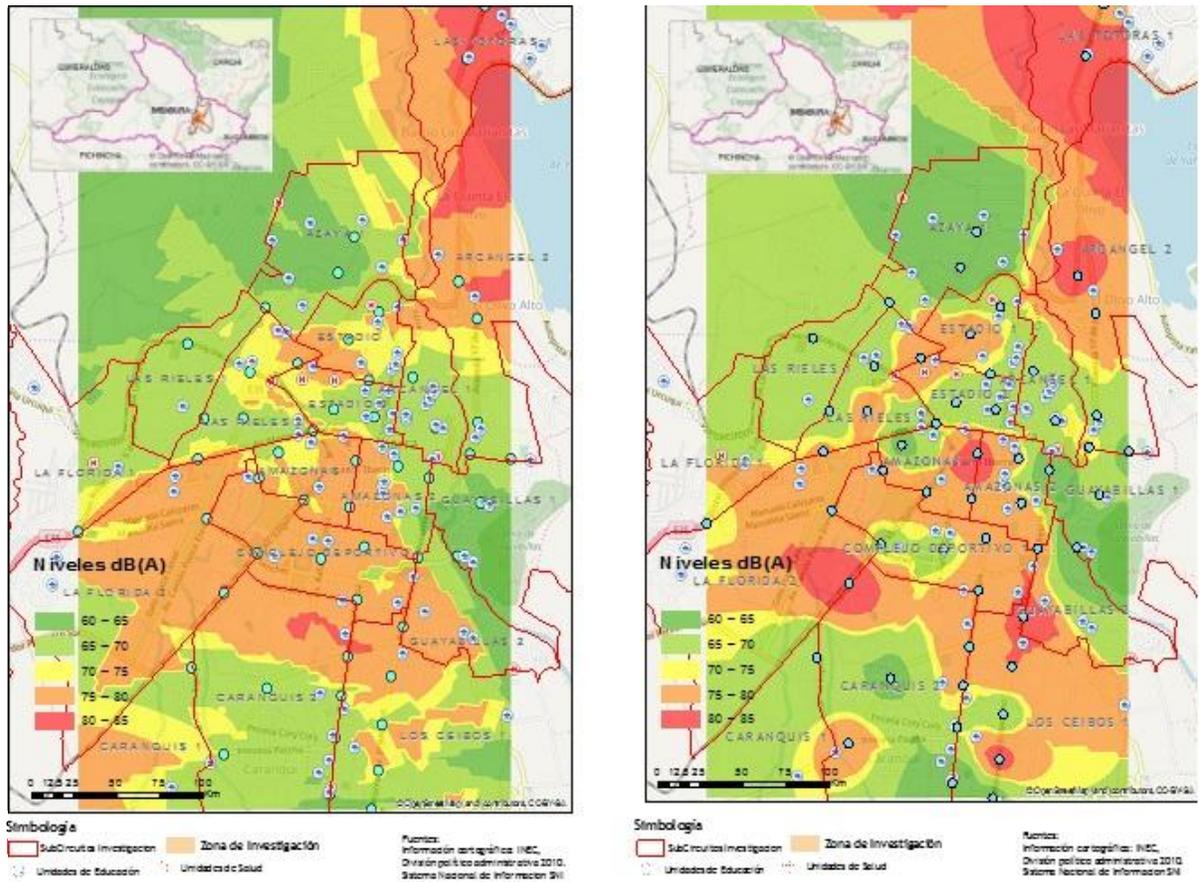


Figura 4.14. Krig. Lun–viernes (12h00-14h00) Figura 4.15. IDW lun–viernes (12h00-14h00)

En la comparación de los métodos Kriging e IDW, correspondientes a las figuras 4.14 y 4.15 en el período de lunes a viernes (12h00-14h00), se indican niveles de presión sonora equivalente Leq_A . La gama de color rojo indica altos niveles de contaminación sonora en los rangos 80-85 dB(A), tomando en cuenta que el circuito Totoras, es el más contaminado, sin embargo los circuitos: Arcángel, Amazonas, Guayabillas, los Ceibos, Caranquis y la Florida tienen proporciones de estos niveles en algunos sectores. En los rangos de 75-80 dB (A) de color naranja, se encuentran contaminados los circuitos: los Ceibos, la Florida, Caranquis, Complejo deportivo, Amazonas y Arcángel, tomando en cuenta que existen sectores de éstos circuitos con niveles de 70-75 dB (A), representados con color amarillo. Finalmente, son ilustrados proporcionalmente con color verde los sectores, de los circuitos de: Caranquis, Azaya, Guayabillas, las Rieles y Amazonas con rangos de 65-70 dB(A).

4.2.3. Interpolación lunes –viernes (Tarde y noche 17h00-19h00)

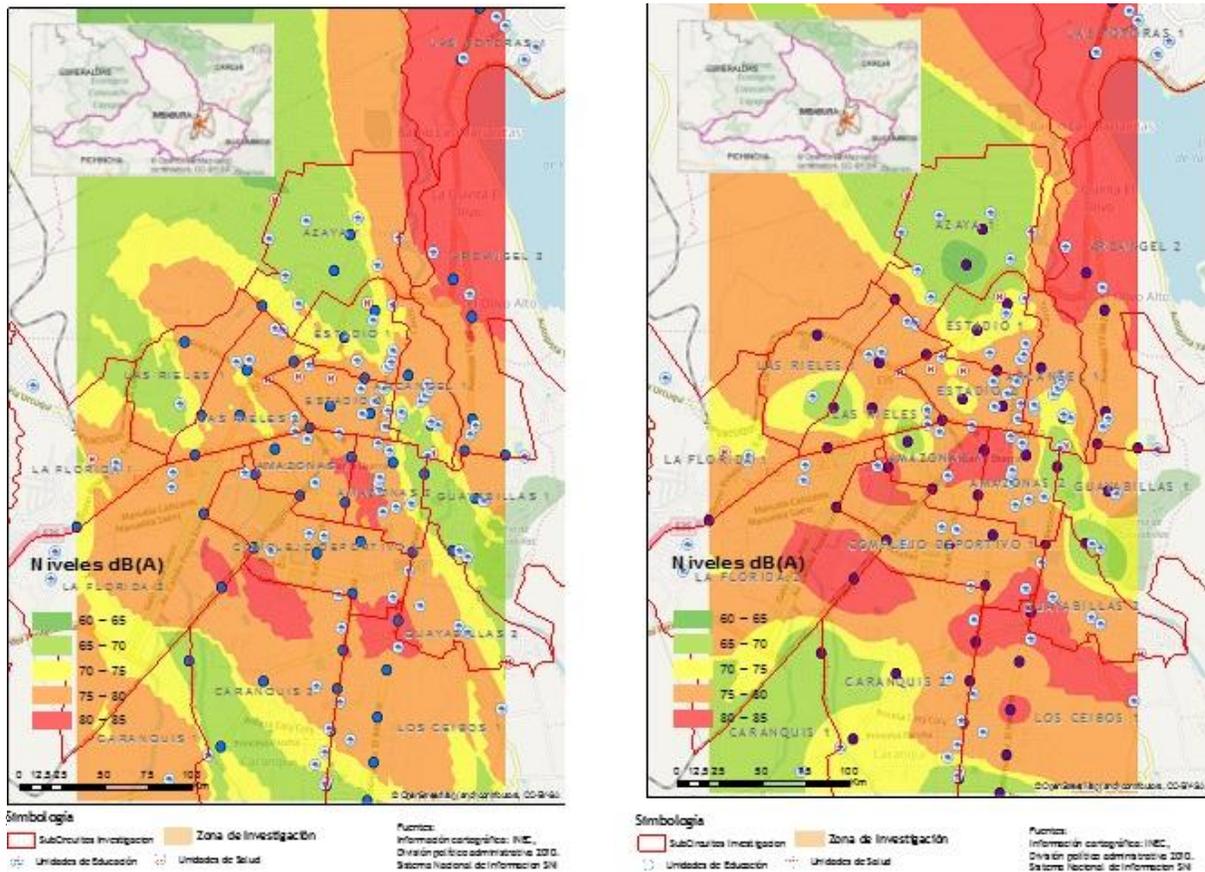


Figura 4.16. Krig. Lun–viernes (17h00-19h00) Figura 4.17. IDW lun –viernes (17h00-19h00)

La afectación de rangos comprendidos entre 80-85 dB(A) de gama roja en el período lunes a viernes (17h00-19h00), que se muestran en la figura 4.16 y 4.17; son correspondientes a circuitos contaminados en su totalidad donde se menciona a: las Totoras y Arcángel; sin embargo existen pequeñas proporciones de contaminación representados por color rojo en los circuitos: Amazonas, los Ceibos, Complejo deportivo, Caranquis y la Florida. De igual forma los circuitos ya mencionados tienen altos niveles de contaminación representados de color naranja con rangos de 75-80 dB (A). La gama de color amarilla indica proporciones de sectores contaminados con niveles de 70-75 dB(A), que corresponden a circuitos como: los Ceibos, Caranquis, la Florida, las Rieles, Guayabillas y Estadio. En los niveles de 65-70 dB(A) de color verde se encuentran indicados en proporciones los circuitos de: Ceibos, Caranquis, Guayabillas, las Rieles, Estadio y Azaya.

4.2.4. Interpolación sábado–domingo (Mañana 7h00-9h00)

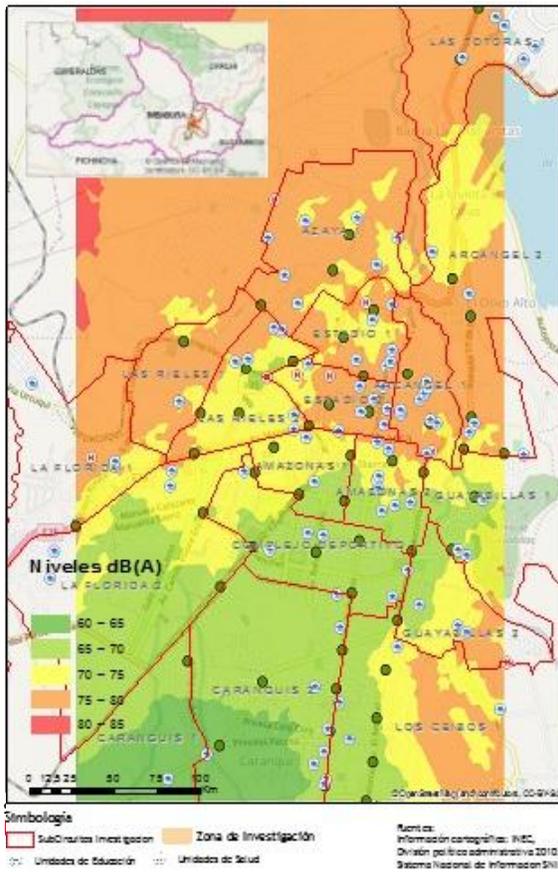


Figura 4.18. Krig. Sáb-domingo (7h00-9h00)

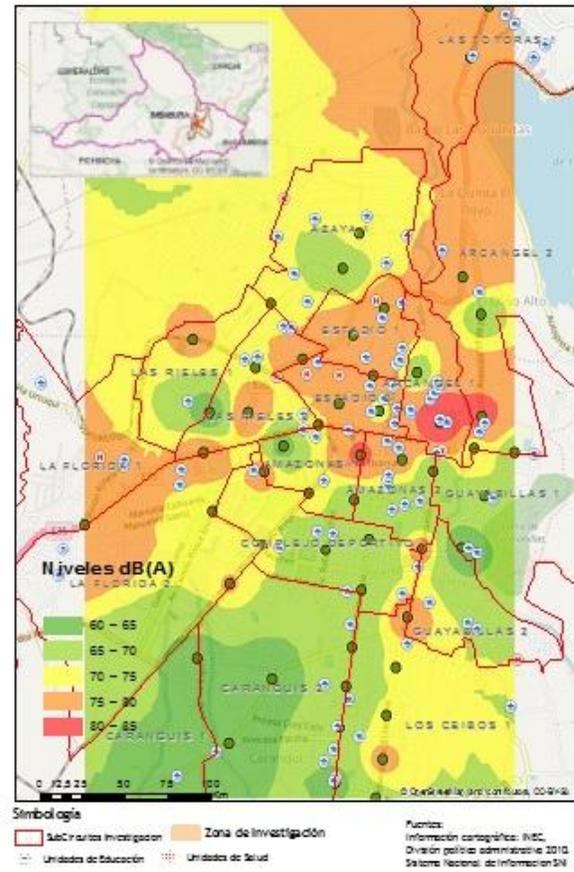


Figura 4.19. IDW sáb-domingo (7h00-9h00)

En el análisis simultáneo de los métodos de interpolación de la figura 4.18 y 4.19 del período sábado y domingo (7h00-9h00), los altos niveles de contaminación fueron en mínimas proporciones en los rangos correspondientes de 80-85 dB(A), en los circuitos: Amazonas y Arcángel. En los rangos de 75-80 dB (A) representados de color naranja, se encuentran contaminados en altas proporciones los circuitos: Ceibos, la Florida, las Rieles, Azaya, Estadio, las Totoras y Arcángel. Existen proporciones de gama amarilla que representan niveles sonoros de 70-75 dB(A), en los que se ubican circuitos como: Ceibos, Rieles, Amazonas y Azaya. Finalmente se mencionan a los circuitos contaminados en gran parte con niveles de 65-70 dB(A), representados con gama verde a los circuitos: Caranquis, Guayabillas y en pequeños sectores se muestra a los circuitos: Complejo deportivo, Guayabillas y la Florida.

4.2.5. Interpolación sábado–domingo (Medio día 12h00-14h00)



Figura 4.20. Krig. Sáb-dom. (12h00-14h00)

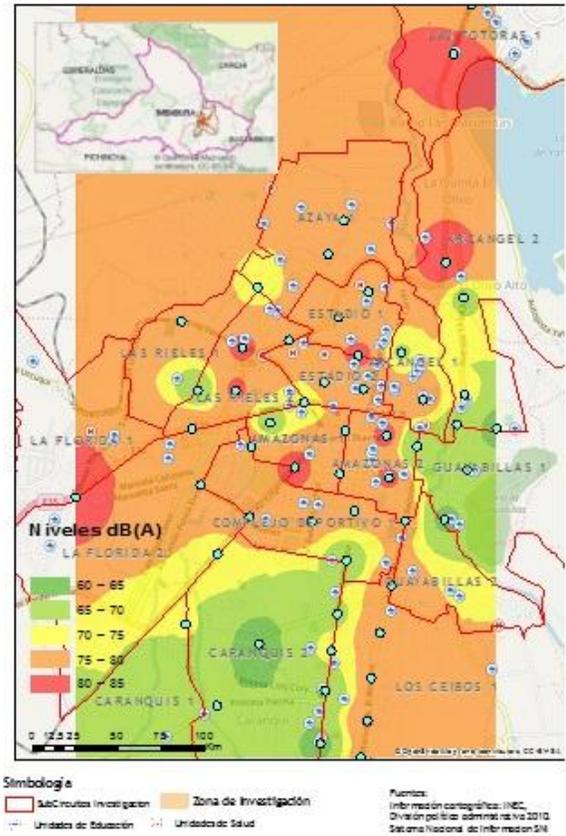


Figura 4.21. IDW sáb-dom. (12h00-14h00)

Para el período sábado a domingo (12h00-14h00) referente a los métodos Kriging e IDW, se obtuvo datos de presión sonora equivalente Leq_A en los rangos máximos 80-85 dB(A), representados en mínimas partes de color rojo los circuitos: la Florida, Amazonas, las Rieles, Estadio, Arcángel y las Totoras. En los rangos de color naranja correspondientes a niveles de 75-80 dB(A) se encuentran: los Ceibos, la Florida, Complejo deportivo, Amazonas, las Rieles, Estadio, Azaya, Arcángel y las Totoras. La representación de color amarillo indica niveles de 70-75 dB (A) en pequeñas proporciones correspondiente a los circuitos: Florida, Guayabillas, Arcángel y Amazonas. En lo que se refiere a niveles de 65-70 dB (A), ilustrados con una gama verde se ubican los circuitos: Caranquis y Guayabillas.

4.2.6. Interpolación sábado-domingo (Tarde y noche 17h00-19h00)

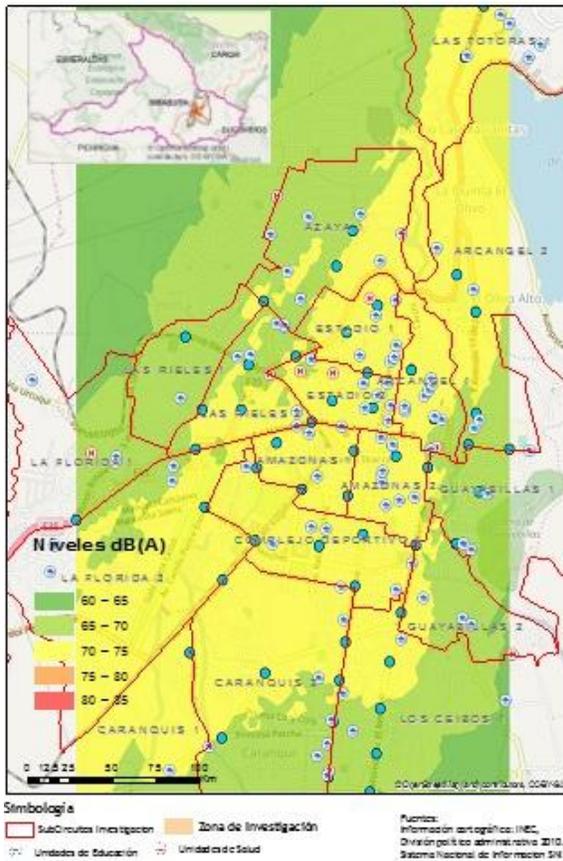


Figura 4.22. Krig. Sáb-dom. (17h00-19h00)

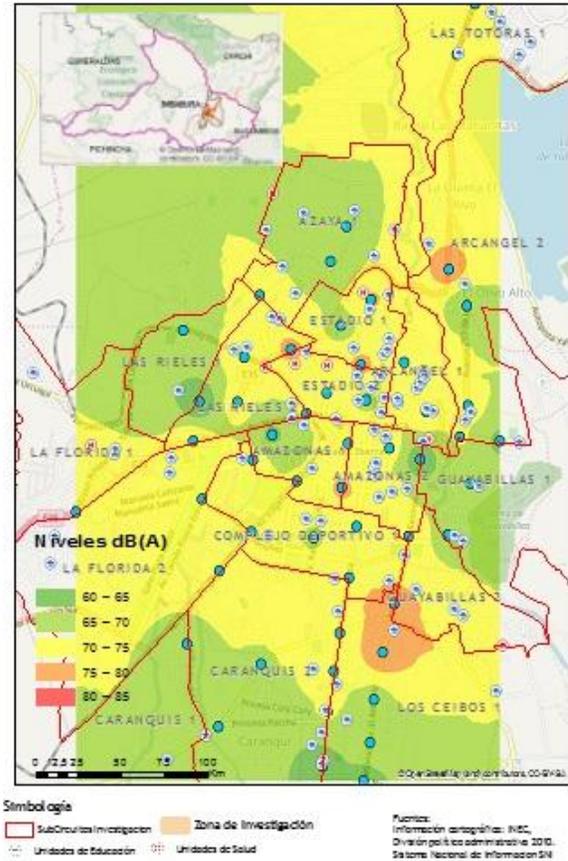


Figura 4.23. IDW sáb-dom (17h00-19h00)

Para el turno sábado y domingo (17h00-19h00) en la comparación de los métodos Kriging e IDW, con respecto al nivel de presión sonora equivalente Leq_A , se identifica en pequeñas proporciones de color naranja a los circuitos: los Ceibos y Arcángel en niveles de 75-80 dB (A). Existe una mayor concentración de color amarillo en los circuitos: la Florida, Amazonas, las Rieles, Estadio, Arcángel, Guayabillas, los Ceibos las Rieles y las Totoras en rangos de 70-75. En lo que respecta a niveles de 65-70 dB (A), existen circuitos como: Guayabillas, Caranquis y Azaya, representados con color verde

4.2.7. Interpolación lunes-viernes y sábado-domingo (jornada completa)

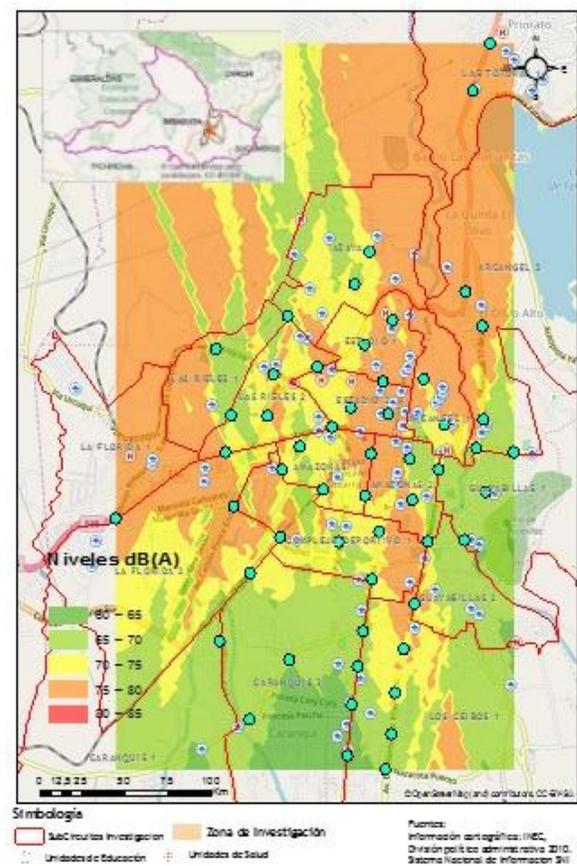
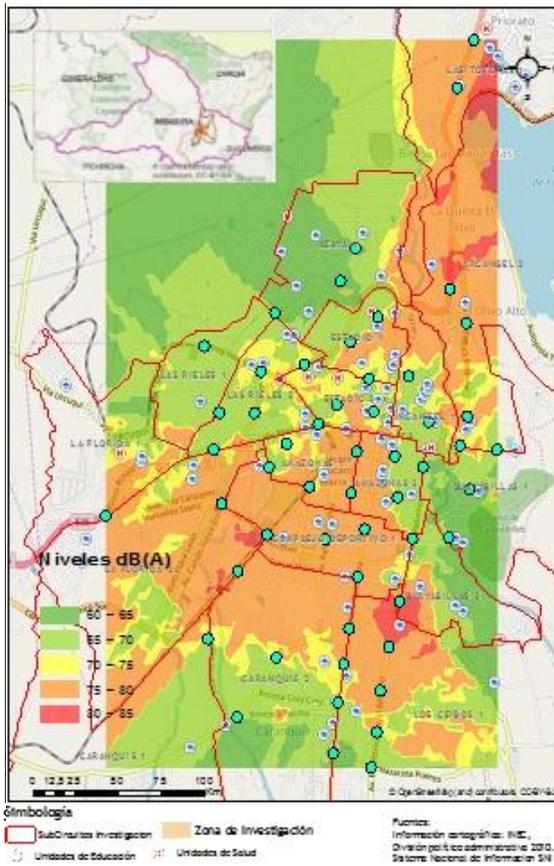


Figura 4.24. Krig. Lun-vie (Jornada completa) Figura 4.25. Krig. Sáb-dom (Jornada completa)

En la figura 4.24, se indica la representación de los niveles de presión sonora equivalente correspondientes al período de lunes-viernes en las 3 jornadas. En este análisis existe una mínima representación de color rojo, correspondiente a 80-85 dB (A) en los circuitos: los Ceibos, Arcángel y Totoras. En lo que respecta a niveles de 75-80 (A) con color naranja se encuentra la mayor concentración de contaminación acústica en los circuitos de: los Ceibos, la Florida, Complejo deportivo, Amazonas, Arcángel, Estadio, las Totoras; se debe tomar en cuenta que en todos los circuitos anteriormente mencionados existen pequeñas proporciones de color amarillo correspondiente a rangos de 70-75 dB (A). Con el color verde se presentan los niveles de 65-70 dB (A), correspondientes a los circuitos: Caranquis, Guayabillas y Azaya.

En la figura 4.25, en el período de sábados y domingo durante las 3 jornadas, se muestra que la mayor representatividad de contaminación acústica se encuentra en los rangos de 75-80

dB (A), representados de color naranja en los circuitos: Totoras, Arcángel, Estadio, Amazonas, las Rieles, la Florida, Complejo deportivo y los Ceibos; tomando en cuenta que en éstos circuitos también existen pequeñas proporciones de color amarillo correspondiente a 70-75 dB (A). En lo que respecta a rangos de 65-70 dB (A), representados de color verde, existen circuitos como: Caranquis, Guayabillas, los Ceibos y Azaya.

4.3. Análisis comparativo y afectación de zonas sensibles al ruido

Con respecto al análisis cartográfico que fue elaborado por el método de interpolación Kriging, se representó los niveles de presión sonora de los circuitos que tuvieron altos niveles de contaminación acústica con respecto a la normativa ambiental. En las las tablas 4.6 y 4.7, para los períodos lunes-viernes y sábado-domingo se describe cada uno de los sectores (Circuito) y el número de centros educativos y centros hospitalarios afectados.

Tabla 4.6. Circuitos con mayor afectación de ruido período (Lunes-viernes)

Circuito	Sectores	Jornada	Niveles sonoros representativos (dB)	Porcentaje de niveles sonoros (%)	Clasificación de niveles (Kriging)	# Centro educativos	# Centro hospitalarios
MAÑANA							
La Florida	ECU 911 y Red Eléctrica	7h00-9h00	80-85	10	80-85	7	2
Estadio	CNE/Piscina Olímpica/Viveres Rossmery	7h00-9h00	70-75	84	70-75	14	5
Los Ceibos	GOE/CI Kids/UE. Madre Teresa Bacq/Plaza de toros	7h00-9h00	75-80	80	75-80	6	2
Las Rieles	Cementerio Jardín de Paz/Tras Antojitos de Colombia/Laguna Mall/Clínica Ibarra/Vida Spa	7h00-9h00	65-70	70	65-70	8	1
MEDIO DÍA							
Las Totoras	Bomba Priorato/Liceo Aduanero	12h00-14h00	80-85	20	80-85	5	1
Arcángel	Bomba El Olivo	12h00-14h00	80-85	10	80-85	21	1
Caranquis	Villa de Guadalupe	12h00-14h00	80-85	8	80-85	11	0

Complejo Deportivo	Parque Atahualpa/Hotel Giralda/Viveres Panchito's/UE. Guzmán	12h00-14h00	75-80	80	75-80	6	0
Arcángel	UTN	12h00-14h00	75-80	77	75-80	21	1
Estadio	CNE/Viveres Rossmery/Piscina Olímpica	12h00-14h00	70-75	78	70-75	14	5
TARDE Y NOCHE							
Las Totoras	Bomba Priorato/Liceo Aduanero	17h00-19h00	80-85	35	80-85	5	1
Arcángel	Bomba El Olivo/UTN	17h00-19h00	80-85	20	80-85	21	1
Amazonas	Mercado Amazonas/Su ferretero/UE. Teodoro Gómez	17h00-19h00	80-85	15	80-85	11	1
La Florida	Red Eléctrica/Yacucalle	17h00-19h00	80-85	15	80-85	7	2
Los Ceibos	GOE	17h00-19h00	80-85	10	80-85	6	2
Complejo Deportivo	Parque la familia/Hotel Giralda/UE. Guzmán	17h00-19h00	75-80	90	75-80	6	0
Las Rieles	Cementerio Jardín de paz/Tras Antojitos de Colombia/Clinica Ibarra	17h00-19h00	75-80	90	75-80	8	1
Azaya	Policía Judicial/Mercado Mayorista	17h00-19h00	65-70	80	65-70	7	2

Tabla 4.7. Circuitos con mayor afectación de ruido período (Sábado-domingo)

Circuito	Sectores	Jornada	Niveles sonoros representativos (dB)	Porcentaje de niveles sonoros (%)	Clasificación de niveles (Kriging)	# Centro educativos	# Centro hospitalarios
MAÑANA							
Las Totoras	Bomba Priorato/Liceo Aduanero	7h00-9h00	75-80	90	75-80	5	1
Arcángel	UTN/Bomba El Olivo/Pollo Alkosto/UE. Oviedo/CIBV. JJ. Pérez	7h00-9h00	75-80	90	75-80	21	1

Estadio	Autocentro/Tsunami/Viveres Panchito's/Piscina Olímpica/CNE	7h00-9h00	75-80	90	75-80	14	5
Caranquis	Villa de Guadalupe/Micromercado Danny/Parque Atahualpa/El Ensueño/Cdla 10 de agosto	7h00-9h00	65-70	86	65-70	11	0
MEDIO DÍA							
Estadio	CNE/Piscina Olímpica/San Vicente de Paúl/Autocentro/Tsunami/Viveres Rossmery	12h00-14h00	75-80	90	75-80	14	5
Las Rieles	Cementerio Jardín de paz/Tras Antojitos de Colombia/Clinica Ibarra/Laguna Mall/Vida Spa	12h00-14h00	75-80	85	75-80	8	1
La Florida	Supermaxi/ECU 911/Inicio Autopista Ibarra-Otavalo	12h00-14h00	75-80	83	75-80	7	2
Azaya	Policía Judicial/Mercado Mayorista/Hospital IESS	12h00-14h00	70-75	83	75-80	7	2
TARDE Y NOCHE							
Complejo Deportivo	Parque la familia/Hotel Giralda/Viveres Panchito's/UE. Guzmán	17h00-19h00	70-75	90	70-75	6	0
Amazonas	Mercado Amazonas/Suferretero/UE. Teodoro Gómez/Chifa Andina/Secap/Tras la Basílica	17h00-19h00	70-75	86	70-75	11	1
Estadio	CNE/Piscina Olímpica/San Vicente de Paúl/Autocentro/Tsunami/Viveres Rossmery	17h00-19h00	70-75	84	70-75	14	5
La Florida	Supermaxi/ECU 911/Red Eléctrica/Yacucalle	17h00-19h00	70-75	83	70-75	7	2

Las Totoras	Bomba Priorato/Liceo Aduanero	17h00-19h00	70-75	75	70-75	5	1
-------------	-------------------------------	-------------	-------	----	-------	---	---

A continuación, se describe el listado de los centros educativos y centros hospitalarios que se encuentran afectados en los períodos lunes-viernes y sábado-domingo (7h00-9h00-12h00-14h00, 17h00-19h00).

Tabla 4.8. Centros educativos y hospitalarios afectados períodos (Lunes-viernes y sábado-domingo) en las 3 jornadas

Zonas sensibles afectadas (Lunes-viernes) y (Sábado-domingo)		
Mañana(7h00-9h00) - Medio día(12h00-14h00) - Tarde y noche(17h00-19h00)		
Circuito	Centros Educativos	Centros Hospitalarios
Estadio	Pedro Moncayo	Unidad Móvil General UMG 1 Imbabura Centro de Salud 1
	La Inmaculada Concepción	
	Sagrado Corazón de Jesús	Unidad Móvil General UMG 3 Imbabura Hadlt
	Marcel Montilleo	
	Americano	Hospital San Vicente de Paúl
	Instituto Campesino	
	San Pedro Pascual	Unidad Móvil General UMG 3 Imbabura Quiroga
	Eugenio Espejo	
	Ana Luisa Leoro	Clínica Metropolitana
	28 de abril	
	Presidente Velasco Ibarra	
Unidad de Formación Artesanal María Angélica Idrobo		
Clarita León Vinueza		
América		
Los Ceibos	Abelardo Páez Torres	Centro de Salud Caranqui
	Academia Militar San Diego	
	Avelina Lasso de Plaza	Centro de Salud El Tejar
	Federico González Suárez	
	Colegio Nacional Atahualpa	
Eduard Spranger		
Las Rieles	Ibarra	Clínica Ibarra
	Camilo Gallegos	
	Ciudad de Ibarra	
	UE. De Sordos Gobierno Provincial de Imbabura	
	Ciudad de Ibarra	
	San Miguel de Ibarra IRFEYAL	
Centro Ocupacional Fe y Alegría		

	Juan Pablo Segundo	
Complejo Deportivo	Rafael Suárez	
	Víctor Manuel Guzmán	
	San Juan Diego	
	Luis Leoro Franco	
	Aida León de Rodríguez Lara	
	Alfredo Albuja Galindo	
Arcángel	Cristóbal Tobar Subia	
	La Victoria	
	Centro Ocupacional San Vicente	
	Los Arrayanes	
	Fundación Educativa Ibarra	
	San Francisco	
	Oviedo	
	28 de septiembre	
	Rafael Larrea Andrade	
	Diocesano Bilingüe	
	María Montessori	
	Nuestra señora de Fátima	
	Dr. Alfredo Pérez Guerrero	Centro de Salud Asistencia Social
	Rafael Troya	
	Centro de Rehabilitación Social de Ibarra	
	Centro Ocupacional Rehabilitación Social Ibarra	
	17 de Julio	
Sebastián de Benalcázar		
CEI Rosa Matilde Palacios Castelo		
SUMAC Cachipamba		
Azaya	17 de Julio	
	Azaya	
	Universitario UTN	Centro Especializado Centro de Rehabilitación Integral N° 4 Ibarra
	Centro Artesanal Alpachaca	
	Lidia Sevilla León	Hospital IESS
	Ricardo Sánchez	
Amazonas	Instituto Educación Especial	
	Victoria Vilingual Christian Academy	
	UE. Teodoro Gómez de la Torre	
	Fabián Jaramillo Dávila	
	San Juan Bosco	Instituto Médico de Especialidades IME
	Albertina Franco de Leoro	
Jean Peaget		
Sánchez y Cifuentes		

	UE. A distancia Viejo Luchador	
	UNEDI	
	La Salle	
	UE. Particular Atahualpa	
Caranquis	Juan de Dios Navas	
	Leopoldo N. Chávez	
	UE. Caranqui	
	Oscar Efrén Reyes	
	Juan Miguel Suárez	
	Agustín Cueva Dávila	
	Santa Marianita de Jesús	
	José Nicolás Vacas	
	Sudamericano	
	María Olimpia Gudiño Vásquez	
La Florida	Jorge Guzmán Rueda	
	Alejandro Pasquel Monge	
	Mariano Suárez Veintimilla	Centro de Salud Pugacho
	Semillitas de Amor	
	Mercedes Troya de Suarez	Clínica Novaclínica Moderna
	Eloy Alfaro	
Las Totoras	Luis Zuleta Vinuesa	
	Álamos	
	Liceo Aduanero	
	28 de septiembre	Centro de Salud Priorato
	Martín Zumeta	
	Lidia Inés Molina	

4.4. Análisis inferencial del monitoreo del ruido motor (Tubo de escape) en diversos tipos de automotores

Este análisis se lo realizó en los patios de la Empresa Pública Movildelnor, donde se procedió a tomar mediciones del ruido motor (tubo de escape). Este monitoreo se lo aplicó a diversos tipos de vehículos que atravesaban el proceso de matriculación anual. La recolección de información se la hizo aplicando la normativa correspondiente a: peso y régimen de trabajo, uso de equipos de medición y proceso para la evaluación sonora de vehículos estacionarios. El proceso de recolección sonora se lo elaboró en una hoja de campo ubicada en el anexo 5.8 de página 118, en la que se registró 3 monitoreos por vehículo, con el fin de realizar la estadística

correspondiente para cada caso de tipo de automotor. Los niveles de ruido emitidos, fueron comparados de acuerdo la normativa vigente del Distrito Metropolitano de Quito.

A continuación se describe el análisis para cada tipo de automotor, con respecto a los límites acústicos en decibeles regidos por el Distrito Metropolitano de Quito.

4.4.1. Caso 1. Para automóviles

En el proceso de análisis, se construyó tres niveles sonoros el primero fue comprendido en el rango menor a 70 dB (A), el segundo nivel fue ubicado con valores mayores a 70 dB (A) y menores a 88 dB (A), el tercer nivel trabaja en el rango mayor a 88 dB (A) (Quito, 2008).

Se monitoreó a 128 automóviles arrojando los datos siguientes.

Tabla 4.9. Monitoreo Automóviles

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	2%	3
>70 dB<88 dB	66%	84
>88 dB	32%	41
Total	100%	128

El 32% de los automóviles que equivale a 41 de 128 del total, no cumplieron con los límites permisibles sonoros establecidos para una RTV.

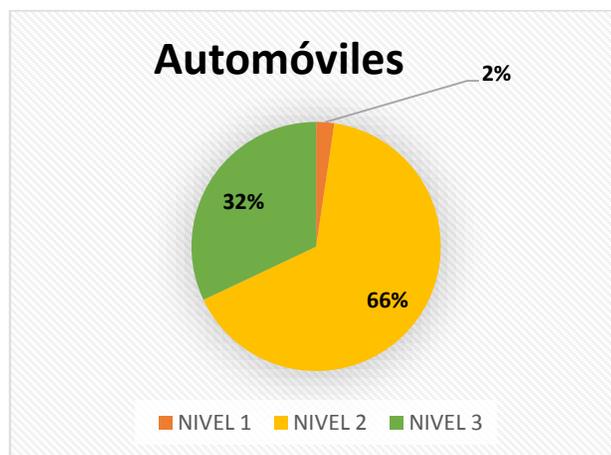


Figura 4.26. Análisis estadístico para automóviles

4.4.2. Caso 2. Para autobuses

En el proceso de análisis, se construyó tres niveles sonoros el primero fue de niveles menores a 70 dB (A), el segundo nivel estaba comprendido de mayores a 70 dB (A) y menores a 90 dB (A) y último nivel trabajó en el rango mayor a 90 dB (A) (Quito, 2008).

Se monitoreó a 3 autobuses arrojando los datos siguientes.

Tabla 4.10. Monitoreo autobuses

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	0%	0
>70 dB<90 dB	0%	0
>90 dB	100%	3
Total	100%	3

En este monitoreo el 100% de los autobuses que equivale a 3 unidades excedieron los niveles sonoros permisibles que corresponden a 90 dB (A).

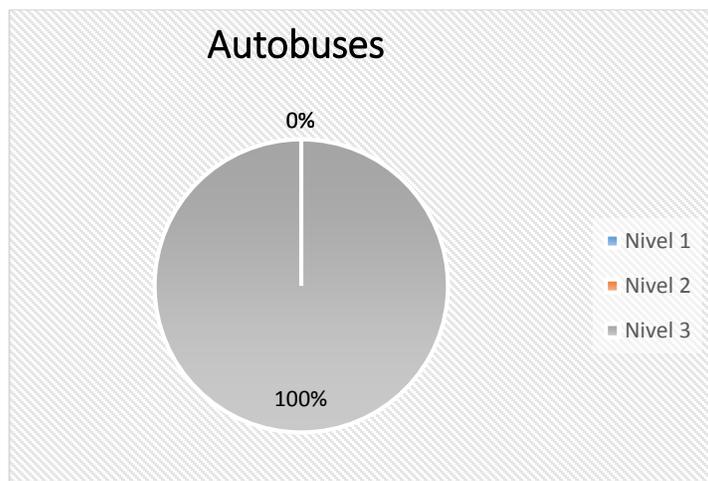


Figura 4.27. Análisis estadístico para autobuses

4.4.3. Caso 3. Para camiones

En cuanto a camiones, se construyó tres niveles sonoros, en el primero se señaló al rango menor a 70 dB (A), el segundo fue de valores mayores a 70 dB (A) y menores a 90 dB (A), el tercer nivel trabajó para el rango mayor a 90 dB (A) (Quito, 2008).

Tabla 4.11. Monitoreo camiones

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	0%	0
>70 dB<90 dB	41%	7
>90 dB	59%	10
Total	100%	17

En este monitoreo el 59% que equivale a 10 camiones de los 17 monitoreados, excedieron los niveles permisibles de ruido.

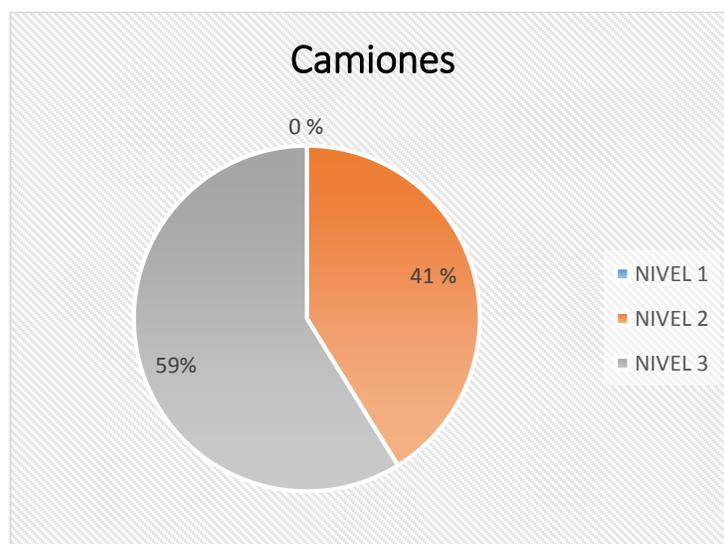


Figura 4.28. Análisis estadístico para camiones

4.4.4. Caso 4. Para camionetas

En lo que respecta a camionetas, se elaboró tres niveles sonoros, donde el primero trabajó para el rango menor a 70 dB (A), el segundo se ubicó con valores mayores a 70 dB (A) y menores a 88 dB (A) y el tercer nivel trabajó para el rango mayor a 88 dB (A) (Quito, 2008).

Tabla 4.12. Monitoreo camionetas

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	0%	0
>70 dB<88 dB	47%	41
>88 dB	53%	47
Total	100%	88

En este monitoreo el 53% que equivale a 47 camionetas de 88, excedieron los límites permisibles, que corresponde a 88 dB (A).

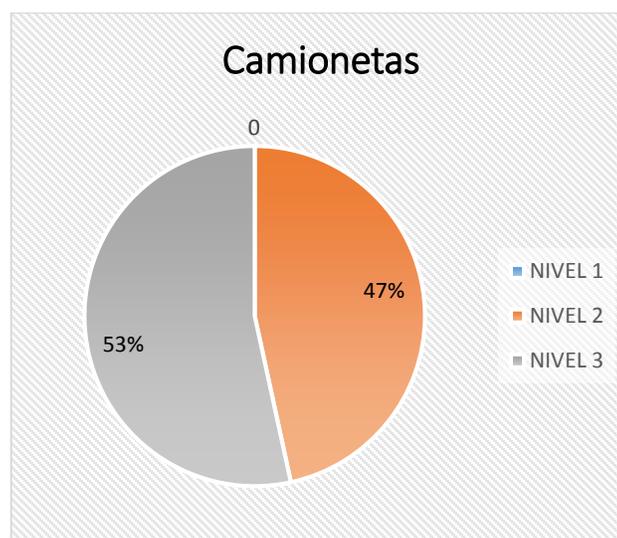


Figura 4.29. Análisis estadístico para camionetas

4.4.5. Caso 5. Para furgonetas

En el proceso de medición a furgonetas se trabajó en tres niveles sonoros el primero fue del rango menor a 70 dB (A), el segundo trabajó en niveles mayores a 70 dB (A) y menores a 88 dB (A) y el tercer nivel estuvo comprendido en el rango mayor a 88 dB (A) (Quito, 2008).

Tabla 4.13. Monitoreo furgonetas

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	11%	1
>70 dB<88 dB	78%	7
>88 dB	11%	1
Total	100%	9

En este monitoreo el 11% que equivale a 1 furgoneta de 9, excedió los límites permisibles establecidos por la ley correspondiente a 88 dB (A).

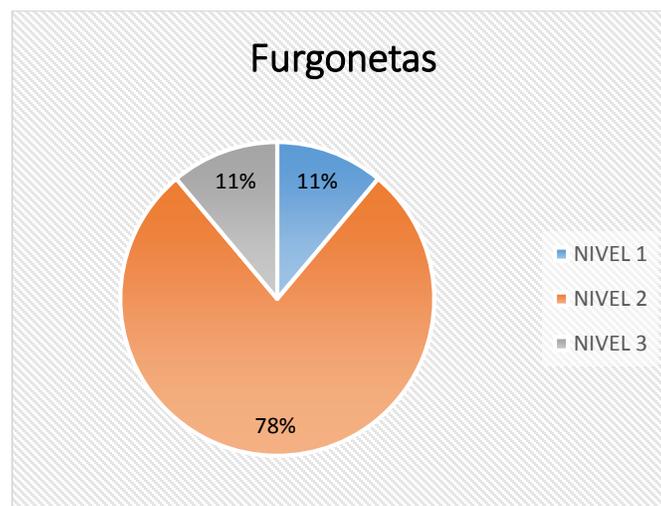


Figura 4.30. Análisis estadístico para furgonetas

4.4.6. Caso 6. Para jeeps

En el análisis de jeeps, se construyó tres niveles sonoros el primero trabajó en el rango menor a 70 dB (A), el segundo fue de niveles mayores a 70 dB (A) y menores a 88 dB (A) y finalmente el tercer nivel fue correspondiente al mayor rango de 88 dB (A) (Quito, 2008).

Tabla 4.14 Monitoreo jeeps

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	1%	1
>70 dB<88 dB	63%	44
>88 dB	36%	25
Total	100%	70

En este monitoreo el 36% que equivale a 25 jeeps de 70 del total, excedieron los 88 dB (A) permisibles establecidos por la ley.

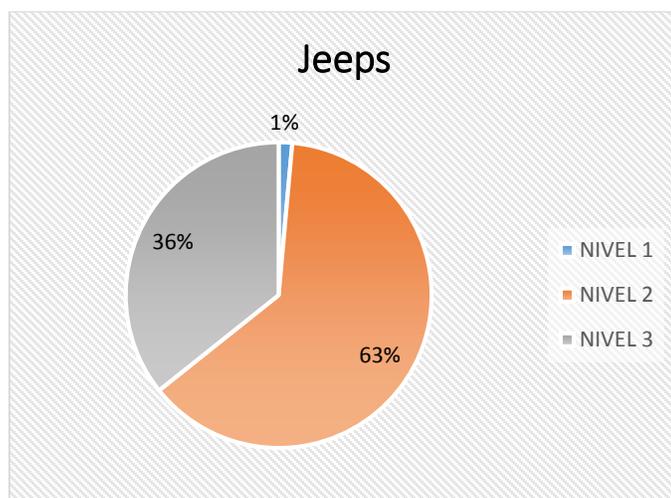


Figura 4.31. Análisis estadístico para jeeps

4.4.7. Caso 7. Para motocicletas

En el monitoreo para motocicletas, se elaboró tres niveles sonoros el primero fue para el rango menor de 70 dB (A), el segundo nivel trabajó en niveles mayores a 70 dB (A) y menores a 90 dB (A) y el tercer nivel correspondió al valor mayor de 90 dB (A) (Quito, 2008).

Tabla 4.15. Monitoreo motocicletas

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	0%	0
>70 dB<90 dB	29%	18
>90 dB	71%	45
Total	100%	63

En este monitoreo el 71% que equivale a 45 motocicletas de 63, excedieron los límites permisibles establecidos por la ley correspondientes a 90 dB (A).

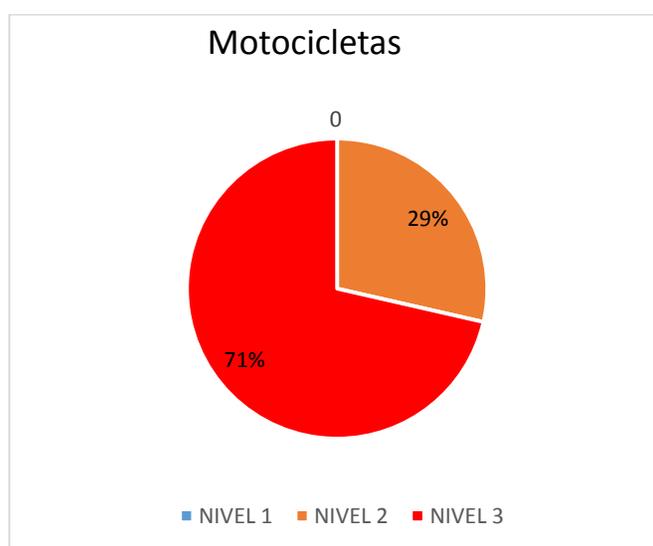


Figura. 4.32 Análisis estadístico para motocicletas

4.4.8. Caso 8. Para tráiler

En el análisis para tráileres se construyó tres niveles sonoros el primero fue para el rango menor a 70 dB (A), el segundo nivel correspondió a niveles mayores de 70 dB (A) y menores a 90 dB (A) y el tercer nivel trabajó en el rango mayor a 90 dB (A) (Quito, 2008).

Tabla 4.16. Monitoreo tráiler

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	0%	0
>70 dB<90 dB	0%	0
>90 dB	100%	1
Total	100%	1

En este análisis el monitoreo arrojó que el 100% que equivale a un tráiler, excedió los niveles permisibles establecidos por la ley.



Figura 4.33. Análisis estadístico para tráiler

4.4.9. Caso 9. Para volquetas

En el monitoreo de volquetas, se construyó tres niveles sonoros el primero correspondió al rango menor de 70 dB (A), el segundo fue comprendido de valores mayores a 70 dB (A) y menores a 90 dB (A) y el tercer nivel trabajó en el rango mayor a 90 dB (A) (Quito, 2008).

Tabla 4.17. Monitoreo volquetas

Niveles	Porcentaje de vehículos	Vehículos medidos
70 dB<	0%	0
>70 dB<90 dB	0%	0
>90 dB	100%	2
Total	100%	2

En este monitoreo el 100% que equivale a 2 de 2 volquetas, excedieron los niveles permisibles establecidos por la ley.

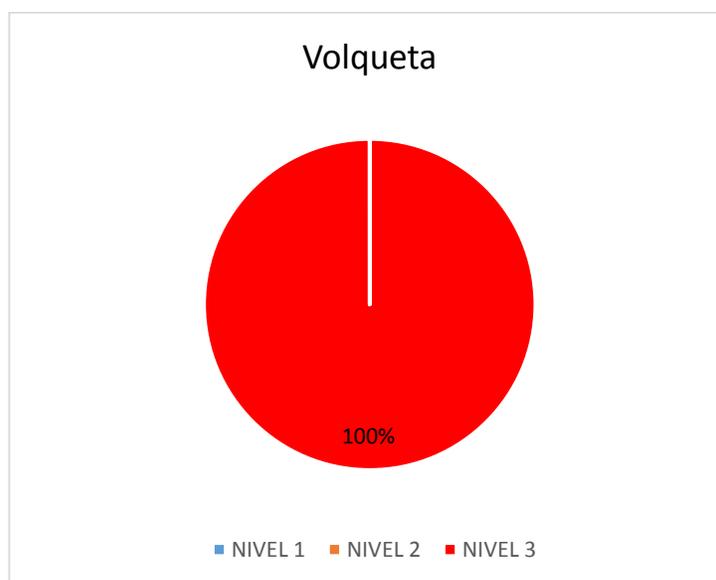


Figura 4.34. Análisis estadístico volquetas

4.4.10. Análisis general de vehículos monitoreados

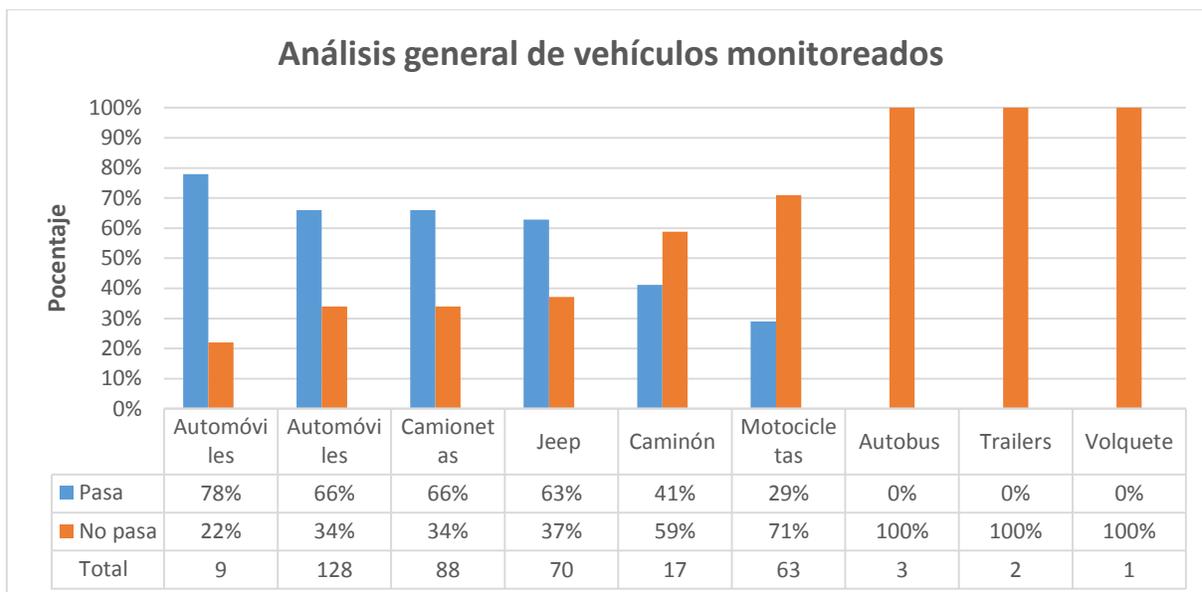


Figura 4.35. Análisis general de vehículos monitoreados

En la figura 4.35, se muestran niveles sonoros medidos en los escapes de los automotores matriculados en el mes de abril del año en curso. Generando datos alarmantes, debido a que gran parte de los automotores que fueron tomados como objeto de estudio, no cumplieron con la normativa vigente del Distrito Metropolitano de Quito, que señalan límites permisibles de ruido para vehículos que se encuentran estacionados. Es importante tomar en cuenta que se aplicó esta metodología a causa de que en la ciudad de Ibarra no existe una normativa vigente.

La investigación se elaboró con la toma del número total de vehículos matriculados según el INEC 2014 en la provincia de Imbabura con un valor de 51,308 vehículos y obteniendo una muestra de 381, clasificados según su tipo. En la siguiente tabla se indican los tipos de vehículos con el mayor número de monitoreo que excedieron los límites sonoros permitidos en la normativa.

Tabla 4.18. Vehículos con un mayor número de monitoreo que exceden los límites sonoros

Tipo de automotor	Porcentaje vehicular excedido	N° de vehículos que superaron los límites sonoros	Total de vehículos según su tipo
Motocicletas	75%	45	63
Camionetas	53%	47	88
Jeep	36%	25	70
Automóviles	32%	41	128

En la tabla 4.18, se mencionada los tipos de vehículos como: automóviles, camionetas, motocicletas y jeeps, que tuvieron un mayor número de monitoreos y que también excedieron los límites sonoros permisibles. Es importante señalar que los automotores de tipo autobús, camión, tráiler y volqueta, no fueron muy representativos en cuanto al número de vehículos monitoreados según el INEC 2014, ya que el número de este tipo de agentes móviles matriculados es bajo; pero se señala, que las mediciones del ruido motor (tubo de escape), realizadas a éstos tipos de vehículos excedieron en su totalidad los límites permisibles de ruido para el ambiente.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las calles y avenidas de la zona urbana de la ciudad de Ibarra están siendo afectadas durante períodos comprendidos en horarios pico. Los niveles de presión acústica son causados por fuentes móviles como: automóviles, motocicletas, jeeps, camionetas, camiones, autobuses, tráileres entre otros.
- En la selección de puntos se utilizó el muestro espacial de rejilla y viales, donde se definieron 54 ubicaciones de monitoreo, la toma de datos se realizó a través de un sonómetro tipo 2 con ponderación A y calibrado a 94 dB. Los horarios de monitoreo definidos son de: 7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00 considerados pico, debido a la gran afluencia vehicular.
- Por medio del levantamiento de mapas acústicos, se identificó que en la totalidad de la zona urbana de la ciudad de Ibarra, existen afectaciones con altos índices de ruido en comparación con lo establecido en la normativa ambiental para zonas educativas y hospitalarias con niveles de 45 dB en el día y 35 dB en la noche y en zonas residenciales con niveles de 50 dB en el día y 40 dB en la noche. Los sectores más afectados en los períodos de lunes-viernes fueron los circuitos de: La Florida (ECU 911, Red Eléctrica, Supermaxi), Amazonas (Sector la Terminal, Mercado Amazonas), Los Ceibos (Sector el GOE) y Estadio (Sector piscina olímpica) con niveles de 78-80 dB, tomando en cuenta que los niveles permisibles. Durante la jornada comprendida entre sábado-domingo, los circuitos afectados fueron: Arcángel (Av. 17 de Julio, UE Particular Oviedo), La Totoras (Sector Liceo Aduanero); Los Ceibos (CI. Kids), Amazonas (Basílica) con niveles de 76-78 dB.
- En cuanto a la afectación de zonas sensibles en los horarios establecidos, en la jornada de lunes-viernes existió un total de 38 centros educativos y 10 centros hospitalarios

afectados con un 69.4% del tiempo en horas pico con niveles entre 70 a 76 dB. En lo que respecta a sábado-domingo existió afectación a 43 centros educativos y 5 centros hospitalarios en un 71.6% del tiempo en horas pico con niveles entre 70 a 76 dB. Sobrepasando el nivel permisible establecido por la norma ambiental de 45 dB durante el día y 35 dB en la noche.

- En cuanto al análisis inferencial realizado en los patios de RTV de la empresa Movildelnor, en lo que respecta a toma de muestras del ruido motor (tubo de escape). Se identificó que un alto índice de vehículos matriculados no cumplieron con la normativa vigente, de los cuales se constató que las motocicletas con 75%, las camionetas con 56%, los jeeps con 36%, los automóviles con 32% y los vehículos de clase pesada en su totalidad, excedieron los límites permisibles de ruido ambiental y por ende son agentes móviles contaminantes de las calles y avenidas de la zona urbana de ciudad de Ibarra.

RECOMENDACIONES

- Las autoridades deben estructurar una planificación del sistema de tránsito especialmente en horas pico, que permitan mitigar la contaminación acústica causada por fuentes móviles y cumplir con la aplicación de normativa ambiental para zonas residenciales, hospitalarias y educativas.
- Calibrar el sonómetro a 94 dB, antes de cada estación de monitoreo, todo esto con el fin, de que no se altere la toma de datos de ruido en la investigación.
- Aplicar el método de interpolación Kriging para la creación de mapas de ruido, debido a que tiene una mayor precisión al momento de interpolar los valores sonoros tomados en puntos con distancias específicas.
- En la toma de datos de ruido motor (tubo de escape), se debe utilizar la metodología correspondiente a condiciones de monitoreo como: el entorno acústico, meteorológico, ruido de fondo, posición y preparación del vehículo e instrumento de medición.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arana, M., Bueno, M., Díaz, C., Expósito, J., Van, N., Pedrero, A., . . . Expósito, S. (2013). *Innovación para el control del ruido ambiental*. Cuenca.
2. Boggio, M. (2014). *Revista médica electrónica portapapeles médicos*. Obtenido de Efectos del ruido sobre el sueño en la persona: <http://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/efectos-ruido-sueno-dormir/>
3. Bravo, L. (2002). *Propuesta de modelo de gestión de ruido para el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador*. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/bmfcib826p/doc/bmfcib826p.pdf>
4. CAEND. (27 de Abril de 2011). *Mapa de Ruido*. Obtenido de Estrategia y concienciación en la lucha contra el ruido: http://oa.upm.es/9889/1/Mapas_de_Ruido.pdf
5. Caso, E. (Abril de 2010). *Manual Arcgis*. Obtenido de MappingGIS: http://mappinggis.com/wp-content/uploads/2012/04/MANUAL_ARCGIS-basico.pdf
6. Childs, C. (2004). Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst. *Esri*, 35.
7. CHILÉS, J., & DELFINER, P. (1999). *Geoestadistics Modeling Spatial uncertainty: Wiley Series In Probability and Statistics. United Sates of America: s.n. 1999*. Obtenido de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01236545/document>
8. Comercio, E. (8 de Enero de 2015). *Intenso tráfico en Quito, Guayaquil y Cuenca se concentra de 18h00 a 20h00*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/trafico-transito-quito-guayaquil-cuenca.html>
9. Constituyente, C. d. (2008). *Consortio para el derecho socio-ambiental*. Obtenido de http://www.derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Constitucion_Asamblea_Ecuador_5.html
10. Coral, K. (2008). Control de la contaminación por ruido.

11. Ecuador, M. d. (2007). *Límites de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones*. Obtenido de http://www.efficacitas.com/efficacitas_es/assets/Anexo%205.pdf
12. El Comercio. (13 de Noviembre de 2014). *Municipios de la región norte conformaron mancomunidad para el manejo de tránsito*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/municipios-region-norte-mancomunidad-transporte.html>
13. Enrique, C. (12 de Febrero de 2016). *Empleación del metodo IDW, Spline y Kriging*. Obtenido de <http://respuestas.acolita.com/2581/cuando-empleo-el-tipo-de-interpolacion-idw-spline-o-kriging>
14. ESRI, A. (2006). *ArcMap tutorial*. United States of América.
15. Estévez, A. (2011). *Valoración y evaluación de los impactos producidos por la contaminación sonora de la central eléctricaA (CE) DE FUEL OIL DE SAN AGUSTÍN*. La Habana.
16. Excelsior. (3 de Enero de 2017). Obtenido de <http://www.excelsior.com.mx/global/2017/01/03/1137570>
17. Figueroa, A., Orozco, M., & Preciado, N. (5 de Octubre de 2012). Obtenido de Niveles de ruido y su relación con el aprendizaje y la percepción en escuelas primarias de Guadalajara, Jalisco,: <http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen16/niveles.pdf>
18. Francisco Landázuri; José Rubianes. (2009). *“Elaboración de un mapa de ruido ambiental para determinar la*. Obtenido de Yumpu: <https://www.yumpu.com/es/document/view/37772619/mapa-de-ruido-de-quito-zona-2pdf>
19. GADI. (2014). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Cantón Ibarra*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA1/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/IMBABURA/IBARRA/INFORMACION_GAD/01%20CANTON%20IBARRA_PDOT/1%20Plan%20de%20

Desarrollo% 20y% 20Ordenamiento% 20Territorial% 20del% 20Cant% C3% B3n% 20Ibar
ra/PARTE% 201% 20-% 20PLAN% 20IBARRA% 202031.p

20. Gisiberica. (2013). *SN025*. Obtenido de Sonómetro :
<http://www.gisiberica.com/sonometros/SN025.htm>
21. ICE 61672. (Mayo de 2002). Norma Internacional. En *Electroacústica: Sonómetros* (págs. 14-21). Ginebra. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/228438478/Iec-61672-1-Electroacustica-Sonometros>
22. Imagine. (14 de February de 2007). Improved methods for the assessmet of the generic impact of noise in the invironment. Rail noise database and manual for implementation.
23. INEC. (2010). Obtenido de Censo poblacional:
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
24. INEC. (2014). *Anuario de Estadísticas de transporte*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/Publicaciones/Anuario_de_Estad_de_Transporte_2014.pdf
25. ISO 1996-2. (2007). Description, measurement and assessment of environmental noise. En D. o. levels.
26. ISO/FDIS5130. (2007). *Measurements of sound pressure level emitted by stationary road*.
27. Jácome, W. (Abril de 2009). *Hedonic methodology: Economic valuation environmental impacts comes pollution in Ibarra city using hedonic methodology*.
28. Jácome, W. (2011). *Revista Científica Y Tecnológica de la Universidad Técnica del Norte: EL INVESTIGADOR*, 12.
29. Jakab, Z. (31 de Marzo de 2011). *El País*. Obtenido de Organización mundial de la salud - Contaminación acústica:
https://elpais.com/sociedad/2011/03/31/actualidad/1301522407_850215.html

30. Kjaer, B. &. (1984). *El somómetro*. Obtenido de <http://www.sinia.cl/1292/fo-article-26127.pdf>
31. La Vanguardia. (18 de Agosto de 2017). *La contaminación acústica es una peligrosa amenaza para la salud pública*. Obtenido de La contaminación acústica es una peligrosa amenaza para la salud pública
32. Landázuri, F., & Rubianes, J. (2009). “*Elaboración de un mapa de ruido ambiental para determinar la ubicación más apropiada de los puntos de monitoreo del ruido ambiental en el distrito metropolitano de Quito*”. Obtenido de Yumpu: <https://www.yumpu.com/es/document/view/37772619/mapa-de-ruido-de-quito-zona-2pdf>
33. Martínez, P., & Moreno, A. (2005). Análisis espacio-temporal con SIG del ruido ambiental urbano en Madrid y sus distritos. *Ciencia y Tecnología en la información Geográfica*, 224.
34. Marxadella. (2015). *Instrumento de medida y ajuste* . Obtenido de <http://www.acpda.com/marxadella.com/images/stories/documentos/Sonido/sonometro.pdf>
35. Mas, R. (Diciembre de 2011). *Slideshare - Biblioteca y archivo UAM*. Obtenido de Tutorial para la elaboración de mapas con Arcgis: <https://es.slideshare.net/JhonDavidPintoLlanca/manual-arcgis-100-nivel-basico>
36. Mendoza, J., Torras, S., Téllez, R., Rascón, O., & López, M. (2006). *EL IMPACTO AMBIENTAL DE RUIDO GENERADO POR EL TRANSPORTE CARRETERO Y SU VALORACIÓN HASTA UN TRANSPORTE SUSTENTABLE*. Obtenido de Instituto Mexicano del transporte: https://www.piarc.org/ressources/documents/actes-seminaires06/c2122-mexique06/8648,EL_IMPACTO_AMBIENTAL_DE_RUIDO_GENER.pdf
37. Mora, J. (2007). *Análisis de la situación acústica y representación grafica, de la zona*. Obtenido de Universidad de San Buenaventura Colombia: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/1547/1/Mapa_ruido_avenida_Boyaca_Mora_2007.pdf

38. Movidelnor. (2015). *Actualización del plan de movilidad sustentable*. Ibarra.
39. Munos, R. (2014). *Fuentes de contaminación del aire*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/91505/>
40. Nagarnaik, & Mohitkar. (2011). *IEEE*. Obtenido de Evaluation of noise pollution annoyance at Uninterrupted traffic flow conduction:
<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6120574>
41. Norte, E. (23 de Diciembre de 2016). *Diario regional independiente*. Obtenido de <http://www.elnorte.ec/ibarra/66545-congesti%C3%B3n-en-horas-pico-en-las-calles-de-ibarra-por-%C3%A9poca-navide%C3%B1a.html>
42. OMS, O. M. (2009). Occupational and community noise. 60.
43. PAOT, P. a. (2006). *Contaminación por ruido y vibraciones: Implicaciones en la salud y calidad*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd65/ruido02.pdf>
44. Pardo, M. (2012). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)*. Obtenido de Implementación de programas de saneamiento ambiental:
http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358022/contenidoLinea/leccin_13_emisiones_de_fuentes_fijas.html
45. Pavón, I., & Recuero, M. (2006). *Noise maps: a tool for the demarcation of risk areas of noise exposure in the surface mining industry. ICSV13 The Thirteenth International Congress on Sound and Vibration*. Vienna.
46. Pérez, P. (2016). *Universidad Distrital Francisco José de Cádiz*. Obtenido de Decibel:
http://ingenieria1.udistrital.edu.co/udin1/pluginfile.php/3755/mod_resource/content/1/Decibel.pdf
47. Prieto, M. A. (2009). *Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de mapas de ruido*. Obtenido de http://oa.upm.es/2031/1/MIGUEL_AUSEJO_PRIETO_A.pdf

48. Quito, D. M. (2008). Obtenido de http://www.cytdelosandes.com/documents/Resoluci%C3%83%C2%B3n_No.002-SA-2014.pdf
49. Recuero, M., Grundman, J., & Gil, C. (1996). *Mapa de ruido de San Sebastián de los Reyes. Metodología de medidas y resultados*. Barcelona.
50. Romeu, J., Jiménez, S., Genescá, M., & Capdevila, R. (2006). *Spatial sampling for night levels estimation in urban environments*. *Journal of the acoustical Society of America*.
51. Ruiz, E. (Febrero de 2013). *Contaminación Acustica: Efectos sobre parámetros físicos y psicológicos*. Obtenido de Dialnet: <ftp://tesis.bbtk.ull.es/ccppytec/cp188.pdf>
52. Saquisilí, S. C. (2015). *Universidad de Cuenca*. Obtenido de Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad de Azogues: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21945/1/TESIS.pdf>
53. Segués, F. (2007). *Ruido de tráfico; carreteras*. Perú.
54. SEMPLADES. (2012). *Proceso de desconcentración del ejecutivo en los niveles administrativos de planificación*. Quito.
55. TecTijuanaFI. (2011). Obtenido de Tipos de métodos (inductivo, deductivo, analítico, sintético, comparativo, dialéctico, entre otros): <https://sites.google.com/site/tectijuanafi/unidad-ii/2-3-tipos-de-metodos-inductivo-deductivo-analitico-sintetico-comparativo-dialectico-entre-otros>
56. Tierra, S. I. (2017). *Contaminación por ruido*. Obtenido de <http://causasefectossoluciones.blogspot.com/2013/09/contaminacion-por-ruido.html>
57. TULAS. (2013). *Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. En libro VI Anexo 5*. Obtenido de www.industrias.ec/archivos/file/AMBIENTE/Borrador_MAE_RUIDO.doc

58. Turismo, M. d. (2017). *Visita Ecuador*. Obtenido de <https://www.visitaecuador.com/ve/mostrarRegistro.php?idRegistro=496&informacion=3>
59. Yepes, D. L., Gómez, M., Sánchez, L., & Jaramillo, A. C. (2009). *Métodología de la elaboración de mapas acústicos*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n158/a03v76n158.pdf>
60. Zavala, S. (8 de Enero de 2014). *Niveles de contaminación acústica por tráfico automotor de marzo-julio en la zona urbana de la ciudad de Tingo María*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/353/T.AMB-15.pdf?sequence=1>

ANEXOS

Anexo 5.1. Solicitud de utilización de equipo de medición (sonómetro) propiedad del GADI

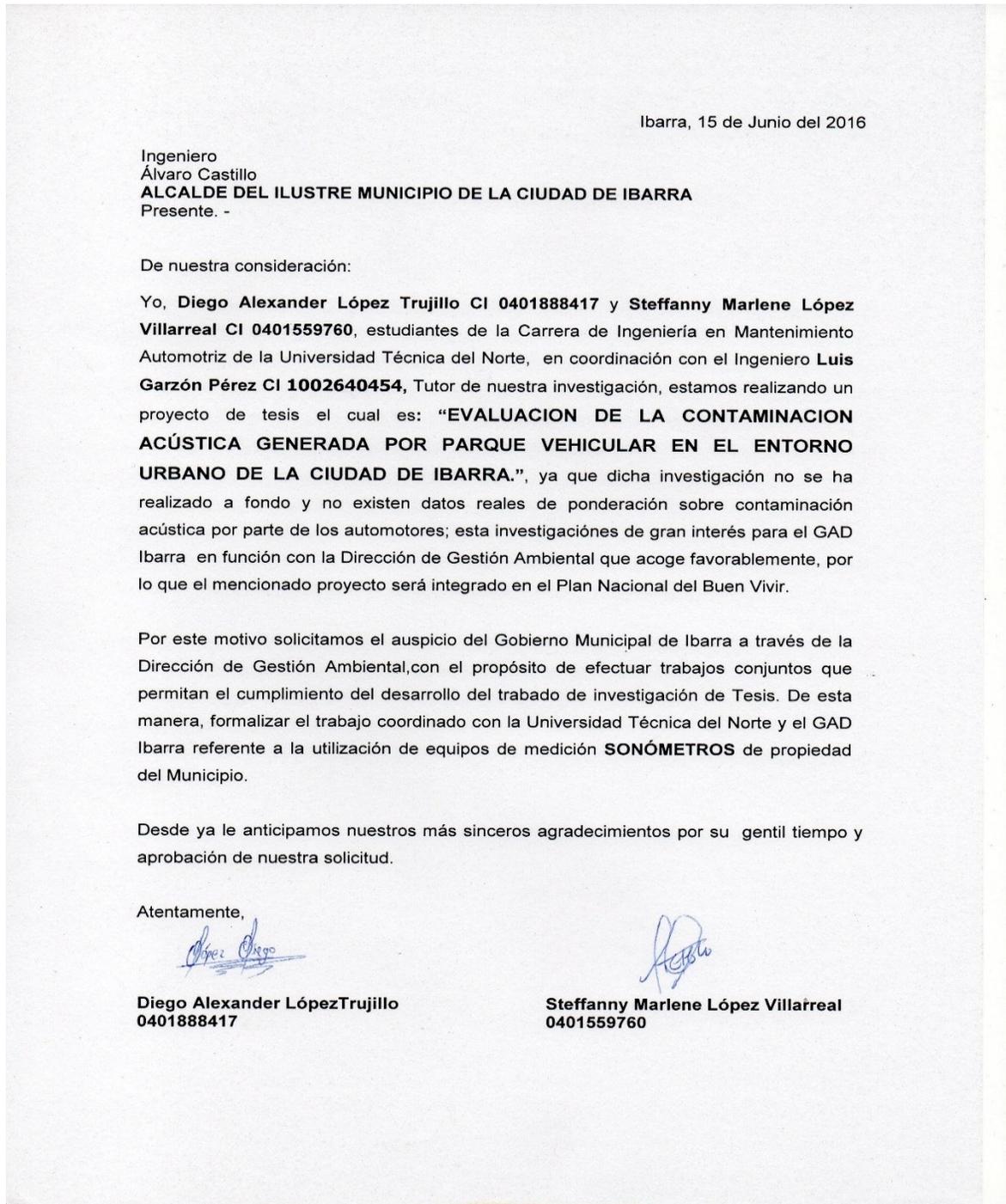


Figura 5.1. Utilización de equipo de medición (sonómetro)

Anexo 5.2. Solicitud de información de contaminación acústica en departamentos de Gestión Ambiental y Avalúos-catastros del GADI



Figura 5.2. Información de estudios de contaminación acústica

Anexo 5.3. Respuesta a la solicitud de información existente sobre contaminación acústica por el GADI



Figura 5.3. Información de contaminación acústica

Anexo 5.4. Solicitud de autorización de medición de niveles de presión sonora en los patios de RTV de la empresa Movildelnor

Ibarra, 24 de Abril del 2017

Coronel Especialista
Edgar López

GERENTE GENERAL DE MOVILIDAD DEL NORTE

Reciba un cordial y atento saludo de **Steffanny Marlene López Villarreal** con cédula de ciudadanía **0401559760**, estudiante de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**.

El motivo del presente es para solicitarle la autorización de la medición del nivel de presión sonora en los patios de revisión vehicular en diferentes automotores, con el fin de obtener datos de decibeles emitidos por el sistema de evacuación de gases (escape) de los mismos, dicha información es requerida con fines educativos en un proyecto de investigación de tesis e interpretar estos datos si cumplen o no con la norma establecida. El tema de investigación a realizar es: **“ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA GENERADA POR LOS AUTOMOTORES EN EL SECTOR URBANO DE LA CIUDA DE IBARRA”**.

Seguros de contar con su valiosa información, desde ya le deseamos éxitos en su vida profesional y familiar.

UN EXCELENTE DÍA...

Atentamente,


Steffanny Marlene López Villarreal
0401559760



Figura 5.4. Autorización de monitoreo de ruido motor (tubo de escape)

Anexo 5.5. Solicitud de trámites administrativos

		Fecha y Hora de Autorización 24/04/2017 14:57:39	R.U.C.: 1060041100001
Señores: LOPEZ VILLARREAL STEFFANNY MARLENE		Autorización S.R.L. 2404201701200112000003994210600411006	No 001120000039942
R.U.C.: 0401559760		Fecha: 24/04/2017	
Dirección: IBARRA		Forma de Pago: CONTADO	
Teléfono: 0969461028		Vencimiento: 24/04/2017	

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1.00	101 SOLICITUD DE TRAMITES ADMINISTRATIVOS	2.15	2.15

Ud. está obligado a embargar el comprobante de retención dentro del término no mayor a 5 días

Obligado a llevar contabilidad Si	Ambiente PRODUCCION	Emisión NORMAL	SUBTOTAL 14% 2.15
Clave de Acceso	 2404201701106004110000120011200000399421438928211		SUBTOTAL 0% 0.00
			SUBTOTAL No objeto de IVA 0.00
			SUBTOTAL SIN IMPUESTOS 0.00
			DESCUENTO 0.00
			ICE 0.00
			IVA 14% 0.30
			PROPINA 0.00
			VALOR TOTAL 2.45

Información Adicional

Cliente: LOPEZ VILLARREAL STEFFANNY MARLENE Dirección MEP
 Av. Eloy Alfaro 2-80 y Julio Zaldumbide
 Telf: 062608497



STEFFANNY MARLENE LOPEZ VILLARREAL
 0401559760

Figura 5.5. Solicitud de trámite

Anexo 5.6. Sitios monitoreados en las jornadas (7h00-9h00, 12h00-14h00, 17h00-19h00)



Figura 5.6 Parque Atahualpa monitoreo mañana (7h00-9h00)



Figura 5.7. Sector GOE monitoreo mañana (7h00-9h00)



Figura 5.8. UE. Víctor Manuel Guzmán monitoreo mañana (7h00-9h00)



Figura 5.9. Bomba el Olivo monitoreo mañana (7h00-9h00)



Figura 5.10. Bomba Priorato monitoreo mañana (7h00-9h00)



Figura 5.11. Semáforo entrada a la Victoria monitoreo mañana (7h00-9h00)



Figura 5.12. ECU 911 monitoreo medio día (12h00-14h00)



Figura 5.13. La Florida/Inicio autopista Ibarra-Otavalo monitoreo medio día (12h00-14h00)



Figura 5.14. Hospital San Vicente de Paúl monitoreo medio día (12h00-14h00)



Figura 5.15. UE. Teodoro Gómez de la Torre monitoreo medio día (12h00-14h00)



Figura 5.16. UE. Madre Teresa Bacq monitoreo medio día (12h00-14h00)



Figura 5.17. Hostel el Ensueño monitoreo medio día (12h00-14h00)



Figura 5.18. Tras Antojitos de Colombia monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)



Figura 5.19. Cementerio Jardín de Paz monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)



Figura 5.20. Clínica Ibarra monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)



Figura 5.21. Policía Judicial monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)



Figura 5.22. SECAP monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)



Figura 5.23. Sector la Terminal monitoreo tarde-noche (17h00-19h00)

Anexo 5.7. Medición del ruido motor (tubo de escape) en la RTV de la empresa Movildelnor



Figura 5.24. Medición tubo de escape Peugeot



Figura 5.25. Medición tubo de escape Ford F150



Figura 5.26. Medición tubo de escape motocicleta Yamaha



Figura 5.27. Medición tubo de escape Bus escolar Hino



Figura 5.28. Medición tubo de escape Chevrolet D-max



Figura 5.29. Revoluciones para prueba de de ruido (tubo de escape)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTA DE CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
PRUEBAS DE NIVEL DE PRESIÓN SONORA (NPS)

CATEGORIA DE VEHÍCULO, VELOCIDAD DEL MOTOR EN LA PRUEBA Y CILINDRADA:	Motocicletas	Livianos	Buses, busetas	RUIDO DE FONDO (AMBIENTE)	NPS (dB (A))		
	De 4000 a 5000 rpm	De 2500 a 3500 rpm	De 1500 a 2500 rpm		TOMA 1	TOMA 2	TOMA 3 PROMEDIO

Figura 5.30. Hoja de campo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DE TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, Diego Alexander López Trujillo, con cédula de ciudadanía Nro. 040188841-7 y Steffanny Marlene López Villarreal con cédula de ciudadanía Nro. 0401559760; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4,5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominado “Análisis de la contaminación acústica generada por el parque automotor de la zona urbana de la ciudad de Ibarra”, que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hagamos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

Diego Alexander López Trujillo

Nro. 040188841-7

Steffanny Marlene López Villarreal

Nro. 0401559760