



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA PRODUCIDA POR EL  
TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE IBARRA

AUTOR

Pablo Andrés Espinosa Lima

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS APLICADAS

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA PRODUCIDA POR EL  
TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE IBARRA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos  
establecidos para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica

Profesor Guía

Ph.D. Luis Alberto Bravo Moncayo

Autor

Pablo Andrés Espinosa Lima

Año

2018

## **DECLARACIÓN PROFESOR GUÍA**

“Declaro haber dirigido el trabajo, Evaluación de la Contaminación Acústica Producida por el Tráfico Vehicular en la Ciudad de Ibarra, a través de reuniones periódicas con el estudiante Pablo Andrés Espinosa Lima, en el semestre 2018-2, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Luis Alberto Bravo Moncayo

Doctor en Ingeniería Acústica

CI: 1711710606

## **DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR**

“Declaro haber revisado este trabajo, Evaluación de la Contaminación Acústica Producida por el Tráfico Vehicular en la Ciudad de Ibarra, del estudiante Pablo Andrés Espinosa Lima, en el semestre 2018-2, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

---

Miguel Ángel Chávez Avilés

Máster en Ingeniería de Edificaciones Sostenibles

CI: 1710724848

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se representaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”

---

Pablo Andrés Espinosa Lima

CI: 1004008833

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios profundamente por la fuerza diaria que inyectaba a mis sueños, a Verónica Jara y Mathias Jara que a pesar de las contrariedades de la vida nunca dudaron ni perdieron la fe en lo que puedo llegar a crear, brindándome siempre la fortaleza en cada momento que era más débil.

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo es dedicado a mi mejor amiga y madre Nancy Lima ya que gracias a su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, me enseñó a nunca rendirme y a darme cuenta de que si existe luz en la oscuridad.

## Resumen

La presente investigación contempla el análisis de contaminación acústica por fuentes móviles producida por el tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra, es importante indicar que mediante la utilización de Sistema de Información Geográfica (GIS) como ArcGIS, Google Maps y OpenStreetMap, se procederá a elaborar un mapa de ruido que evalúe de manera predictiva el comportamiento del tránsito y transporte público y privado de la ciudad por medio del software de simulación CadnaA.

Para la recolección de datos fue indispensable considerar en el estudio de ruido el comportamiento del parque automotor de la ciudad a través del conteo de tráfico vehicular, en los puntos más críticos de la ciudad. Donde serán analizados gracias al software de simulación acústica antes mencionado.

De acuerdo con el análisis realizado en los sectores objeto de estudio se puede evidenciar que Ibarra es una ciudad aún con índices bajos de ruido vehicular en casi la mayoría de sus parroquias, pero mediante el aumento anual del parque automotor estos índices de ruido irán aumentando exponencialmente, conforme el paso del tiempo.



## **Abstract**

The present investigation contemplates the analysis of noise pollution by mobile sources such as vehicular traffic in the city of Ibarra, it is important to indicate that by using georeferenced computerized systems such as ArcGIS, Google Maps and OpenStreetMap, a noise map will be proposed that I evaluated Predictively the behavior of public and private transit and transport of the city through the CadnaA simulation software.

To collect data, it was essential to adapt the behavior of the city's automotive park in the study of noise through the counting of vehicular traffic, in the most critical points of the city. Where they will be analyzed thanks to the simulation software.

According to the study, Ibarra is still a city with low vehicular noise levels in most of its parishes, but by increasing the annual number of vehicles, these noise levels will increase exponentially, according to the time.

## ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Elaboración de Mapas de Ruido.....	4
1.3. Objetivos .....	7
1.3.1. Objetivo General .....	7
1.3.2. Objetivos Específicos.....	7
1.4. Hipótesis .....	7
1.5. Alcance .....	8
1.6. Justificación.....	9
2. Composición geográfica de la ciudad de Ibarra.....	10
2.1. Ciudad de Ibarra.....	10
2.2. Estado de la vialidad.....	12
2.3. Red de transporte público urbano pesado .....	14
2.4. Demanda de transporte público urbano .....	15
2.5. Modalidades complementarias de transporte urbano .....	16
2.5.1. Transporte Inter parroquial.....	16
2.5.2. Transporte de Taxis.....	16
2.5.3. Transporte escolar .....	16
2.6. Proyección de incremento parque automotor .....	17
3. Marco teórico.....	17
3.1. Contaminación ambiental.....	17
3.1.1. Fuentes móviles.....	18
3.1.2. Ruido Urbano .....	18
3.1.3. Ruido de tránsito vehicular .....	18
3.1.4. Consideraciones viales.....	20
3.1.5. Tipo de flujo .....	20
3.1.6. Flujo continuo fluido.....	21
3.1.7. Flujo continuo en pulsos .....	21
3.1.8. Flujo acelerado en pulsos .....	21

3.2. Consideraciones mecánicas.....	21
3.2.1. Ruido Aerodinámico .....	21
3.2.2. Ruido de rodadura .....	22
3.2.3. Ruido de propulsión.....	22
3.2.4. Ruido mecánico interno.....	22
3.2.4.1. Ruido por fricción.....	22
3.2.4.2. Ruido por frenos.....	22
3.2.5. Superficie asfáltica.....	23
3.3. Indicadores de ruido urbano.....	26
3.3.1. Nivel Equivalente discreto.....	27
3.3.2. Nivel sonoro equivalente continuo .....	27
3.3.2.1. Curvas de ponderación A.....	28
3.3.3. Nivel equivalente diurno-nocturno (Ldn).....	28
3.4. Geo posicionamiento y cartografía geográfica .....	29
3.4.1. ArcGIS .....	30
3.4.1.1. ArcInfo.....	30
3.4.1.2. ArcMap.....	31
3.4.1.3. Shape file .....	31
3.4.2. Formato de almacenamiento .....	31
3.4.2.1. Formato Raster.....	31
3.4.2.2. Formato vectorial .....	32
3.5. OpenStreetMap.....	34
3.6. Mapas de ruido.....	36
3.6.1. Metodologías para la realización de mapas de ruido.....	38
3.6.2. Variable de propagación de sonido.....	38
3.6.3. Variable de fuentes de ruido .....	38
3.6.4. Variable de receptores de ruido .....	39
3.6.5. Método de la cuadrícula o retícula.....	39
3.6.6. Método de vías.....	40
3.6.7. Metodología por uso de suelos .....	41
3.6.8. Metodología aleatoria.....	41
3.7. Modelo Alemán RLS90.....	43

3.7.1. Motor de calculo .....	47
3.7.1.1. CadnaA .....	47
3.8. Marco normativo.....	48
3.8.1. Decreto Ejecutivo No. 1196 de la Presidencia de la Republica .....	48
3.8.2. Código de Descentralización COOTAD.....	48
3.8.3. Ministerio del Ambiente Registro Oficial N.º 387.....	49
3.8.3.1. Libro VI Anexo 5 Niveles máximos de emisión de ruido.....	49
3.8.3.2. Niveles máximos permisibles de ruido .....	49
3.9.1. Clasificación de Vías .....	52
3.9.1.1. Vía Local.....	52
3.9.1.2. Vía colectora .....	53
3.9.1.3. Vía arterial.....	53
3.9.1.4. Vía expresa.....	54
4. Metodología .....	55
4.1. Base cartográfica de la ciudad.....	56
4.1.1. Base de datos de flujo Vehicular .....	56
4.1.1.1. Modelo predictivo RLS90.....	56
4.2. Implementación mapa de ruido.....	57
4.2.1. Propagación de sonido .....	57
4.2.2. Fuentes de ruido.....	57
4.3. Conteos de tráfico vehicular .....	58
4.3.1. Estructura de la toma de datos.....	58
4.4. Digitalización del terreno en (GIS) .....	59
4.5. Modelamiento y configuración del terreno en CadnaA .....	61
5. Resultados .....	66
5.1. TPDA (Tráfico promedio diario anual).....	66
5.2. Evaluación de contaminación por medio de CadnaA.....	73
5.2.1 Validación de medición y modelamiento.....	73
5.3. Mediciones a comparar.....	73
5.4. Mapa de ruido Ciudad de Ibarra.....	81
5.5. Mapa de ruido período diurno ciudad de Ibarra.....	82

5.6. Análisis de nivel en lugares con mayor afectación.....	83
5.6.1. Análisis centros educativos de de la ciudad de Ibarra.....	84
5.6.2. Análisis de zonas hospitalarias y de salud de Ibarra .....	86
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
6.1. Conclusiones .....	89
6.2. Recomendaciones.....	91
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

## **1. Introducción**

### **1.1. Antecedentes**

La ciudad de Ibarra, capital de la provincia de Imbabura se encuentra ubicada en la región norte del Ecuador a una distancia de 125 Km de Quito, constituye un centro turístico importante que está implementado sobre la carretera panamericana norte y ubicada a una distancia de 127 Km de Rumichaca frontera con Colombia (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, 2015).

Según Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra (2015), “Actualmente la ciudad de Ibarra cuenta con 181.175 habitantes, se ha venido desarrollando en aspecto urbano con una importante dinámica, por lo que ello exige, que los servicios deben proporcionar a sus habitantes un estándar de calidad semejante con su desarrollo. Entre estos servicios importantes están los de tránsito y transporte, que constituyen los generadores de una actividad económica y social acorde con la importancia de la ciudad” (Pag. 22).

Es importante indicar que Ibarra dispone de varios tipos de transporte como; público y privado. El sistema de transporte masivo en gran medida tiene como destino la zona comercial en donde existe mayores conflictos de tránsito y consecuentemente de ruido.

Es por ello, la necesidad de realizar un estudio en la ciudad, que permita evidenciar los problemas de impacto ambiental generados por el ruido de las diferentes fuentes móviles de la ciudad.

La contaminación acústica es un problema desde hace mucho tiempo, donde en cada ciudad genera molestias al ocasionar problemas de salud como presión arterial o pérdida auditiva (García y Gómez, 2010).

Las emisiones de ruido impulsadas por el tráfico son básicamente por la fluctuación sonora de motores y la rodadura de vehículos al circular, además la velocidad entre otros aspectos importantes que justifican el ruido de una determinada área (Moraga y Morillas, 2017).

La contaminación sonora producida por el tráfico en el ambiente en ciudades está creciendo diariamente en las últimas décadas, debido al incremento del parque automotor, al aumento de población, la emisión de los niveles de presión equivalentes diurnos son superiores a los 65 dB. Donde las áreas residenciales son acústicamente las más afectadas con niveles entre 55 y 65 dB (Bastian, 2013)

El ruido se lo ha considerado como un contaminante del ambiente y de la salud, ya que puede dañar el oído humano y afectar su estado psicológico, repercutiendo en el grado de confort de la ciudadanía y por ende en la calidad de vida (Rodrigues, 2013).

En el Congreso Mundial de Medio Ambiente de Estocolmo en 1972 organizado por la ONU, el ruido ambiental ha sido declarado un problema socioeconómico contaminante. Donde la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estado desarrollando guías como la Berglund que contempla los riesgos de exposición al ruido y las desventajas en la salud y a su vez contempla medidas a considerar para el control de ruido ambiental urbano. Esto con la finalidad de generar conciencia para que las regiones establezcan normativas sobre la evaluación del ruido ambiental (Rodrigues, 2013).

Por esta razón es importante identificar las causas que origina el ruido en un sector o población donde consecuentemente afecta la calidad de vida de los pobladores (García y Gómez, 2010).

Dentro de los problemas ambientales producidos por ruido de tráfico vehicular, por lo general pueden ser evaluados por medio de mapas de ruido, que se basan

principalmente en mediciones acústicas y modelos de predicción. Donde las herramientas de generación de mapas determinan gráficamente los puntos críticos de nivel de presión sonora y la población afectada, lo que permite la implementación de medidas de acción contra el ruido (Rodrigues, 2013).

En lo que concierne en el Ecuador existe un amplio margen de problemas de ruido en las principales ciudades, donde en los últimos años se ha concientizado el manejo y control del medio ambiente por medio del ruido de fuentes móviles y fijas (Delgado y Martínez, 2015).

Delgado y Martínez (2010) afirman que "la contaminación ambiental identificada como emisiones en al aire, se ha incremento en la ciudad de Cuenca, por causas que se le atribuyen sobre todo al tráfico" (pág. 3).

De acuerdo con estudios realizados y datos levantados por la empresa EMOV EP de la Municipalidad de Cuenca, al realizar un muestreo de cantidad de vehículos que intervienen en el tráfico vehicular de la ciudad se estima que el parque automotor del cantón Cuenca al año 2009 ascendió a 101.128 unidades (EMOV, 2011)..

En el año 2007 en la ciudad de Cuenca la taza automotores se encuentra entre los 5 habitantes por vehículo con un total de 97.812 automotores con el 90.34% a gasolina y el 9,66% a diésel (Vintimilla, 2015).

Entre las emisiones contaminantes en el medio ambiente en el aire se encuentra el ruido. Este problema se estima que el 70% de las emisiones sonoras provienen de los vehículos motorizados seguido por la industria, comercio, turismo, entre otros (Platzer y Iñiguez, 2007).

En el estudio de ruido es necesario distinguir los lugares o puntos críticos de la ciudad. Por este motivo Moraga y Morillas (2017) enfatizan que "en su estudio en la ciudad de Maule en Chile con la finalidad de analizar el ruido emitido en el



ambiente se han establecido relaciones entre diferentes lugares que estén enfocados a distintos usos tales como zonas verdes, colegios, plazas, etc. y el efecto que puede provocar el ruido en las personas que hacen uso de ellos” (pág.3).

## **1.2. Elaboración de Mapas de Ruido**

Los primeros mapas de ruido fueron realizados en los años 80s y 90s bajo mediciones experimentales, durante el paso del tiempo los métodos han evolucionado considerablemente por medio de aproximaciones estadísticas que implementan un acercamiento a las condiciones de ruido ambiental que se produce en la realidad (Delgado y Martínez, 2015).

La creación de un mapa de ruido es un procedimiento que requiere una gran cantidad de datos de distinta naturaleza, información que es necesaria obtener de manera investigativa y evaluativa en el campo, para que el procedimiento de elaboración del mapa sea mucho más cercano a la realidad (Prieto M. , 2009).

Intervienen muchos factores en el proceso de elaboración de mapas de ruido, como aproximaciones estadísticas que contribuyen al estudio. Un error estadístico en el mismo puede implicar un resultado final con cálculos y aproximaciones incorrectas de la cantidad de población expuesta al ruido. De esta manera se vería afectado el diseño e implementación de planes de acción para mitigar este problema ambiental (Prieto M. , 2009)

Para el estudio de ruido de tráfico es necesario implementar el control ambiental mediante la elaboración de mapas a través de sistemas computacionales, que permitan el desarrollo analítico acerca del comportamiento del tránsito de la ciudad. De tal forma que la identificación de los factores que influyen en la propagación del sonido va de la mano con normativas internacionales como la ISO 9613-2 (Bastián N. , 2013).

El procedimiento de implementación para un mapa de ruido se muestra de manera gráfica mediante el comportamiento ambiental de la contaminación acústica en una determinada área. En el caso de la intervención de fuentes móviles como es el tráfico vehicular, los datos son obtenidos a través del análisis de modelos estadísticos como el RLS90 (modelo alemán) o el STL86 (modelo suizo), obteniendo resultados aproximados con respecto al comportamiento acústico del tránsito de una ciudad (Echeverri, Valencia, y Murillo, 2011).

Echeverri et. al., (2017) mencionan que “en el caso del departamento de Obras Públicas y Transportes de Álava (España), se implementó un análisis de ruido en el año 2008, en el que se pudo evidenciar por medio de conteos vehiculares un número estimado de 16.000 vehículos, en esta evaluación se utilizó un método de predicción de ruido de tráfico llamado NMPB Routes-96” (pág. 21).

Para la elaboración de un mapa de ruido es importante tomar en cuenta la densidad poblacional de la ciudad a evaluar para contemplar la factibilidad de si es o no necesario realizar un estudio ambiental de ruido para dicho asentamiento (Naranjo, 2013).

Con la finalidad de validar la información obtenida por medio de los modelos predictivos de tráfico vehicular es necesaria la obtención de datos por medio de medición acústicas donde se recomienda la ubicación de estaciones de monitoreo constante para poder determinar resultados por ruido de tráfico en los sectores a estudio (Naranjo, 2013).

Con el fin de determinar los niveles de ruido a lo largo de la ciudad, CORPAIRE llevó a cabo una serie de muestreos durante el año 2007, conducidos por la empresa consultora Decibel donde esta sucesión de monitoreo fue realizada en diferentes zonas del distrito, tanto en parroquias urbanas como rurales (Otegui y Prieto, 2017)

Otegui y Prieto (2017) afirman que “según lo establecido en el artículo 8.2.b del Real Decreto Español, en lo referente a la evaluación de ruido ambiental se debe realizar un estudio del impacto de ruido cada cinco años, y deberá ser aprobado por las autoridades encargadas al mismo, dónde mapas estratégicos de ruido deberán representar la situación al año natural anterior, correspondiente a todas las aglomeraciones de más de 100.000 habitantes” (Pág. 2).

Tradicionalmente, y según se recoge en la Directiva Europea de Ruido, se ha cuantificado el nivel sonoro en estos lugares. Mediante la obtención de determinados indicadores sonoros que permiten desarrollar los mapas de ruido. Ayudando a comprender mejor la situación de cualquier tipo de entorno (Moraga y Morillas, 2017).

Pero la situación acústica de un entorno no debería establecerse sólo por el nivel sonoro presente en él. Hay multitud de variables que afectan a la percepción sonora de los usuarios de estas zonas, y que es muy necesario tener en cuenta en la valoración de un lugar. Factores sociológicos como la edad, el sexo, el nivel de estudios, el nivel de estrés, etc.; aspectos asociados a las características no específicamente sonoras propias del entorno, como son la limpieza, la calidad del aire, los olores, la estética, etc.; pueden decantar la valoración del paisaje sonoro de un entorno de forma positiva o negativa (Moraga y Morillas, 2017).

El ruido es un contaminante, que puede generarse hasta por una minúscula cantidad de energía sonora provocada por fuentes móviles y fijas, así como también los hábitos y costumbres de los ciudadanos, por el contrario, es complicado su tratamiento y consecuentemente implica un gasto elevado (Rodrigues, 2013)

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Evaluar el nivel de ruido de tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra a través de un mapa de ruido.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Desarrollar un mapa de ruido que permita identificar las zonas con mayor conflicto de altos niveles de exposición sonora.
- Determinar el flujo vehicular por medio de conteos manuales en las principales vías de la ciudad
- Validar los resultados del modelo de predicción de tráfico vehicular mediante la comparación con mediciones acústicas realizadas en estudios previos
- Analizar los niveles de ruido de tráfico producidos en establecimientos educativos y hospitalarios.

### **1.4. Hipótesis**

En la ciudad de Ibarra existe un problema de ruido principalmente provocado por el tráfico vehicular, lo que hace que se produzca un incremento paulatino en el impacto ambiental con niveles elevados de presión sonora y consecuentemente afectando la calidad de vida de la población.

Los ruidos más fuertes están relacionados con el excesivo uso de pitos y frenos de los vehículos que circulan por la ciudad; y al no existir un adecuado control ambiental por parte de los organismos competentes se hace necesario realizar

una validación de datos por medio de mediciones y modelos de ruido ambiental por tráfico vehicular, que nos permitan conocer con más precisión los niveles de presión sonora que produce el parque automotor de la urbe.

El ruido por congestionamiento se debe a causas relacionadas a el mal uso de las paradas sobre todo en el centro de la ciudad y zonas más críticas como mercados, establecimientos educativos y áreas administrativas, ocasionado por parte de los usuarios y conductores del servicio público, así como también la falta señalización que orienta el flujo vehicular que ingresa en los redondeles de las vías colectoras como Av. Mariano Acosta y Avenida Cristóbal de Troya.

### **1.5. Alcance**

La ciudad de Ibarra está conformada por 5 parroquias urbanas como Alpachaca, San Francisco, Sagrario, Caranqui y Priorato donde el flujo vehicular depende principalmente del sector y del tipo de vía, de esta manera en el estudio se enfatiza principalmente en las parroquias antes mencionadas.

En el caso de la ciudad de Ibarra, la rodadura de la trama urbana está compuesta por calles y avenidas, las mismas que tienen diferentes tipos de superficie: pavimentos flexibles, empedrado, adoquinado, superficie granular y tierra. Cada uno de estos tipos de superficie tiene atributos especiales que determinan las características y estado de las vías como: muy bueno, bueno, regular y malo, dependiendo de la capa de rodadura y mantenimiento que se lo realice por parte de los organismos competentes.

El principal eje de estudio de ruido ambiental vehicular de la ciudad se basa en la trama vial urbana, cuyo fin es modelar el comportamiento del tráfico actual de la ciudad, el cual permite determinar las condiciones de ruido de fuentes móviles, a través del tipo de superficie de rodadura y conteos vehiculares de tráfico, permitiendo la evaluación de la contaminación acústica de la ciudad de Ibarra.

## 1.6. Justificación

La ciudad de Ibarra al ser la capital de la provincia de Imbabura contribuye un crecimiento anual de manera económica y poblacional, donde al ser una ciudad en desarrollo es normal que exista un decaimiento en la calidad de vida por motivos ambientales como el ruido de tráfico vehicular.

El incremento anual del parque automotor influye considerablemente la exposición al ruido, de esta manera es indispensable realizar estudios pertinentes para determinar la calidad de vida que decrece paulatinamente por motivos ambientales del ruido de tráfico.

En el Consejo Directivo Europeo Parlamentario del año 2002 se contempló temas relacionados con el tratamiento del ruido ambiental en las ciudades, las mismas que están encargadas por medio de los gobiernos autónomos a la implementación de estudios relacionados con mapas de ruido y planes de acción en poblaciones con más de 250.000 habitantes. (Rodrigues, 2013).

Cabe recalcar que en Ecuador existe una norma nacional denominada como Anexo 5 que trata acerca de niveles máximos de emisión de ruido y metodología de medición para fuentes móviles y fijas perteneciente al Registro Oficial del Ministerio del Ambiente. Este proyecto está enfocado principalmente en la exposición sonora de la región urbana al ruido de fuentes móviles, con la finalidad de precautelar la salud de la población (Rodrigues, 2013).

En la evaluación de ruido que se desarrolla en el presente trabajo, permite observar y analizar de manera gráfica las zonas afectadas por la contaminación acústica por ruido de tráfico.

## 2. Composición urbana de la ciudad de Ibarra

### 2.1. Ciudad de Ibarra

La ciudad de Ibarra está conformada por 5 parroquias urbanas como son Alpachaca, San Francisco, Sagrario, Caranqui y Priorato está comprendida por más de 150.000 habitantes aproximadamente, por lo que requiere con urgencia una planificación para el manejo adecuado de los sistemas de tránsito y transporte. En la actualidad existe malestar e inconformidad de los usuarios debido a la congestión de tráfico vehicular, contaminación ambiental y altos índices de ruido que afectan la salud de los habitantes (Torres, 2010).

Según el Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra 2015, la ciudad de Ibarra crecerá 29% en los próximos 10 años y 66% en los próximos 20 años, por lo tanto, se determina que es el momento adecuado para iniciar la planificación de transporte, tránsito y vialidad en programas y proyectos enfocados a la inversión pública y privada (Torres, 2010).



*Figura 1.* Repartición parroquial Ciudad de Ibarra

Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra, 2015).

Tabla 1.

*Composición Geográfica poblacional urbana ciudad de Ibarra.*

<b>PARROQUIAS URBANAS</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
ALPACHACA	14173	14457	14746	15041
PRIORATO	7233	7378	7526	7676
SAGRARIO	41367	421946	43038	43899
SAN FRANCISCO	48308	49274	50259	51265
CARANQUI	15756	16072	16393	16721
<b>TOTAL</b>	<b>126840</b>	<b>129376</b>	<b>131964</b>	<b>134603</b>

Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra, 2015).

El cantón y capital de la provincia de Imbabura, por sus características particulares y natural configuración, debe atender una demanda de servicios básicos debido al alto nivel de población flotante, motivada por los atractivos turísticos que posee. Esta es otra de las razones por las que, su sistema de tránsito y transporte debe acondicionarse de tal manera que satisfaga el requerimiento de los visitantes, proveyéndoles de menor conflictividad en la circulación vehicular con menor cantidad de exposición a altos niveles de sonoridad con la finalidad de brindar comodidad y buen aspecto para la ciudad.

Con el fin de modelar el comportamiento del tráfico de la ciudad, se ha preparado el inventario vial que contiene básicamente lo siguiente:

- Calle o Avenida
- Intersecciones de cuadra
- Longitud
- Ancho
- Tipo de calzada
- Estado de la calzada
- Tipo de señalización horizontal y vertical
- Estado de la señalización horizontal y vertical



- Semáforos y su estado
- Parada de bus: señalizada o arbitraria
- Aceras: tipo y estado

Tabla 2.

*Inventario vial ciudad de Ibarra.*

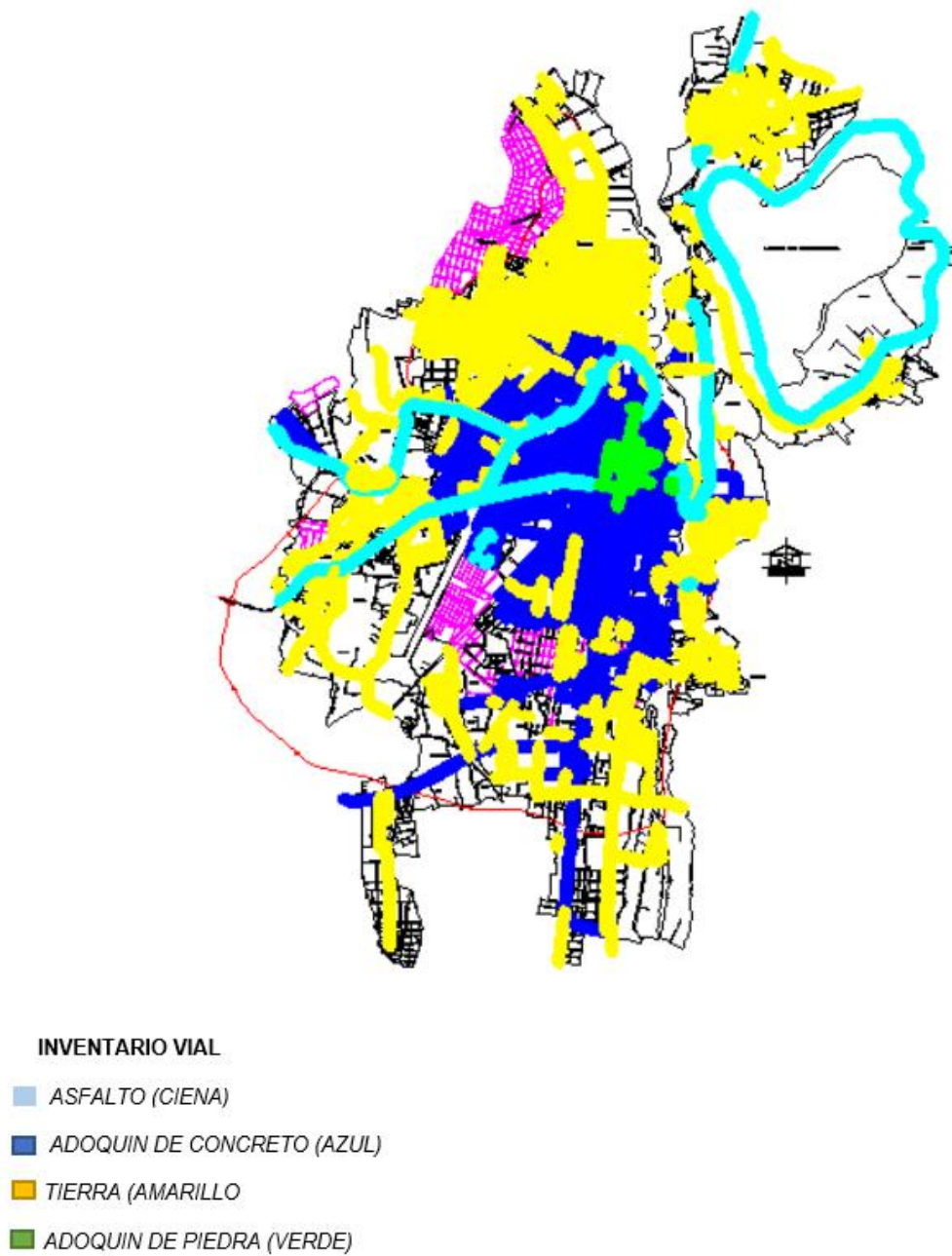
RESUMEN DE INVENTARIO VIAL. VÍAS PRINCIPALES										
LONG.	ANCHO	TIPO CALZADA			SEÑALIZACIÓN				PAR.	
Prom	Prom	ADOQUÍN	Porc	PIEDRA	HORIZONTAL		VERTICAL		BUS	
m	m	área, m.	%	área, m.	%	Existe	Falta	Existe	Falta	Falta
15777	8,27	116646,7	89,4	13824,8	11	7104,6	8672	151	0	54
RESUMEN DE INVENTARIO VIAL. VÍAS SECUNDARIAS										
LONG.	ANCHO	TIPO CALZADA			SEÑALIZACIÓN				PAR.	
m.	PROM.	ADOQUÍN	Porc	PIEDRA	HORIZONTAL		VERTICAL		BUS	
	m	área, m.	%	área, m.	%	Existe	Falta	Existe	Falta	Falta

Tomado de (Torres, 2010).

La información recolectada que se refiere a las parroquias más conflictivas por tráfico vehicular como son El Sagrario y San Francisco. La gran mayoría de vías disponen de calzadas revestidas: adoquín de piedra y adoquín de hormigón, Muy pocas calles se encuentran en mal estado. En el centro de la ciudad, el 100% de las calles tienen una superficie de rodadura entre adoquín y piedra. El estado está entre bueno y regular. La condición de regular advierte pequeños problemas como baches o ligeras deformaciones.

## 2.2. Estado de la vialidad

A continuación, el resultado del registro municipal de vías urbanas a cargo de la Dirección de Obras Públicas, donde se advierte que aproximadamente el 15% de la red vial se encuentra asfaltada (Red Principal), el 42% en adoquín de concreto (Red Secundaria), el 40% se encuentran lastradas (Red en proceso de consolidación o expansión urbana), y el 3% en adoquín de piedra (Centro Histórico)



*Figura 2.* Estado de vías Ciudad de Ibarra.

Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra, 2015).

Los porcentajes del estado de la calzada en principales y secundarias son:

Tabla 3.

*Estado de vías principales y secundarias ciudad de Ibarra.*

Condición	Tipo de vía	
	Principal	Secundaria
Buena	70.2 %	91.67 %
Regular	29.14 %	3.2 %
Mala	0.66 %	5.13 %

Tomado de (Torres, 2010).

### **2.3. Red de transporte público urbano pesado**

La ciudad de Ibarra consta de 23 líneas de transporte urbano y está conformada por dos cooperativas de transporte:

- Cooperativa 28 de Septiembre
- Cooperativa de transportes San Miguel de Ibarra

Según Torres (2010) “Las dos empresas de transporte urbano tienen las mismas rutas de bus en más del 50% de las líneas entre sí, sin embargo, sobresalen los corredores principales y secundarios, donde se reproduce una red de tipología radial con un centro de ciudad y sus ramificaciones hacia los diferentes sectores y barrios producto del desarrollo urbano” (Pág. 66).

La empresa 28 de Septiembre posee el 60% del mercado de transporte público con aproximadamente 94.502 pasajeros por día, en tanto la empresa San Miguel de Ibarra tiene el 40% del mercado con aproximadamente 62.921 pasajeros por

día aproximadamente. En conclusión, el mercado de transporte es de 157.423 pasajeros por día (Torres, 2010).

#### **2.4 Demanda del transporte público urbano**

El transporte público urbano pesado en la ciudad está conformado por la Cooperativa de Transportes “28 de Septiembre” con 156 buses autorizados, de los cuales se constataron que 150 vehículos estuvieron programados para la operación, sin embargo 135 se encuentran operativos, es decir el 10% de lo programado siempre se encuentran en reserva, mantenimiento o reposición y la Cooperativa de Transportes de Pasajeros Urbano “San Miguel de Ibarra” con 131 buses autorizados, de los cuales se verificó que 119 buses estuvieron programados para la operación, sin embargo 114 se encuentran operativos, es decir el 4% se encuentran en reserva, mantenimiento o reposición (Torres, 2010).

La flota total autorizada es de 287 buses, y programada para la operación es de 269 buses de los cuales el 55,7% le corresponden a la Cooperativa 28 de Septiembre y el 44,3% a la Cooperativa San Miguel de Ibarra, de estos últimos 249 se encuentran operativos diariamente, es decir el 93% de la flota total (Torres, 2010).

Según el estudio del Plan Sustentable de Tránsito Transporte para Ibarra, la muestra de la encuesta se tomó de la cantidad total de buses de la ciudad, en este caso los 23 buses operativo representan el 9% de cada línea.

Según la información obtenida de la Cooperativa 28 de Septiembre existen 14 líneas de buses y la Cooperativa San Miguel de Ibarra opera 9 líneas, la red de transporte tiene un total de 273 kilómetros de líneas las cuales dan servicios a diferentes sectores urbanos de la ciudad (Torres, 2010).

Es importante mencionar que de los 157.423 viajes diarios que se realiza en la ciudad, la Cooperativa 28 de Septiembre lleva el 60% de la demanda equivalente a 94.504 viajes y la Cooperativa San Miguel de Ibarra el restante 40% equivalente a 62.921 viajes diarios (Torres, 2010).

## **2.5. Modalidades complementarias de transporte urbano**

Las modalidades complementarias al transporte colectivo urbano, dentro de la competencia municipal, lo componen:

- **Transporte Inter parroquial**

Con una sola Cooperativa denominada La Esperanza, la cual tiene asignada 9 líneas Inter parroquiales hacia la parroquia de La Esperanza y Zuleta, los cuales son servidos con un total de 24 buses convencionales, cuya demanda se estima en aproximadamente 3.800 viajes diarios.

- **Transporte de Taxis**

La ciudad dispone de 827 taxis convencionales más 400 ejecutivos da un total de 1227 taxis, lo que representa 1 taxi por cada 146 habitantes urbanos, con un promedio de aproximadamente 14.000 viajes diarios

- **Transporte escolar**

Se ha registrado un total de 125 buses y microbuses escolares con una capacidad total de 1178 plazas y la posibilidad de servir a aproximadamente 1767 usuarios escolares en un promedio de ocupación 1,5 viajes por plaza

## 2.6. Crecimiento parque automotor anual

El incremento del parque automotor se ha venido dando paulatinamente en relación con el crecimiento poblacional de acuerdo con la siguiente tabla según el Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra (2015) (Pag. 243).

Tabla 4.

*Crecimiento anual parque automotor.*

<b>Crecimiento del parque automotor anual</b>		
<b>Año</b>	<b>Número de vehículos</b>	<b>Tasa de crecimiento anual</b>
2011	50.543	
2012	56.103	11%
2013	62.274	11%
2014	69.124	11%
2015	76.728	11%
2016	85.168	11%

Tomado de (Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra, 2015).

## 3. Marco teórico

### 3.1. Contaminación ambiental

La contaminación es un factor que afecta en gran medida al bienestar de la población, como industrias dedicadas a la fabricación de materia prima, construcción, parque automotor etc. Este es el caso del ruido ambiental que no

solo genera problemas al ecosistema que puede afectar de manera exponencial al confort de los seres vivos (Bastián, 2013).

El daño auditivo puede llegar a ser un problema grave conforme la exposición al ruido con prolongaciones grandes de tiempo donde este puede causar problemas de hipoacusia, tinnitus entre otros (Toribio y Maqueda, 2011).

El tráfico vehicular es un problema contaminante que está relacionado con el crecimiento poblacional en las principales ciudades del Ecuador (Delgado y Martínez, 2015).

### **3.1.1. Fuentes móviles**

Son todos los vehículos que circulan dentro y fuera de una determinada área que a su vez generan sonidos por medio del motor, rodadura, bocinas, resonadores, tubos de escape y a su vez pueden afectar de manera directa en los sitios poblados de una ciudad (Bastian, 2013).

### **3.1.2. Ruido Urbano**

El ruido urbano es definido como un problema ambiental que puede ser nocivo a su exposición, dicho sonido es generado en los exteriores de una ciudad por la actividad humana, como tráfico vehicular que pueden ser creados por ruido de motor, rodadura y propulsión (Bastian, 2013).

### **3.1.3. Ruido de tránsito vehicular**

El tráfico rodado se define por el ruido producido directamente a la condición mecánica de los vehículos al circular por una determinada área, donde a su vez el tipo de calzada influye radicalmente en la propagación del ruido.

Este problema ambiental puede influir por varios factores como el contacto de los neumáticos con la calzada, el aumento de velocidad, ruido de tubo de escape, cambios bruscos de aceleración, el uso desmesurado de bocinas. Los principales problemas de ruido vienen enlazados a estos factores donde las

principales estrategias de mitigación de ruido por tráfico vehicular deben ser controladas desde estos puntos críticos que dañan la comodidad y confort de la ciudadanía (Bastian, 2013).

En las zonas urbanas, los habitantes y choferes son los actores que influyen en gran medida en las emisiones sonoras, así como también el excesivo uso de bocinas que generan emisiones hasta 15 (dBA) por encima de los niveles normales de emisión que resultan de una conducción más sosegada (Bastian, 2013).

Los niveles máximos de emisión para fuentes móviles en ciudades están considerados bajo la siguiente tabla

Tabla 5.

*Rango de niveles de emisión sonora fuentes móviles.*

<b>Categoría de vehículo</b>	<b>Descripción</b>	<b>NPS Máximo (dBA)</b>
Motocicletas	De hasta 200 c.c	80
	Entre 200 y 500 c.c	85
	Mayores a 500 c.c	86
	Transporte de personas, nueve asientos, incluido el conductor.	80
Vehículos	Transporte de personas, nueve asientos incluido el conductor y peso no mayor a 3.5 toneladas	81
	Transporte de personas, nueve asientos incluido el conductor y peso mayor a 3.5 toneladas	82



Tomado de (Ministerio del Ambiente, 2015).

### 3.1.4. Consideraciones viales

#### Tipo de vehículos

Tipo de vehículos dentro de la ciudad están distinguidos en dos tipos:

- **Vehículo liviano: menor a 3.5 toneladas como**

Motocicletas y motonetas hasta 200 CC

Vehículos motorizados de dos ejes

- **Vehículo pesado: mayor a 3.5 toneladas.**

Transporte público y privado con fines de transporte de pasajeros que exceda las 3.5 toneladas con doble eje en sus ruedas traseras y potencia mayor a 200 HP (motor). Vehículos de transporte de carga y tengan una potencia mayor o igual a 200 HP (motor).

- **Velocidades consideradas**

Según las leyes de tránsito que se rigen en Ecuador se considera a los límites de velocidad entre 20 y 80 Km/h dentro de la ciudad y 120 Km/h en panamericanas y carreteras de tipo rápidas. Además, se establece que, en cada segmento de vía analizado, se deberá consignar el límite de velocidad. Cuando éste cambie en una misma vía, se tendrá que definir un nuevo segmento de vía, tal como se aseveró anteriormente. En caso de que las velocidades sean menores a 20 km/h, se asume esta última como la velocidad a utilizar (Bastian, 2015).

### 3.1.5. Tipo de flujo

El tipo de flujo constituye al comportamiento de los vehículos con respecto a la velocidad, aceleración, desaceleración, la carga del motor y flujo de tránsito fluctuado en pulsos o de manera continua (Bastian, 2013).

### **3.1.6. Flujo continuo fluido**

Vehículos transitan a velocidades relativamente constantes en lapsos de menos de diez minutos. Ejemplos: autopistas, autovías, carreteras interurbanas, grandes vías urbanas (Bastian, 2013).

### **3.1.7. Flujo continuo en pulsos**

Contiene vehículos transitando que pueden estar con aceleración o sin aceleración y acumulación periódica de vehículos, se define una rapidez media para un monto estable y repetitivo durante grandes períodos de tiempo. Ejemplo: vías de los centros urbanos, accesos a zonas residenciales, barrios y vías de conexión o distribución con numerosas intersecciones (Bastian, 2013).

### **3.1.8. Flujo acelerado en pulsos**

Tiene una cantidad importante de vehículos en estado acelerando, por lo que la noción de velocidad sólo tiene sentido en puntos discretos, porque no es estable durante el desplazamiento. Ejemplos: vías rápidas luego de una intersección o de un peaje (Bastian, 2013).

## **3.2. Consideraciones mecánicas**

### **3.2.1. Ruido Aerodinámico**

El ruido puede generarse de manera aerodinámica en cuerpos que rebasan los 80 km/h creando fluctuación del aire contra el cuerpo en movimiento, esto puede generar ruido por aceleración y rodadura. Por lo general estas condiciones se dan en vías de tipo expresa, al existir límites de velocidad que superan a vías del tipos locales, colectoras y arteriales, que en general se encuentran en áreas urbanas (Naranjo, 2013).

### **3.2.2. Ruido de rodadura**

El ruido de rodadura es producido por velocidades entre los 50 y 80 Km/h. este problema de ruido vehicular se genera principalmente por el tipo de calzada como adoquín, piedra, asfalto, tierra. Donde los neumáticos interaccionan entre si generando fricción en el suelo y con ello la propagación de ruido. (Naranjo, 2013)

### **3.2.3. Ruido de propulsión**

El ruido de propulsión o aceleración el mismo que es ocasionado por el motor y escape del vehículo. Este fenómeno ocurre cuando el tráfico vehicular tiene como principal inconveniente una cantidad de tráfico a bajas velocidades producido por semáforos o señales de tránsito que impiden el flujo continuo de vehículos, las velocidades son menores a los 50 km/h (Naranjo, 2013).

### **3.2.4. Ruido mecánico interno**

#### **3.2.4.1. Ruido por fricción**

Los ruidos por fricción se deben a la interacción entre dos cuerpos, en el caso de la calzada contra la llanta generar un incremento de nivel sonoro dependiendo de los componentes y rugosidad del suelo y el tipo de llanta con la que el vehículo este circulando (López y Rangel, 2014).

#### **3.2.4.2. Ruido por frenos**

Este tipo de ruido es producido especialmente por la fricción que ejerce las pastillas de un automotor mediante el desgaste o tipo de zapatas y a su vez por aspectos corrosivos que se generan por los años de uso y calidad de estas (Garcia, 2014)

### 3.2.5. Superficie asfáltica

El ruido de rodadura que es emitido dentro y fuera de las ciudades es generado gracias a la interacción física del neumático contra el pavimento, esto se refleja no solo hacia el ruido que puede ocasionar si no en el espectro de emisión sonora de impacto y vibración (Segarel, 2012).

El control de ruido por rodadura depende estrictamente del tipo de suelo. Por este motivo se han estudiado nuevos diseños de pavimentos para que exista una menor emisión sonora, como la mezcla de materiales con alta viscosidad, debido al material cauchoso proveniente de llantas recicladas, lo cual genera resultados de elasticidad mucho más efectivos disminuyendo problemas de vibraciones y ruido de impacto (Segarel, 2012).

Las cualidades de una superficie esta principalmente enfocada en:

- La adherencia de las llantas
- El ruido producido por el automotor
- Clima
- Material de las llantas
- Desgaste de llantas
- Año del automotor

Los aspectos funcionales están relacionados mediante las texturas de la superficie donde dichas propiedades asfálticas están subdivididas en tres tipos: la micro-textura que pueden ser irregularidades no mayores a 0.5 milímetros, la macro-textura que son irregularidades entre 0.5 y 50 milímetros y mega-texturas que son mayores a 0.5 milímetros (Recasens, 2006).

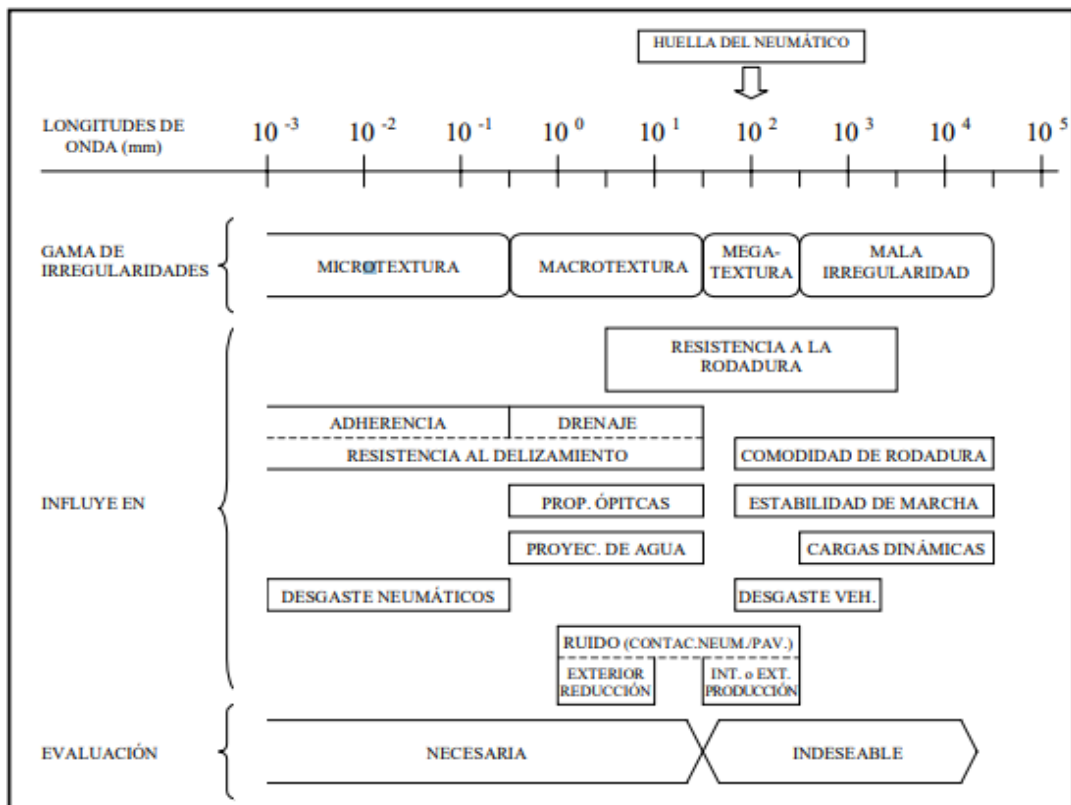


Figura 3. Características y tipos de superficies carreteras.

Tomado de (Recasens 2006).

Según Recasens (2006). Afirma que “la mejor superficie para cubrir todas las necesidades explicadas en la figura 2 son las capas de rodadura drenante ya que constituyen una mejor circulación de la lluvia, evita la reflexión de la luz ofreciendo comodidad con bajas cantidades de ruido” (Pag. 7).

En caminos con pavimentos de superficies densas como la macro-textura determina un aumento en niveles de sonoridad, mientras que en pavimentos drenantes son más silenciosos que pueden absorber el ruido del motor del propio vehículo. Donde la mismas depende de su espesor y del porcentaje de huecos.

$$\Delta l = 0,005 * n * e$$

Donde:

$\Delta L$  = Reducción de ruido dB(A)

N = Porcentaje de huecos, (%)

e = Espesor de capa asfáltica (mm)

Según Recasen (2006). Afirma que se puede reducir el ruido de rodadura en un orden de 4 dB(A) con respecto a los demás tipos de superficies, si se emplea una capa drenante o porosa de 4 cm de espesor y un porcentaje superior al 20%.

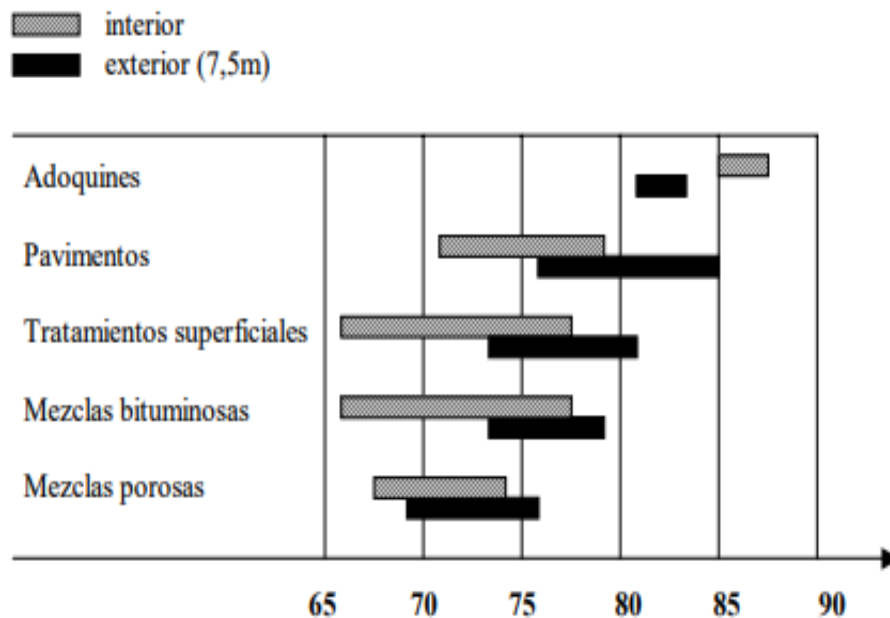


Figura 4. Medida de ruido en dB(A) de rodadura sobre diferentes tipos de calzada.

Tomado de (Recasens, 2006).

Tabla 6.

Clasificación de las superficies de pavimentos.

Técnica	Propiedades						Aplicación preferente
	Baja velocidad	Alta velocidad	Regularidad	Ruido	Seco	Mojado	
<b>Macrotexutura rugosa</b>	***	***	(1)	*	*	**	Alta velocidad
<b>Microtextura</b>	***	***	(2)	**	*	**	Carreteras urbanas

<b>Sin Engravillar</b>	**	*	***	**	*	.	Aeropuertos y pistas
<b>Drenantes</b>	***	***	***	***	***	***	Calles de rodadura
<b>Engravillados</b>	***	***	***	**	(3)	**	Pavimentos de alta velocidad
<b>Microaglomerado</b>	**	.	(1)	**	*	..	Todo pavimento de alta velocidad
<b>Sin textura</b>	**	.	**	**	**	..	Carreteras
<b>Estriado transversal</b>	***	***	**	.	**	**	Carreteras
<b>Estriado Longitudinal</b>	***	*	**	**	**	**	Carreteras
<b>Engravillado</b>	***	***	**	.	**	**	Carreteras
<b>Denudado</b>	****	***	***	**	**	***	Carreteras

(1) Depende de la regularidad del soporte.

(2) Microaglomerados continuos sin macrotextura

(3) Muy bueno con engravillado con piedra de color claro

\*\*\* Muy buena

\*\* Buena

• Mala

• Muy mala

Tomado de (Recasens, 2006).

### 3.3. Indicadores de ruido urbano

La contaminación sonora en zonas urbanas es caracterizada principalmente por las actividades humanas, como áreas de diversión nocturna, transporte ferroviario, aéreo, construcción y obras públicas, transporte vehicular, entre

otras. Convirtiéndose en el principal problema sobre el ruido ambiental para una población (Fernández y Del Rio, 2014).

Para determinar de manera precisa la cantidad de ruido que la población está expuesta en diferentes horas del día, se utiliza un método llamado cálculo de indicadores de ruido, con la finalidad de predecir el comportamiento de una zona urbana de una ciudad.

### 3.3.1. Nivel equivalente discreto

Ofrece un resultado de nivel equivalente de energía sonora durante un período de tiempo con n cantidad de muestras

$$Leqi = 10 * \log\left(\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n 10^{\frac{Leqi}{10}}\right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde

n = muestras obtenidas por hora

Leqi = Niveles a ser sumados

### 3.3.2. Nivel sonoro equivalente continuo

Nivel total sonoro constante que tiene igual energía que el evento sonoro de duración T

$$L_{Aeq} = 10 * \log \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{P_A^2(t)}{P_{ref}^2} \right) * dt \right] (dBA) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde

PA = Presión sonora

Pref = Presión sonora de referencia



### 3.3.2.1. Curvas de ponderación A

Las curvas de ponderación son niveles resultantes a las medidas que están en relación con una compensación “A” en la cual se expresa con fines legales y estudios medioambientales (Bastian, 2013).

El mismo debe tener un ruido constante hipotético, el mismo que debe ser igual o similar a la cantidad de energía real que se esté tratando, en una cantidad de tiempo “T” (Bastian, 2013).

$$L_{Aeq.T} = 10 \log \left\{ \frac{\frac{1}{T} \int_0^T P_A^2(t) dt}{P_{ref}^2} \right\} \quad (\text{Ecuación 3})$$

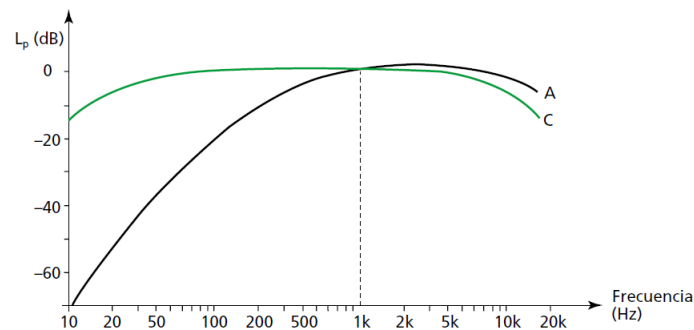


Figura 5. Curvas de ponderación A y C.

Tomado de (Bastian, 2013).

### 3.3.3. Nivel equivalente diurno-nocturno (Ldn)

Se expresa el nivel de ruido durante las 24 horas, con la finalidad de determinar la exposición durante distintos espacios de tiempo, para lo cual puede diferenciarse mediante las diferentes actividades diurnas y nocturnas de la ciudad (Prieto y Morillas, 2011).

En períodos nocturnos las personas al ser más sensibles al ruido mientras duermen, se aplica al indicador acústico nocturno (Ln) una penalización de +10

dB. Los períodos nocturnos son establecidos desde las 22:00 pm hasta las 6:00 am (Prieto y Morillas, 2011).

$$L_{dn} = 10 \text{Log} \left( \frac{1}{24} \left( 15 * 10^{\frac{L_d}{10}} + 9 * 10^{\frac{L_n+10}{10}} \right) \right) \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde

Valoración Leq 24h con distinción día-noche

- Ld: Leq día: 7:00h a 21:00h
- Ln: Leq noche: 21:00h a 7:00h

Este indicador representa la exposición global en 24:00h, permitiendo realizar un planteamiento acerca del comportamiento de la población.

Según Prieto y Morillas (2011). Afirman que “en la unión europea alrededor del 40% de los habitantes está expuesto al ruido producido por tráfico vehicular con un nivel diurno equivalente sobre los 55 dBA” (Pág.2).

La norma ISO1996 contempla sobre la evaluación de ruido ambiental que el nivel Leq debe estar expresado en dBA como un concepto a evaluar la exposición al ruido de la comunidad.

### **3.4. Geoposicionamiento y cartografía geográfica**

La utilización de Sistemas de Información Geográfica GIS contempla uno de los mayores avances en el campo de la investigación geográfica. Por medio de GIS el análisis geográfico se ha acelerado de una manera exhaustiva convirtiéndose en una aplicación referente para otras ramas de la ciencia (Aliaga y Llopis, 2006).

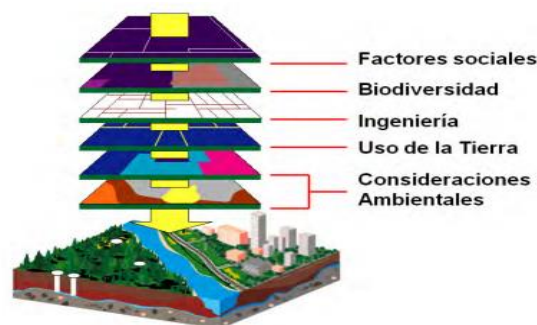
El sistema de información geográfica son aplicaciones informáticas que integran una base de datos referenciada con la finalidad de creación de mapas (Aliaga y Llopis, 2006).

El sistema permite representar un espacio de tierra por medio de diferentes capas con información independiente dependiendo directamente por la información cartográfica del área a estudio (Aliaga y Llopis, 2006).

### 3.4.1. ArcGIS

Es un programa que impulsa el procesamiento de datos geográficos por medio del hardware y software para presentar datos correspondientes a una determinada área para capturar y diseñar información geográfica (Puerta y Morales, 2011).

Diseñado por ESRI, ArcGIS permite el control y el manejo de GIS con herramientas como ArcRender, ArcEditor y ArcInfo, ArcMap etc. Compartiendo una misma estación de trabajo diferenciándose solo en su funcionalidad (Puerta y Morales, 2011).



*Figura 6.* Capas de personalización con las que trabaja ArcGIS.

Tomado de (Puerta y Morales, 2011).

#### 3.4.1.1. ArcInfo

Es el encargado de manipular el geoprocésamiento de ArcGis con la finalidad de soportar datos de ArcView y ArcEditor para que puedan ser interpretados en un mismo entorno SIG. Esta tiene la capacidad de operar datos del sistema de información Geográfica, y contribuye al análisis de superposición de la superficie

y conversión de datos, así como también el uso de herramientas de cartografía para la sincronización de mapas (Puerta y Morales, 2011).

#### **3.4.1.2. ArcMap**

Esta herramienta permite incorporar mapas por medio de diferentes datos geográficos. Analiza puntos de espacialidad, fusionando los datos correspondientes a todas las capas que forman un mapa, como curvas de nivel, calles y accidentes geográficos (Puerta y Morales, 2011).

#### **3.4.1.3. Shape file**

Es un formato de archivo de tipo vectorial que incorpora la información del sistema de geoposicionamiento geográfico de todos los objetos que incluyen en un mapa, este archivo está compuesto de tres tipos de archivos como (Puerta y Morales, 2011).

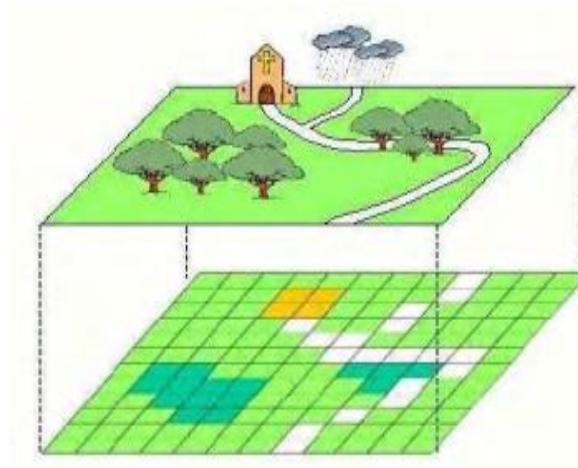
- SHP: Almacena información geométrica de objetos
- SHX: Datos de espacialidad
- DBF: Atributos de los objetos
- PRJ: Definición de sistema de coordenadas
- SBX: Mejora el funcionamiento de la base de datos

### **3.4.2. Formato de almacenamiento**

#### **3.4.2.1. Formato Raster**

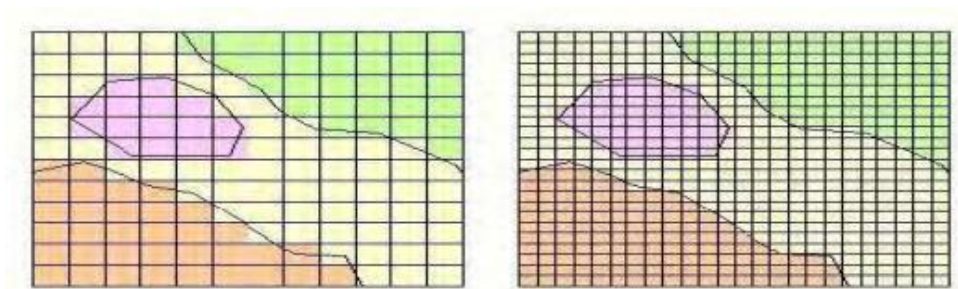
Este formato interpreta mediante el satélite fotografías aéreas donde generan imágenes digitales de un espacio geográfico o información digital de un mapa.

Este modelo tiene el objetivo de representar accidentes geográficos que varían dependiendo del espacio como altitud y precipitación del terreno, el mismo que trabaja por medio del tamaño de celdas que a su vez interpreta el nivel de detalle de la información procesada (Puerta y Morales, 2011).



*Figura 7.* Modelo Raster e interpretación de celdas  
Tomado de (Puerta y Morales, 2011).

El espacio geográfico se divide en sectores llamados píxeles, con la finalidad de crear una malla de coordenadas, donde por cada pixel toma datos de información geográfica, cuanto más pequeño es el pixel existirá un mejor resultado de muestra.



*Figura 8.* Modelo Raster e interpretación de celdas y píxeles.  
Tomado de (Puerta y Morales, 2011).

### 3.4.2.2. Formato vectorial

Este formato vectorial o mejor nombrado en ArcGIS como "shape" es creado a partir de fuentes de información espacial geográfica que bien pueden existir en una base de datos existente o desde la misma plataforma. Identificando

parámetros de carácter geométricos que pueden representarse como puntos, líneas y polígonos en complemento con el Raster de mapa (Puerta y Morales, 2011).

### Representación de puntos, líneas y polígonos en un grid

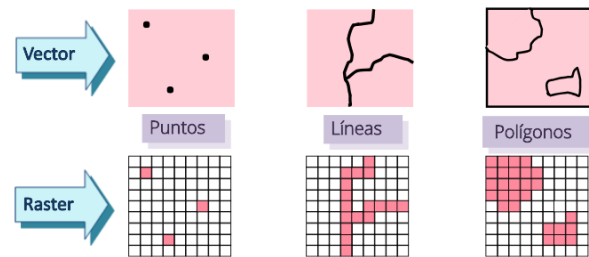


Figura 9. Modelo Raster e interpretación del Raster y Vector  
Tomado de (Puerta y Morales, 2011)

- **Punto**



Se representa mediante coordenadas (X, Y, Z). las mismas no pueden representar dimensiones de objetos, pero si la ubicación de estos.

- **Líneas**



Es la representación de los objetos mediante la unión de puntos de principio a fin, el mismo tiene la funcionalidad de representar ríos, quebradas, caminos, curvas de nivel etc.

- **Polígono**



Determina la unión de diferentes puntos de principio a fin formando figuras geométricas permitiendo poseer atributos de área y perímetro.

### 3.5. OpenStreetMap

Esta aplicación de acceso libre desarrollada gracias al aporte de la comunidad cartográfica mundial de editores está enfocada en la ubicación de coordenadas de calles, edificios, carreteras, caminos, comerciales, etc. Con el fin de que la base de datos sea representada en un mapa que se englobe a nivel mundial (Sevilla, 2015).

Esta aplicación puede ser comparada con Wikipedia ya que la misma ofrece información de todo tipo y puede ser editada a tiempo real si existen fallas o nuevas actualizaciones acerca de lo que se esté estudiando (Sevilla, 2015).

OpenStreetMap puede ser a primera vista similar a Google Maps, esta se diferencia al tener una base de datos espacial de 3000 millones de datos registrados y 2 millones de usuarios que trabajan para contribuir con la aplicación (Sevilla, 2015).

Esta aplicación que ha ido creciendo a lo largo de los años es un servicio que permite obtener información acerca de lugares, caminos rurales, pueblos y ciudades. De esta manera al ser una aplicación abierta y gratuita puede ser utilizada para diversos fines como impresión cartográfica y uso en plataformas móviles como GPS o teléfonos inteligentes.

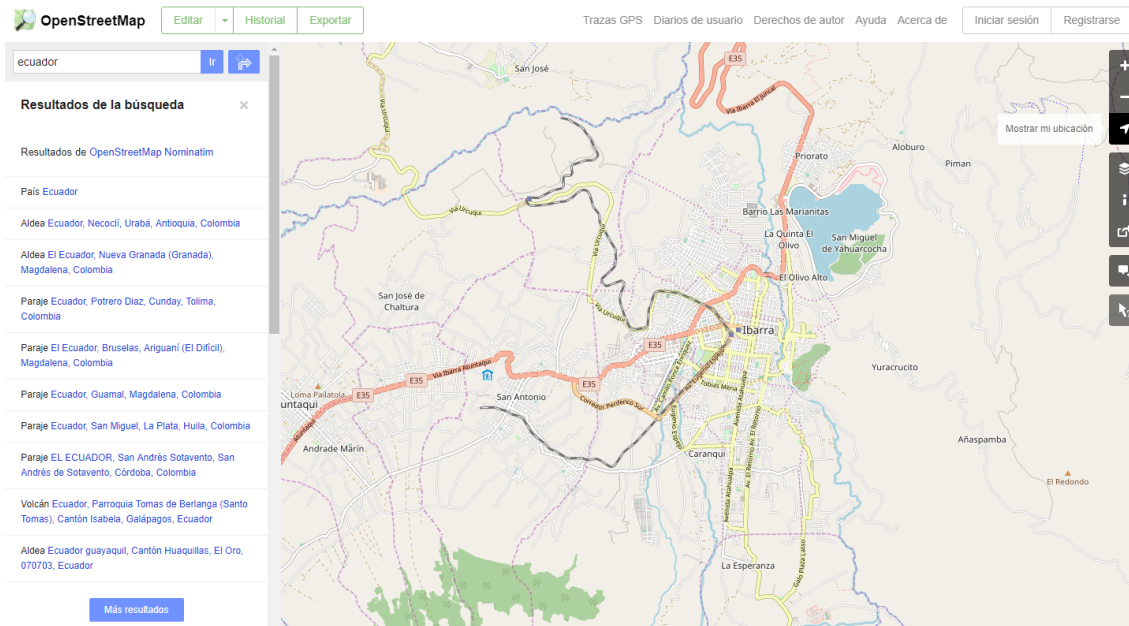


Figura 10. Interfaz de OpenStreetMaps

Tomado de (OpenStreetMaps, 2018)

La estructura que comprende OpenStreetMap está basada en 5 datos importantes

- **Nodos**



Son puntos que permiten ubicar posiciones de objeto

- **Vías**



Son líneas conectadas por nodos

- **Vías Cerradas**



Vías que forman áreas cerradas



- **Áreas**



Vías cerradas que están llenas

- **Relaciones**



Pueden usarse para crear formas o elementos que están relacionados entre sí, pero sin conexión alguna

Para obtener los mapas con los que se necesite trabajar OpenStreetMap tiene la capacidad de exportar el mapa con el tipo de archivo OSM, de esta manera obtener la información correspondiente para que pueda ser manipulada desde cualquier programa GIS.

### **3.6. Mapas de ruido**

Un mapa de ruido implementa de manera gráfica el comportamiento sonoro de un área geográfica como ciudad, pueblo, región e incluso sectores determinados como fábricas industrias etc. Esta información es entregada mediante colores que representen el estado del espacio al que se esté analizando (Bastian, 2013).

Los mapas de ruido permiten evaluar los principales problemas a la contaminación acústica en el ambiente, con la finalidad de determinar el comportamiento de fuentes móviles y fijas que a su vez se relaciona a la cantidad de población expuesta que existe en viviendas, colegios y hospitales tanto en el día como la noche. (Prieto, 2009).

El estudio puede ser un complemento favorable para la planificación urbanística dentro de una ciudad y a su vez para determinar el nivel de impacto ambiental que afecta a la población. (Bastian, 2013).

La evaluación de ruido de tráfico por medio de mapas de ruido geo-referenciados con técnicas de simulación está relacionado con ciertos parámetros a considerar.

- Medidas experimentales
- Método de cálculo
- Motor de simulación
- Creación de modelos acústicos

El nivel de incertidumbre dentro de un procedimiento tan exhaustivo como este implica la existencia de errores por la cantidad de datos que se maneja durante toda la evaluación del área bajo estudio Prieto (2009).

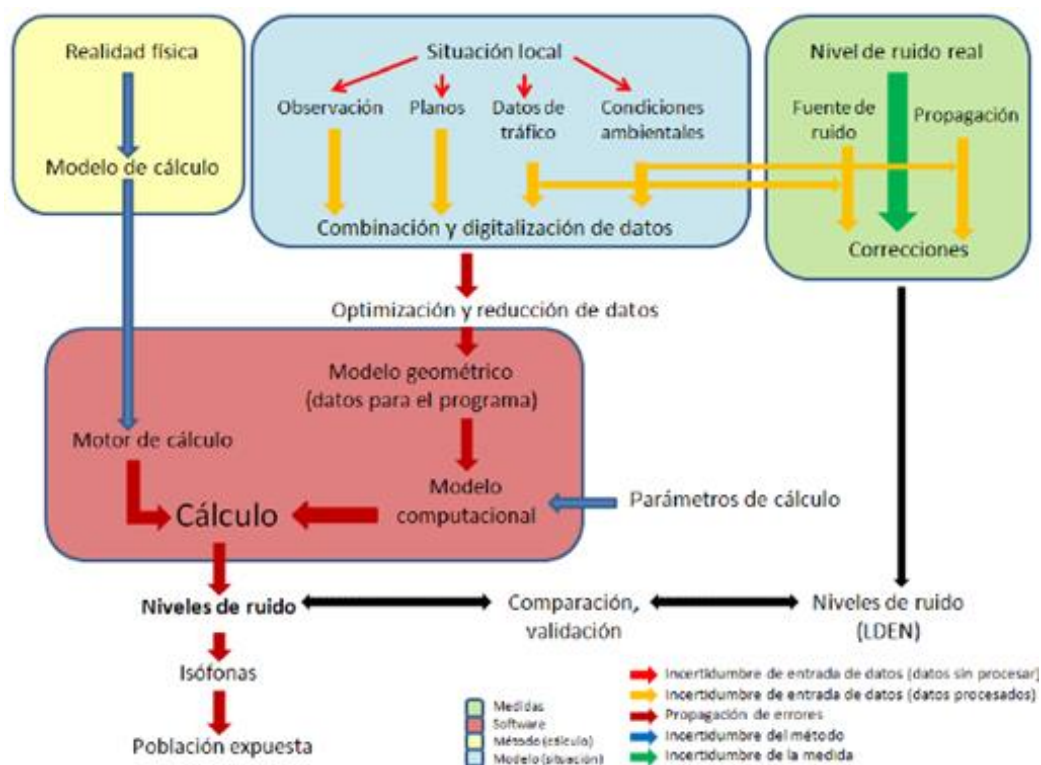


Figura 11. Incertidumbre en la creación de mapas de ruido

Tomado de (Prieto, 2009)

Para determinar un mapa de ruido es necesario detectar las principales influencias de contaminación sonora, como en las ciudades, que están expuestas al ruido de tráfico vehicular (Bastián, 2013)

### **3.6.1. Metodologías para la realización de mapas de ruido**

Para la implementación y correcta elaboración de mapas de ruido es indispensable obtener variables que forman parte de la base de datos de un software de simulación, estos datos están clasificados de la siguiente manera.

- Variable de propagación de sonido
- Variables de fuentes de ruido
- Variables de recepción de ruido

### **3.6.2. Variable de propagación de sonido**

Esta variable complementa las relaciones de paredes acústicas y condiciones que evitan la propagación del sonido.

- Elevación de terreno
- Desniveles huecos
- Clasificación de superficies de terreno
- Altura de barreras aledañas a las carreteras
- Absorción sonora de objetos, edificaciones y paredes
- Condiciones climáticas

### **3.6.3. Variable de fuentes de ruido**

Los datos que comprenden este apartado están relacionados al tráfico urbano y ferroviario.

- Velocidad de tráfico por hora
- Velocidad en intersecciones
- Potencia acústica de fuentes industriales
- Pendiente de carreteras
- Potencia acústica de fuentes fijas
- Rapidez en vías ferroviarias

#### **3.6.4. Variable de receptores de ruido**

Los datos que se utiliza en esta variable son básicamente la población expuesta a niveles de ruido

- Cantidad de población en edificios
- Número de viviendas por edificio y número de habitantes
- Niveles de exposición de ruido dependiendo de su ubicación (fachada o interior del conjunto habitacional)

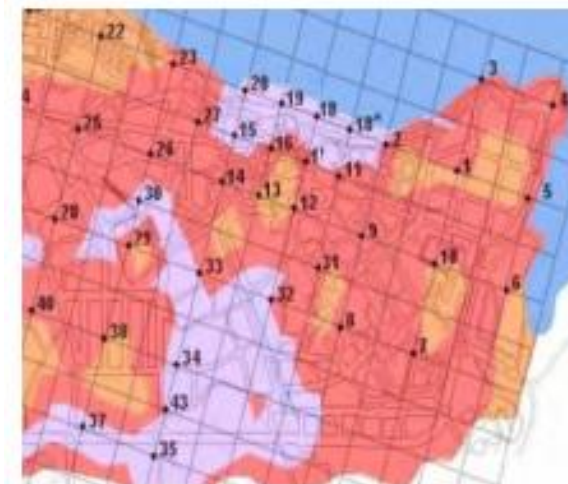
Existen diferentes metodologías para la creación de mapas de ruido

- Método de la cuadrícula o retícula
- Metodologías viales
- Metodología de uso de suelos
- Metodología de aleatoria
- Metodología por medios predictivos

Para determinar el comportamiento que se utilizó durante este trabajo de titulación sobre la evaluación de ruido de tráfico de la ciudad de Ibarra se utilizó la metodología vial gracias a las mediciones en los puntos más conflictivos de la ciudad y el método por modelos de predicción de ruido de tráfico.

#### **3.6.5. Método de la cuadrícula o retícula**

Este método consiste en dividir la zona mediante cuadrículas de una distancia que se encuentre fija en toda el área a estudio la distancia puede ser entre los 5 y 300 m en función de la dimensión.



*Figura 12.* Método de cuadrícula o retícula

Tomado de (Prieto, 2009)

### **3.6.6. Método de vías**

Este método consiste en determinar la clasificación de vías en toda el área bajo estudio con la finalidad de crear una relación entre ellas, de tal manera que existan muestras de diferentes secciones, para asumir que las cantidades de niveles de ruido son las mismas según la clasificación de vía que se estén analizando.



*Figura 13.* Método de vía

Tomado de (Prieto, 2009).

### 3.6.7. Metodología por uso de suelos

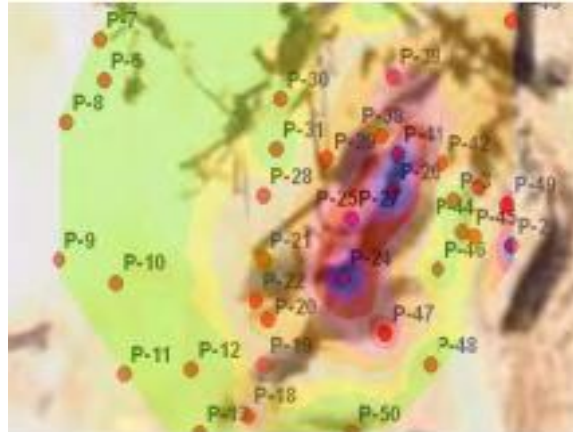
Este método está relacionado con el uso del suelo (uso comercial y residencial), planificación territorial, densidad poblacional sectorizada. De esta manera conforme a las actividades humanas podremos saber cuál es el resultado que existe en el área de estudio.



*Figura 14.* Método de uso de suelo  
Tomado de (Prieto, 2009).

### 3.6.8. Metodología aleatoria

Este método engloba a todas las anteriores y básicamente se lo utiliza cuando no existe información de cuadrícula o no existe la forma de realizar métodos viales o a su vez no es factible identificar el uso de suelo.



*Figura 15. Método aleatorio*  
Tomado de (Prieto, 2009).

Como se puede contemplar en los métodos descritos anteriormente, estos utilizan análisis estadísticos de tal forma que puede existir un porcentaje de error al no considerar otro tipo de fuentes como la fluctuación del ambiente sin tráfico vehicular, por lo que ocasionaría un mayor nivel resultante, para que el resultado sea lo más aproximado a la realidad dentro de la simulación se recomienda el uso de cada uno de los métodos anteriormente mencionados y a su vez la validación de datos por medio de mediciones.

### **3.7 Modelos predictivos de ruido de tráfico**

Un modelo de predicción del ruido del tráfico rodado es una herramienta que permite prever los niveles sonoros que producirá una vía de circulación por automotores dentro de una ciudad (Bastián, 2013).

En la actualidad se contempla varios modelos de ruido de tránsito vehicular, los cuales se diferencian por las ecuaciones que utilizan para realizar los cálculos de niveles, los distintos factores de corrección que emplean dependiendo de la situación que se quiera modelar (Bastian, 2013).

### 3.7.1 Modelo Alemán RLS90

Los niveles de emisión de una calle o un carril son calculados por medio del flujo vehicular circulante, donde el porcentaje de vehículos pesados y livianos esta referente a las variables que este modelo de predicción maneja. Esto viene de la mano de igual manera con la velocidad máxima permitida, la superficie de la calle y el gradiente. Los niveles de ruido dependerán de la distancia de la fuente o la altura de la misma y la cantidad de reflexiones producidas hacia el receptor (Bastian, 2013).

Existen factores que se pueden determinar como la evaluación  $L_r$  que determina el comportamiento de valores máximos de emisión o niveles ponderados que identifican las frenadas y arranques en cruces de caminos y semáforos (Bastian, 2013).

$$L_r = 10\log(\sum 10^{0.1L_{rj}}) \quad (\text{Ecuación 5})$$

- Donde

$L_{rj}$ : Niveles de cada fuente

Los niveles de evaluación en calle son:

$$L_r = L_m + K \quad (\text{Ecuación 6})$$

Los valores de  $K$  están expuestos en la siguiente tabla



Tabla 7.

*Rango de nivel de excitación sonora en cruces y semáforos.*

	<b>Distancia entre punto de emisión y el punto más cercano de corte del eje de carriles que se cruzan o encuentran</b>	<b>K en dB(A)</b>
1	Hasta 40 m	3
2	Entre 40 y 70 m	2
3	Entre 70 y 100 m	1
4	Sobre los 100 m	0

Tomado de (Bastian, 2013).

Para el cálculo de niveles considerando calles colectoras y arteriales de varios carriles se implementa una fuente a 0.5 (m) en la mitad de los carriles a través de la siguiente expresión.

$$L_m = 10 \log(10^{0,1L_{mn}} + 10^{0,1L_{mf}}) K \quad (\text{Ecuación 6})$$

- Donde

$L_{mn}$ : Nivel con ponderación en el carril externo cercano

$L_{mf}$ : Nivel con ponderación en el carril externo lejano

EL nivel de emisión es determinado a 25 metros de distancia y 4 metros de altura, de tal manera que evalúa un factor de densidad de tráfico de vehículos por hora y el porcentaje de vehículos pesados mediante la siguiente expresión.

$$L_{25} = 37.3 + 10 \log[Q(1 + 0.82P)] + C_{vel} + C_{pav} + C_{gradiente} (dBA)$$

(Ecuación 9)

❖ Donde

- Q: Es la densidad de tráfico de vehículos por hora
- P: Es el porcentaje de vehículos pesados en %
- L25: Nivel de emisión a 25 metros de distancia de la fuente

La corrección de velocidad esta dado por

$$C_{vel} = C_{ligeros} - 37.3 + 10 \log \left[ \frac{100 + (10^{0.1C})P}{200 + 8.23P} \right] \quad (\text{Ecuación 8})$$

• Donde

$$L_{ligeros} = 27.8 + 10 \log [1 + (0.02V_{Ligeros})^3] \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$L_{Pesados} = 23.1 + 12.5 \log(V_{pesados}) \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$C = L_{Pesados} - L_{Ligeros} \quad (\text{Ecuación 11})$$

$V_{ligeros}$  es la velocidad promedio de vehículos ligeros (Km/h) y  $V_{pesados}$  es la velocidad promedio de los vehículos pesados (Km/h)

La superficie se rige bajo la siguiente tabla de corrección por pavimento donde los valores dependen estrictamente sobre el material de las calles con las que estén adecuados todos los sectores de la ciudad.

Tabla 8.

Corrección según tipo de pavimento.

Tipo de superficie	Máxima velocidad permitida (Km/H)			
	30	40	>50	>60
Asfalto no ranurado	0	0	0	0
Concreto o Asfalto ranurado	1	1.5	2	2
Adoquines con textura suave	2	2.5	3	3
Adoquines con textura rígida	3	4.5	6	6
Hormigón con tratamiento escoba metal	1	1	1	1
Hormigón con envoltura de tela (suave)	0	0	-2	-2
Asfalto Hormigón sin grieta	0	0	0	-2
Asfalto poroso con más de 15% de poros tipo 0/11	0	0	0	-4
Asfalto poroso con más de 15% de poros tipo 0/8	0	0	0	-5

Tomado de (Bastian, 2013).

La corrección por gradiente está compuesta por:

$$C_{\text{gradiente}} = ((0,6G) - 3)), \text{ si } G > 5 \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$C_{\text{gradiente}} = 0, \text{ si } G < 5 \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde

$$C_{\text{gradiente}} = 0, \text{ si } G < 5$$

G: Porcentaje de pendiente del camino

### **3.7.2. Motor de cálculo**

Dentro del mercado de software de simulación espacial y geo-referenciada, existen varios que contemplan la evaluación del ruido en relación con la emisión y recepción de niveles expuestos dentro de un área (Aramendia y Nagore, 2007).

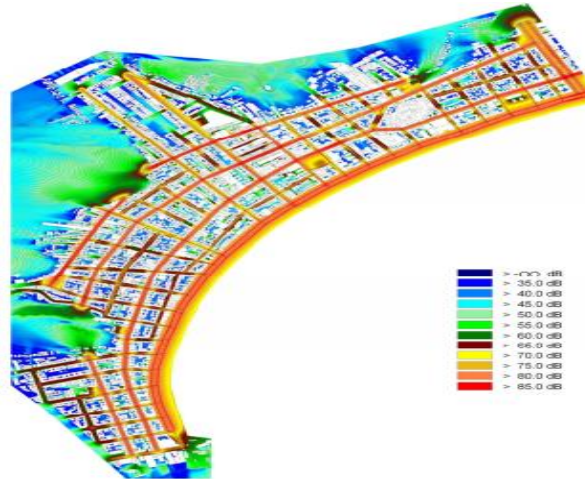
A pesar de que las distintas aplicaciones que intervienen en este tema estén creadas para un mismo fin, los algoritmos que los componen generan diferentes resultados, dependiendo del número de variables con las que se ingresen en el programa computacional (Aramendia y Nagore, 2007).

#### **3.7.2.1. CadnaA**

Es un programa para la simulación gráfica y analítica de los niveles de ruido o contaminación acústica que puede existir en una determinada área de influencia. Con la finalidad implementar por medio de cálculos predictivos el comportamiento acústico que puede afectar a una población (Aramendia y Nagore, 2007).

Esta interfaz trabaja en Microsoft Windows e incorpora tecnología PCSP (Parallel Controlled Software Processing) es decir que puede trabajar de manera paralela en uno o varios proyectos por medio de una red de área local (Aramendia y Nagore, 2007).

CadnaA está comprendida bajo normas internacionales para el cálculo correspondiente a fuentes de contaminación sonora por carreteras, vías ferroviarias, aeroportuarias; este tiene la capacidad de calcular e implementar un análisis simulado del comportamiento de una ciudad en aspectos como propagación, reflexiones, difracción y otras variables que permiten el control de ruido para fuentes móviles y fijas.



*Figura 16.* Resultados de un mapa de ruido en Rio De Janeiro Tomado de (Aramendia y Nagore, 2007).

### **3.8. Marco normativo**

#### **3.8.1. Decreto Ejecutivo No. 1196 de la Presidencia de la República**

En el “Artículo 322 se menciona que los vehículos que circulen dentro del territorio ecuatoriano deberán estar provistos de partes, componentes y equipos que aseguren la reducción de la contaminación acústica sin que rebasen los límites máximos permisibles, establecidos en la normativa y reglamentos INEN”.

El “Artículo 323 afirma que los fabricantes e importadores de vehículos a nivel nacional deben responsabilizarse del impacto ambiental por ruido por medio de dispositivos que reduzcan la contaminación sonora”.

#### **3.8.2. Código Orgánico de Organización Territorial Autónoma y Descentralización COOTAD**

Determina que los gobiernos provinciales implementen un sistema que regule y organice la gestión ambiental, en cada territorio al que pertenezca; estas acciones se realizarán en el marco del sistema nacional descentralizado de

gestión ambiental y en concordancia con las políticas emitidas por la autoridad ambiental nacional.

### 3.8.3. Ministerio del Ambiente Registro Oficial N.º 387

#### 3.8.3.1. Libro VI Anexo 5 Niveles máximos de emisión de ruido

Esta normativa técnica permite dictaminar bajo el amparo de la ley ecuatoriana en gestión ambiental de la prevención de la salud y bien confort de las personas a causa de la contaminación ambiental bajo la emisión de fuentes móviles y fijas.

Se toma a consideración esta norma ya que permite establecer los parámetros de medición de fuentes móviles y procedimientos de cálculos para establecer los niveles permisibles de ruido.

#### 3.8.3.2. Niveles máximos permisibles de ruido

Para niveles de presión sonora permisibles en un lapso de 24 horas para fuentes fijas según el uso de suelo.

Tabla 9.

*Niveles de presión sonora según uso de suelo.*

<b>Niveles máximos de emisión de ruido para FFR</b>		
<b>Uso de suelo</b>	<b>LKeq (dB)</b>	
	<b>07:01 hasta 21:00 horas</b>	<b>21:01 hasta 07:00</b>
Residencial (R1)	55	45
Equipamiento de servicios sociales (EQ1)	55	45
Equipamiento de servicios sociales (EQ2)	60	50
Comercial (CM)	60	50

Agrícola Residencial (AR)	65	45
Industrial (ID1/D2)	65	55
Industrial (ID3/ID4)	70	65
Uso Múltiple	<p>Cuando existan usos de suelo múltiple o combinados se utilizará el LKeq más bajo que cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación.</p> <p><b>Ejemplo:</b> Uso de suelo: Residencial + ID2</p> <p>LKeq para este caso = Diurno 55dB y Nocturno 45 dB</p>	
Protección Ecológica (PE) Recursos Naturales	<p>La determinación de LKeq para estos casos se lo llevara a cabo de acuerdo con el procedimiento descrito en el Anexo 4</p>	

Tomado de (Ministerio del Ambiente, 2015).

Según el Registro ofician N° 387 el Anexo 1 determina al uso de suelo como una referencia favorable para determinar los niveles de máximos de ruido.

Límites máximos de ruido permitidos para fuentes móviles

Tabla 10.

*Rango de niveles de emisión sonora fuentes móviles.*

I. VEHÍCULOS LIVIANOS Y PESADOS				
CATEGORÍA DE VEHÍCULO	NPS MÁXIMO PERMITIDO EN dB(A)			
	AÑOS DE FABRICACIÓN			
	ACTUAL	5 años atrás	De 5 a 10 años atrás	De más de 10 años atrás
Motocicletas y motonetas de hasta 200 cc. De cilindraje y de 2 tiempos	79	75	78	81
Cualquier otro tipo de motocicletas	75	78	81	84
Vehículos motorizados de hasta 1 tonelada de carga	75	78	81	84
Vehículos motorizados de hasta 4 toneladas de carga	75	80	82	82
II. VEHÍCULOS DE TRANSPORTE PESADO: Independientemente del año de fabricación				
CATEGORÍA DE VEHÍCULO	NMPS MÁXIMO PERMITIDO dB(A)			
Vehículos para transporte de pasajeros o con una capacidad de carga que exceda las 4 toneladas y una potencia menor a 200 HP(motor)	80			
Vehículos de transporte de pasajeros a carga y tengan una potencia mayor o igual a 200 HP	85			

Tomado de (Ministerio del Ambiente, 2015).



### 3.9.1. Clasificación de Vías

#### 3.9.1.1. Vía Local

Este sistema vial urbano es la menor fluctuación de vehículos conectándose principalmente con vías colectoras. Este tipo de vía está ubicada en lugares residenciales o barrios. Permiten solamente la circulación de vehículos livianos el límite máximo es de 30 Km/h (ARQUHYS, 2012).

#### Características Funcionales:

- Se conectan solamente con vías colectoras.
- Proporcionan baja movilidad de tráfico y velocidad de operación.
- Bajos flujos vehiculares.
- No permiten la circulación de vehículos pesados.
- Pueden permitir el estacionamiento de vehículos
- La circulación peatonal tiene preferencia sobre los vehículos
- No permiten la circulación de líneas de buses.

#### Características técnicas

Tabla 11.

*Características técnicas vías locales.*

Velocidad de vía	50 Km/h
Velocidad de operación máxima	30 Km/h
Distancia paralela entre ellas	100-300 m
Número mínimo de carriles	Uno por sentido
Tráfico promedio diario anual TPDA	100 a 200 vehículos
Ancho de carril	3.5 m

Tomado de (ARQUHYS, 2012).

### 3.9.1.2. Vía colectora

Su función principal es servir al tráfico intercantonal e interparroquial con características de movilidad y acceso. Se articula y conecta a vías arteriales y locales (ARQUHYS, 2012).

Características técnicas

Tabla 12.

*Características técnicas vías colectoras.*

Velocidad de vía	50 Km/h
Velocidad de operación máxima	20-40 Km/h
Distancia paralela entre ellas	1000-500 m
Número mínimo de carriles	Dos por sentido
Tráfico promedio diario anual TPDA	300-1000
Ancho de carril	3.65 m

Tomado de (ARQUHYS, 2012).

### 3.9.1.3. Vía arterial

Su función principal es distribuir al tráfico urbano de la ciudad, caracterizados por grandes distancias. Permite establecer conexión entre los grandes generadores de tráfico zonas industriales, productivas o residenciales (ARQUHYS, 2012).

Características técnicas

- Asume el tráfico internacional e interprovincial
- Provee gran movilidad al tráfico de larga distancia
- Garantiza continuidad en las grandes regiones
- Permite conexiones con vías similares en regiones vecinas

Tabla 13.

*Características técnicas vías arteriales.*

Velocidad de vía	70 Km/h
Velocidad de operación máxima	50-70 Km/h
Distancia paralela entre ellas	3000-1500 m
Número mínimo de carriles	Tres por sentido
Tráfico promedio diario anual TPDA	3000-8000
Ancho de carril	3.65 m

Tomado de (ARQUHYS, 2012).

**3.9.1.4. Vía expresa**

Su función principal distribuir el tráfico interprovincial e intercantonal o la conexión entre ciudades en condiciones de movilidad.

**Características técnicas**

- Asume el tráfico interprovincial e intercantonal, distrital y regional
- Provee gran movilidad cantonal y regional
- Establece un sistema continuo combinado con las vías arteriales
- Conecta poblaciones superiores a 10.000 habitantes

Tabla 14.

*Características técnicas vías expresas.*

Velocidad de vía	90-100 Km/h
Velocidad de operación máxima	60-90 Km/h
Distancia paralela entre ellas	8000-3000 m
Número mínimo de carriles	Tres por sentido
Tráfico promedio diario anual TPDA	3000-1000

Ancho de carril	3.65 m
-----------------	--------

Tomado de (ARQUHYS, 2012).

#### **4. Metodología**

La implementación de un proyecto enfocado al medio ambiente debe ser relacionado específicamente a qué tipo de ruido influye en una ciudad. Como la cantidad de fuentes móviles que intervienen dentro una urbe que pueden afectar la comodidad de la población.

En este proyecto se tomará en cuenta el tráfico vehicular con variables como velocidad, características físicas de la calzada y fluctuación de vehículos pesados.

La validación de información obtenida durante las mediciones en el levantamiento de datos pertinentes será indispensable a la hora de comparar con los métodos de modelación de ruido de tráfico o flujo vehicular ya que con los mismos existirá un error mínimo en la simulación implementada por el software de simulación acústica CadnaA (Aramendia y Nagore, 2007).

La evaluación y discretización de datos principalmente de la ciudad de Ibarra fue otorgada por parte de los Departamentos del GAD Ibarra como es: Avalúos y Catastros, Obras Públicas y Tránsito y Transporte de la ciudad.

Esta información es indispensable para el resultado final respecto a la elaboración del mapa de ruido de la ciudad de Ibarra, que consistirá en conteo diario de vehículos en las calles así como también mapas correspondientes a usos de suelo y curvas de nivel.

#### **4.1. Base cartográfica de la ciudad**

Mediante la información obtenida por medio del departamento catastral de la Ciudad de Ibarra se implementará el análisis respectivo en la ubicación de las delimitaciones parroquiales, curvas de nivel, límites urbanos de la ciudad, usos de suelo. Estos datos se tomarán como iniciativa para el diseño del mapa de ruido de la ciudad.

El mapa se elaborará mediante el software modelación informática CadnaA Noise Mapping, con la licencia que posee la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica de la Universidad de Las Américas. La modelación se realizará en el laboratorio de la misma.

El proceso a través de este software permitirá la modelación del ruido producido por el tráfico vehicular, tomando en cuenta toda la información requerida que corresponde principalmente a cartografía y flujo vehicular previamente analizado por medio del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ibarra.

##### **4.1.1. Base de datos de flujo vehicular**

Para la elaboración de la base de datos del flujo vehicular se realizará un análisis de los tramos de circulación en relación con el tipo de vehículos, pendiente, número de pistas, número de vehículos, obstáculos, distancias del receptor, flujo vehicular, edificación en altura, manzanas, ciclo diario semanal, además de la topografía y curvas de nivel.

Para realizar la modelación estadística por ruido de tráfico se tomará como referencia el modelo predictivo llamado RLS90 (modelo alemán), modelo que según Bastian (2013) en el estudio de la Elaboración de mapa de ruido de la ciudad de Valdivia es el más apropiado por las variables matemáticas que utiliza para identificar los principales índices de ruido de la ciudad.

## **4.2. Implementación mapa de ruido**

Para la creación del mapa de ruido que se comprenderá en la ciudad de Ibarra se tomó en cuenta la validación de datos para las variables que complementan la geo referencia del plano base de la ciudad en ArcMap exportado finalmente a CadnaA para el cálculo de la malla.

Las variables que se tomaron en cuenta serán las siguientes:

### **4.2.1. Propagación de sonido**

Esta variable complementa las relaciones de paredes acústicas y condiciones que evitan la propagación del sonido.

- Elevación de terreno
- Clasificación de superficies de terreno
- Altura de barreras aledañas a las carreteras
- Absorción sonora de objetos, edificaciones y paredes

### **4.2.2. Fuentes de ruido**

Los datos que comprenden este apartado están relacionados al tráfico urbano y ferroviario.

- Velocidad de tráfico por hora
- Velocidad en intersecciones
- Pendiente de carreteras
- Velocidad vehículos livianos y pesados
- Porcentaje de vehículos pesados
- Conteo de vehículos
- Tipo de calzada

Para el cálculo de la malla en CadnaA se utilizó el método de medios predictivos, a través del modelo de predicción alemán RLS90

### 4.3 Metodología por medios predictivos

#### 4.3.1 conteos de tráfico vehicular

En primera instancia gracias a la información proporcionada por el GAD-I se realizaron los levantamientos en los 4 ingresos y salidas principales la ciudad, obteniendo la información sobre volúmenes vehiculares de tránsito.

#### 4.3.2. Estructura de la toma de datos

El estudio de tráfico está constituido por puntos vehiculares volumétricos, los mismos que fueron realizados en los cuatro accesos principales que se describen a continuación:

Tabla 15.

*Principales puntos de medición vías expresas y colectoras de la ciudad de Ibarra.*

<b>Acceso</b>	<b>Nombre de la estación</b>	<b>Sector</b>	<b>Descripción</b>
Norte	Puente de los Molinos	Av. Carchi y panamericano norte	Ingreso y salida norte de la ciudad
Nor Occidente	El Milagro	Canavalle	Ingreso y salida hacia la vía Ibarra Zuleta
Sur	Caranqui	La Esperanza	Ingreso y salida Sur hacia la vía Zuleta
Sur Occidente	Florida	La Florida	Ingreso y salida Sur Occidente panamericana Sur



*Figura 17.* Principales entradas a la ciudad de Ibarra  
Tomado de (Google Maps, 2018).

#### 4.4. Digitalización del terreno en (GIS)

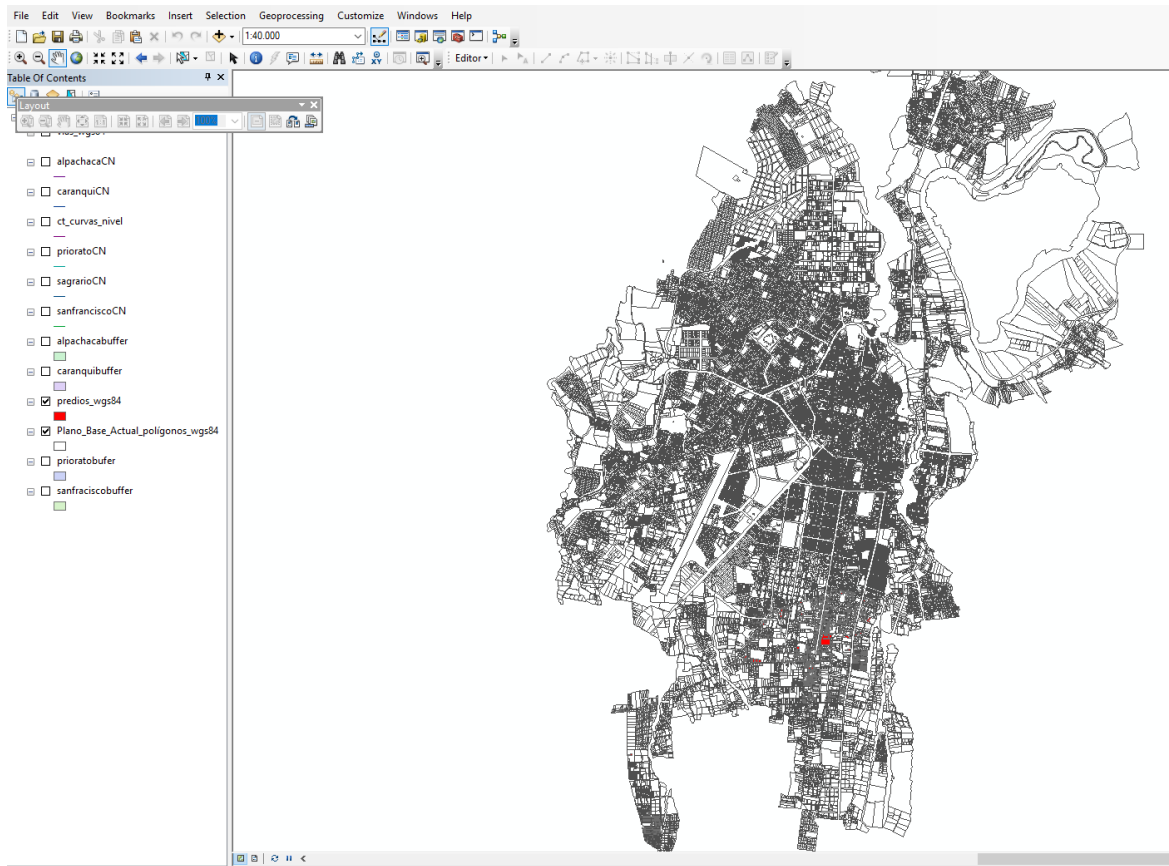
Antes de implementar el mapa de ruido mediante CadnaA, es necesario digitalizar las propiedades geo referentes (GIS) de la ciudad como:

- **Plano base de la ciudad**

Esta información está compuesta por información catastral y predial del asentamiento, así como también las delimitaciones parroquial correspondientes (Prieto, 2009).

Dentro de la información cartográfica de la ciudad por medio de los archivos del tipo Shape se encontraron los valores de predios edificados, sin edificar y de altura de edificios, por lo cual facilito el modelamiento de la ciudad



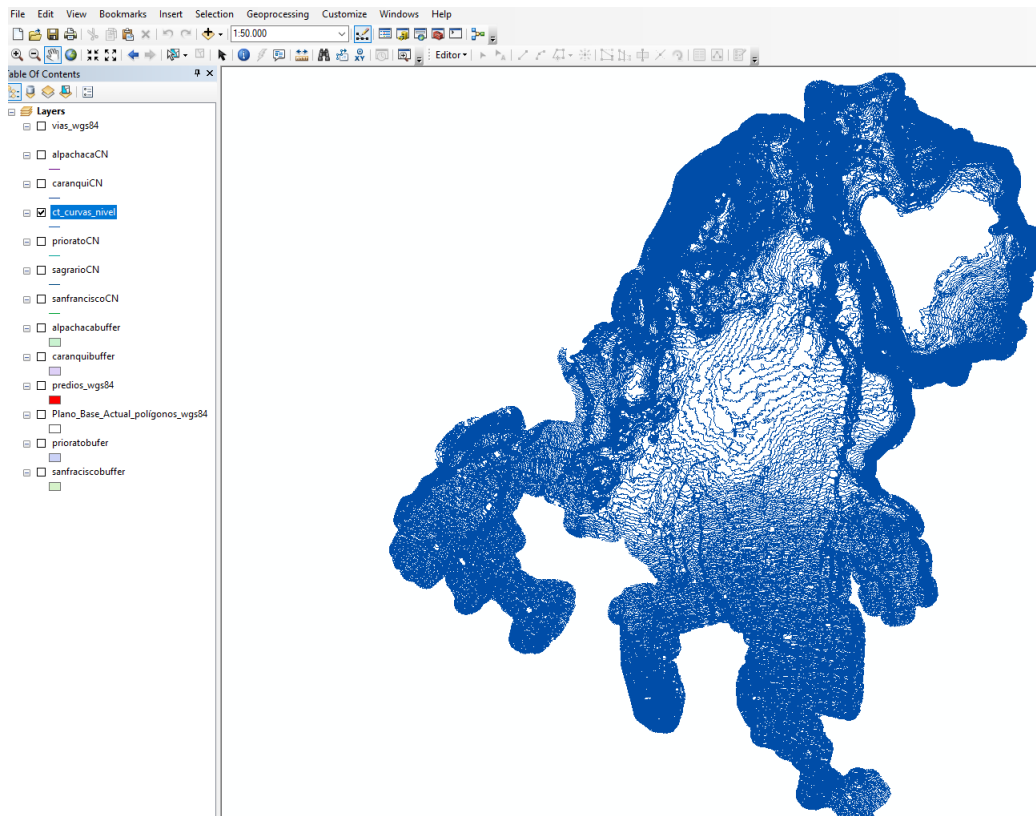


*Figura 18.* Plano base de la Ciudad de Ibarra representada en ArcMap.

- **Curvas de nivel**

Es la unión de líneas que determinan los cortes de superficies de terreno mediante un mapa con la finalidad de representar de manera física o digital las alturas de las fallas geológicas (pendientes montañas y riscos) que existan en la determinada área (Prieto, 2009).

Las informaciones de las curvas de nivel están guardadas de manera digital en cada pixel y punto vectorial mostrando el cambio de valores sobre la superficie mediante isolíneas en la representación geográfica (Puerta y Morales, 2011).

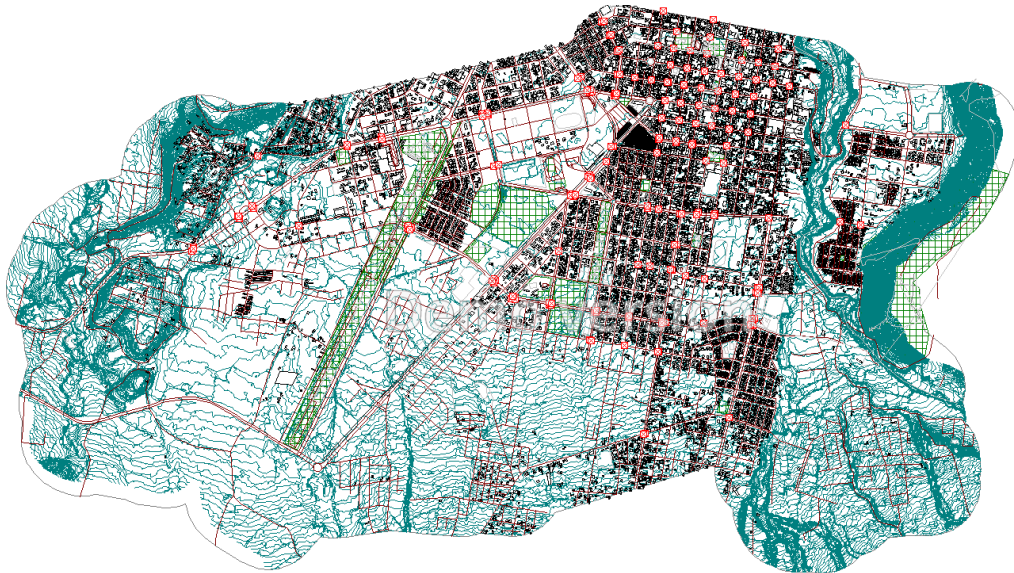


*Figura 19.* Curvas de nivel de la ciudad de Ibarra representada en ArcMap.

Las coordenadas cartográficas de la ciudad y el país están representadas por las coordenadas geográficas WGS84 (World Geodetic System 1984) zona 17 posición sur, que a su vez sirven para localizar un cualquier punto en el planeta.

#### **4.5. Modelamiento y configuración del terreno en CadnaA**

Durante este período es necesario importar los datos del sistema de ArcMap a la base operativa de CadnaA, empezando por los datos de curvas de nivel y calles de la ciudad donde se establecerá el modelado del terreno por el cual está asentada la ciudad.

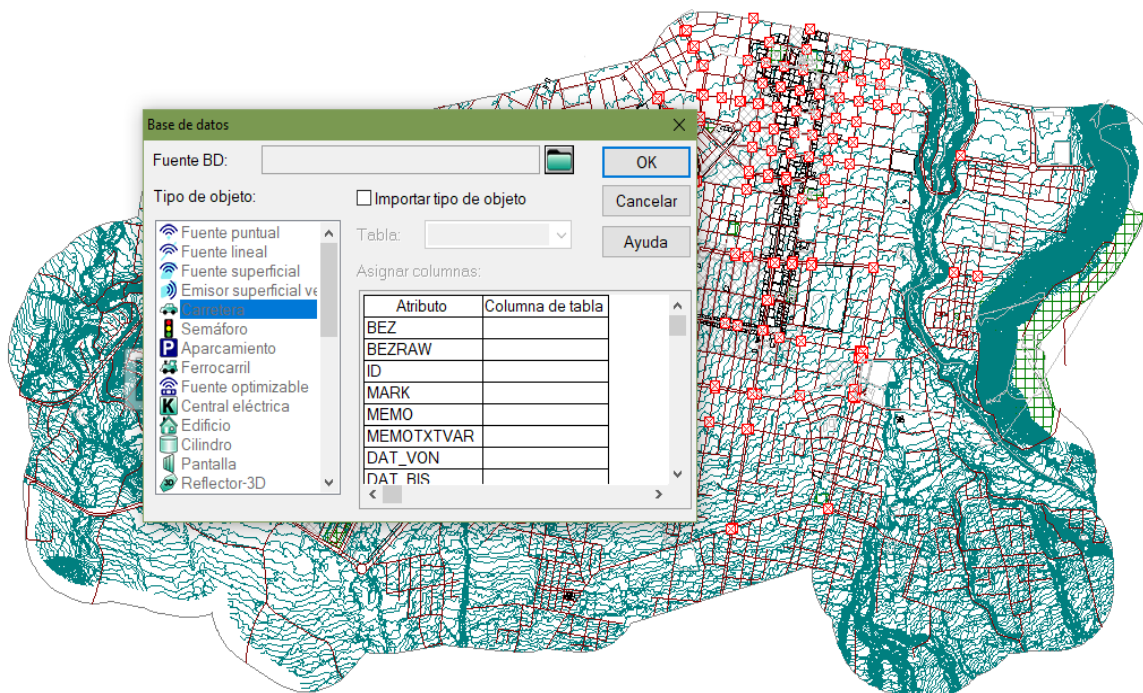


*Figura 20.* Configuración de curvas de nivel parroquia San Francisco de la ciudad de Ibarra.

Una vez establecidos los puntos de curvas de nivel es necesario configurar el terreno por medio de los parámetros de CadnaA como:

- Tipo de modelo predictivo
- Normativa para el cálculo de fuentes Fijas (ISO-9613)
- Períodos o Horarios Equivalentes
- Número de Reflexiones
- Altura absoluta de referencia
- Error Máximo
- Radio Máximo de búsqueda
- Reflexiones
- Consideración de topografía explicita

Una vez establecida la configuración pertinente a CadnaA y realizar el cálculo predictivo e interpretación de datos en el mapa, es necesario importar los datos correspondientes a conteo vehicular, donde los mismos serán ingresados por medio de una tabla de Excel.



*Figura 21.* Configuración de base de datos para conteo vehicular parroquia San Francisco de la ciudad de Ibarra.

Para ingresar las cantidades de tráfico vehicular es necesario crear una base de datos por medio de la información establecida en Excel, identificando variables como:

- Número ID o identificación
- MT o vehículos livianos (Liv)
- PT o vehículos pesados (Pes)
- VPKW o velocidad livianos (VL)
- LPKW o velocidad pesados (VP)

De esta manera los datos asignados en Excel se podrán sincronizar fácilmente con la interfaz de CadnaA para que el mismo comience con el respectivo cálculo de malla.

	A	B	C	D	E	F	G	I
1	Nombre	Tipo de calles Parroquia	ID	Liv	Pes	VL	VP	
2	Av. Jaime Rivadeneira	Colectora	road_00000		205	13	50	40
3	Av. Mariano Acosta	Colectora	road_00003		385	9,9	50	40
4	Avenida Cristóbal de Troya	Colectora	road_00004		280	9,9	50	40
5	Obelisco	Arterial	road_00005		292	10	50	40
6	Av. Eugenio Espejo	Local Principal	road_00006		230	4,83	50	40
7	Av. Camilo Ponce Enriquez	Colectora	road_00008		280	9,9	50	40
8	Tobias Mena	Local Principal	road_00009		230	4,83	50	40
9	Vía Santa Rosa del Tejar	Via rural	road_00010		50	10	50	40
10	Vía Santa Rosa del Tejar	Via rural	road_00013		50	10	50	40
11	Victor Gómez Jurado	Local Principal	road_00015		230	4,83	50	40
12	Padre Jacinto Pankery	Local Principal	road_00016		230	4,83	50	40
13	Luis Felipe Lara Gonzalez	Local Secundaria	road_00017		120	1,22	50	40
14	Lucio Tarquino Páez	Local Principal	road_00018		230	4,83	50	40
15	Juan Montalvo	Local Principal	road_00019		230	4,83	50	40
16	Pedro Moncayo	Local Secundaria	road_00020		230	3,25	50	40
17	José Peralda	Local Secundaria	road_00021		150	2,3	50	40
18	2 de Agosto	Local Secundaria	road_00022		150	2,3	50	40
19	24 de Julio	Local Principal	road_00023		230	4,83	50	40
20	Abelardo Moran Muñoz	Local Principal	road_00024		230	4,83	50	40
21	Dr. Cristóbal Gomez Jurado	Local Secundaria	road_00025		150	2,3	50	40
22	Juan Genaro Jaramillo	Local Secundaria	road_00026		150	2,3	50	40
23	Dr. Cristóbal Tobar Subia	Local Secundaria	road_00027		150	2,3	50	40
24	Gabriela Mistral	Local Principal	road_00028		230	4,83	50	40
25	6 de Diciembre	Local Secundaria	road_00029		150	2,3	50	40
26	19 de Abril	Local Secundaria	road_00030		150	2,3	50	40
27	Simon Rodriguez	Local Secundaria	road_00031		150	2,3	50	40
28	Simon Rodriguez	Local Secundaria	road_00032		150	2,3	50	40
29	5 de Junio	Local Principal	road_00033		230	4,83	50	40
30	Fray Bartolome de las Casas	Local Principal	road_00034		230	4,83	50	40
31	15 de Enero	Local Secundaria	road_00035		150	2,3	50	40

Figura 22. Base de datos Excel conteo vehicular parroquia San Francisco de la ciudad de Ibarra

Cabe indicar que los datos una vez que son exportados se establecen dentro de la base de datos de CadnaA en cada una de las vías de la ciudad de Ibarra.

Nombre	M	ID	Lims	Datos de afuro	Datos horarios de afuro	Limite velocidad	STE	Aut					
		(R5A)	(R5A)	(R5A)	M								
					Dia	Tarde	Noche	p (%)					
					Dia	Tarde	Noche	(km/h)					
								(km/h)					
Av. Jaime Rivadeneira	road_00000	58.8	-6.6	-4.5	205.0	0.0	0.0	13.0	0.0	20.0	50	40	0.0
Av. Mariano Acosta	road_00003	60.0	-6.6	-4.5	385.0	0.0	0.0	9.9	0.0	20.0	50	40	0.0
Avenida Cristóbal de Troya	road_00004	59.4	-6.6	-4.5	280.0	0.0	0.0	9.9	0.0	20.0	50	40	0.0
Obelisco	road_00005	59.6	-6.6	-4.5	292.0	0.0	0.0	10.0	0.0	20.0	50	40	0.0
Av. Eugenio Espejo	road_00006	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Av. Camilo Ponce Enriquez	road_00008	59.4	-6.6	-4.5	280.0	0.0	0.0	9.9	0.0	20.0	50	40	0.0
Tobias Mena	road_00009	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Vía Santa Rosa del Tejar	road_00010	51.9	-6.6	-4.5	50.0	0.0	0.0	10.0	0.0	20.0	50	40	0.0
Vía Santa Rosa del Tejar	road_00013	51.9	-6.6	-4.5	50.0	0.0	0.0	10.0	0.0	20.0	50	40	0.0
Victor Gómez Jurado	road_00015	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Padre Jacinto Pankery	road_00016	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Luis Felipe Lara Gonzalez	road_00017	52.3	-6.6	-4.5	120.0	0.0	0.0	1.2	0.0	20.0	50	40	0.0
Lucio Tarquino Páez	road_00018	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Juan Montalvo	road_00019	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Pedro Moncayo	road_00020	56.2	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	3.3	0.0	20.0	50	40	0.0
José Peralda	road_00021	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
2 de Agosto	road_00022	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
24 de Julio	road_00023	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Abelardo Moran Muñoz	road_00024	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Dr. Cristóbal Gomez Jurado	road_00025	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Juan Genaro Jaramillo	road_00026	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Dr. Cristóbal Tobar Subia	road_00027	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Gabriela Mistral	road_00028	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
6 de Diciembre	road_00029	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
19 de Abril	road_00030	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Simon Rodriguez	road_00031	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Simon Rodriguez	road_00032	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
5 de Junio	road_00033	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
Fray Bartolome de las Casas	road_00034	56.9	-6.6	-4.5	230.0	0.0	0.0	4.8	0.0	20.0	50	40	0.0
15 de Enero	road_00035	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Victor Gómez Jurado	road_00036	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Olimpia Guisla Vasquez	road_00037	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Carmela Suarez de Lopez	road_00038	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0
Teresa de Jesus Cepeda	road_00039	53.9	-6.6	-4.5	150.0	0.0	0.0	2.3	0.0	20.0	50	40	0.0

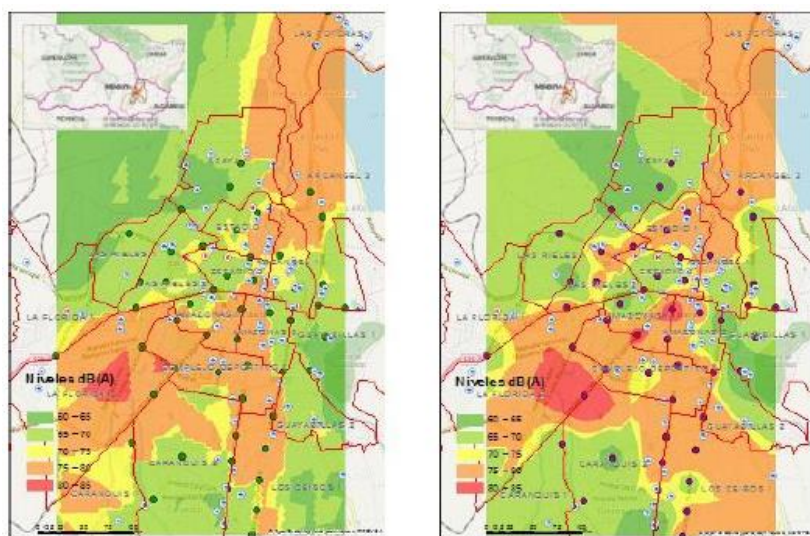
Figura 23. Base de datos de conteo vehicular importada a CadnaA parroquia San Francisco de la ciudad de Ibarra.



#### 4.6 Validación de datos de modelamiento y medición

Mediante los datos obtenidos del estudio realizado por la Universidad Técnica del Norte respecto al Análisis de la Contaminación Acústica Generada por el Parque Automotor en la Zona Urbana de la Ciudad de Ibarra, estudio en el cual se ha utilizado el método de interpolación de Kriging, que tiene como característica principal la obtención de datos por medio de varios puntos de medición que se correlacionan dependiendo de su distancia y radio específico (López López, 2018).

Es importante indicar que la información conseguida de las mediciones son promedios ponderados en cada una de las celdas del mapa de estudio.



*Figura 24.* Mapa de contaminación acústica por medio de método de interpolación de Kriging

Tomado de (López y López, 2018).

Así podemos decir que la validación de datos consiste en el análisis comparativo de los resultados de ambos estudios, como son las mediciones In situ resultantes junto con el modelo de predicción de ruido de tráfico que utiliza CadnaA. De tal manera que nos permite saber que tan lejos están los resultados unos con otros

y con ello determinar de manera concluyente el comportamiento del ruido por tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra.

## **5. Resultados**

### **5.1. Tráfico promedio diario anual (TPDA)**

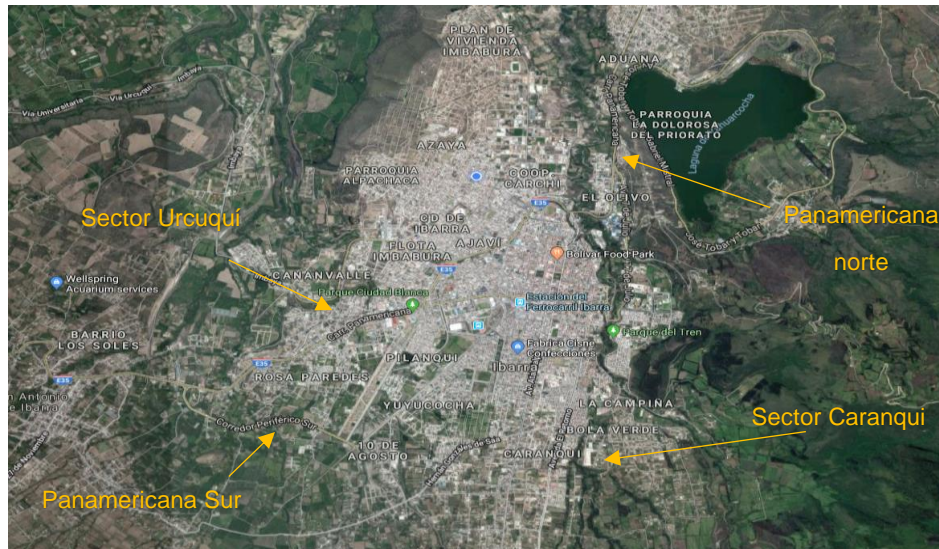
Para el caso del levantamiento de datos de tránsito, éstos fueron realizados con contadores automáticos digitales que se ubicaron en las principales entradas y salidas urbanas por un período de una semana, desde el martes 17 de junio al lunes 23 de junio de 2010.

El objetivo fue determinar los volúmenes de vehículos que entran y salen de la ciudad de Ibarra, estos volúmenes se contabilizaron las 24 horas, cada día de la semana y luego tipificados para conocer los porcentajes de transporte pesado y liviano.

Finalmente, con estos datos se realiza el cálculo de Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) con la finalidad de realizar el balance funcional de la infraestructura vial actual de entradas y salidas de la ciudad de Ibarra.

Torres, (2010) afirma que “la veracidad de los datos de tráfico es del 99% y para asegurar la calidad de la toma de datos se realizó la inspección del funcionamiento de los equipamientos cada 24 horas de la toma de datos”. (pág. 5).

En tal sentido, el TPDA calculado para cada uno de los accesos del sector urbano de la ciudad como La Florida, Urcuquí, La Esperanza y El Olivo están distribuidos de la siguiente manera.



*Figura 25.* Conteo de tráfico vehicular promedio por hora de livianos y pesados en las principales entradas y salidas de la ciudad de Ibarra en el período diurno. Tomado de (Google Maps, 2018).

Mediante el conteo vehicular realizado a través de la consultoría del Plan Sustentable de Tránsito y Transporte para Ibarra (2010) establece que; “en el sector Sur La Florida en los dos sentidos, se tiene que el TPDA evidencia aproximadamente 25000 vehículos diarios” (pág. 80)

Tabla 16

*Número de vehículos en las entradas y salidas promedio de la ciudad de la ciudad de Ibarra sector sur.*

<b>Panamericana sur</b>		
	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>
Total, de vehículos	12,633	12,504
Porcentaje Pesados	46.47%	50.61%

En la vía Panamericana Norte sector El Olivo, el volumen de tráfico en el TPDA es de 20000 vehículos diarios aproximadamente, considerando que esta vía expresa es el ingreso y salida a Ibarra.



Tabla 17.

*Número de vehículos en las entradas y salidas promedio de la ciudad de Ibarra sector norte.*

<b>Panamericana Norte</b>		
	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>
Total, de vehículos	9,909	10,108
Porcentaje Pesados	42.61%	37,50%

En el sector de la vía expresa que conduce a Urcuquí el volumen de tráfico fluctúa aproximadamente entre 600 y 700 vehículos por hora por sentido con un total de 4.309 automotores en los dos sentidos.

Tabla 18.

*Número de vehículos en las entradas y salidas promedio de la ciudad de Ibarra sector Urcuquí en hora pico.*

<b>Vía Urcuquí</b>		
	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>
Total, de vehículos	2,129	2,179
Porcentaje Pesados	8.16%	8.61%

Mediante el conteo, en el sector de Caranqui el volumen de tráfico fluctúa entre 100 y 200 vehículos por hora y por sentido de vía en 8 horas, con un volumen diario de 1,350 automotores.

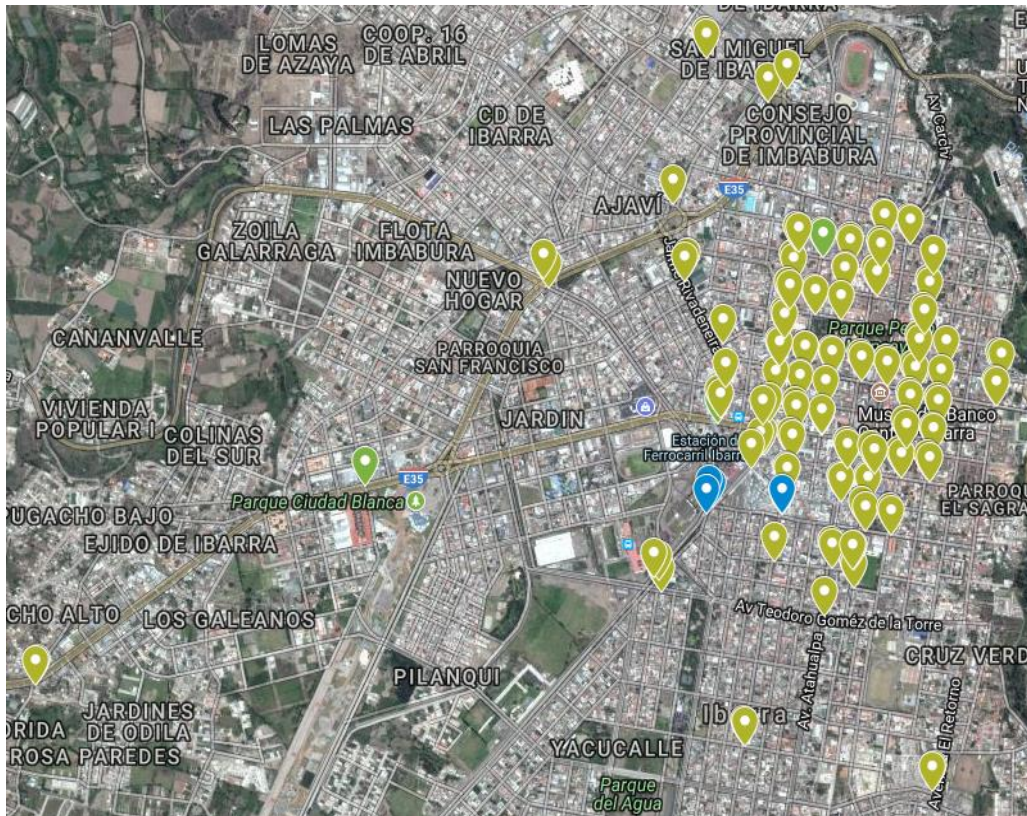
Tabla 19.

*Número de vehículos en las entradas y salidas promedio de la ciudad de Ibarra sector Caranqui.*

<b>Vía Caranqui la Esperanza</b>		
	<b>Entrada</b>	<b>Salida</b>
Total, de vehículos	609	740
Porcentaje Pesados	2.75%	3,28%

En consecuencia, con los resultados de conteos vehiculares anteriormente expuestos, la Panamericana Sur representa la mayoría de los ingresos y salidas vehiculares de Ibarra con un 50%, mientras que la Panamericana Norte el 40%, Urcuquí el 9% y Caranqui el 1%.

Para el estudio dentro de la ciudad, se consideró el conteo de tráfico vehicular por medio de equipos contadores manuales. En consecuencia, los conteos volumétricos vehiculares fueron realizados durante 7 días consecutivos por 12 horas diarias, con intervalos de 15 minutos tanto en las entradas expresas de la ciudad de Ibarra como a las principales vías colectoras y arteriales locales de esta (Torres, 2010).



*Figura 26.* Cuento y clasificación de vías de la ciudad de Ibarra Diurno  
Tomado de (Google Maps, 2018).

Se debe tomar en cuenta que el conteo de tráfico está enfocado principalmente en las vías más conflictivas de la ciudad, ya que Ibarra al ser la capital de la provincia de Imbabura hace que tenga un desarrollo acelerado por las múltiples actividades económicas, educativas, y administrativas donde convergen los sectores y ciudades aledañas.

A continuación, se detalla los promedios gráficos de conteo de tráfico por hora

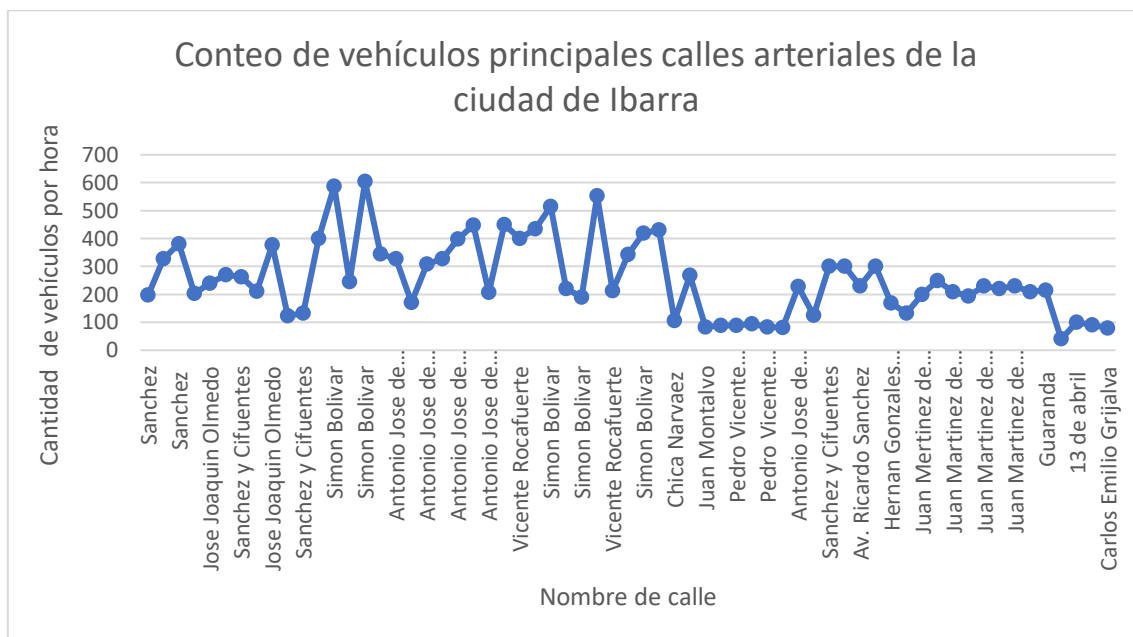


Figura 27. Conteo de tráfico vehicular promedio por hora en las principales vías de la ciudad de Ibarra diurno.

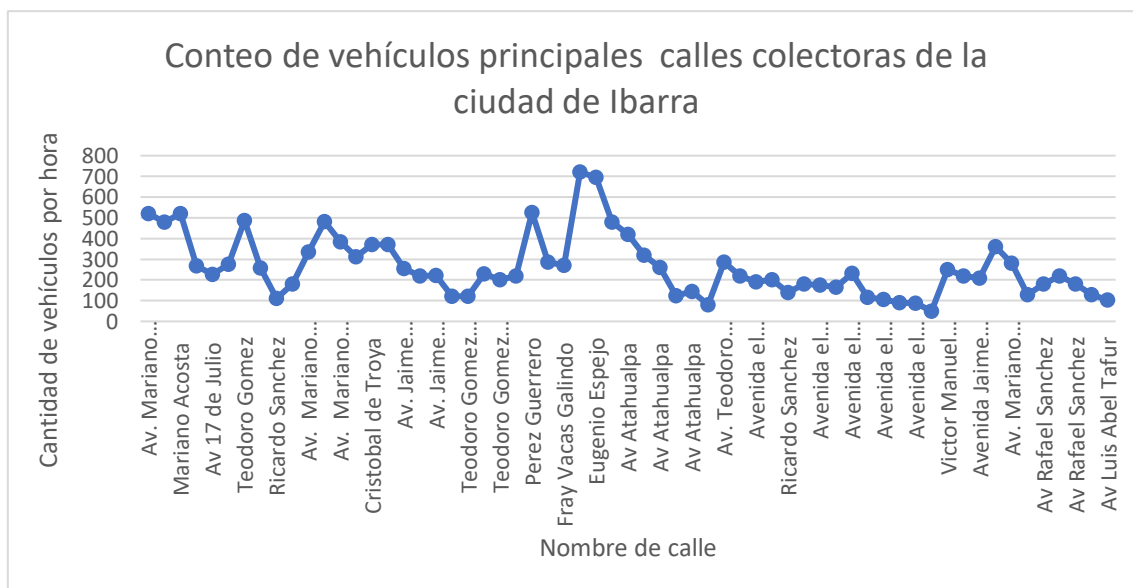
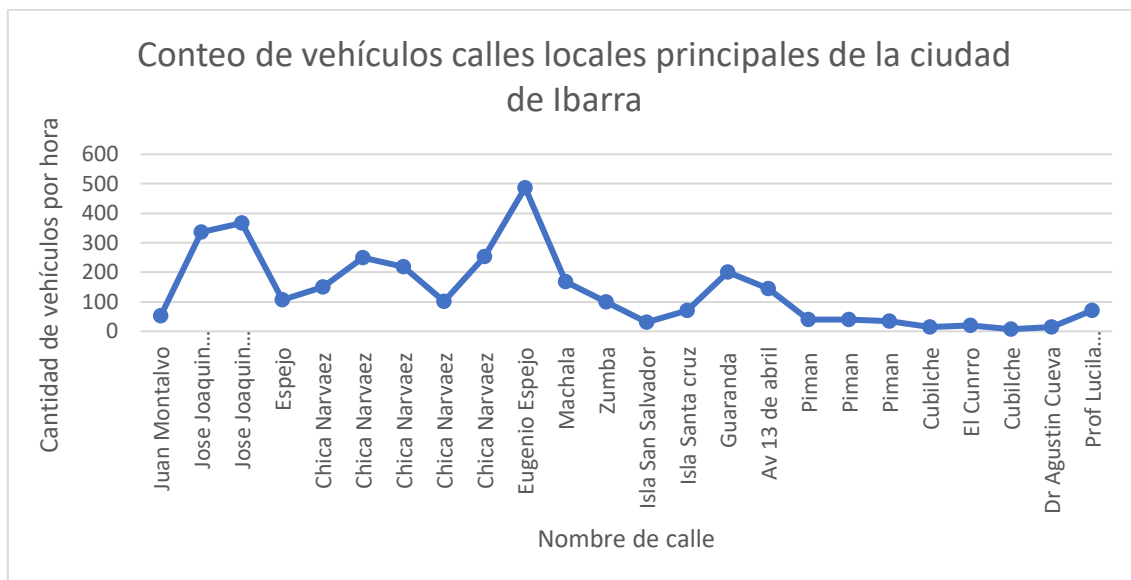
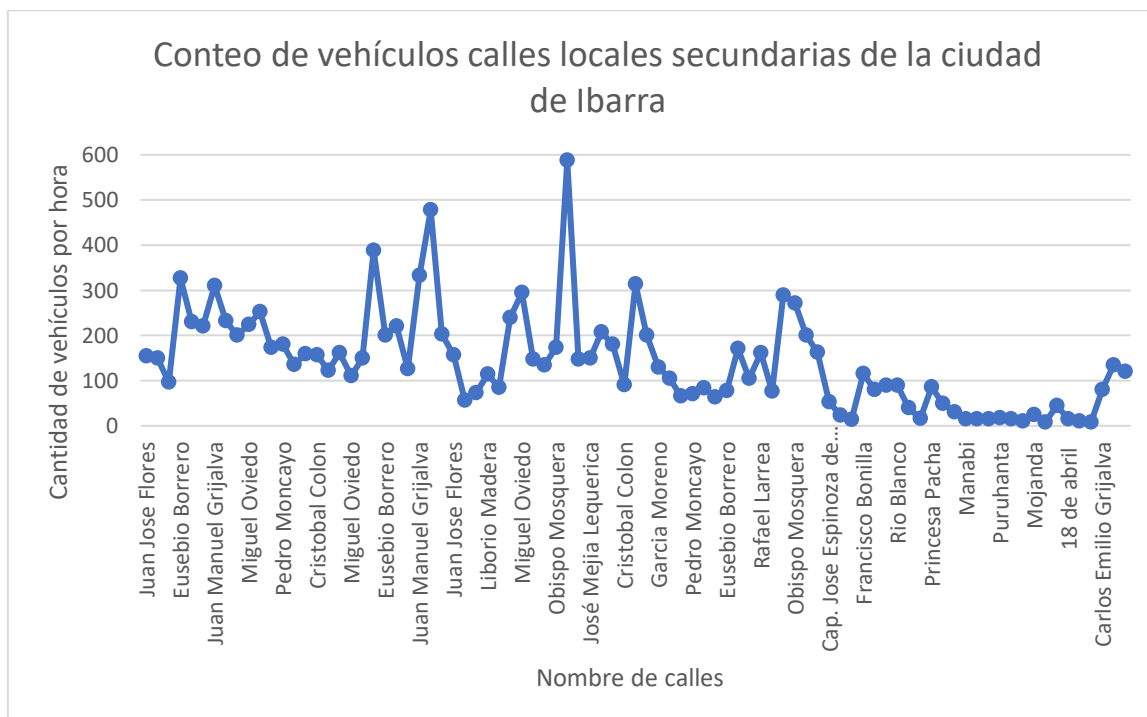


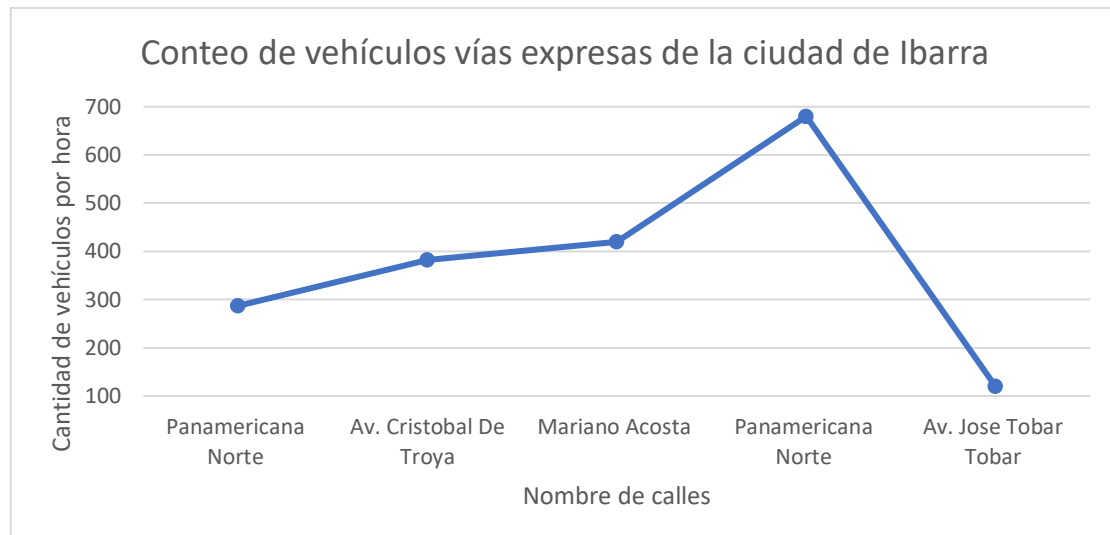
Figura 28. Conteo de tráfico vehicular promedio por hora en las principales vías de la ciudad de Ibarra diurno.



*Figura 29.* Conteo de tráfico vehicular promedio por hora en las principales vías de la ciudad de Ibarra diurno.



*Figura 30.* Conteo de tráfico vehicular promedio por hora en las principales vías de la ciudad de Ibarra diurno.



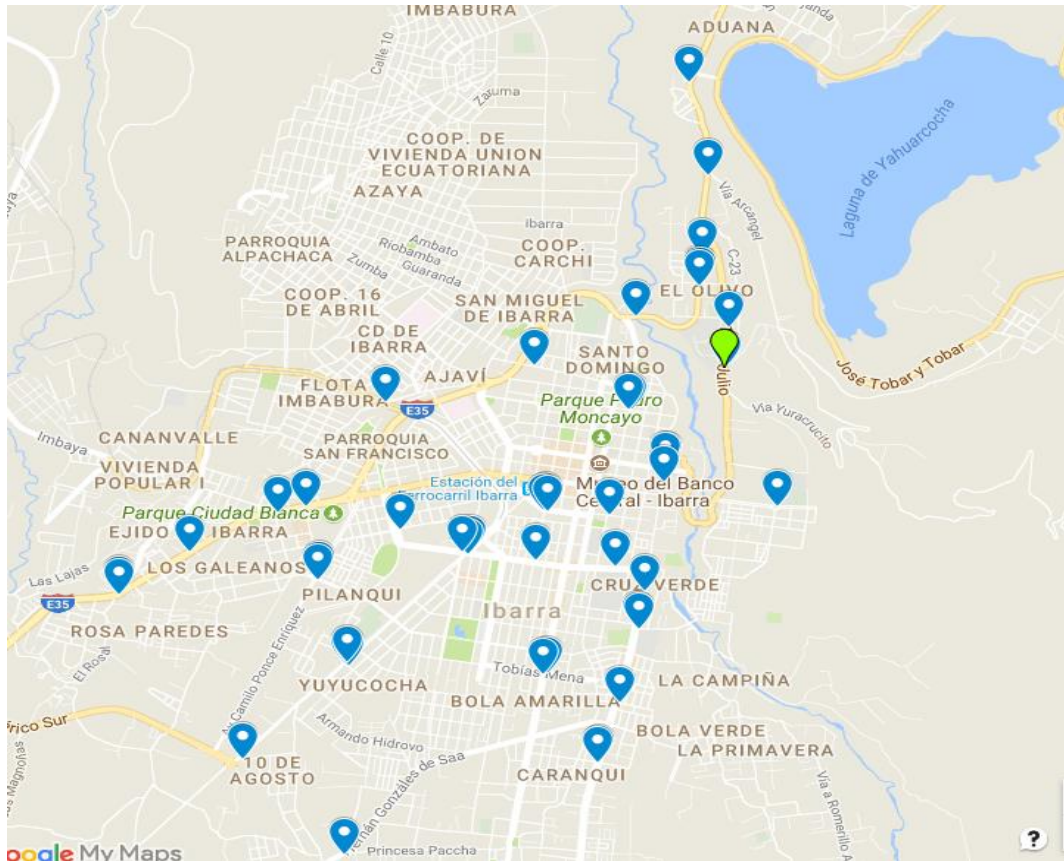
*Figura 31.* Conteo de tráfico vehicular promedio por hora en las principales vías de la ciudad de Ibarra diurno.

## 5.2. Evaluación de la contaminación sonora por medio de CadnaA

### 5.2.1 Validación de medición y modelamiento

Para la validación de datos con respecto a lo medido con lo modelado es indispensable identificar la posición de los puntos de medición que se obtuvieron en el estudio realizado en el año 2018 por la carrera de Ingeniería en mantenimiento Automotriz de la Universidad de Técnica Del Norte.

Los puntos de medición tuvieron una totalidad de 54 en las principales áreas más conflictivas de la ciudad, como son las parroquias San Francisco, Sagrario y Caranqui.



*Figura 32.* puntos de medición provenientes al estudio de la Universidad Técnica Del Norte Ciudad de Ibarra.  
Tomado de (Google Maps, 2018).

Los puntos considerados en este estudio fueron precisamente ingresados en los mapas de las cinco parroquias generadas por CadnaA. Las mediciones realizadas en el estudio de la Universidad Técnica Del Norte se realizaron en diferentes horarios y días de la semana con lo que se puede evidenciar que se repiten algunos puntos de medición en ciertos sectores, dando como resultado los siguientes datos de medición contra los datos del modelo de predicción de ruido de tráfico de CadnaA.



Tabla 20.

*Valores comparativos entre nivel medido con nivel modelado.*

Número de punto CadnaA	Sector	Nivel de NPS medido (dBA)	Nivel de NPS modelado (dBA)
1	Camilo Ponce y Ricardo Sánchez	80	75
2	Eugenio Espejo y Teodoro Gómez	80	78
3	Av. 17 de Julio	79	74
4	Oviedo y Juan Montalvo	79	73
5	Espinosa Polit y Jorge Guzmán Rueda	78	65
6	Atahualpa y Tobías Mena	78	75
7	Eugenio Espejo y Carlos Proaño	77	73
8	Oviedo y Juan Montalvo	77	70
9	Sánchez y Cifuentes y Pérez Guerrero	77	77
10	Fray Vacas Galindo y Felipe Borja	79	70
11	Eugenio Espejo y Carlos Proaño	77	72
12	Eugenio Espejo y Juana De La Cruz	70	72
13	Panamericana Norte y Mojanda	76	81
14	Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero	76	68
15	Av. Retorno y Río Cenepa	76	68
16	Vicente Rocafuerte y Eusebio Borrero	76	69
17	Av. El Retorno y Tahuando	76	74
18	Panamericana Norte	75	80
19	Panamericana Norte y Luis Madera	75	69
20	Panamericana Norte	75	80
21	Sánchez y Cifuentes y Pérez Guerrero	75	79
22	Av. Eugenio Espejo y Carlos Proaño	75	73
23	Av. Mariano Acosta	75	66
24	Av. El Retorno y Río Blanco	75	70
25	Teodoro Gómez Y Pedro Vicente Maldonado	75	75
26	Av. Heliodoro Ayala y José Tobar	75	73
27	Panamericana Norte	75	80
28	Av. Mariano Acosta	75	66
29	Av. Eugenio Espejo y Teodoro Gómez	75	78
30	Av. Mariano Acosta Agustín Rosales	75	74
31	Rafael Troya y José Vinuesa	81	64
32	Avenida El Retorno	80	77
33	Eugenio Espejo y Teodoro Gómez	79	78
34	Hernán Gonzales de Saa y Princesa Pacha	75	70
35	Panamericana Norte y Luis Madera	78	69



36	Eugenio Espejo y Carlos Proaño	78	74
37	Panamericana Norte	78	80
38	Sánchez y Cifuentes y Pérez Guerrero	77	79
39	Camilo Ponce y Ricardo Sánchez	77	75
40	Teodoro Gómez y Sánchez y Cifuentes	76	78
41	Panamericana Norte y Dr. Gómez Jurado	76	66
42	Av. El Retorno y Tahuando	76	74
43	Av. Eugenio Espejo y Carlos Proaño	76	74
44	Av. Retorno y Río Cenepa	76	68
45	Vicente Rocafuerte y Elías Liborio Madera	76	71
46	Av. Mariano Acosta Agustín Rosales	76	74
47	Panamericana Norte y Luis Madera	76	68
48	Panamericana Norte	75	80
49	Panamericana Norte y Luis Madera	75	68
50	Panamericana Norte	75	80
51	Av. El Retorno y Río Blanco	75	70
52	Panamericana Norte	75	79
53	Panamericana Norte y Mojanda	75	81
54	Av. El Retorno y Tahuando	75	74
55	Av. El Retorno y Río Blanco	75	70
56	Av. El Retorno	75	77
57	Panamericana Norte y Luis Madera	75	69
58	Av. El Retorno	75	77
59	Av. Cristóbal de Troya y Dr. Dávila Mesa	75	73
60	Av. Mariano Acosta	75	70
61	Av. Helero Ayala y José Tobar	75	73
62	Teodoro Gómez Y Pedro Vicente Maldonado	75	75
63	Av. El Retorno	75	77
64	Vicente Rocafuerte Eusebio Borrero	75	70
65	Sánchez y Cifuentes y Pérez Guerrero	78	79
66	Eugenio Espejo y Carlos Proaño	78	74
67	Panamericana Norte y Luis Madera	77	68
68	Av. 17 de Julio	77	75
69	Sánchez y Cifuentes y Pérez Guerrero	77	79
70	Av. Heliodoro Ayala y José Tobar	77	73
71	Av. El Retorno y Río Blanco	77	70
72	Eugenio Espejo y Carlos Proaño	76	73
73	Av. El Retorno	76	77
74	Panamericana Norte	76	79
75	Panamericana Norte y Luis Madera	76	68
76	Av. El Retorno y Río Blanco	76	70
77	Av. El Retorno	76	77

78	Panamericana Norte	76	79
79	Vicente Rocafuerte Eusebio Borrero	76	70
80	Eugenio Espejo y Carlos Proaño	76	73
81	Av. Retorno y Río Cenepa	76	68
82	Vicente Rocafuerte y Elías Liborio Madera	76	71
83	Panamericana Norte y Mojanda	75	81
84	Av. 17 de julio	75	74
85	Av. Rafael Sánchez y Francisco Bonilla	75	70
86	Panamericana Norte y Mojánda	75	81
87	Sánchez y Cifuentes y Pérez Guerrero	75	79
88	Av. El Retorno y Tahuando	75	74
89	Av. Atahualpa y Hernán Gonzales de Saa	75	74
90	Av. Atahualpa y Princesa Cory	75	74
91	Av. Atahualpa y Nazacota Puento	75	73
92	Panamericana Norte y Luis Madera	75	69
93	Av. 17 De Julio y Espinosa Polit	75	75
94	Hugo Guzmán y José María Larrea	75	66
95	Camilo Ponce y Ricardo Sánchez	75	75
96	Av. 17 de julio	75	75
97	Teodoro Gómez Y Pedro Vicente Maldonado	75	75
98	Av. Mariano Acosta Agustín Rosales	75	74
99	Av. Atahualpa y Tobías Mena	75	75
100	Vicente Rocafuerte Eusebio Borrero	75	70
101	Oviedo y Juan Montalvo	75	67
102	Eugenio Espejo y Carlos Proaño	75	73

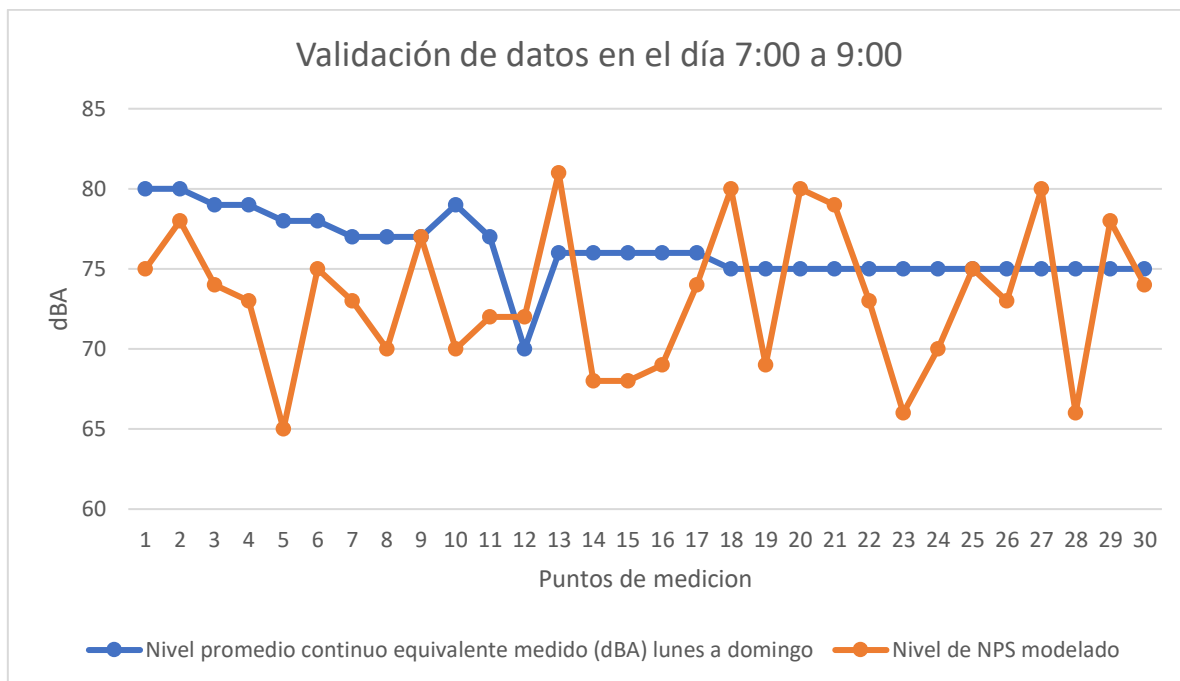


Figura 33 Validación de datos comparativos sobre medición y modelamiento de 7:00 am a 9:00 am.

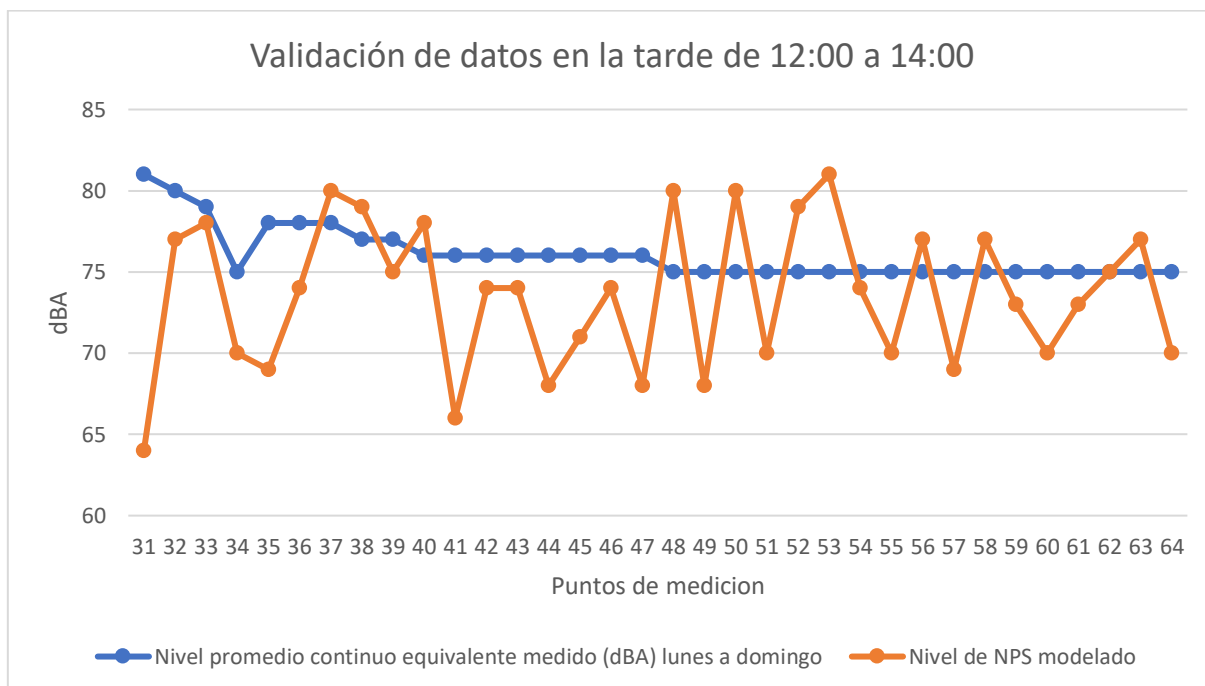
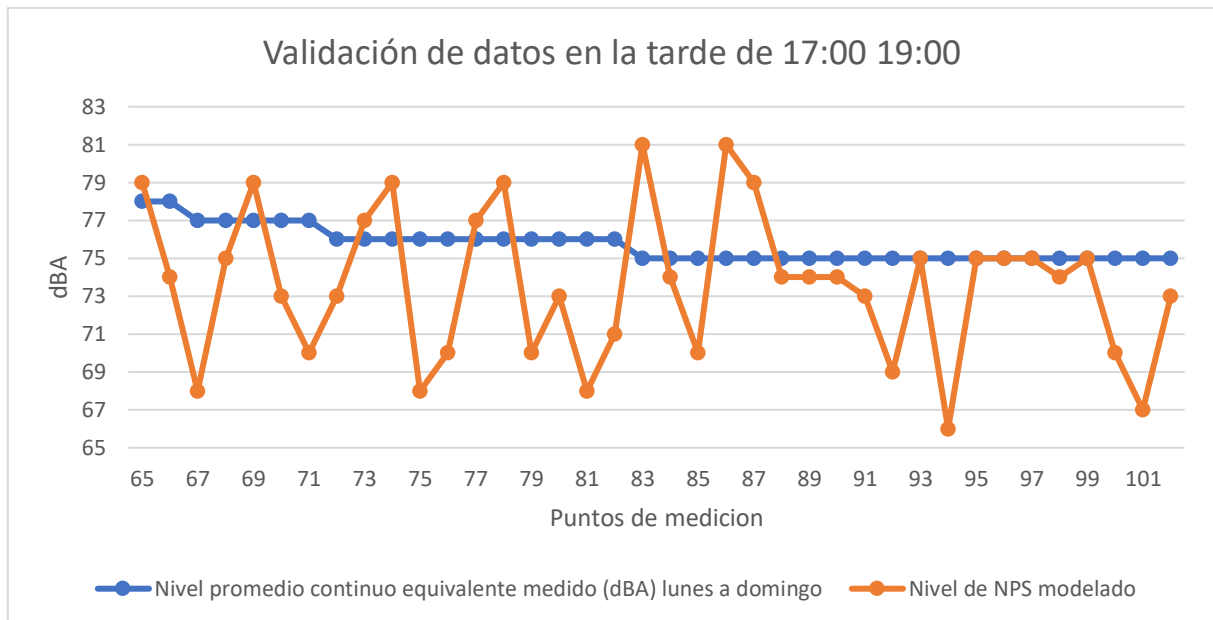


Figura 34. Validación de datos comparativos sobre medición y modelamiento de 12:00 pm a 14:00 pm.



*Figura 35.* Validación de datos comparativos sobre medición y modelamiento de 17:00 pm a 19:00 pm.

Para el análisis de datos fue necesario realizar una diferencia de niveles que permitan determinar si los datos de medición y modelado tienen un margen cercano y a su vez una cantidad de error que evidencie los resultados que implementan ambos estudios.

Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 21.

*Porcentajes comparativa de diferencia de nivel entre lo medido y lo modelado.*

<b>Comparativa de nivel margen de 3 dBA</b>			
	Diferencia menor a 3 (dBA)	Diferencia mayor a 3 (dBA)	Total
Porcentaje	42%	58%	100%

Tabla 22.

*Porcentajes comparativa de diferencia de nivel entre lo medido y lo modelado.*

<b>Comparativa de nivel margen de 5 dBA</b>			
	Diferencia menor a 5 (dBA)	Diferencia mayor a 5 (dBA)	Total
Porcentaje	62%	38%	100%

Los valores obtenidos dan como resultado la diferencia entre lo modelado contra lo medido, así tenemos que los resultados representados en un margen de 3 dBA en un 46% de los casos, la diferencia que existen entre ambos estudios es menor a 3 (dBA) y en un 58%, los valores sobrepasan este margen, es decir que en 59 puntos de medición y modelamiento existen diferencias tanto positivas y negativas, donde esto representa la manera en que el modelo difiere con respecto a lo medido.

Se debe acotar que en un margen superior como es en 5 dBA, el 38% de los valores sobrepasan este límite y en un 62% de los casos la diferencia es menor a la misma.

Consecuentemente se puede decir que entre lo modelado y lo medido a través del estudio de la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra se manifiesta que existen diferencias en lo modelado, esto se debe a que los valores promediales de medición en los diferentes días que se efectuó en el estudio son mucho más precisos, ya que registran mayor cantidad de fuentes en tiempo real captando movimientos o fluctuaciones en el ambiente como, pitos, gritos, sirenas, choques etc. Por el contrario, el programa de simulación con el modelo RLS90 no toma en cuenta estas variables que pueden generar un porcentaje de error. Por este motivo la importancia de registrar la información por medio de mediciones y validarlas con modelos estadísticos puede ayudar en el análisis de contaminación acústica de una ciudad.

Los resultados antes mencionados pueden evidenciar que en el modelo predictivo se aproxima de manera favorable con los valores de medición In situ, ya que los porcentajes y cantidad de error de separación máximo entre los niveles es de 3 a 5 dBA en su mayoría, considerando que las mediciones pueden caracterizarse por tener más fuentes y por ende los niveles pueden ser superiores o inferiores, como en el caso de algunos puntos de medición donde el modelo incrementa el nivel de ruido y de manera viceversa en las mediciones efectuadas.

#### 5.4. Mapa de ruido ciudad de Ibarra

Se presenta el mapa de la ciudad realizado de acuerdo con los datos obtenidos por conteos vehiculares, y planos catastrales de la ciudad. Los niveles de presión sonora de todas las zonas del distrito urbano estarán representados por una paleta de colores conforme a la normativa técnica (NTC 3520, 1993).

Tabla 23.

*Código de colores que representan un mapa de ruido según su nivel de presión sonora.*

Zona de ruido dBA	Color	Sombreado
Debajo de 35	Verde claro	
35 a 40	Verde oscuro	
40 a 45	Amarillo	
45 a 50	Naranja	
50 a 55	Rojo	
55 a 60	Vino	
60 a 65	Violeta	
70 a 75	Azul	
75 a 80	Azul oscuro	
80 a 85	Negro	

El mapa de la ciudad se representa de la siguiente manera.

### 5.5. Mapa de ruido período diurno ciudad de Ibarra

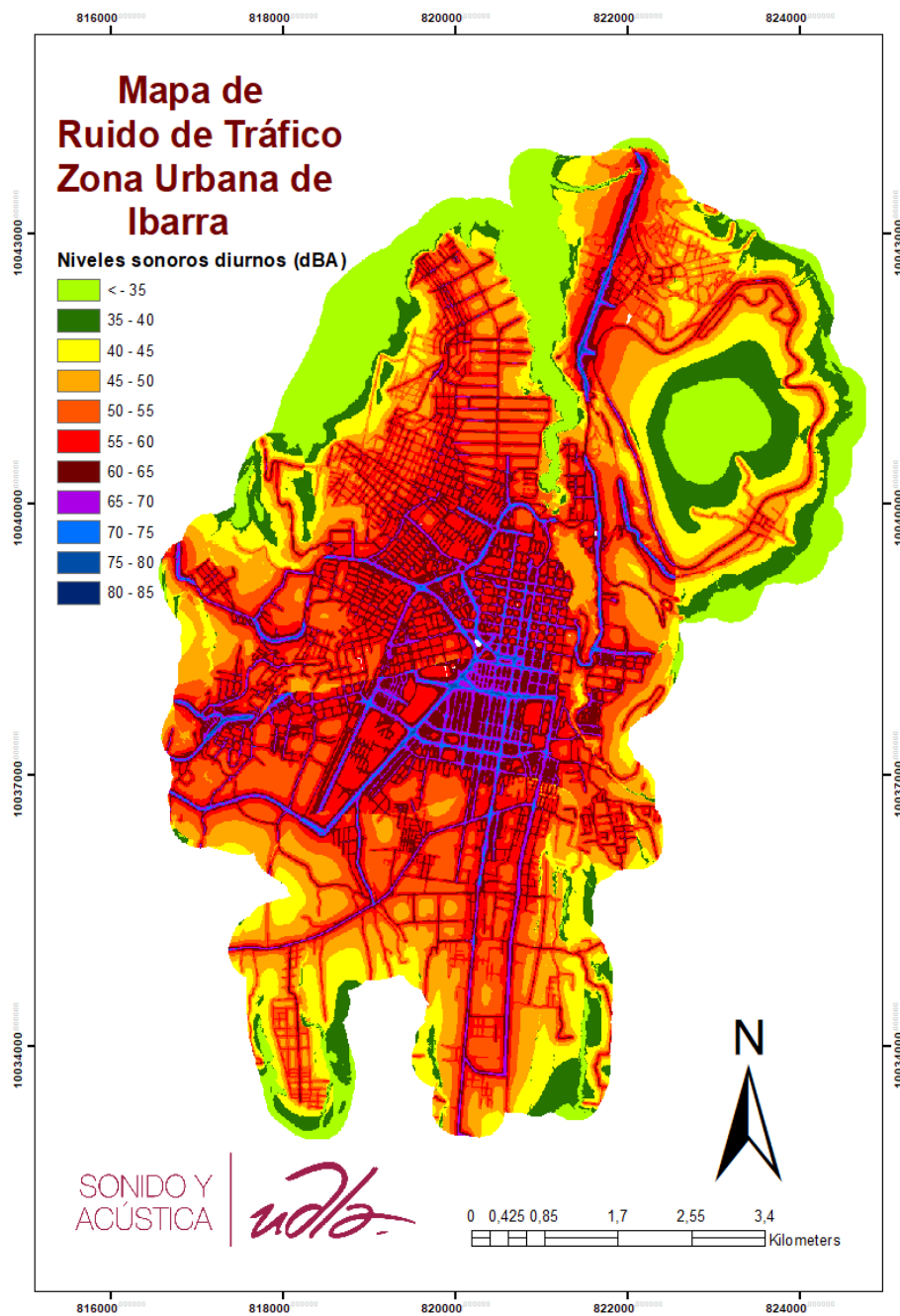
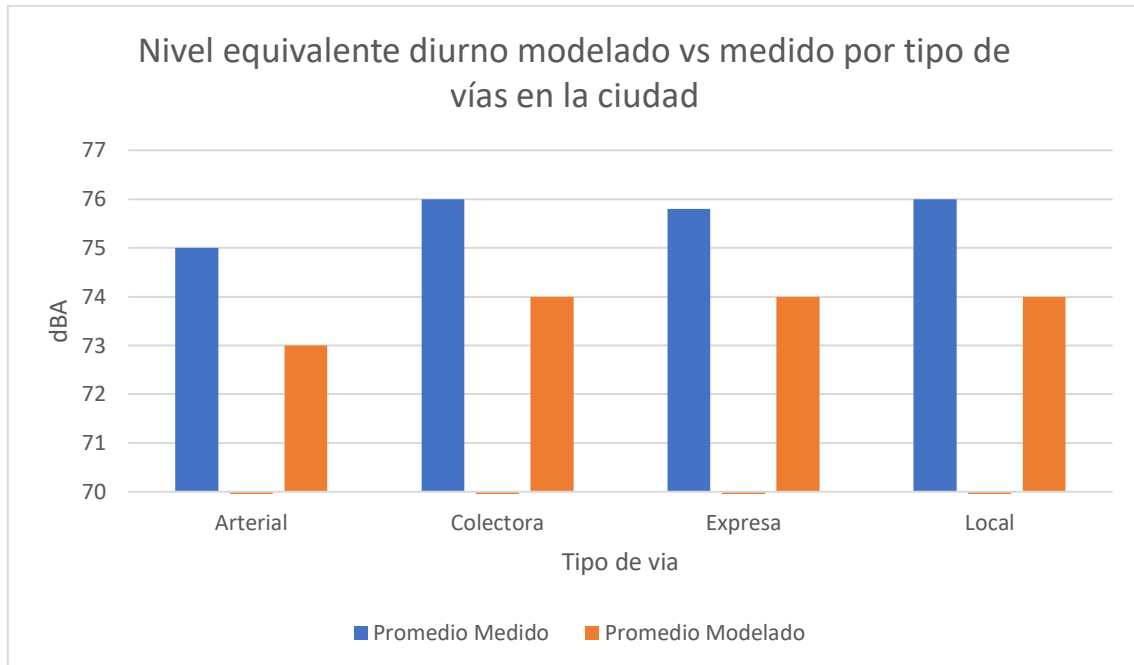


Figura 36. Mapa de ruido ciudad de la Ciudad De Ibarra

Resultados promediales de niveles de ruido evaluado por medición contra lo modelado por tipo de vía fueron los siguientes.



*Figura 37.* Niveles equivalentes modelados clasificados por tipo de calle.

Se evidencia mediante las gráficas comparativas por tipo de vías que las mediciones que están principalmente enfocadas en las calles más conflictivas del centro de la ciudad con respecto a los datos expresados por el modelo creado por CadnaA, se puede decir que ambos estudios se aproximan en márgenes muy cortos de nivel de ruido por tráfico vehicular y se comprueba el análisis de validación de datos donde las mediciones superan un margen de 3 a 5 dBA dado que la información que recibe el sonómetro es mucho más amplia in situ.

### 5.6. Análisis de nivel en lugares con mayor afectación

Dentro de los niveles de afectación por ruido producido por fuentes vehiculares es necesario tomar como referencia la Normativa Técnica Colombiana de emisión de ruido ambiental como la resolución 627 del Ministerio del Ambiente donde indica que zonas hospitalarias en el día es de 55 (dBA) de exposición sonora, mientras en establecimientos de educación se establece un máximo de 65 (dBA) en períodos diurnos.



La zona urbana de la ciudad de Ibarra esta constituida por mas de 51 establecimientos educativos y mas de 20 establecimientos de salud entre públicos y privados (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, 2015).

De esta manera se analizarán los datos referentes a los niveles de contaminación por ruido de tráfico vehicular de los principales establecimientos de salud y educación de la cabecera cantonal.

### 5.6.1. Análisis de centros educativos de la ciudad de Ibarra

Dentro de las 5 parroquias de la ciudad de Ibarra se ubicó a 51 instituciones educativas, donde referente a la normativa colombiana de ruido ambiental se evidencia en la misma, que la cantidad máxima de emisión de ruido es de 65 (dBA).

Por medio del modelamiento desarrollado en CadnaA y a su vez por la información obtenida del Sistema De Información Nacional se estableció la cantidad de instituciones educativas dentro del área de estudio de la ciudad de Ibarra. Donde se obtuvieron los siguientes resultados.

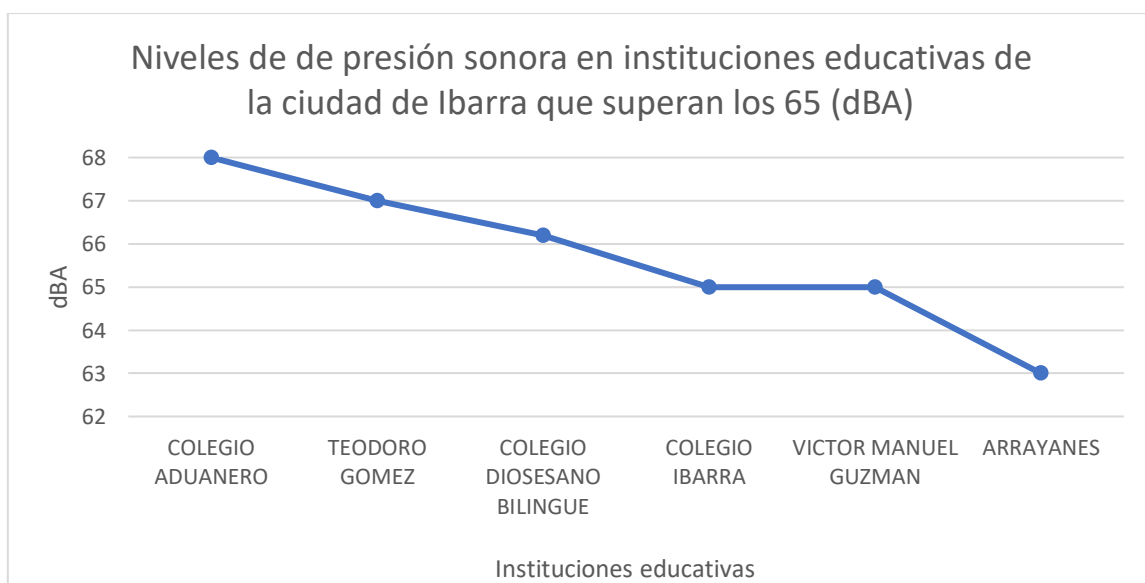


Figura 38. Niveles de exposición sonora a ruido vehicular mayor a 65 (dBA) en instituciones educativas

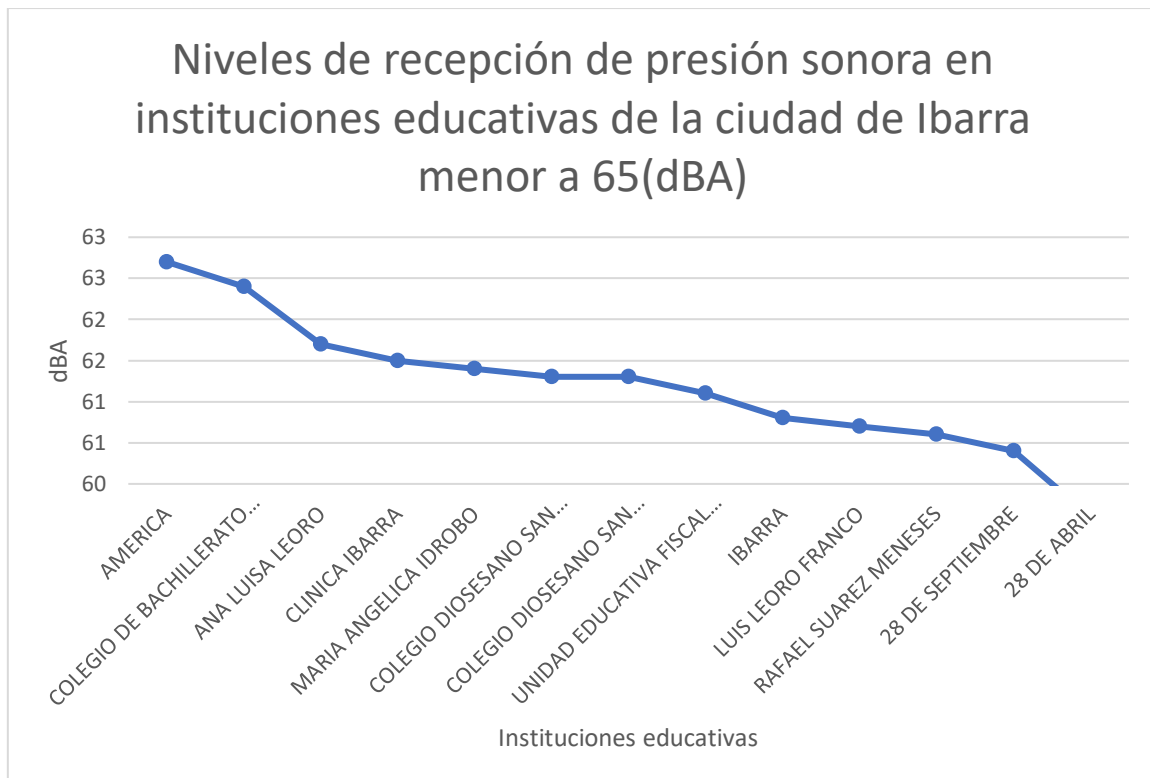


Figura 39 Niveles de exposición sonora a ruido vehicular menor a 65 (dBA) en instituciones educativas.

Como se puede evidenciar en las figuras 37 y 38, los niveles equivalentes de ruido por tráfico vehicular por la cual las instituciones se ven afectadas diariamente en el día, algunas superan con un margen de 3 (dBA) el nivel máximo de la Norma Técnica Colombiana que es de 65 (dBA).

A continuación se detallará los porcentajes de instituciones educativas que superan el nivel máximo.

Tabla 24.

*Porcentaje de instituciones educativas a niveles de exposición de ruido.*

<b>Niveles de ruido en instituciones educativas</b>			
	<b>Mayor a 60 (dBA)</b>	<b>Menor a 60 (dBA)</b>	<b>Total</b>
<b>Número de instituciones</b>	19	25	44
<b>Porcentaje de instituciones</b>	43%	57%	100%

Se puede evidenciar que en un 11% del total de instituciones educativas de la ciudad sobrepasan los niveles máximos permitidos según la Normativa Técnica Colombiana con niveles sobre los 65 (dBA) y en otros casos en un 57% son inferiores a 65 (dBA).

Tabla 25.

*Instituciones educativas que sobrepasan los 65 (dBA) descrito en la Norma Técnica colombiana.*

<b>Nivel de ruido que sobrepasa le valor de la norma en instituciones educativas</b>	
COLEGIO ADUANERO	68
TEODORO GÓMEZ	67
COLEGIO DIOSESANO BILINGUE	66
COLEGIO IBARRA	65
VICTOR MANUEL GUZMAN	65

### **5.6.2. Análisis de zonas hospitalarias y de salud de la ciudad de Ibarra**

Para el análisis de datos de contaminación acústica en instituciones de salud pública y privada se tomó en cuenta 15 de las 20 que existen en la ciudad dado

que se encuentran en las zonas con mayor conflicto de tráfico vehicular en la ciudad en el período diurno de la misma.

A continuación, se analizarán los porcentajes de exposición, así como también los valores de presión sonora de recepción de estos recintos.

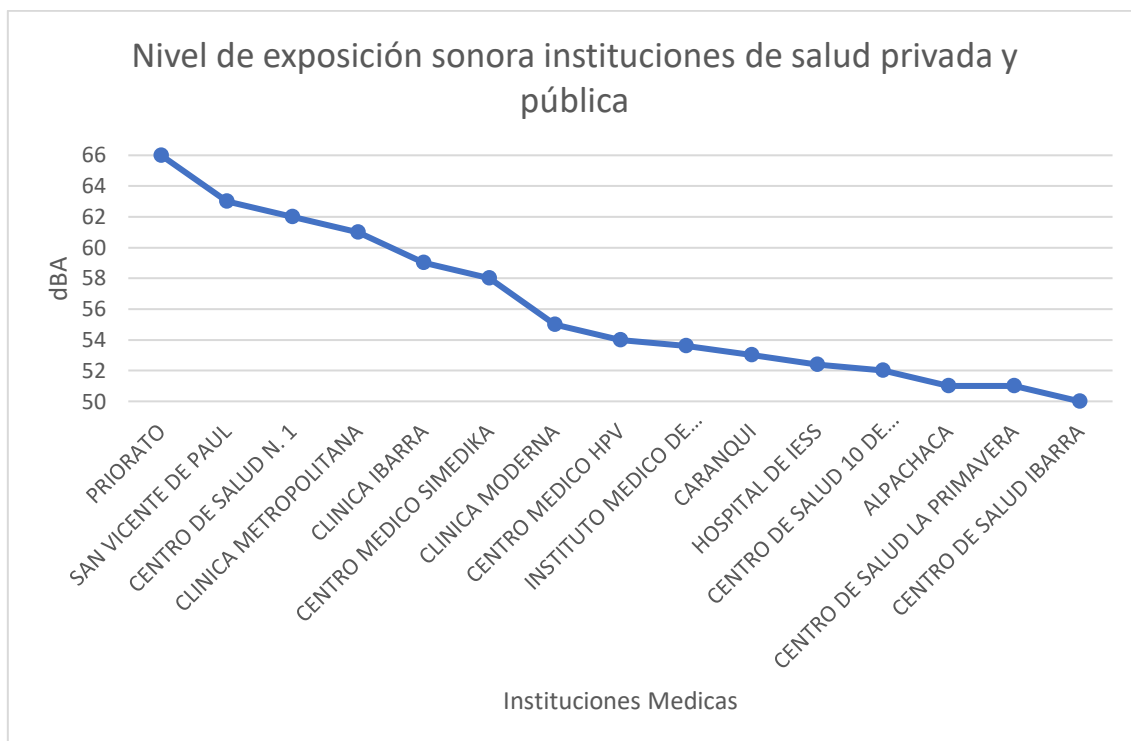


Figura 40. Niveles de exposición sonora a ruido vehicular en zonas hospitalarias y salud.

Tabla 26.

Porcentaje de exposición de instituciones Hospitalarias.

<b>Porcentaje de exposición sonora zona hospitalaria</b>			
	<b>Mayor a 55 (dBA)</b>	<b>Menor a 55(dBA)</b>	<b>Total</b>
<b>Número de instituciones</b>	7	8	15
<b>Porcentaje de instituciones</b>	47%	53%	100%

Se puede evidenciar por medio de los niveles en las zonas hospitalarias en el modelo de predicción que los valores de emisión por ruido de tráfico vehicular en un 53% de las instituciones hospitalarias no superan los límites máximos de 55 (dBA) de la norma descrita anteriormente.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

La ciudad de Ibarra consta de aproximadamente 181.000 habitantes donde el crecimiento urbano ha venido evolucionando paulatinamente en el factor económico y social del cantón, convirtiéndose en una de las ciudades más importantes del norte del país. Consecuentemente el aumento poblacional hace que se incremente de manera considerable el parque automotor en un porcentaje del 11% anual aproximadamente según el Gobierno Autónomo Descentralizado de San Miguel de Ibarra (2015), factor que ha generado que el nivel de ruido producido por el mismo cree inconformidad en la ciudadanía, así como también el deterioro en el aspecto ambiental.

Se puede destacar que, por medio del conteo de tráfico vehicular en los diferentes sectores y calles de la ciudad, se ha logrado obtener datos relevantes que determinan el comportamiento de contaminación ambiental por ruido. Entre estos datos de conteos vehiculares podemos decir que se evidencia que los ingresos y salidas norte y sur representan el 90% del acceso vehicular hacia la ciudad, consecuentemente incrementando el nivel de contaminación sonora ocasionado por fuentes móviles sobre todo en las zonas críticas del centro de la urbe.

Además, cabe indicar que a través de la elaboración de un mapa de ruido se ha podido evidenciar los niveles de contaminación ambiental existentes en Ibarra, en sitios de concentración administrativa, turística, comercial y educativa. Este efecto se produce en vista que a esta ciudad acuden pobladores de diferentes cantones aledaños para realizar las actividades antes mencionadas.

La evaluación de ruido de tráfico vehicular por medio del modelamiento determinado por el software de predicción CadnaA, es favorable en sus resultados finales con respecto a las mediciones en los puntos con mayor congestión vehicular de la Ciudad de Ibarra; así podemos decir que el modelo predictivo se aproxima a las mediciones impartidas In situ a pesar de que el modelo RLS90 no considera instantes en que las mediciones si pueden captar fuentes sonoras de ruido ambiental de la ciudad, como el uso del claxon, sirenas, gritos, choques y entre otros factores que pueden ser identificados en la vida cotidiana.

Es importante indicar que para determinar la comparación de los niveles resultantes entre el modelo predictivo RLS90 con respecto a las mediciones resultantes del estudio realizado por la Universidad Técnica del Norte respecto a la contaminación acústica generada por el parque automotor en la zona urbana de la ciudad de Ibarra, fue necesario realizar un análisis de diferencia de niveles que permitió obtener datos que indican un margen de error respecto a ambos estudios, así tenemos que en un 46% de los casos los valores comparados tienen una diferencia menor a 3 (dBA) y en un 58% los valores son superiores a 3 (dBA), de igual manera en un margen superior de 5 (dBA) el 38% de los puntos sobrepasan este límite y el 62% de los casos su diferencia es menor.

Así podemos decir que lo medido con respecto a lo modelado presenta niveles de presión sonora superiores, en vista que durante las mediciones realizadas por la Universidad Técnica del Norte existió mayor cantidad de fuentes sonoras que influyeron en el resultado final de lo medido.

Cabe indicar que según Torres (2010), "Ibarra dispone de diversos tipos de transporte público el cual representa aproximadamente el 20% de su totalidad, como son: buses taxis, transporte escolar, carga liviana y pesada, así como también el transporte privado que representa el 80%", estas fuentes móviles

provocan la mayor cantidad de contaminación sonora sobre todo en áreas educativas, hospitalarias y comerciales.

Es importante indicar que los resultados del estudio en lugares sensibles a exposición sonora como hospitales y unidades educativas los niveles de presión sonora sobrepasan los máximos permitidos por la Norma Técnica Colombiana que son 65 (dBA). Por lo que, si no existe un manejo ambiental adecuado para controlar el ruido vehicular, provocaría malestar en el área de influencia de las instituciones.

## **6.2. Recomendaciones**

Con la finalidad de generar conciencia ciudadana los gobiernos locales y nacionales deberán aplicar normativas que permitan regular los niveles de contaminación ambiental por ruido y además generar planes de acción para disminuir los niveles de impacto sonoro en la comunidad.

Es importante y necesario realizar estudios de ruido ambiental por fuentes móviles, los mismos que deberán ser actualizados permanentemente lo que permitirá implementar un control adecuado acerca del comportamiento de las fuentes sonoras que afectan el medio ambiente de la ciudad, además que identifique los motivos que causan la propagación de ruido y se procedan con los correctivos requeridos los cuales van de la mano con las normativas vigentes.

Para validar los datos obtenidos por medio del mapa de ruido se deberá implementar un método de validación, a través de la obtención de mediciones acústicas con sistemas técnicos de recepción sonora como el uso de estaciones de monitoreo constante para obtener resultados favorables que permitan implementar comparación de medición con respecto a modelamiento estadístico de ruido de tráfico vehicular.



Se debe implementar programas de concientización ciudadana en donde se dé a conocer los problemas que son causados por el ruido en la salud de cada uno de los ciudadanos, es importante y necesario que exista el involucramiento de cada uno de estos para que conjuntamente autoridades y actores sociales seamos coparticipes del mejoramiento de la calidad de vida de la población. Para lo cual es recomendable la elaboración de trípticos en donde se dé a conocer temas relacionados con impactos ambientales provocados por contaminación ambiental producida por el ruido, lo que permitirá ir educando a la ciudadanía y de esta manera ir disminuyendo los índices de contaminación sonora por medio de los actores sociales.

Es importante la realización de estos estudios ya que permiten tener una visión clara de cuáles son los índices de contaminación ambiental por fuentes móviles, para con ello generar planes de mitigación por parte de los organismos competentes a través de la aplicación de leyes normas reglamentos y ordenanzas vigentes.

Si bien la validación de datos es favorable dentro de la metodología por parte de ambos estudios, es importante indicar que las mediciones no fueron realizadas por una sola entidad, en este caso La Universidad Técnica del Norte lo realizó por medio de un método que efectiviza lo analizado anteriormente con respecto al modelo de predicción, pero al no saber bajo qué condiciones las mediciones fueron realizadas, es importante indicar que los resultados serían más preciosos si tanto las mediciones como la creación del modelo predictivo son asociadas por una misma entidad o persona encargada.

## REFERENCIAS

- Aliaga, G., & Llopis, J. (2006). Sistemas de Información Geográfica aplicados a la gestión del territorio. *Revista de geografica Norte Grande*, 310, Recuperado el 22 de febrero de 2018 de [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022006000200007&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34022006000200007&script=sci_arttext)
- Aramendia, & Nagore. (2007). RESULTADOS DE MAPAS ACÚSTICOS CON DOS DIFERENTES SOFTWARE. I-RESULTADOS GLOBALES. *TecniAcustica*, 33-37, Recuperado el 14 de marzo de 2018 de <http://www.idacustica.com/docs/200601.pdf>
- ARQUHYS. (2012). *Vías colectoras principales suburbanas*. (Revista ARQHYS.com), Recuperado el 13 de junio de 2015 de <http://www.arqhys.com/arquitectura/vias-colectoras-principales.html>
- Bastian, N. (2013). Elaboración de mapa de ruido de la ciudad de Valdivia mediante software de modelación utilizando métodos de simplificación. *Síntesis Tecnológica*, 14, 104, Recuperado el 10 de enero de 2018 de [https://www.researchgate.net/profile/Nicolas\\_Bastian\\_Monarca/publication/n/282914](https://www.researchgate.net/profile/Nicolas_Bastian_Monarca/publication/n/282914)
- Bastián, N. (2015). Evaluación de modelos de predicción de ruido de tránsito vehicular en ciudades pequeñas caso ciudad de Valdivia y Osorno. *Síntesis Tecnológica ResearchGate*(14), 1-11, Recuperado el 10 de enero de 2018 de [https://www.researchgate.net/profile/Nicolas\\_Bastian\\_Monarca/publication/n/269395236](https://www.researchgate.net/profile/Nicolas_Bastian_Monarca/publication/n/269395236)
- Delgado, O., & Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 41-440, Recuperado el 19 de febrero del 2018 de <https://lamjol.info/index.php/CE/article/view/2059>

- Echeverri, C., Valencia, G., & Murillo, D. (2011). Simulación de ruido de tránsito automotor como herramienta para el rediseño de rutas de transporte público colectivo en el municipio de Medellín. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 19-30. Recuperado el 6 de enero de 2018 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3696812>
- EMOV. (2011). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del cantón Cuenca 2011*. Alcaldía de Cuenca, Recuperado el 2 de marzo de 2018 de <https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/312>
- Fernández, P., & Del Rio, C. (2014). ANÁLISIS DE SERIES TEMPORALES DE DATOS SONOROS. *researchgate*, 1-6, Recuperado el 15 de febrero de 2018 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4702063>
- Garcia, L. (2014). Evaluación del comportamiento de los frenos de disco de los vehículos a partir del análisis de la aceleración del proceso de corrosión. *Doctoral dissertation*, 1-149, Recuperado el 19 de febrero de 2018 de <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/handle/123456789/251>
- García, X., & Gómez, J. (2010). Los efectos de la contaminación acústica en la salud: conceptualizaciones del alumnado de Enseñanza Secundaria Obligatoria de Valencia. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*(24), 123-137, Recuperado el 2 de marzo de 2018 de <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2395>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Ibarra*. GAD Ibarra, Ibarra, Recuperado el 7 de mayo de 2018 de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000260001\\_PD%20Y%20OT%20IBARRA%20UNIFICADO%20004\\_13-03-2015\\_17-34-44.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000260001_PD%20Y%20OT%20IBARRA%20UNIFICADO%20004_13-03-2015_17-34-44.pdf)
- López, A., & López, S. (2018). *Análisis de la contaminación acústica generada por el parque automotor en la zona urbana de la ciudad de Ibarra*. Tesis, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en ciencias

aplicadas, Ibarra, Recuperado el 8 de enero del 2018 de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7842>

López, G., & Rangel, D. (2014). Comparativa de mediciones de ruido generado en carreteras con carpeta de pavimento rígido vs pavimento flexible. *División de Laboratorios de Infraestructura: Grupo Mecánica de Suelos y Materiales Granulares*, 1-17, Recuperado el 10 de enero de 2018 de [http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma\\_2013/impacto01.pdf](http://www.amaac.org.mx/archivos/eventos/8cma_2013/impacto01.pdf)

Moraga , A., & Morillas, J. (2017). SONIDOS NATURALES Y ENTORNO URBANO. ¿SON COMPATIBLES? *In Tecniacústica*(48), 446-455, Recuperado el 10 de enero de 2018 de [http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/AAM-5\\_004\\_02.pdf](http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/AAM-5_004_02.pdf)

Naranjo, T. (2013). Validación de los modelos matemáticos de ruido urbano UISEK de linearización de una función no lineal y análisis multivariante, en el sector centro oriental de la Ciudad de Quito, en el período 2012-2013. *Doctoral dissertation, Universidad Internacional SEK*, 1-195, Recuperado el 10 de enero de 2018 de [repositorio.uisek.edu.ec](http://repositorio.uisek.edu.ec)

NTC 3520. (1993). Norma Técnica 3520. *Descripción y medición del ruido ambiental. Obtención de datos relativos al uso en campo*. Bogota, Colombia: Icotec, Recuperado el 9 de abril de 2018 de <https://tienda.icontec.org/wp-content/uploads/pdfs/NTC5491-2.pdf>

Otegui, S., & Prieto, A. (2017). REALIZACIÓN DEL MAPA ESTRATÉGICO DE RUIDO DEL MUNICIPIO DE A CORUÑA CORRESPONDIENTE A LA 3º FASE. *In Tecniacústica A Coruña 2017 Congreso Español de Acústica; Encuentro Ibérico de Acústica; European Symposium on Underwater Acoustics Applications; European Symposium on Sustainable Building Acoustics*:(48), 206-216, Recuperado el 10 de enero de 2018 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6204339>

Platzer, & Iñiguez. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 67(2), 122-128, Recuperado el 9 de abril de 2018 de

[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-48162007000200005&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-48162007000200005&script=sci_arttext)

- Prieto, G., & Morillas, B. (2011). Efectos del mundial de fútbol sobre los niveles sonoros de ruido. *In Cáceres: Proceeding of European Symposium on Environmental Acoustics and on Building Acoustically Sustainable*, 1-9, Recuperado el 6 de junio de 2018 de [http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Caceres11\\_AAM019.pdf](http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/Caceres11_AAM019.pdf)
- Prieto, M. (2009). Estudio de la validación, errores e incertidumbre en la elaboración de mapas de ruido. *Doctoral dissertation, Industriales, Universidad Politécnica de Madrid*, 1-109, Recuperado el 10 de febrero de 2018 de [https://www.researchgate.net/profile/Miguel\\_Ausejo2/publication/40763405\\_Estudio\\_de\\_la\\_validacion\\_errores\\_e\\_incertidumbre\\_en\\_la\\_elaboracion\\_de\\_mapas\\_de\\_ruido/links/09e4150aa3b127e801000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Miguel_Ausejo2/publication/40763405_Estudio_de_la_validacion_errores_e_incertidumbre_en_la_elaboracion_de_mapas_de_ruido/links/09e4150aa3b127e801000000.pdf)
- Puerta, R., & Morales, N. (2011). ArcGIS básico 10. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*, 148, Recuperado el 10 de febrero de 2018 de <https://actswithscience.com/Descargas/ManualArcGis.pdf>
- Recasens, R. (2006). Nuevas mezclas para capas de rodadura y su influencia en el confort (ruido) y la Seguridad. *ResearchGate*, 1-39, Recuperado el 19 de febrero de 2018 de [https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo\\_Miro/publication/268287219\\_NUEVAS\\_MEZCLAS\\_PARA\\_CAPAS\\_DE\\_RODADURA\\_Y\\_SU\\_INFLUENCIA\\_EN\\_EL\\_CONFORT\\_RUIDO\\_Y\\_LA\\_SEGURIDAD/links/56aa4fe808ae7f592f0f333f.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo_Miro/publication/268287219_NUEVAS_MEZCLAS_PARA_CAPAS_DE_RODADURA_Y_SU_INFLUENCIA_EN_EL_CONFORT_RUIDO_Y_LA_SEGURIDAD/links/56aa4fe808ae7f592f0f333f.pdf)
- Ministerio de ambiente. (2015). *Constitución de la Republica del Ecuador*. Quito, Pichincha, Ecuador: Lexis Inteligencia Juridica. Obtenido de Conrte, Recuperado el 5 de diciembre de 2017 de <https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/ediciones-especiales/item/5550-edici%C3%B3n-especial-no-387>

- Rodriguez, C. (2013). Ruido ambiental y paisaje sonoro. (U. d. Arquitectura, Ed.) *Sinergias en el medio urbano*, 74, Recuperado el 2 de febrero de 2018 de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/4859>
- Segarel, J. (2012). Evaluación de la superficie de mezclas asfálticas: textura y absorción acústica relacionadas con el ruido de rodadura. *Doctoral dissertation*, Recuperado el 6 de enero del 2018 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=124172>
- Sevilla, M. (2015). Curso OpenStreetMap. *Osluz. Unizar*, 1-7, Recuperado el 4 de febrero de 2018 de <https://osluz.unizar.es/content/curso-de-openstreetmap>
- Toribio, A., & Maqueda, R. (2011). Ruido ambiental: seguridad y salud. *Revista de ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*, 1-24, Recuperado el 4 de mayo de 2018 de [https://www.researchgate.net/profile/L\\_Abad/publication/277261854\\_Ruido\\_ambiental\\_seguridad\\_y\\_salud/links/5a6edbb1a6fdcc317b19578c/Ruido-ambiental-seguridad-y-salud.pdf](https://www.researchgate.net/profile/L_Abad/publication/277261854_Ruido_ambiental_seguridad_y_salud/links/5a6edbb1a6fdcc317b19578c/Ruido-ambiental-seguridad-y-salud.pdf)
- Torres, R. (2010). Plan Sustentable de Tránsito y Transporte. *Unidad Municipal de Tránsito y Transporte*, 1-150
- Vintimilla, P. (2015). Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el cantón Cuenca. *La granja revista de ciencias de la vida*, 1-102, Recuperado el 3 de enero del 2018 de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7647>

## **ANEXOS**

La siguiente tabla representa el porcentaje vehicular de tráfico rodado en entradas y salidas de la ciudad.

Anexo 1

*Porcentaje de conteos de tráfico según tipo de vehículos en los principales accesos a la Ciudad de Ibarra*

<b>Panamericana Sur- Estación Florida</b>	
Livianos	Pesados
79.82%	20.18%
<b>Panamericana Norte – Estación Puente de los molinos</b>	
Livianos	Pesados
77.40%	22.6%
<b>Urcuquí – Estación El Milagro</b>	
Livianos	Pesados
75.79%	24.21%
<b>Caranqui – Estación Caranqui</b>	
Livianos	Pesados
76.46%	23.54%
<b>Clasificación del tráfico total de entrada y salida de Ibarra</b>	
Livianos	Pesados
77.37%	22.63%
<b>Número de livianos total entrada</b>	<b>Número de pesados total entrada</b>
20.340	5.950
<b>Total: 26290</b>	
<b>Número de livianos total entrada</b>	<b>Número de pesados total entrada</b>
20.542	6.008
<b>Total: 26551</b>	

Tomado de archivos tabulados de conteos vehiculares GAD Ibarra tránsito y transporte 2010, p.80



Representación de conteo de tráfico vehicular diario en entradas y salidas de la ciudad.

Anexo 2

*Número de vehículos en las entradas y salidas de la ciudad según los días de medición ciudad de Ibarra.*

Día	Panamericana norte		Vía Urcuquí		Caranqui		Panamericana Sur		Total	
	Entra	Sale	Entra	Sale	Entra	Sale	Entra	Sale	Entra	Sale
<b>Lunes</b>	8.665	11.042	1.996	2.040	518	650	12.461	12.122	23.640	25.854
<b>Martes</b>	9.755	9.886	2.143	2.223	558	689	12.198	12.198	24.894	26.996
<b>Miércoles</b>	10.013	9.872	2.268	2.122	561	686	12.530	12.530	25.405	25.210
<b>Jueves</b>	10.765	10.634	2.360	2.241	611	742	13.390	13.390	27.262	27007
<b>Viernes</b>	11.215	11.276	2.254	2.404	696	833	13.977	13.977	28.710	28.490
<b>Sábado</b>	10.982	11.290	2.421	2.534	799	951	13.871	13.871	28.920	28.746
<b>Domingo</b>	10.737	9.584	2.057	2.201	693	837	12.935	12.935	25.196	25.557
<b>Total</b>	72.132	73.584	15.499	15.865	4.436	5.388	91.960	91.023	184.027	26.551
<b>Porcentaje</b>	42.61%	37.50%	8.16%	8.61%	2.75%	3.28%	46.47%	50.61%		
<b>Promedio</b>	10.305	10.512	2.214	2.266	634	770	13.137	13.003	<b>26.290</b>	<b>26.551</b>
<b>TPDA por sentido</b>	9.909	10.10108	2.179	21.79	609	740	12.633	12.504		
<b>TPDA TOTAL</b>	20.017		4.309		1350		25.137			

Tomado de Plan Sustentable de Tránsito y Transporte 2010, p.80

Representación de conteo de tráfico vehicular en entradas y salidas producidas en horas pico.

Anexo 3

*Número de vehículos en las entradas y salidas según horarios pico de la ciudad de Ibarra.*

<b>Sector</b>	<b>Hora pico</b>	<b>Cantidad de vehículos entrada (Aproximadamente)</b>	<b>Cantidad de vehículos salida (Aproximadamente)</b>
Panamericana Sur	7:00 AM a 8:00 AM	3500	3400
	15:00 PM a 17:00 PM	3300	3440
Panamericana norte	7:00 AM a 8:00 AM	3300	3500
	15:00 PM a 17:00 PM	3400	3300
Vía Expresa Imbaya	7:00 AM a 8:00 AM	700	750
	15:00 PM a 17:00 PM	800	700
Vía Caranqui	7:00 AM a 8:00 AM	100	150
	15:00 PM a 17:00 PM	264	200

Tomado de Plan Sustentable de Tránsito y Transporte 2010, p.81

Anexo 4. Conteo de tráfico vehicular Av. Jaime Roldos Aguilera y 13 de abril  
calle “colectora”



Anexo 5 Conteo de tráfico vehicular Av. Rodrigo Miño y Av. Fray Vacas Galindo



Anexo 6 Tráfico Vehicular Av. Cristobal de Troya y Arsenio Torres calle  
“colectora”





Anexo 7 Tráfico Vehicular Sector el Olivo Av. Cristobal de Troya y General José Maria Cordova.



Anexo 8 Tráfico vehicular de la Av. “colectora” Teodoro Gomez de la Torre frente al colegio con el mismo nombre.





Anexo 9 Tráfico vehicular de la Av. Eugenio Espejo calle “colectora arterial”.





