



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

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

#### **TEMA:**

**MODELACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES Y GASES DE EFECTO  
INVERNADERO DE AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA**

**AUTOR: BRAULIO EDGARDO TARAPUÉS CADENA**

**DIRECTOR: ING. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑAZCO, MSc.**

**Ibarra, febrero 2019**

**CERTIFICADO****ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología.

**CERTIFICO:**

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "MODELACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DE AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA" presentado por el señor: Braulio Edgardo Tarapués Cadena con número de cédula 0401706122, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 5 días del mes de febrero del 2019.

Atentamente,



Ing. Ramiro Andrés Rosero Añazco

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



# AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	040170612-2		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Tarapués Cadena Braulio Edgardo		
<b>DIRECCIÓN:</b>	El Olivo		
<b>EMAIL:</b>	betarapuesc@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	(06) 2 604-453	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0998208674
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO</b>	MODELACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES Y GASES DE EFECTO INVERNADERO DE AUTOBUSES URBANOS DE LA CIUDAD DE IBARRA		
<b>AUTORES:</b>	Tarapués Cadena Braulio Edgardo		
<b>FECHA:</b>	05/02/2019		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
<b>PROGRAMA:</b>	Pregrado		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniería en Mantenimiento Automotriz		
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	Ing. Ramiro Andrés Rosero Añazco. MSc		

## 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 5 días del mes de febrero del 2019.

### AUTOR



---

Braulio Edgardo Tarapué Cadena

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía en todo momento quien me dio fuerza y valentía para seguir luchando por mi meta y culminarla con mucho orgullo.

A mi hijo por ser el motivo más grande, el cual me ha motivado e inspirado a salir adelante en mi carrera y poder culminar mis estudios.

A el amor de mi vida, la cual ha estado allí conmigo en todo momento, aquella persona que nunca perdió las esperanzas en mí, la cual me ha infundido decisión y valor para lograr lo que quiero, con sacrificio y dedicación.

A mis padres por apoyarme cada momento, alentándome a salir siempre a delante y ser mejor cada día, ser mejor persona, ser mejor hijo y un buen profesional.

A mi hermano por ser un amigo especial quien me ha motivado todos los días a luchar por lo que quiero y conseguirlo con esfuerzo y dedicación.

**BRAULIO EDGARDO TARAPUÉS CADENA**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme culminar este sueño que se convierta en realidad.

A mi familia por apoyarme moralmente y económicamente para poder finalizar mis estudios.

A mi director de trabajo de grado por guiarme y orientarme en mi proyecto.

A la Universidad Técnica del Norte, que gracias a la enseñanza que obtuve en esta institución pude obtener muchos conocimientos que me han ayudado a culminar mi proyecto y a formarme como un buen profesional.

**BRAULIO EDGARDO TARAPUÉS CADENA**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>RESUMEN</b>	xvii
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xix
<b>CAPÍTULO I</b>	20
<b>1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	20
1.1 Antecedentes	20
1.2 Planteamiento del problema	22
1.3 Formulación del problema	23
1.4 Delimitación	24
1.4.1 Temporal	24
1.4.2 Espacial	24
1.5 Objetivos	25
1.5.1 Objetivo general	25
1.5.2 Objetivos específicos	25
1.6 Justificación	25
1.7 Regulaciones y estándares de emisiones	27
1.7.1 Normativas de emisiones internacionales	27
1.7.1.1 Normativa de emisiones vehiculares Europea	27
1.7.1.2 Normativa de emisiones vehiculares de los Estados Unidos	28
1.7.1.3 Normativa de emisiones vehiculares Japonesa	28
1.7.2 Normativa de emisiones vehiculares nacional	29
1.7.2.1 Límites permitidos en el Ecuador de opacidad	31
1.7.3 Factores de emisión	31
1.7.3.1 Técnicas directas para obtener factores de emisión	32
1.7.3.2 Técnicas indirectas para obtener factores de emisión	33
1.8 Evaluación de emisiones contaminantes	34
1.8.1 Emisiones por el tubo de escape	34
1.8.2 Emisiones evaporativas	34
1.8.3 Prueba dinámica	35
1.8.4 Pruebas estáticas	36

1.8.5 On board diagnostics (diagnóstico a bordo)	37
1.8.6 sensores remotos	38
1.9 Modelos matemáticos	39
1.9.1 Modelos de estimación de emisiones	40
1.9.1.1 Post – proceso de modelo de emisión	40
1.9.1.2 Emisiones directas de vehículos	41
1.9.1.3 Análisis de beneficios para la salud	41
1.9.1.4 Análisis de ciclo de vida	41
1.9.2 Clasificación de modelos matemáticos	41
1.9.2.1 Modelo IVE	43
1.9.2.2 Modelo MOVES	45
1.9.2.3 Modelo MOBILE	46
1.9.2.4 Modelo COPERT	47
1.9.3 Diferencias entre modelos	49
1.10 Combustibles	50
1.10.1 Diésel	50
1.10.2 Contenido de azufre	51
1.10.3 Índice de cetano	52
1.10.4 Diésel en ecuador	52
<b>CAPITULO II</b>	54
<b>2. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	54
2.1 Modelo internacional de emisiones vehiculares IVE	54
2.1.1 Categorías vehiculares	55
2.1.2 Tipos de contaminantes	56
2.1.3 Arquitectura del modelo ive	57
2.1.4 Parámetros de entrada del modelo ive	58
2.1.5 Proceso de factores de emisión en el modelo ive	58
2.2 Metodología	59
2.2.1 Caracterización vehicular	61
2.2.1.1 Transporte urbano en la ciudad de Ibarra	62
2.2.1.2 Marca de autobuses	62
2.2.1.3 Año de fabricación	64
2.2.1.4 Selección de la flota	65
2.2.1.5 Tecnología vehicular	65



2.2.2 Estudio de localidad	71
2.2.2.1 Análisis geográfico	71
2.2.2.2 Factor climatológico	72
2.2.3 Selección de rutas para el análisis	73
2.2.3.1 Selección de los sectores	76
2.2.3.2 Clasificación de rutas por pendiente	78
2.2.4 Cinemática GPS	86
2.2.4.1 Instrumento de medición GPS	86
2.2.4.2 Principales características GPS GL-770	87
2.2.4.3 Evaluación de las rutas seleccionadas con el dispositivo GPS	88
2.2.5 Procesamiento de datos	88
2.2.5.1 Cálculo de bins de potencia	89
<b>CAPITULO III</b>	90
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	90
3.1 Análisis de resultados	90
3.1.1 Rutas seleccionadas	90
3.2 Ciclos de conducción	93
3.2.1 Ciclos de conducción ruta católica- alpachaca	93
3.2.2 Ciclos de conducción ruta esperanza- hospital del seguro	96
3.3 Calculo de los estados de conducción de las rutas seleccionadas	98
3.4 Calculo de emisiones	100
3.4.1 Software ive model 2.0.2	100
3.4.2 Pestaña flota	100
3.4.3 Pestaña localidad	101
3.4.4 Pestaña cálculo	102
3.5 Comportamiento de los bins	103
3.5.1 Comportamiento del bins ruta católica- alpachaca	104
3.5.2 Comportamiento del bins ruta esperanza-hospital del seguro	105
3.6 Emisiones de las rutas evaluadas	106
3.6.1 Ruta católica-alpachaca (día ordinario)	106
3.6.2 Ruta católica-alpachaca (día sábado)	108

3.6.3 Ruta católica-alpachaca (día domingo)	110
3.6.4 Ruta esperanza-hospital del seguro (día ordinario)	112
3.6.5 Ruta esperanza-hospital del seguro (día sábado)	114
3.6.6 Ruta esperanza-hospital del seguro (día domingo)	116
3.7 Análisis de emisiones	118
3.7.1 Comparación de las emisiones con las normativas nacionales e internacionales	118
3.7.2 Monóxido de carbono (Co)	119
3.7.3 Óxidos de nitrógeno (Nox)	120
3.7.4 Material particulado (Mp)	121
3.7.5 Emisiones del dióxido de carbono (Co <sub>2</sub> )	122
3.7.6 Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)	123
3.8 Emisiones de toda la flota	124
<b>CAPÍTULO IV</b>	126
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	126
4.1 Conclusiones	126
4.2 Recomendaciones	128
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	129
Anexos	133

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLAS NÚM.</b>	<b>PÁGINA</b>
1.1 Normativa de emisiones vehiculares Europea	28
1.2 Normativa de emisiones vehiculares de los EE.UU	28
1.3 Normativa de emisiones vehiculares Japonesa	29
1.4 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos)	30
1.5 Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos).	30
1.6 Porcentaje opacidad	31
1.7 Dispositivos para medir la opacidad	37
1.8 Lista de Modelos Matemáticos	41
1.9 Insumos requeridos por IVE	44
1.10 Categoría vehicular MOVES para autobuses urbanos	45
1.11 Parámetros que el modelo MOVES necesita	45
1.12 Categoría vehicular MOVES para autobuses urbanos	46
1.13 Insumos demandados por MOBILE6	47
1.14 Categoría vehicular COPERT para autobuses urbanos	48
1.15 Insumos demandados por COPERT	48
1.16 Diferencia entre modelos	49
1.17 Diésel Premium en el Ecuador	53
2.1 Categorías vehiculares	55
2.2 Tipos de contaminantes	56
2.3 Parámetros de entrada del modelo IVE	58
2.4 Descripción de las variables de las ecuaciones del factor de emisión IVE	59
2.5 Clasificación por marca de bus	62
2.6 Modelos por marca	63
2.7 Año de Fabricación flota	64
2.8 Unidades de Vehículos	65
2.9 Especificaciones del vehículo Chevrolet	68
2.10 Especificaciones del vehículo Hino	69
2.11 Especificaciones del vehículo Volkswagen	69

<b>2.12</b>	Especificaciones del vehículo Mercedes Benz	70
<b>2.13</b>	Tecnología vehicular de los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra	71
<b>2.14</b>	Recorrido por centros de atracción de viaje y actividad económica	77
<b>2.15</b>	Clasificación de rutas por pendiente	78
<b>2.16</b>	Rutas elegidas	86
<b>3.1</b>	Bins calculados para cada ruta por hora	99
<b>3.2</b>	Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día ordinario	106
<b>3.3</b>	Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día sábado	108
<b>3.4</b>	Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día domingo	110
<b>3.5</b>	Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día ordinario	112
<b>3.6</b>	Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día sábado	114
<b>3.7</b>	Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día domingo	116
<b>3.8</b>	Emisiones de toda la flota	125

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURAS NÚM.</b>	<b>PÁGINA</b>
1.1 Zona de estudio ciudad Ibarra	24
1.2 Esquema de Emisiones Evaporativas	35
1.3 Esquema de una prueba dinámica	35
1.4 Esquema de una prueba abordó	38
1.5 Esquema de medición para sensores remotos	39
1.6 Esquema de Clasificación de Modelos de Emisión	40
2.1 Ciudades que han utilizado IVE	54
2.2 Arquitectura del modelo	57
2.3 Metodología Experimental	59
2.4 Sistema de Alimentación	66
2.5 Sistema de Escape	67
2.6 Análisis geográfico	72
2.7 Rutas de la ciudad de Ibarra	74
2.8 Parroquias Urbanas Ibarra	75
2.9 Selección de rutas	80
2.10 Ciclo de conducción ruta San Miguel Arcángel- San Cristóbal de Caranqui	81
2.11 Ciclo de conducción ruta Azaya- La campiña	82
2.12 Ciclo de conducción ruta Católica- Alpachaca	82
2.13 Ciclo de conducción ruta Esperanza – Hosp del seguro	83
2.14 Ciclo de conducción ruta Palmas- Ceibos	84
2.15 Ciclo de conducción ruta Pugacho- Santa Teresa	84
2.16 Ciclo de conducción ruta Naranjito	85
2.17 GPS GL-770	87
3.1 Rutas seleccionadas	91
3.2 Ruta Católica – Alpachaca	92
3.3 Ruta Esperanza – Hospital del seguro	92
3.4 Ciclos de conducción ruta Católica- Alpachaca (Día ordinario)	94
3.5 Ciclos de conducción ruta Católica- Alpachaca (Día domingo)	95
3.6 Ciclos de conducción ruta Católica- Alpachaca (Día sábado)	95
3.7 Ciclos de conducción ruta Esperanza- Hosp del seguro (Día ordinario)	96

<b>3.8</b>	Ciclos de conducción ruta Esperanza- Hosp del seguro (Día domingo)	97
<b>3.9</b>	Ciclo de conducción ruta Esperanza- Hospital del seguro (Día sábado)	98
<b>3.10</b>	Pestaña de flota	101
<b>3.11</b>	Pestaña de localidad	102
<b>3.12</b>	Pestaña cálculo	103
<b>3.13</b>	Comportamiento de bins en ruta Católica – Alpachaca	104
<b>3.14</b>	Comportamiento de bins en ruta Esperanza – Hosp del seguro	105
<b>3.15</b>	Comparativa CO vs normativas vigentes, horas pico y horas valle	119
<b>3.16</b>	Comparativa NOX vs normativas vigentes, horas pico y horas valle	121
<b>3.17</b>	Comparativa PM vs normativas vigentes, horas pico y horas valle	122
<b>3.18</b>	Comparativa CO2 vs normativas vigentes, horas pico y horas valle	123
<b>3.19</b>	Diferencia entre categorías vehiculares VOC en horas pico y horas valle	124

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN NÚM.</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>2.1</b> Ajuste factor de emisión	59
<b>2.2</b> Ajuste factor de emisión en ruta	59
<b>2.3</b> Ajuste factor de emisión en partida	59
<b>2.4</b> Cálculo del VSP	89
<b>2.5</b> Estrés del motor	89
<b>2.6</b> Cálculo de pendiente	89
<b>2.7</b> Potencia promedio	89
<b>2.8</b> Índice de RPM	89

**ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO NÚM.</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Caracterización de la flota vehicular	134
2. Rutas de la ciudad de Ibarra- Ecuador	145
3. Cálculo de bins de potencia	146
4. Bins ruta Católica- Alpachaca	149
5. Bins ruta Esperanza- Hospital del seguro	158



## RESUMEN

El proyecto trata acerca del estudio de estimación de emisiones contaminantes que producen fuentes vehiculares diésel en la ciudad de Ibarra, por lo tanto el primer capítulo trata acerca del problema de las emisiones contaminantes producidas por el transporte urbano, el segundo capítulo consiste en estudiar los modelos matemáticos que realizan la estimación de emisiones a nivel mundial, así como también los métodos para realizar pruebas para controlar las emisiones, que pueden ser en ruta o pruebas estáticas, en el tercer capítulo se llega a determinar el modelo computacional que se va utilizar para determinar las emisiones, y que requisitos de entrada y de salida requiere el modelo matemático.

Para poder realizar el cálculo de las emisiones contaminantes en la ciudad de Ibarra, se hace una selección de rutas, llegando a determinar dos rutas más representativas, las mismas que son definidas por ciclos de conducción, pendiente, sectores de atracción de viaje y alta actividad económica, al igual que la tecnología vehicular que es un factor importante que influye en las emisiones, en el cuarto capítulo tenemos el resultado de las emisiones producto del transporte urbano de la ciudad de Ibarra, con el fin de estimar que contaminantes a criterio y contaminantes globales se generan en las dos rutas ya establecidas, donde se obtuvo compuestos de monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (VOC), óxido nitroso (NO<sub>x</sub>), material particulado (MP), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los cuales se encuentran con porcentajes que sobrepasan los límites de emisiones con respecto a las normativas nacionales e internacionales, llegando a definir que las emisiones son altas que pueden afectar a la salud y al ecosistema.

## ABSTRACT

The project deals with the study of estimation of pollutant emissions that produce diesel vehicle sources in the city of Ibarra, therefore the first chapter deals with the problem of pollutant emissions produced by urban transport, the second chapter is to study the models mathematical who carry out the estimation of emissions worldwide, as well as the methodology to carry out tests to control emissions, which can be in route or static tests, in the third chapter it is possible to determine the computational model that will be used to determine the emissions, and input and output requirements for mathematical model. To perform the calculation of pollutant emissions in the city of Ibarra, a selection of routes is made, reaching two more representative routes, which are defined by driving cycles, slope, travel attraction sectors and high activity. economic, as well as the vehicular technology that is an important factor that influences the emissions, in the fourth chapter we have the result of the emissions product of the urban transport of the city of Ibarra, in order to estimate that polluting criteria and contaminants are generated in the two already established routes, where compounds of carbon monoxide (CO), volatile organic compounds (VOC), nitrous oxide (NOX), particulate matter (PM), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), were obtained are found with percentages that exceed the limits of emissions with respect to national and international regulations, reaching to define that the emissions are high they can affect health and the ecosystem.

## INTRODUCCIÓN

La investigación del proyecto trata acerca de la estimación de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero, producidas por fuentes vehiculares de transporte urbano de la ciudad de Ibarra, para ello se realiza un proceso de clasificación de rutas para determinar las más representativas y definir los recorridos por donde circulan los autobuses urbanos, que ayude a establecer las emisiones diarias, que son producto del tráfico vehicular, condiciones geográficas del terreno, y de la tecnología que dispone la flota de autobuses urbanos, tomando en cuenta que los recorridos se realizan en zonas con alta actividad comercial y económica, dando como consecuencia mayor tráfico vehicular, y por lo tanto aumento de emisiones en la ciudad.

Para llegar a determinar los factores de emisión del transporte urbano se aplica un modelo matemático IVE, (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares), este modelo fue utilizado por varios países, Colombia, Brasil, Chile, México, China, India, Pakistán, que es utilizado para determinar las emisiones contaminantes de vehículos. Por lo tanto en la ciudad de Ibarra se utilizó el modelo IVE para determinar los compuestos que se originan y que son emitidos a la atmosfera tales como: CO, VOC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM, conocidos como contaminantes a criterio, los mismos que son causantes de varias enfermedades respiratorias que pueden ocasionar la muerte. Otros compuestos globales que se obtuvo en el estudio son: CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, estos son contaminantes que afectan al medio ambiente trayendo como consecuencia el calentamiento global, finalmente se obtiene valores de estos compuestos que sobrepasan el límite de emisión con respecto a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002, esto se debe a la baja tecnología vehicular que tienen los autobuses urbanos, y al tráfico vehicular que se encuentra en los recorridos que realizan dentro de la ciudad de Ibarra.

# CAPÍTULO I

## 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 ANTECEDENTES

Las exigencias para reducir la contaminación provocada por los vehículos de carretera son cada vez mayores debido a las emisiones que emiten al medio ambiente, por lo tanto varios fabricantes de motores se encuentran trabajando para introducir nuevos sistemas que ayuden a reducir las emisiones.

En concreto, el sector del transporte por carretera es uno de los más tratados por su repercusión local y global, lo que ha dado lugar a la búsqueda de soluciones como los vehículos eléctricos o híbridos, las pilas de combustible o el uso de gas natural. Sin embargo, aunque los avances técnicos son continuos y la introducción de algunas de las soluciones anteriores se prevé de forma paulatina, las mejoras sobre los sistemas actuales son imprescindibles (Jiménez Alonso, López Martínez , Aparicio Izquierdo , & Flores Holgado , 2009, pág. 1).

En marzo de 2001 la comisión Europea puso en marcha el programa Aire limpio para Europa (CAFE), esto ha llevado a la adopción de una estrategia temática sobre la contaminación atmosférica que se dio a conocer el 21 de septiembre del 2005, por ello una de las conclusiones de la estrategia temática es incluir nuevos niveles en la reducción de emisiones del sector transporte (aéreo, marítimo y terrestre), de los hogares y de la energía, como también en los sectores agrícolas e industriales que necesitan ser incorporados para lograr los objetivos en la calidad del aire, en este contexto, la tarea de reducir las emisiones de los vehículos debe abordarse como parte de una estrategia global, ya que las normas Euro 5 y 6 son una de las medidas destinadas a reducir las emisiones de partículas y precursores de ozono como los óxidos de nitrógeno e hidrocarburos (Departamento de Comunicación de la Comisión Europea., 2014, pág. 2).

Es por ello que para la reducción de las emisiones contaminantes en el Ecuador, se tiene normativas que regulan los límites de emisión, que pueden propagar las fuentes vehiculares a la atmosfera.

Entre los nuevos dispositivos anticontaminantes que aparecieron desde principio de la década de los años 90, tanto para motores a gasolina y motores Diésel, están los convertidores catalíticos o catalizadores, cuyo rendimiento en la depuración de los gases

tóxicos es prácticamente un 100%, en condiciones normales de funcionamiento; los catalizadores para motores Diésel permiten controlar las emisiones nocivas mediante las conversiones químicas referidas en los gases de escape, y garantizan la máxima efectividad para neutralizar dichos elementos tóxicos como son las partículas sólidas de hidrocarburos (MP) y el monóxido de carbono (CO) (Rodrigo, 2009, pág. 1).

Por ello un inventario de emisiones contaminantes atmosféricas es un instrumento estratégico con un fin de obtener una gestión de calidad de aire, ya que el inventario de emisiones nos permite conocer fuentes contaminantes y que cantidad de contaminantes son emitidos al medio ambiente.

En nuestro país se ha realizado un inventario de emisiones a la atmósfera del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) para el año 2003 que constituye el primer esfuerzo por identificar de manera detallada la contribución de cada una de las fuentes significativas al problema de la contaminación del aire presentando información total, desagregada espacial y temporalmente.

Previamente hay que indicar que la metodología y los resultados de este inventario, son parte del trabajo de construcción del Sistema de Gestión del Inventario de Emisiones Atmosféricas del DMQ, orientado a obtener variados escenarios de emisión y conjuntamente con la aplicación de un modelo numérico de transporte y procesos químicos, un mejor entendimiento de la contaminación del aire de Quito.

Los contaminantes considerados, corresponden a tres grupos: los identificados como comunes en la Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire, los precursores para la formación de ozono troposférico y los gases de efecto invernadero. Específicamente son los siguientes: óxidos de nitrógeno,  $\text{NO}_x$ ; compuestos orgánicos volátiles (VOC); material particulado menor a diez micrones ( $\text{PM}_{10}$ ); material particulado menor a  $\text{PM}_{2.5}$  micrones; monóxido de carbono (CO); dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ); dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso,  $\text{N}_2\text{O}$  (Ibarra, Parra, Valencia, & Páez, 2003, pág. 8).

El acelerado crecimiento de diferentes centros urbanos ha dado como resultado el deterioro de la calidad del aire mediante el incremento de las emisiones contaminantes, cuyas fuentes principales son la transportación, producción de energía y actividades industriales, concentradas en áreas densamente pobladas.

Por lo tanto la ciudad de Quito realizó una investigación para determinar las emisiones contaminantes provocadas por fuentes vehiculares utilizando una metodología internacional, con el modelo IVE, que engloba una metodología tipo Bottom – Up, que reúne gran cantidad de información para conformar el inventario de emisiones. Además

este modelo es una herramienta computacional que estima emisiones vehiculares mediante la aplicación de la Potencia Específica Vehicular (VSP), que asocia a cada grado de exigencia del motor un nivel de emisión particular, esta investigación se llevó a cabo en tres sectores socioeconómicos representativos de la localidad: alto ingreso, bajo ingreso y comercial– financiero, esta información generada en la campaña experimental fue revisada y procesada, para luego ingresarla al modelo IVE y estimar emisiones diarias y anuales de CO, NO<sub>x</sub>, MP y VOC (Guadalupe Almeida, 2016, pág. 4).

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la ciudad de Ibarra no se encuentra realizado ningún estudio que ayude a estimar las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero provocado por autobuses urbanos, por tal razón no se tiene un inventario de emisiones, que ayuden a identificar los gases contaminantes y las fuentes emisoras que afecten a una población.

Debido a la tasa de crecimiento de producción vehicular ha generado un incremento del 4.5% en comparación al año 2015 y 2016 según la Organización Internacional de Fabricantes de Vehículos Automotrices, siendo los países de Asia y Oceanía con 51 521 214 unidades y un aumento en la producción del 7.6 %; seguido de Europa con 21 699 589 y un incremento del 2.5%; América con 20854138 y disminución del 0.5% y finalmente África con 901 628 y 7.9% (OICA, 2017, pág. 2).

Si bien es cierto, se ha generado un crecimiento del parque automotor a nivel mundial, las importaciones en el Ecuador según la asociación de Fabricantes Automotrices del Ecuador disminuyeron en un 41%, debido al recorte de cupo de importaciones según el Comité de Comercio Exterior, con resolución 049-2014 aprobada el 29 de diciembre del 2014, esto debido a la crisis económica que se ha generado en el país, por lo tanto debido al constante crecimiento del parque automotor se ha generado una mayor contaminación y por ende un mayor gasto energético, según datos del Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energía Renovable, la mayor demanda energética se debe al transporte en un 42% (INER, 2015, pág. 1).

El ecologista peruano Antonio BrackEgg argumenta que el aumento continuo de la población y su concentración progresiva en grandes centros urbanos y el desarrollo industrial ocasionan, día a día más problemas al medio ambiente, por lo tanto la

Organización de las Naciones Unidas destaca como culpables de la contaminación a las ciudades porque ellas ocupan el 2% del territorio mundial y produce el 70% de los gases contaminantes; esta organización advierte que la situación empeora porque muchos países tienen un alto crecimiento día tras día y así mismo tiende a crecer el parque automotor el mismo que es un agente emisor de las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero (Brack Egg, 2000).

Existen graves afecciones a los estándares de salud así como efectos sobre la economía y desarrollo de las naciones; en el caso del Ecuador, un estudio realizado por la Fundación Natura en el 2003 determino que el costo de la contaminación atmosférica con respecto a la salud para el periodo 1991-2000 en la ciudad de Quito ascendió a más de USD \$34 millones de dólares; por lo tanto en Quito el mayor problema de contaminación atmosférica se atribuye a las emisiones de material particulado, en Cuenca un estudio confirma que los niveles de COV, NO, sobrepasan los límites permisibles de la normativa Ecuatoriana, en Esmeraldas la central termo eléctrica que representa la mayor fuente de producción de combustibles y derivados del petróleo a nivel nacional han generado efectos nocivos por los contaminantes que emiten estos (Ministerio del Ambiente, 2010). Por lo tanto la problemática de la contaminación del aire ha sido de primordial interés, en el nivel local, regional y global, desde el punto de vista ambiental y de la salud humana, ya que la calidad del aire es uno de los factores de importancia en la determinación del índice de calidad de vida de un centro urbano.

### **1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Las emisiones contaminantes de un vehículo son influenciadas debido al estado del motor, características del combustible, la tecnología, el año, características de operación, como también de las condiciones meteorológicas y así mismo a la velocidad que circula y otros elementos, por lo tanto para controlar o determinar dichas emisiones se ha llevado a cabo técnicas ya sea directas o indirectas.

En las técnicas directas para poder obtener los factores de emisión de las fuentes vehiculares, son las que se realizan las mediciones directamente en la fuente tales como: Las pruebas abordo, que consisten en realizar la prueba en condiciones reales con el fin

de obtener las mediciones a partir de un sistema de medición, que se encuentra auto-transportado.

Las pruebas dinamométricas son realizadas en dinamómetro de chasis en donde se le aplican diferentes cargas y velocidad dependiendo del ciclo de manejo, para realizar estas pruebas directas se necesita una alta inversión de los instrumentos y el tiempo para así llegar a determinar los factores de emisión.

En las técnicas indirectas no involucran las mediciones en cada zona o fuente de estudio sino que utilizan los resultados de pruebas directas, como también para la obtención de dichas emisiones se pueden obtener por medio de modelos matemáticos los mismos que se encuentran diseñados para la obtención de factores de emisión de fuentes vehiculares.

## 1.4 DELIMITACIÓN

### 1.4.1 TEMPORAL

Este proyecto se realizará desde el mes de Noviembre del 2017 hasta el mes de Febrero del 2019.

### 1.4.2 ESPACIAL

Este proyecto de investigación se efectúa en la Universidad Técnica del Norte de la ciudad de Ibarra en las zonas urbanas que conforman la provincia de Imbabura.



**Figura 1.1** Zona de estudio ciudad de Ibarra



## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

Modelar las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra.

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los modelos matemáticos y metodologías para la elaboración de inventarios de emisiones vehiculares.
- Caracterizar los parámetros de conducción y la flota de autobuses urbanos de la ciudad.
- Aplicar un modelo matemático y una metodología para estimar las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero locales.
- Realizar un inventario de emisiones contaminantes y efecto invernadero de los autobuses urbanos de la ciudad.

## **1.6 JUSTIFICACIÓN**

Para controlar y conocer las emisiones producidas por fuentes vehiculares se debe tener un inventario de emisiones que nos permita conocer las fuentes emisoras de contaminantes, así como también el tipo y la cantidad de contaminantes que emite cada una de ellas, todo esto con el fin de obtener una calidad de aire libre de emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente.

Ya que el art 1, de la ley de prevención y control de la contaminación ambiental, argumenta que no se debe emitir hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o

de particulares o constituir una molestia (Ley de prevención y control de la contaminación ambiental, 2004, pág. 1).

Gracias a los datos obtenidos por parte del Ministerio del Ambiente, se pudo constatar que en la ciudad de Ibarra el 97% de emisiones contaminantes son de NOx, y además las emisiones de CO son de un 99%, y el 59% son de COV todo esto tiende a producirse por medio del tráfico vehicular.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por el Ministerio del Ambiente, se pudo constatar de las principales emisiones que se dan por tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra, ya que el proyecto trata de analizar las emisiones contaminantes producidas por vehículos diésel de transporte urbano y así mismo dar con alternativas que ayuden a la reducción de estas emisiones y dar una mejor calidad de aire en esta ciudad de Ibarra.

El Ministerio de Ambiente ejerce ciertas normativas que trata acerca sobre biodiversidad y recursos naturales en donde tenemos los siguientes artículos: Art 395. La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales tales como:

- 1) El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
- 2) Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales y jurídicas en el territorio nacional.
- 3) El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución, y control de toda actividad que genere impactos ambientales.
- 4) En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza (Elementos Constitutivos del Estado, 2008, pág. 177).

El plan nacional del buen vivir comunica sobre la movilidad sostenible donde es necesario fortalecer la planificación urbana para la seguridad vial y la promoción de un transporte público digno y de medios de movilidad no motorizada. Las ciudades han concentrado en zonas centrales la infraestructura educativa, hospitalaria, institucional y administrativa, los espacios culturales, las universidades y los centros comerciales, con lo cual se genera un constante flujo de gran cantidad de personas que cotidianamente se ven obligadas a recorrer largas distancias. Por esto, es necesario fortalecer la generación

de nuevas centralidades que garanticen el acceso a servicios y espacios públicos y productivos.

Por lo tanto la infraestructura urbana no resulta segura para la convivencia en el tránsito y favorece la circulación de vehículos motorizados, en detrimento de otras alternativas, debido a que el parque automotor sigue en crecimiento a nivel nacional, lo que provoca problemas ambientales, de salud pública, de convivencia entre conductores con el resto de la población y de sobreocupación del espacio público, en el Ecuador a nivel nacional, en el año 2011, se matricularon un total de 1,6 millones de vehículos, las ciudades, Quito, Guayaquil y Cuenca concentran el 49,5% del parque automotor (Plan nacional del buen vivir, 2009).

## **1.7 REGULACIONES Y ESTÁNDARES DE EMISIONES**

### **1.7.1 NORMATIVAS DE EMISIONES INTERNACIONALES**

#### **1.7.1.1 Normativa de emisiones vehiculares Europea**

Las normas Europeas definen los límites aceptables para las emisiones de vehículos nuevos vendidos en la unión europea, estas normas de emisiones son definidas en una serie de directivas de la unión europea siendo más severas al pasar el tiempo, por lo que en la actualidad estas emisiones de óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), hidrocarburos totales (HC), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM) son reguladas para la mayoría de tipos de vehículos comerciales incluyendo automóviles, trenes, tractores y maquinaria, similar con la excepción de vehículos marítimos y aviones por lo que para cada tipo de vehículo hay diferentes normas que se aplican, por lo tanto la conformidad de las normas es determinada con pruebas a motores en ciclos estandarizados esto tiende a que los vehículos que no estén en conformidad con estas normas no pueden ser vendidos en la unión europea, sin embargo las normas no aplican a vehículos que ya están circulando (Carcelén Nava, 2014, pág. 17).

Los niveles de emisiones tóxicas se estandarizan como Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4 y Euro 5 para normas de vehículos livianos, sin embargo las normas para vehículos de trabajo pesado utilizan números romanos (Euro I, Euro II, etc.), en la siguiente tabla

podemos observar una cronología por año de las normas y sus límites máximos para cada contaminante para motores diésel en unidades de gr/km (Carcelén Nava, 2014, pág. 18).

**Tabla 1.1** Normativa de emisiones vehiculares Europea

<b>Límites de emisiones por contaminante en la Unión Europea [g/km]</b>						
<b>Tipo</b>	<b>Fecha</b>	<b>CO</b>	<b>HC</b>	<b>HC+Nox</b>	<b>NOx</b>	<b>PM [ppm]</b>
<b>DIÉSEL</b>						
Euro I	Julio de 1992	2.72 (3,16)		0.97 (1,13)		0.14 (0,18)
Euro II	Enero de 1996	1.0		0.7		0.08
Euro III	Enero de 2000	0.64		0.56	0.50	0.05
Euro IV	Enero de 2005	0.50		0.30	0.25	0.025
Euro V	Septiembre de 2009	0.50		0.23	0.18	0.005
Euro VI	Septiembre de 2014	0.50		0.17	0.08	0.005

Fuente: (CESVIMAP, 2016, pág. 51)

### 1.7.1.2 Normativa de emisiones vehiculares de los Estados Unidos

Las regulaciones de emisiones vehiculares que se rigen en EE.UU. Y California, para motores de vehículos pesados se resume en la siguiente tabla en donde se muestran los valores de emisiones en g/millas, todo esto para vehículos diésel y gasolina. Las modificaciones de la Ley de Aire Limpio de 1990 en EE.UU. Y California estableció aún niveles de partículas más estrictos para los autobuses urbanos, y un nuevo estándar de regulación, el mismo que entro en vigencia en 1998. (Faiz, Weaver, & Walsh, 1996, pág. 3).

**Tabla 1.2** Normativa de emisiones vehiculares de los EE.UU

<b>Límites de contaminantes en Estados Unidos (g/millas)</b>					
<b>Diésel y gasolina</b>	<b>NOx</b>	<b>NMOG (HC)</b>	<b>CO</b>	<b>PM</b>	<b>HCHO Formaldehidos</b>
<b>Tier 2 Bin</b>	0,05 [g/mi]	0,075 [g/mi]	3,4 [g/mi]		0,015 [g/mi]
<b>5</b>	0,031 [g/km]	0,047 [g/km]	2,113 [g/km]		0,0093 [g/km]

Fuente: (CESVIMAP, 2016, pág. 48)

### 1.7.1.3 Normativa de emisiones vehiculares Japonesa

Japón al igual que los demás países consta de normativas que ayuden a regular las emisiones vehiculares causadas por motores a diésel y gasolina, con el fin de llevar acabo

un ambiente libre de humo y de emisiones que afecten al medio ambiente y a la salud humana, en la siguiente tabla se muestran los diferentes valores en unidades de g/km. que se rigen en esta normativa Japonesa.

**Tabla 1. 3** Normativa de emisiones vehiculares Japonesa  
**JAPAN EMISSION STANDARDS - DIÉSEL VEHICLES**

		Test Mode	Unit	CO	NMHC	NOx	PM	Year
<b>New Short Term</b>	Passenger Car (VW ≤ 1.265 kg)	10-15 Mode	g/km	0,63	0,12	0,28	0,052	2002
	PC (VW > 1.265 kg)			0,63	0,12	0,3	0,056	2002
	Light Commercial vehicle (GVW ≥ 1,7 t)			0,63	0,12	0,28	0,052	2002
	Medium Commercial Vehicle (1,7 t < GVW ≤ 3,5 t)			0,63	0,12	0,49	0,06	2003
<b>New Long Term</b>	Passenger Car (VW ≤ 1.265 kg)	Combined Mode	g/km	0,63	0,024	0,14	0,013	2005
	Passenger Car (VW > 1.265 kg)			0,63	0,024	0,15	0,014	2005
	Light Commercial vehicle (GVW ≥ 1,7 t)			0,63	0,024	0,14	0,013	2005
	Medium Commercial Vehicle (1,7 t < GVW ≤ 3,5 t)			0,63	0,024	0,25	0,015	2005
<b>Post New Long Term</b>	Passenger Car	Combined Mode	g/km	0,63	0,024	0,08	0,005	2009
	Light Commercial vehicle (GVW ≥ 1,7 t)			0,63	0,024	0,08	0,005	2009
	Medium Commercial Vehicle (1,7 t < GVW ≤ 3,5 t)			0,63	0,024	0,15	0,007	2009

**Fuente:** (DELPHI, 2013, pág. 27)

### 1.7.2 NORMATIVA DE EMISIONES VEHICULARES NACIONAL

Para el control de emisiones vehiculares, el Ecuador tiene una serie de normativas de emisiones que se rigen dentro del país para evitar mayor contaminación producida por fuentes vehiculares, por lo tanto tenemos la siguiente norma. Gestión ambiental aire vehículos automotores, que es una normativa aplicada para vehículos diésel, la misma que se realiza en una prueba de dinamómetro que consiste en marcha lenta o en ralentí tomando en cuenta que el vehículo esta encendido, de esta forma obtenemos valores para ciclos americanos y también europeos. En la siguiente tabla se muestran valores de los límites máximos de emisiones para fuentes móviles de diésel de Ciclos FTP-75 y ciclo transitorio pesado, en donde toda fuente móvil diésel que se importe o se ensamble en el país no debe emitir a la atmosfera monóxido de carbono (CO), hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas en cantidades superiores a las indicadas en la tabla.

**Tabla 1.4** Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos)

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g\km	HC g\km	NOx g\km	Partículas g\km	Ciclos de prueba
Vehículos livianos	Todos	Todos	2,1	0,25	0,62	0,12	FTP-75
Vehículos medianos	≤3 860	≤1 700	6,2	0,5	0,75	0,16	
		>1700	6,2	0,5	1.1	0,28	
Vehículos pesados**	>3860	Todos	15,5	1, 3	5	0,10***	Transitorio pesado
* prueba realizada a nivel del mar							
** en g/BHP-h (gramos/brake Horse Power-hora)							
*** para buses urbanos el valor es 0,07 g/bHP-h							

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002, pág. 4)

En la siguiente tabla se representa las categorías en ciclo europeo para determinar en qué categoría se encuentra el transporte urbano, determinando así que la categoría N2, N3, M2, M3 se establece para el transporte urbano la misma que consta de un peso bruto del vehículo > 3860 kg, de esta forma se toma los datos de esta categoría como referencia para determinar los límites máximos de emisiones.

**Tabla 1.5** Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica) a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos).

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g\km	HC g\km	NOx g\km	Partículas g\km	Ciclos de prueba
M1 <sup>(1)</sup>	Todos	Todos	2,72	0.97 <sup>(4)</sup>		0,14	ECE-15 + EUDC
M1 <sup>(2)</sup> ,N1	≤3500	≤1 250	2,72	0.97 <sup>(4)</sup>		0,14	
		>1250	5,17	1.4 <sup>(4)</sup>		0,19	
		≤1700		1.7 <sup>(4)</sup>			
>1700	6,9	1.7 <sup>(4)</sup>		0,25			
N2,N3,M2, M3 <sup>(3)</sup>	>3500	Todos	4	1,1	7	0,15	ECE-49
* Prueba realizada a nivel del mar							
<sup>(1)</sup> Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas							
<sup>(2)</sup> Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda 2,5 toneladas							
<sup>(3)</sup> Unidades g/kWh							
<sup>(4)</sup> HC + Nox							

Fuente: (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002, pág. 5)

### 1.7.2.1 Límites permitidos en el Ecuador de opacidad

Para realizar estas pruebas de opacidad se debe hacer una aceleración rápida del vehículo para obtener los gases adecuados para las mediciones, por lo tanto las regulaciones de emisiones gaseosas para fuentes vehiculares diésel se encuentran dadas por medio de la norma NTE INEN 2207 Gestión Ambiental Aire Vehículos Automotores, en donde los límites permitidos de emisiones por fuentes vehiculares se indica en siguiente tabla.

**Tabla 1.6** Porcentaje opacidad

Año modelo	% Opacidad
2000 y posteriores	50
1999 y anteriores	60

**Fuente:** (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002, pág. 5)

### 1.7.3 FACTORES DE EMISIÓN

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y una unidad de actividad o procesos (consumo de energía, unidades de producción). Generalmente, los factores de emisión se dividen en; los basados en procesos y los basados en censos, los primeros se usan para hacer estimaciones puntuales y a estos se combinan con los datos recopilados ya sea por medio de encuestas o balances materiales, por otro lado los factores de emisión basados en censos, se usan para hacer estimaciones de las emisiones de fuentes de área (Torres Salcedo & Urvina Villacis, 2008, pág. 14).

Las emisiones vehiculares cada día son más complejas, por lo que se tiene mucha dificultad en poder determinar los factores de emisión, pero a través de los años se han desarrollado nuevas técnicas que han sido de gran ayuda para lograr determinar los factores de emisión de fuentes móviles, por lo tanto se tiene las siguientes técnicas:

- Técnicas directas
- Técnicas indirectas

### 1.7.3.1 Técnicas directas para obtener factores de emisión

Para obtener los factores de emisiones vehiculares por medio de las técnicas directas, las mediciones deben ser realizadas directamente en la fuente, como por ejemplo de estas técnicas son el uso del monitoreo abordado o también pueden ser realizadas por pruebas dinamométricas.

A pesar de que las mediciones puedan ser tan precisas, cualquier diferencia entre el ciclo de manejo y las condiciones reales a la que se encuentra el vehículo en operación pueden influir notablemente en las emisiones vehiculares.

Es por ello que se considera nuevas metodologías para realizar la estimación de emisiones, por lo que se debe estimar los patrones de manejo y la potencia específica vehicular, ya que las pruebas directas tienen un alto costo en la parte de implementación, sin embargo existen otras técnicas directas para realizar mediciones a un costo considerable, como son las pruebas de detección remota, las mismas que permiten realizar mediciones por día bajo una sola condición de manejo y los resultados permiten generar factores de emisión.

Los programas de monitoreo a bordo son muy útiles cuando estos se encuentran conformados por lectores automáticos de las placas de los vehículos, dando así una información específica sobre cada vehículo como por ejemplo:

- Tipo de vehículo y uso
- Marca y submarca
- Año modelo
- Número de cilindros
- Cilindrada
- Tipo de combustible
- Estado y municipio del registro vehicular

Debido a las limitaciones de costo y tiempo que implican las mediciones directas, es muy difícil determinar los factores de emisión para cada clase y tipo de vehículo en circulación a través de las técnicas antes mencionadas, por ello, generalmente es más recomendable invertir los recursos que se tengan disponibles en la caracterización de la actividad vehicular (en una muestra de vehículos tan grande como sea posible), y utilizar técnicas o métodos indirectos para la determinación de los factores de emisión, en estos casos, las



técnicas directas resultan de gran utilidad como método de calibración de las técnicas indirectas, generando factores de corrección con base en las condiciones locales, específicas de la zona, y a través de la medición de un número limitado de vehículos ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 50).

### **1.7.3.2 Técnicas indirectas para obtener factores de emisión**

Las técnicas indirectas son las que no involucran las mediciones en el lugar que se realiza el estudio, debido a que estas técnicas recopilan varios resultados directos de otros estudios y tratan de correlacionarlos con la flota que se estudia para llegar a determinar los factores de emisión.

Como por ejemplo de este tipo de técnicas es el uso de factores de emisión, que pueden ser estimados para cada tipo o categoría vehicular de manera general constituyendo lo que se conoce como factores de emisiones globales, o bien pueden ser desagregados por año modelo, por lo tanto debido a la complejidad del manejo de las múltiples variables que afectan a la flota y sus emisiones, existen modelos computacionales diseñados expresamente para estimar los factores de emisión de las fuentes vehiculares, y básicamente, a través del análisis de bases datos provenientes de mediciones directas realizadas en una gran cantidad de vehículos ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 51).

El modelo computacional puede determinar el factor de emisión en (g/Km) para cada contaminante de acuerdo a cada combinación de:

- El tipo de vehículo
- El combustible
- Tecnología del vehículo
- Por la actividad y velocidad del vehículo
- Por el número de viajes y arranques
- Otros factores, como temperatura ambiental y altitud.

## **1.8 EVALUACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES**

### **1.8.1 EMISIONES POR EL TUBO DE ESCAPE**

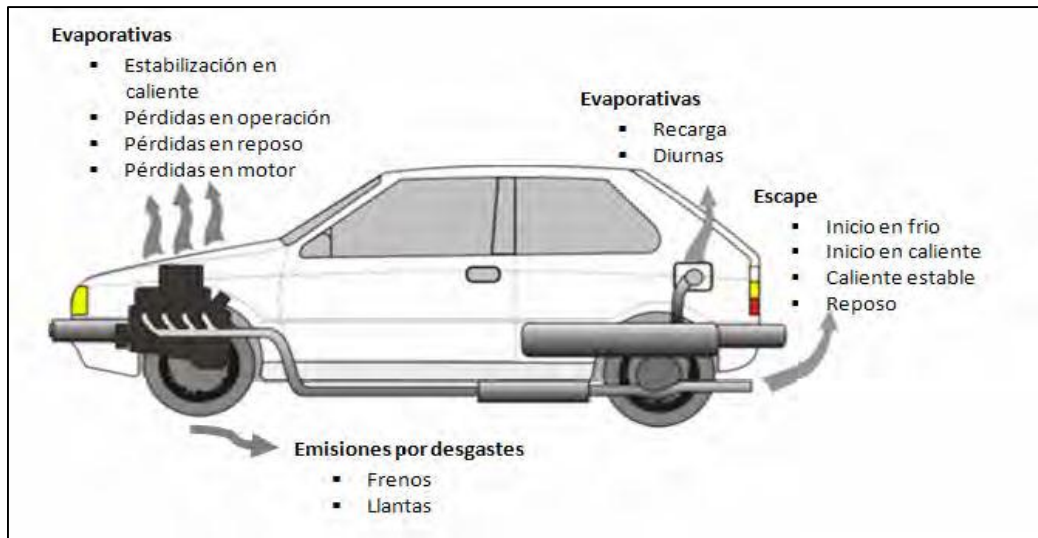
Las emisiones por el tubo de escape que a su vez se clasifican en emisiones en frío y caliente. Las emisiones en frío se producen antes de que el líquido de refrigeración alcance los 70°C, en tanto que las emisiones en caliente se presentan una vez que líquido refrigerante alcanzó y estabilizó su temperatura a los 70°C (Vega, Ocaña, & Parra, 2012, pág. 2).

Por lo tanto las emisiones por el tubo de escape son producto de la quema del combustible (sea éste gasolina, diésel u otros como gas licuado o biocombustibles) y comprenden a una serie de contaminantes tales como: el monóxido y bióxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y las partículas, además, ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y, hasta hace algunos años, el plomo se liberan al ambiente a través del proceso de combustión, por lo cual, las emisiones por el tubo de escape dependen de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 27).

### **1.8.2 EMISIONES EVAPORATIVAS**

Las emisiones evaporativas consisten en la evaporación del combustible, como líquido o vapor esto tiende a ocurrir cuando el motor se encuentra en funcionamiento, así mismo la magnitud de las emisiones evaporativas dependen del tipo o características que tiene el vehículo, factores geográficos, meteorológicos, altura y temperatura ambiente, como también de la presión de vapor del combustible.

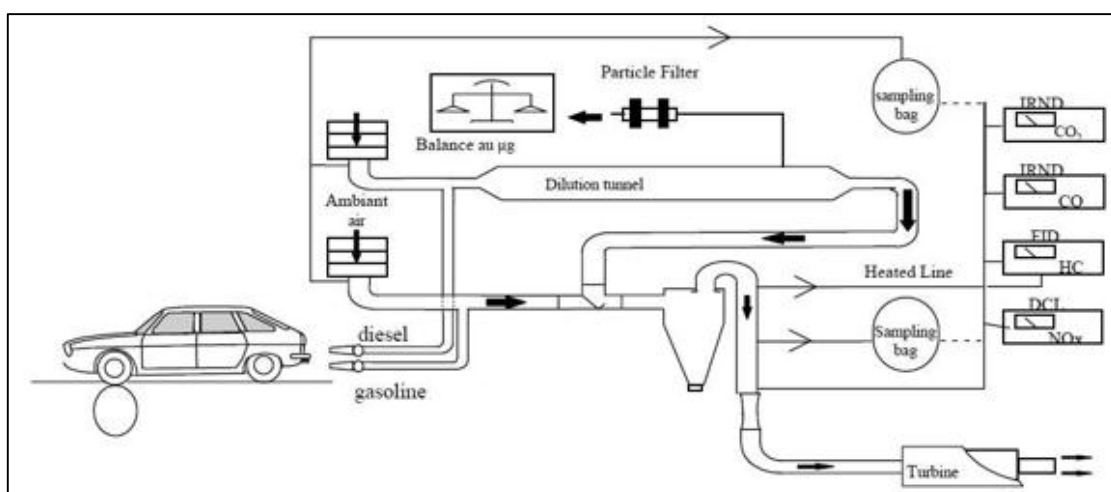
La variedad de procesos por lo que se presentan emisiones evaporativas en los vehículos son; emisiones diurnas, emisiones del vehículo recién apagado con el motor caliente, emisiones evaporativas en circulación, emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío, misiones evaporativas durante el proceso de recarga de combustible (Herrera Murillo, Rodríguez Román, & Rojas Marín, 2011, pág. 2).



**Figura 1.2** Esquema de Emisiones Evaporativas (INE-SEMARNAT, 2005)

### 1.8.3 PRUEBA DINÁMICA

La prueba dinámica consiste en someter al vehículo a diferentes pruebas simulando escenarios reales de operación en los que los vehículos son sometidos a condiciones de esfuerzo, carga y velocidad semejantes, para ello se emplean bancos dinamométricos con control computarizado y se han estandarizado ciclos de manejo con condiciones y duración definidas, los cuales deben aplicarse a los vehículos nuevos; durante el proceso de prueba se realiza el análisis de los productos de la combustión (gases y partículas) en el escape de los vehículos y el resultado de las emisiones generadas se compara con los estándares aprobatorios EURO pre-establecidos (Jiménez Fonseca, 2014, pág. 29).



**Figura 1.3** Esquema de una prueba dinámica (Cazier, 2006)

Debido al alto nivel de emisiones contaminantes emitidas por fuentes vehiculares se ha implementado nuevos sistemas que ayuden a controlar estas emisiones, en donde se articula el sistema de medición como es el de la prueba dinámica para vehículos diésel la misma que necesita que se aplique cargas variables y velocidades.

Para realizar esta prueba dinámica se necesita aplicar un proceso de las disoluciones de muestras de los gases contaminantes producto por una mala combustión, con el fin de lograr separar los componentes gaseosos de las partículas de hollín y así aplicar el respectivo análisis para determinar las emisiones, este proceso es demasiado complejo, delicado, debido a esto la implementación de este sistema es demasiado costoso.

#### **1.8.4 PRUEBAS ESTÁTICAS**

El análisis de gases de escape diésel bajo prueba estática, de acuerdo a investigaciones ha demostrado un bajo coeficiente de correlación en comparación con los resultados obtenidos en prueba dinámica, motivo por el cual los resultados de los análisis de gases diésel en prueba estática no son comparables con los límites máximos establecidos para los contaminantes CO (Monóxido de Carbono), HC (Hidrocarburos) y NOX (óxidos de nitrógeno), los cuales se establecen para condiciones de prueba dinámica.

Una prueba estática que se realiza en los vehículos es por medio de los opacímetros, que son una herramienta que tiene la misión de realizar mediciones de cantidad de combustible que no se ha quemado, basándose en la intensidad de humo que sale por medio del tubo de escape, por lo tanto los opacímetros actuales realizan mediciones ópticas que tienen la misión de medir la opacidad de una muestra de gases que salen directamente del tubo de escape, que gracias a la ayuda de un aparato medidor en el mismo que se hace circular por una cámara que analiza las muestras dando a conocer la cantidad de gases no quemados, indicando por medio de una escala graduada o también por medio de un display para su impresión (Mafla Alvear & Ortiz Guachamin, 2007, pág. 41).

**Tabla 1.7** Dispositivos para medir la opacidad

<b>Equipo</b>	<b>Unidades en que mide</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventaja</b>
Pistola de humos de papel filtro	% de ennegrecimiento	Fácil de operar	No toma en cuenta el humo blanco
		Costo bajo	
		No necesita corriente eléctrica	
Medidor de opacidad de flujo parcial	% de opacidad valor K(m1)	Fácil de operar	Tiene un costo elevado
		Equipos nuevos pueden leer en diferentes unidades	
		Las mediciones obtenidas son estables	
Medidor de opacidad de flujo total	% de opacidad	Fácil de operar	No puede ser colocado en todos los escapes
		Costo bajo	

**Fuente:** (Mafla Alvear & Ortiz Guachamin, 2007, pág. 42)

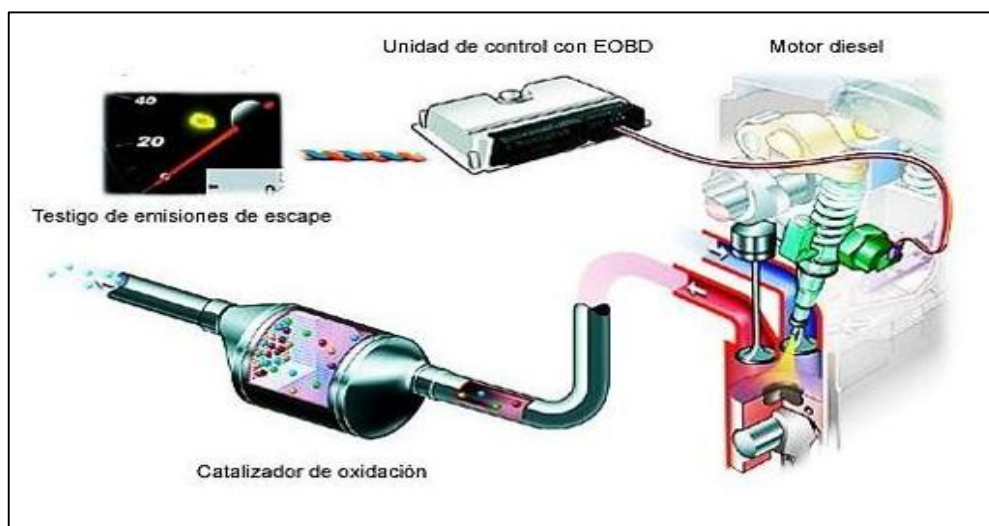
### 1.8.5 ON BOARD DIAGNOSTICS (DIAGNÓSTICO A BORDO)

Es un sistema de diagnóstico integrado diseñado para monitorear los niveles de emisiones contaminantes generadas por los vehículos en uso, incluyendo vehículos ligeros y medianos, en 1989, el Código de Regulaciones de California (CCR) conocido como OBD II fue aprobado por la Junta de Recursos del Aire de California, (CARB), en donde OBD II es el sistema OBD segunda generación, diseñado para reducir el tiempo entre la ocurrencia de un “mal funcionamiento” específico y su detección y reparación, con el objetivo de reducir los niveles de hidrocarburos (HC) generados por el vehículo mediante la detección de fallas en tiempo real aportada por el sistema de control de emisiones del vehículo (Jiménez Fonseca, 2014, pág. 31).

La función de los sistemas OBD II es detectar el mal funcionamiento de los sistemas de propulsión para evitar la formación de emisiones contaminantes y así como también que el vehículo no sobrepase los límites a los que debe regirse según las normas.

Por lo tanto para realizar el diagnóstico de pruebas a bordo en un vehículo y reparar se debe contar con un sistema de codificación y con protocolos ya establecidos por autoridades que competen con el medio ambiente, así mismo con personas capacitadas para realizar este tipo de pruebas, que puedan utilizar de forma adecuada el sistema y ejecuten procedimientos específicos dependiendo de las alarmas que presenten los vehículos al momento de realizar este tipo de prueba. En América existen una versión de OBD y una versión de un mismo sistema en Europa EOBD, estos dos sistemas deben ser

unificados y determinar si son compatibles para realizar estas pruebas de control, debido a que ingresan al país vehículos tanto estadounidense y por otro lado europeos, por lo tanto es muy importante contar con dos sistemas de control. Sin embargo este OBD es utilizado a nivel mundial como un sistema de complementación a los otros sistemas de control de las emisiones y no se considera como un sistema de regulación.



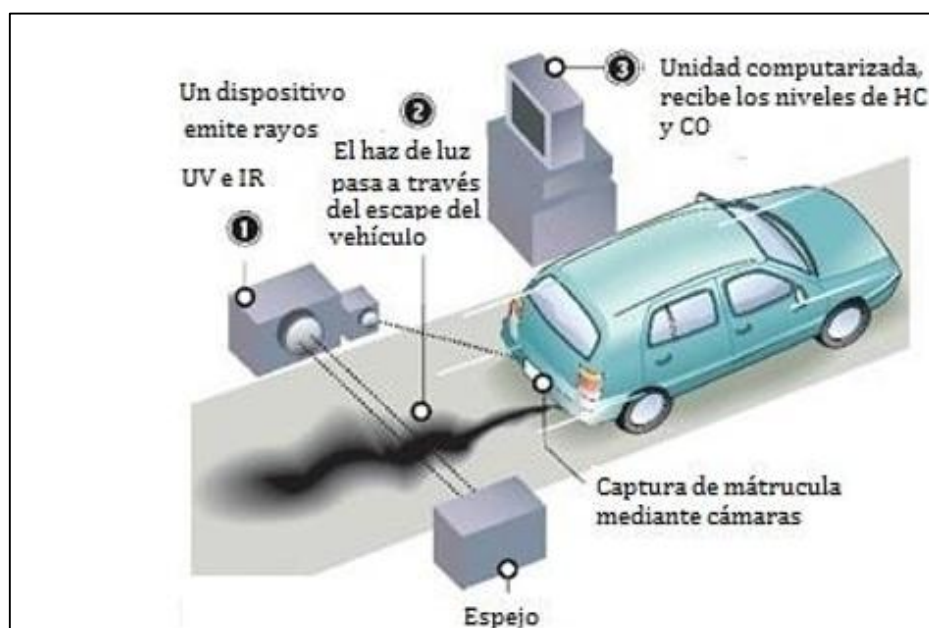
**Figura 1.4** Esquema de una prueba abordo  
(Rodríguez Rojas, Serrano Coveña, & Vela Alquina, 2018, pág. 31)

### 1.8.6 SENSORES REMOTOS

Los sensores remotos consisten en un disparo de un haz de infrarrojo a través de cualquier vía, a la altura del tubo de escape, hacia una serie de detectores o filtros para bandas de absorción de 3.3, 4.6, y 4.3 micrómetros en donde se mide la cantidad de energía absorbida, que es proporcional a la concentración de hidrocarburos, monóxido de carbono y bióxido de carbono respectivamente, presentes en la nube que se forma por los gases de escape del motor (Jiménez Fonseca, 2014, pág. 25).

A través de una luz ultravioleta se lleva a cabo el procedimiento para realizar las mediciones de los óxidos de nitrógeno teniendo como resultados valores en unidades volumétricas y también se obtiene en partes por millón, esto se obtiene para los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, mientras que para los monóxidos y bióxidos de carbono se obtiene resultados que se expresan en porcentaje de volumen (Jiménez Fonseca, 2014). Finalmente estos sensores son de gran ayuda para determinar ciertas

emisiones como ( $\text{CO}/\text{CO}_2$ ,  $\text{HC}/\text{CO}_2$  y  $\text{NO}/\text{CO}_2$ ), los mismos que son emitidos por el tubo de escape hacia el exterior.

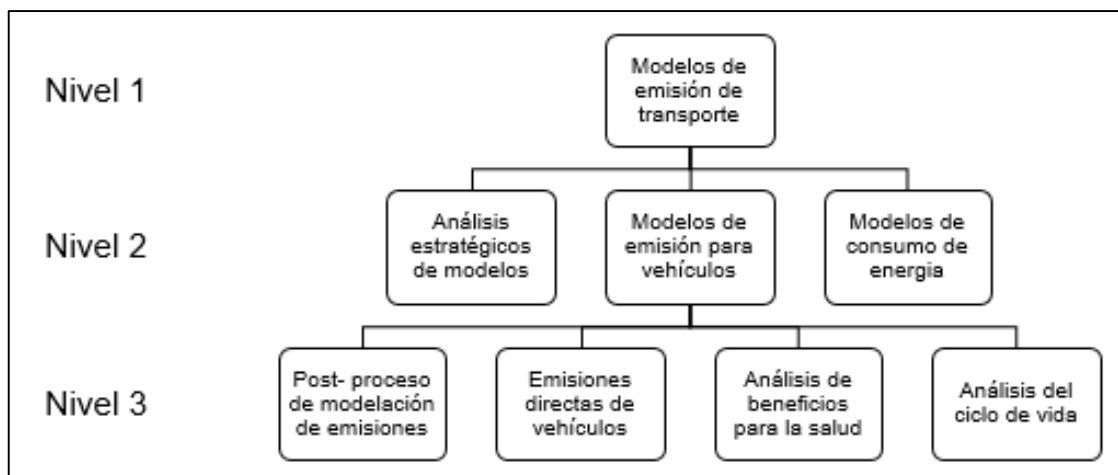


**Figura 1.5** Esquema de medición para sensores remotos  
(Committee, 1993)

La desventaja de este sistema es que su procedimiento de medición se realiza en la vía debido a que los vehículos deben circular a bajas velocidades, como también hay interferencia de las emisiones debido a los vehículos que pasen en la vía dejando sus emisiones que interfieren al momento que el rayo detector realiza su procedimiento dando como resultados mediciones erróneas, sin embargo este sistema es muy útil para vehículos que proporcionan niveles muy altos de contaminación.

## 1.9 MODELOS MATEMÁTICOS

Para controlar las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero producto de las fuentes vehiculares, se ha llegado a desarrollar modelos matemáticos, los mismos que ayudan a controlar y evaluar las fuentes emisoras de estos gases, con el fin de disminuir la contaminación ambiental. Los modelos matemáticos se clasifican de acuerdo a la aproximación para estimar las emisiones.



**Figura 1.6** Esquema de Clasificación de Modelos de Emisión

(Guadalupe Almeida, “Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito, Ecuador”, 2016, pág. 6)

En el gráfico anterior se explica la clasificación de los modelos de emisión de transporte, el mismo que tiende a subdividirse en; análisis estratégico de modelos, modelo de emisión para vehículos y modelos de consumo de energía, por lo tanto para nuestro estudio se tomara en cuenta los modelos de emisión para vehículos ya que se requiere obtener las emisiones producidas por fuentes vehiculares.

### 1.9.1 MODELOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Este modelo realiza una estimación de las emisiones de fuentes vehiculares por medio de kilómetros que haya recorrido cada vehículo, y también considera el consumo de combustible. Este modelo tiene la limitación de no tener acceso a los datos de entrada por lo tanto hay que asumirlos con ciertos factores de incertidumbre que nos ayuden acercarnos a la realidad. Este modelo se subdivide en:

#### 1.9.1.1 Post – proceso de modelo de emisión

Estos módulos se encuentran diseñados para realizar simulaciones de tráfico, que tienden a estar conformados por una serie de post- procesos que son de gran ayuda para obtener las emisiones contaminantes directas de los vehículos, pero tienen ciertas limitaciones que no pueden ser utilizadas por otras aplicaciones.



### 1.9.1.2 Emisiones directas de vehículos

Este proceso consiste en obtener emisiones vehiculares, debido a que se encuentra establecido solamente para el transporte, de manera que este método se ha planteado o diseñado para poder obtener gases contaminantes, y material particulado, todo esto es generado y provocado por el trabajo de fuentes vehiculares causando alteraciones al medio ambiente.

### 1.9.1.3 Análisis de beneficios para la salud

Se trata de las emisiones contaminantes emitidas por fuentes móviles causantes de varias enfermedades, así mismo se evalúa todas las concentraciones de los contaminantes con el fin de determinar los efectos que pueden causar todas estas emisiones que se encuentran en el entorno hacia la salud.

### 1.9.1.4 Análisis de ciclo de vida

Se estima todas las emisiones directas provocadas por fuentes vehiculares y las que se encuentran generadas en el proceso de pre-combustión y así mismo se toma en cuenta los residuos que son generado por medio de estas emisiones y que tipo de alteraciones tienden a causar.

## 1.9.2 CLASIFICACIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS

**Tabla 1.8** Lista de Modelos Matemáticos

<b>Modelos</b>	<b>Desarrollado por</b>	<b>Descripción</b>
COPERT	LAT – AUT	Modela emisiones vehiculares en base a factores de emisión hallados con la flota vehicular europea.
GREET	Argonne National Laboratory	Evalúa el impacto de la energía y de las emisiones de las tecnologías de vehículos avanzados y nuevos combustibles para el transporte.

**Tabla 1.8** Lista de Modelos Matemáticos (**Continuación...**)

IVE	ISSRC	Desarrolla inventarios de emisiones de fuentes móviles utilizando una gran base de datos que engloba a la mayoría de vehículos existentes en el mundo
MOBILE 6	EPA	Fue el modelo oficial de la EPA para estimar las emisiones contaminantes del aire de automóviles, camiones, motocicletas hasta que fue sustituido por MOVES
MODEM	University of Chile	Metodología y software que calcula emisiones de contaminantes atmosféricos producidas por la actividad vehicular en zonas urbanas.
MOVES	EPA	Estima las emisiones contaminantes del aire provenientes de autos, camiones y motocicletas.
WEPS	U. S. DOE	Modelo que cuantifica el uso de la energía que usa el transporte. Así desarrolla planes a medio plazo para aprovechar de manera eficiente la energía del sector transporte. Una consecuencia de lo anterior es la evaluación del efecto de los cambios en la economía de combustible en las emisiones de carbono

**Fuente:** (Guadalupe Almeida, 2016, pág. 8).

Por motivo de las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero, ya sea por causas como la quema de ciertos combustibles que están en un estado fósil y biomasa ha dado el resultado de la creación de modelos matemáticos de emisiones para determinar los contaminantes más nocivos que afecten a la salud y al medio ambiente.

Ciertos modelos matemáticos han sido realizados por instituciones gubernamentales, mientras tanto los demás modelos se han desarrollado en laboratorios con el fin de satisfacer las necesidades del problema de la contaminación ambiental, para ello se ha realizado una clasificación de los modelos más importantes y que estén acorde con nuestro campo de medición por ello se ha resumido de manera más concreta en la tabla anterior los modelos matemáticos y así llegar a determinar uno para realizar nuestro estudio.

Para estimar los inventarios de emisiones en la flota de autobuses urbanos de la ciudad establecida para realizar las pruebas, existe la facilidad de utilizar modelos computacionales que han sido probados en diferentes estudios de ciudades con características similares a la ciudad ya establecida para las pruebas, la información que

se debe adquirir para ingresar dentro del modelo computacional son las características específicas de la flota vehicular que se dispone, además del nivel de ocupación y otros factores que dependen del modelo que se escoja para el análisis y de esta manera determinar los factores de emisiones que sean representativos para la flota en estudio.

La ciudad establecida para las pruebas tiene establecido un plan de movilidad para las diferentes cooperativas de transporte de autobuses urbanos, de esta forma los modelos pueden generar de una manera clara los valores del inventario de emisiones, es por eso por lo que se debe establecer valores que representen un valor promedio de factores de emisiones para la flota vehicular de estudio, estos pueden ser el año de fabricación o la tecnología que cada bus utiliza. De esta forma los modelos calculan utilizando factores que se obtiene de las unidades y que dependen de la actividad que cada unidad realice y obtener los valores estimados.

Los modelos de estimación de emisiones vehiculares más utilizados alrededor del mundo son el MOBILE y el COPERT, los cuales fueron desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y por la Agencia Ambiental Europea (EEA), respectivamente.

Estos modelos mencionados han sido diseñados específicamente para ciudades específicas que cuentan con datos establecidos con características propias de cada lugar. La USEPA agencia del gobierno federal de Estados Unidos financió en el año 2003, la elaboración de un Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares que se denominó IVE el mismo que fue desarrollado para poder ser utilizado en países que no disponen de información almacenada al alcance de los usuarios y de esta manera ser aplicado en países en vía de desarrollo que deseen realizar estudios de inventarios de emisiones de fuentes móviles. Los modelos computacionales que se va a analizar son: IVE, MOVES, MOBILE y COPERT.

### **1.9.2.1 Modelo IVE**

El modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) es un programa matemático que tiene la misión de estimar emisiones contaminantes ya sean tóxicos y gases de efecto invernadero, producidos por la circulación de fuentes vehiculares, este modelo tiende a estimar las emisiones contaminantes provenientes del escape y evaporativas.

Este modelo IVE es una herramienta que ha sido aplicada en varios países que se encuentran en vías de desarrollo, con el fin de poder llegar a estimar las emisiones contaminantes de los vehículos que circulan por las carreteras, y así llegar a determinar los resultados de estas emisiones para poder llegar a obtener una estrategia que ayude a controlar las emisiones que son generadas por los vehículos (ISSR, 2008, pág. 1).

Considerando la insuficiente disponibilidad de datos en algunos países en vías de desarrollo y la falta de experiencia para usar de manera apropiada los modelos de emisiones más complejos, IVE fue diseñado para: Ser fácil de entender y usar, ser flexible en su uso, adaptarse a cualquier país, demandar pocos insumos, utilizar mediciones de campo ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 64). El modelo IVE estima emisiones de automóviles, motocicletas, camiones, autobuses, y permite usar factores de emisión ya sean estadounidense o europeo, además tiende a realizar correcciones para categorías vehiculares por medio de las mediciones directas.

- Categoría vehicular.
- Tamaño del vehículo (7 subcategorías incluyendo camiones).
- Tipo de combustible (5 subcategorías).
- Sistema de alimentación del combustible (3 subcategorías).
- Sistemas de control de emisiones evaporativas (varias subcategorías).
- Sistemas de control de emisiones por escape (varias subcategorías).

El modelo IVE para realizar un inventario de emisiones necesita ciertos datos importantes que ayuden a determinar las emisiones de las fuentes vehiculares en un sitio determinado, por lo tanto este modelo necesita:

**Tabla 1.9** Insumos requeridos por IVE

Insumo	Insumo
Temperatura ambiental	Uso del aire acondicionado
Humedad relativa	Altitud sobre el nivel del mar
Desglose detallado de actividad (KRV) por categoría vehicular	Distribución de la flota vehicular por tecnología.
Información sobre características de la gasolina (azufre, plomo, benceno y oxigenantes).	Número de arranques, por día y categoría vehicular, y tiempo entre arranques consecutivos
Información sobre características del diésel (azufre)	Factores de emisión para cada tecnología bajo las condiciones locales de operación
Programa de inspección y mantenimiento	Distribución de Potencia Específica Vehicular de la zona de estudio

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 67)

### 1.9.2.2 Modelo MOVES

Este modelo es de plataforma múltiple y puede correr en una computadora de escritorio moderna, así como en paralelo en múltiples equipos. Este nuevo sistema permite estimar emisiones para un amplio rango de contaminantes con base en la metodología de PSV, lo cual mejora la estimación a través del uso de patrones de manejo. El modelo puede ser usado tanto para vehículos que circulan en carretera como para vehículos fuera de camino, y permite múltiples escalas de análisis, las cuales van desde intersecciones hasta la estimación de un inventario nacional.

**Tabla 1.10** Categoría vehicular MOVES para autobuses urbanos

<b>Categorías</b>	<b>Descripción</b>
Autobuses de ciudad a ciudad	Autobuses utilizados para el comercio de una ciudad a otra.
Autobuses Urbanos	Autobuses utilizados dentro de un área urbana.
Autobuses Escolares	Autobuses de transporte escolar.

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 60)

Para realizar esta estimación de emisiones contaminantes por el modelo matemático MOVES, el mismo que incluye ya valores establecidos que son representativos de la flota vehicular de los Estados Unidos, por ello es importante incorporar información acerca del lugar de prueba que se va a realizar, por lo tanto se da a conocer los parámetros que este modelo necesita.

**Tabla 1.11** Parámetros que el modelo MOVES necesita

<b>Insumo</b>	<b>Insumo</b>
Año calendario base	Crecimiento promedio de la flota vehicular del año base al año de análisis. Esto sólo aplica si el año base es un año futuro.
Mes	Distribución de kilómetros recorridos por tipo de vehículo, tipo de vía, año modelo y hora del día.
Temperatura ambiente	Distribución de velocidad promedio por hora y tipo de vía.
Humedad relativa	Distribución del número de arranques del vehículo, por tipo de vehículo, año modelo y hora del día.
Formulación del combustible (presión de vapor, contenido de azufre, contenido de oxigenantes.	Tiempo de reposo del vehículo, por tipo de vehículo, año modelo y hora del día
Población vehicular por tipo y año modelo para el año base.	Descripción del programa de inspección y mantenimiento

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 63)

### 1.9.2.3 Modelo MOBILE

El modelo MOBILE es un programa de cómputo integrado por rutinas elaboradas en lenguaje de programación Fortran y es utilizado para el cálculo de factores de emisión para vehículos automotores de gasolina y diésel, así como para ciertos vehículos especializados, tal como los vehículos a gas natural. El programa ha ido evolucionado y su versión actual MOBILE6 proporciona una herramienta analítica flexible que puede aplicarse a una variedad amplia de condiciones geográficas y de características de la flota vehicular ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 53). Los factores de emisión calculados por MOBILE6 son promedios ponderados para cada contaminante en gramos por milla (g/milla) para cada tipo de vehículo considerado en la flota en cuestión. La estimación del inventario total se obtiene multiplicando esa cifra por una estimación de las millas totales recorridas (VMT) por todos los vehículos, de cada tipo o categoría, en la zona durante el periodo de tiempo cubierto por el inventario (Tolvett Caro, 2009, pág. 6).

Este modelo MOBILE6 tiende a estimar factores de emisión para 28 categorías vehiculares que son diferentes, por lo cual para el estudio de vehículos diésel pesados se ha tomado con mayor importancia 8 categorías las mismas que se encuentran conformadas por cierto criterio como es el uso del vehículo, el combustible, tecnología del motor y el peso mismo del vehículo.

**Tabla 1.12** Categoría vehicular MOVES para autobuses urbanos

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Descripción</b>
HDDV2b	Vehículos pesados a diésel clase 2b (PBV de 3,856 a 4,536 kg)
HDDV3	Vehículos pesados a diésel clase 3 (PBV > 4,536 a 6,350 kg)
HDDV4	Vehículos pesados a diésel clase 4 (PBV > 6,350 a 7,258 kg)
HDDV5	Vehículos pesados a diésel clase 5 (PBV > 7,258 a 8,845 kg)
HDDV6	Vehículos pesados a diésel clase 6 (PBV > 8,845 a 11,794 kg)
HDDV7	Vehículos pesados a diésel clase 7 (PBV > 11,794 a 14,969 kg)
HDDV8a	Vehículos pesados a diésel clase 8a (PBV > 14,969 a 27,216 kg)
HDDV8b	Vehículos pesados a diésel clase 8b (PBV > 27,216 kg)

**Fuente:** (Tolvett Caro, 2009, pág. 7)

Para realizar la estimación de factores de emisión para los contaminantes y las fuentes vehiculares este modelo matemático requiere una serie de datos que tienen gran influencia en la obtención de las emisiones contaminantes las mismas que son generadas por una flota vehicular en un lugar determinado. En la siguiente tabla tenemos los datos que son requeridos por el modelo Mobile6, para realizar las evaluaciones de las emisiones para cada contaminante.

**Tabla 1.13** Insumos demandados por MOBILE6

Insumos	Insumos
Año calendario	Fracciones de ventas de vehículos con motor a diésel por clase vehicular y año modelo.
Mes	Distribución de kilómetros recorridos por tipo de vía
Temperatura ambiental horaria, o en su defecto máximo y mínima.	Distribución de velocidad promedio por hora y tipo de vía
Altitud	Distribución de la longitud de promedio de los viajes
Humedad relativa	Número de arranques por día y tipo de vehículo, distribuido por hora
Día (lunes a viernes o fin de semana).	Tiempo de reposo del vehículo
Características del combustible (presión de vapor, contenido de azufre, contenido de oxigenantes.	Descripción del programa de inspección y mantenimiento.
Distribución de la flota vehicular por clase y año modelo.	

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 57)

#### 1.9.2.4 Modelo COPERT

COPERT es un programa de software destinado al cálculo de contaminantes atmosféricos producidos por las emisiones del transporte por carretera. Las emisiones calculadas incluyen contaminantes regulares (CO, NOX, VOC, PM) e irregulares (N2O, NH3, SO2) y el consumo de combustible también es calculado. El desarrollo técnico de COPERT es financiado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), en el marco de las actividades del Centro Temático Europeo sobre Aire y Cambio Climático (Ntziachristos & Samaras, 2007, pág. 54).

La metodología de COPERT es también parte de la guía para desarrollar Inventarios de Emisiones y Proyecciones. Tiene por objeto apoyar la documentación de informes de la directiva de la UE sobre techos nacionales de emisión. La metodología COPERT 4 es

plenamente coherente con el transporte por carretera (Ntziachristos & Samaras, 2007, pág. 54). Esta metodología tiende a realizar cálculos para vehículos en carretera, y se obtiene resultados muy precisos con cierta coherencia para ser validados para un inventario de emisiones. El modelo Copert se divide en seis categorías vehiculares pero para la realización del estudio se utilizan dos categorías más importantes las cuales se identifican en la siguiente tabla.

**Tabla 1.14** Categoría vehicular COPERT para autobuses urbanos

<b>Categoría vehicular</b>	<b>Descripción</b>
Autobuses Urbanos	Vehículos para el transporte de pasajeros, con más de 8 asientos en adición al del conductor.
Vehículos pesados	Vehículos para el transporte de bienes y con un peso mayor a 3.5 toneladas.

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 68)

El modelo matemático COPERT tiende a estimar emisiones de vehículos ya sea a gasolina o diésel, por lo tanto este modelo necesita para realizar un inventario de emisiones una serie de datos importantes que ayudan a realizar su procedimiento de estimación de emisión en donde tenemos:

**Tabla 1.15** Insumos demandados por COPERT

<b>Insumo</b>	<b>Insumo</b>
Temperatura máxima y mínima mensual	Distribución de kilómetros recorridos por tipo de vehículo y de vía
Características del combustible (presión de vapor, contenido de azufre, contenido de oxigenantes, contenido de plomo, relación hidrógeno-carbón, etc.)	Distribución de velocidad promedio por tipo de vehículo y de vía.
Datos sobre consumo de combustible	Distribución del número de arranques por tipo de vehículo
Descripción del programa de inspección y mantenimiento	Distribución de la longitud promedio de los viajes.
Distribución de la flota vehicular por clase	

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 70)



### 1.9.3 DIFERENCIAS ENTRE MODELOS

**Tabla 1.16** Diferencia entre modelos

Modelo	Alcance geográfico			Tipo de Análisis		Contaminantes				N° de categorías vehiculares	Tipos de fuentes		Tipos de Combustible
	Municipal	Estatal o regional	Nacional	Factores de emisión	Inventario de emisiones	Regulados	Tóxicos	Efecto invernadero	Otros		En circulación	Fuera de camino	Diésel
<b>Mobile 6</b>	x	x	x	x		x	x	x	x	28	x		x
<b>Moves 4</b>	x	x	x		X			x		13	x	x	x
<b>IVE</b>	x	x	x		X	x	x	x	x	7	x		x
<b>Copert</b>	x	x	x		X	x	x	x	x	6	x	x	x

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 72)

Después de haber hecho la clasificación de los modelos más representativos en el mundo, se realiza una comparación correspondiente al alcance geográfico llegando a concluir que todos los 4 modelos tienen las mismas características de alcance, pero se diferencian en el tipo de análisis que realizan, porque solo el modelo Mobile analiza factores de emisión, posee más categorías vehiculares a diferencia de los tres restantes que realizan inventario de emisiones y tienen menos categorías vehiculares, los contaminantes producidos por fuentes vehiculares diésel que estiman estos modelos, son tóxicos y de efecto invernadero pero el modelo Moves no mide tóxicos y otros,

Considerando la insuficiente disponibilidad de datos en la ciudad de Ibarra dentro del sistema de transporte urbano y la falta de experiencia para usar de manera apropiada los modelos, el modelo IVE es el modelo escogido para el estudio, el cual está diseñado para.

- Ser fácil de entender y usar.
- Ser flexible en su uso.
- Adaptarse a cualquier país.
- Demandar pocos insumos.
- Utilizar mediciones de campo. (SEMARNAT, 2007)

Los factores de emisión vehiculares son relaciones funcionales entre la cantidad de contaminante emitido por la distancia conducida, energía o combustible consumidos (Franco et al., 2013).

El VSP poder específico vehicular, constituye un dato de relevancia para el cálculo de emisiones a través del modelo IVE, este modelo internacional de emisiones vehiculares IVE, es un modelo informático que permite predecir las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero provenientes de vehículos automotores, puede considerar las emisiones del escape, así como las evaporativas.

El proceso de predicción de emisiones en el modelo IVE comienza con la base de factores de emisión predeterminados y un conjunto de factores de corrección que se aplican para ajustar el cálculo de las emisiones contaminantes en la ciudad de estudio (ISSRC, 2008). De manera general el proceso de estimación de emisión es en el modelo consiste en multiplicar la base de factores de emisión por cada uno de los factores de corrección y por la distancia-vehículo para cada tecnología.

## **1.10 COMBUSTIBLES**

### **1.10.1 DIÉSEL**

Consiste en una mezcla compleja de hidrocarburos que se evapora típicamente entre 180 ° C y 400 ° C. Los combustibles diésel están hechos principalmente de componentes de refinería de ejecución directa -hidrocarburos derivados directamente de la destilación de crudo

petróleo. Dos fracciones principales de hidrocarburos se utilizan para hacer combustibles diésel: destilados medios o gasóleos, y aceites residuales, los motores diésel de altas velocidades utilizados en los vehículos de carretera funcionan con combustible destilado de gasóleo, mientras motores diésel de baja velocidad utilizados en barcos y generación eléctrica usan combustible óleo residual pesado, los combustibles diésel son usualmente mezclas porque el patrón de la demanda de combustible no lo hace hacer coincidir la salida de una simple refinería de destilación, y se deben usar patrones de refinación más complejos, por lo tanto las propiedades del combustible diésel son altamente dependientes del tipo de petróleo crudo de que el combustible diésel se refina (Faiz, Weaver, & Walsh, 1996, pág. 186).

El combustible se encuentra conformado por propiedades como la densidad, volatilidad, viscosidad, que también son causantes de afectar con respecto a las emisiones pero con una formación muy mínima de estas emisiones, a diferencia del uso de aditivos que son de mayor impacto en formación de estas emisiones.

### **1.10.2 CONTENIDO DE AZUFRE**

Los combustibles con 500 ppm o menor nivel de azufre permiten la introducción de vehículos a diésel de última tecnología que están provistos con catalizadores de oxidación de diésel. Esta calidad de combustible a diésel también permite que ciertos vehículos pesados a diésel más antiguos, puedan ser modificados con la tecnología de control de emisión; dichos proyectos están en ejecución en Ecuador y Chile, y han tenido éxito en la ciudad de México. Con los niveles de 50 ppm de azufre o inferiores, son aún mayores las reducciones en la emisión ya que los filtros de partícula de diésel y otras tecnologías pueden utilizarse en los nuevos y en los vehículos ya existentes (Ortiz Vallejo, Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos., 2014, pág. 46).

### **1.10.3 ÍNDICE DE CETANO**

El cetanaje o índice de cetano corresponde a la cantidad presente (porcentaje en volumen) de cetano (hexadecano), en una mezcla de referencia con igual punto de inflamación que el carburante (hidrocarburo) sometido a prueba. El número o índice de cetano guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión (Ortiz Vallejo, Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos., 2014, pág. 27).

De tal forma el índice de cetano es una medida de la calidad de ignición de un combustible e indica la preparación de un combustible diésel para encender espontáneamente bajo la temperatura y presión. Cuanto mayor sea el número de cetano, menor será la demora entre inyección e ignición (Faiz, Weaver, & Walsh, 1996, pág. 188).

### **1.10.4 DIÉSEL EN ECUADOR**

La Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP-Petroecuador gestiona el sector hidrocarburífero en el alcance nacional, la misma que a partir del 5 de Enero de 2012 empezó a comercializar Diésel Premium de hasta 500 ppm de contenido de azufre en lugar del Diésel 2 de hasta 7000 ppm que se despachaba anteriormente, esto con respecto a una primera etapa del cumplimiento del Plan de Mejoramiento de la Calidad de Combustibles impulsado por el Gobierno Nacional, finalmente en la segunda etapa del proyecto culminada en Octubre de 2012 comercializó Diésel Premium de hasta 250 ppm de contenido de azufre, con lo cual busca disminuir la emisión de gases contaminantes y mejorar la calidad del aire (VALENCIA BALAREZO, 2013, pág. 16).

El diésel Premium que se expende en todo el país, contiene azufre en un promedio de 462 partes por millón, que se encuentra por debajo del tope máximo que establece la norma INEN de 500 ppm, por lo que tiende a calificarse este combustible como confiable.

De acuerdo a la norma técnica emitida por el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), NTE INEN 1489:2012, que establece los requisitos que deben cumplir el diésel que se comercializa en el Ecuador, a continuación se detalla los requisitos del diésel Premium.

**Tabla 1.17** Diésel Premium en el Ecuador

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Punto de inflamación	°c	51.0		NTE INEN 1493 Procedimiento A
φ Contenido de agua y sedimento	%		0,05	NTE INEN 1494
W Contenido de residuo carbonoso sobre el 10% de residuo de destilación	%		0,15	NTE INEN 1494
W Contenido de cenizas	%		0,01	NTE INEN 1492
Temperatura de destilación del 90%	°c		360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40°C	mm /s	2.0	5	NTE INEN 810
Contenido de azufre	Ppm		500	ASTM 4294
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación		No.3	NTE INEN 927
Índice de cetano		45.0		NTE INEN 1495
Contenido de biodiésel, φBiodiesel *	%	5	10	EN 14078

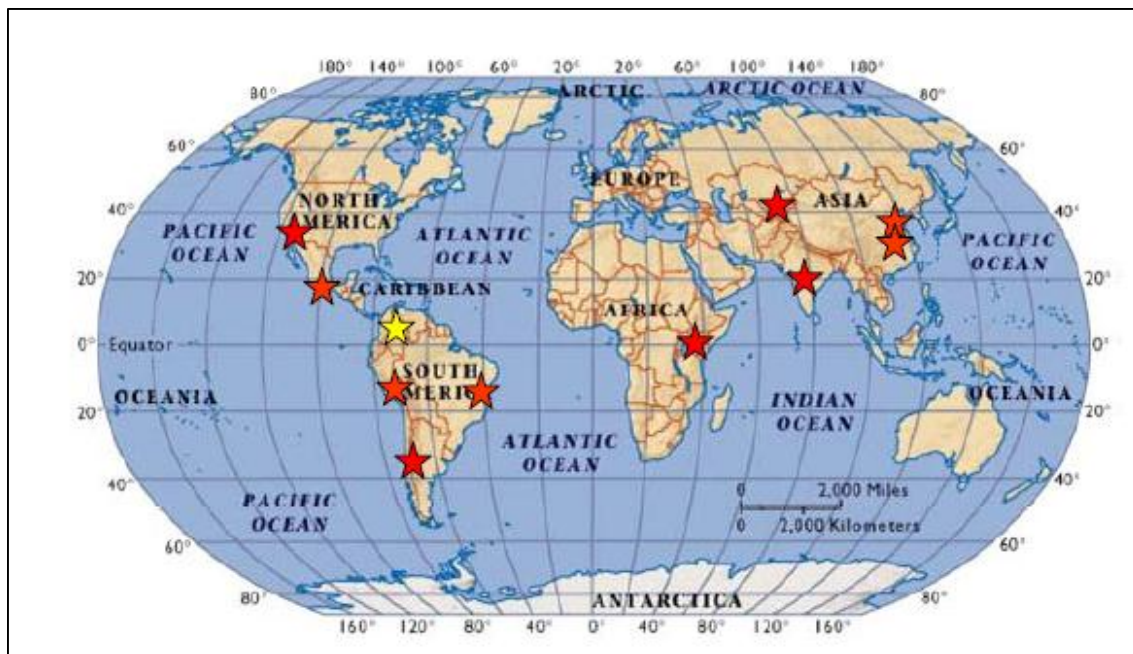
**Fuente:** (Normativa Técnica Ecuatoriana 1489:2012, Séptima revisión, 2013, pág. 1)

## CAPITULO II

### 2. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1 MODELO INTERNACIONAL DE EMISIONES VEHICULARES IVE

El modelo IVE es una herramienta computacional creada con el fin de ser flexible a las necesidades de ciudades que no cuentan con un modelo propio de estimación de emisiones. La aplicación de este modelo permite evaluar diferentes estrategias que pueden implementarse para la reducción de las emisiones contaminantes de una ciudad. Adicionalmente, la metodología propuesta permite hacer seguimiento de medidas implementadas para reducir la contaminación de fuentes móviles. Este modelo se ha implementado en 11 ciudades como Santiago de Chile, Pune (India), Nairobi (Kasajistán), Sao Paulo (Brasil) entre otras (Giraldo Amaya, 2005, pág. 7).



**Figura 2.1** Ciudades que han utilizado IVE  
(Giraldo Amaya, 2005, pág. 7)

Mediante el modelo IVE es posible estimar las emisiones de contaminantes criterio ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  y  $\text{COV}$ ), gases efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ) y otras sustancias tóxicas.

De tal manera que para realizar la estimación del inventario de emisiones, el modelo requiere principalmente información acerca de los componentes como es; tasa de emisión de contaminantes de los vehículos (factores de emisión), actividad de los vehículos, distribución tecnológica de la flota, y tipo de combustible que utilizan los vehículos.

### 2.1.1 CATEGORÍAS VEHICULARES

El modelo computación IVE tiene la misión de estimar emisiones contaminantes producidas por vehículos de pasajeros, autobuses, motocicletas, camiones. Este modelo contempla un total de 1372 categorías vehiculares, las mismas que son definidas como base, en la siguiente tabla se indica las categorías para vehículos diésel. Del tal forma que el modelo IVE calcula las emisiones tomando en cuenta la categoría vehicular como también el tipo de combustible y el sistema de inyección que tiene cada vehículo.

**Tabla 2.1** Categorías vehiculares

<b>Descripción abreviada</b>	<b>Descripción</b>	<b>Significado</b>
Ds	Diésel	Vehículo a diésel
Pre- Inj	Pre- Inyección	Vehículo diésel equipado con un sistema de inyección tradicional.
Dir- Inj	Inyección directa	Vehículo diésel equipado con un sistema de inyección electrónica y entrega de combustible directamente en cada inyector.
Truck/Bus	Camión/Bus	Vehículo de peso bruto vehicular mayor a 9000lb
Md	Mediano	Vehículos con motores de tamaño entre 1.5 litros (Vehículos de peso bruto vehicular menor a 5000lb).
Hv	Pesado	Vehículo con motores de tamaño mayor a 3 litros y peso bruto vehicular menor a 9000lb.
None	Ninguno	Sin sistema de control de emisiones
PCV	Ventilación positiva del cárter	Control que desvía los gases desde el Carter a la cámara de combustión eliminando las emisiones evaporativas
2wy	Catalizador de dos vías	Catalizador que reduce las emisiones de HC, CO del motor.
3wy	Catalizador de tres vías	Catalizador que reduce las emisiones de HC, CO y Nox del motor.

**Tabla 2.1** Categorías vehiculares (**Continuación...**)

EGR	Recirculación de gases de escape	Válvula de control que recircula una porción del escape a la cámara de combustión para bajar la temperatura de combustión y así reducir la formación de Nox.
Particulante	Filtro de partículas	Filtro en el escape que remueve el material particulando con una eficiencia aproximada de 90%.
K km	Miles de kilómetros	Define la edad del vehículo en términos del odómetro en miles de kilómetros recorridos.
User	Usuario	Un vehículo definido por el usuario que no tiene un factor de emisión predeterminado.

**Fuente:** (Manual del Usuario del Modelo IVE Versión 2.0, 2008, pág. 34)

### 2.1.2 TIPOS DE CONTAMINANTES

El modelo IVE tiene la misión de estimar emisiones contaminantes ya sea contaminantes tóxicos y gases de efecto invernadero producto de fuentes vehiculares, de tal forma que este modelo computacional es capaz de estimar emisiones vehicular de diferentes categorías, dando a conocer los contaminantes más perjudiciales para el medio ambiente y así mismo para la salud humana, en la siguiente tabla se detallan los gases contaminantes que el modelo IVE estima.

**Tabla 2.2** Tipos de contaminantes

Contaminante	Descripción
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
CO	Monóxido de carbono
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
PM	Partículas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CH <sub>4</sub>	Metano
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
NH <sub>3</sub>	Amoniaco
BENZ	Benceno
BUTA	Butadieno
ALD	Aldehídos

**Fuente:** (Tolvett Caro, Análisis de emisiones en ruta de vehículos diesel en ciudad de México, Santiago y saopaulo, 2009, pág. 8)



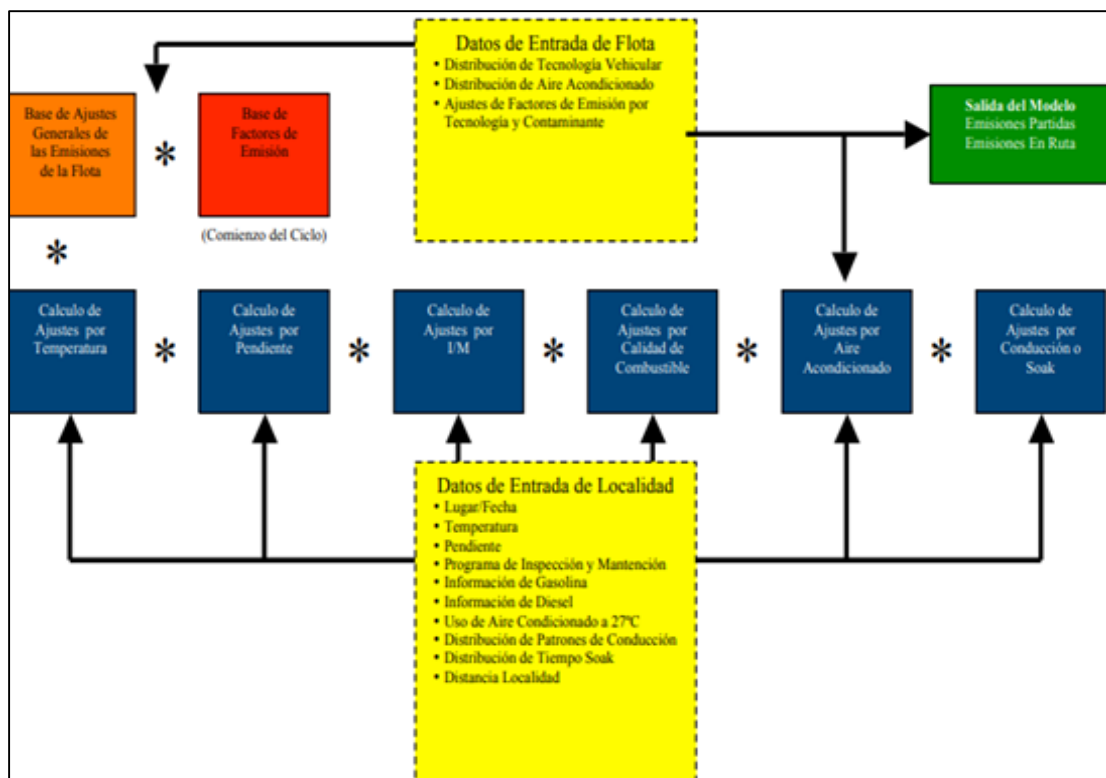
### 2.1.3 ARQUITECTURA DEL MODELO IVE

Para obtener la estimación de emisiones por medio del modelo IVE se realiza un proceso que comienza a partir de la base de los factores de emisión así como también de los factores de corrección que son requeridos para para obtener las emisiones contaminantes producto de los vehículos.

El modelo IVE requiere de tres componentes críticos que ayudan a la creación de un inventario de emisiones fiables, los componentes son los siguientes:

- 1) Factores de emisión de vehículos
- 2) Actividad Vehicular
- 3) Distribución de la flota vehicular

En la siguiente figura se muestra el proceso que realiza el modelo IVE dando a conocer los datos de entrada y de salida que requiere el modelo, en donde los datos de entrada se identifica con el color amarillo, los cálculos y ajustes que realiza internamente se tiene con color azul, rojo y naranja, mientras que con el color verde se identifican los factores de corrección.



**Figura 2.2** Arquitectura del modelo (ISSR, 2008, pág. 8)

La misión del modelo IVE es usar factores de emisión nuevos o existentes con datos locales que se debe adquirir en base a la investigación, con el fin de cuantificar los factores más críticos. Una vez que ya se obtenga toda la información necesaria, se realiza un inventario de emisiones que ayude a determinar las emisiones vehiculares con datos reales.

#### 2.1.4 PARÁMETROS DE ENTRADA DEL MODELO IVE

Los parámetros de entrada que son requeridos por el modelo IVE son importantes ya que gracias a estos se puede obtener datos que ayuden a la realización de un inventario de emisiones de cualquier lugar, para obtener las emisiones más contaminantes y que tipo de vehículos son las que más producen estas emisiones. En la tabla se detalla los parámetros que necesita el modelo IVE para realizar el trabajo de estimación de emisiones vehiculares.

**Tabla 2.3** Parámetros de entrada del modelo IVE

<b>Insumo</b>	<b>Insumo</b>
Temperatura ambiental	Uso del aire acondicionado
Humedad relativa	Altitud sobre el nivel del mar
Desglose detallado de actividad (KRV) por categoría vehicular	Distribución de la flota vehicular por tecnología.
Información sobre características de la gasolina (azufre, plomo, benceno y oxigenantes).	Número de arranques, por día y categoría vehicular, y tiempo entre arranques consecutivos
Información sobre características del diésel (azufre)	Factores de emisión para cada tecnología bajo las condiciones locales de operación
Programa de inspección y mantenimiento	Distribución de Potencia Específica Vehicular de la zona de estudio

**Fuente:** ( Iniestra Gómez., Sandoval, Allen Rogers, & Aguilar Gómez, 2009, pág. 67).

#### 2.1.5 PROCESO DE FACTORES DE EMISIÓN EN EL MODELO IVE

El proceso de estimación de emisiones en el modelo IVE consiste en multiplicar la base de factores de emisión por cada uno de los factores de corrección y por la distancia del vehículo para cada tecnología. El proceso de cálculo interno del modelo para estimar los factores de

emisión corregidos se muestra en la Ecuación 2.1. Esta ecuación multiplica la base de factores de emisión (B) por la serie de factores de corrección (K) para estimar los ajustes del factor de emisión (Q) para cada tipo de vehículo (Manual del Usuario del Modelo IVE Versión 2.0, 2008, pág. 10).

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{1[t]} * K_{2[t]} * K_{3[t]} * K_{4[t]} * K_{5[t]} \quad [2.1]$$

$$Q_{en\ ruta} = \Sigma_t \{ f_{[t]} * \Sigma_d \{ [Q_{[t]} * \bar{U}_{FTP} * f_{[dt]} * K_{[dt]}] \} / \bar{U}_C \quad [2.2]$$

$$Q_{en\ partida} = \Sigma_t \{ f_{[t]} * Q_{[t]} * \Sigma_d (f_{[dt]} * K_{[dt]}) \} \quad [2.3]$$

En las siguientes ecuaciones se pondera los factores de emisión corregidos por la fracción de viaje y el tipo de conducción para cada tecnología, la información de fracción de viaje se obtiene del archivo flota del modelo. Para las emisiones en ruta, la fracción de viaje (f [dt]) está dada en porcentaje de tiempo utilizado en cada condición de VSP.

Por lo tanto, para ser ponderada apropiadamente, la base de factores de emisión Q[t] se debe convertir de gramos/kilómetro a gramos/tiempo multiplicando por la velocidad media del ciclo FTP ( $\bar{U}_{FTP}$ ) antes de que la fracción de tiempo para cada bins de conducción pueda ser aplicada (f[dt]). Después de este cálculo, el valor de gramos/tiempo puede convertirse de vuelta a gramos/distancia dividiendo por el promedio de la velocidad del ciclo evaluado ( $\bar{U}_C$ ) y el resultado es el promedio de emisiones en ruta gramos/kilómetro para la flota y patrones de conducción analizados (Manual del Usuario del Modelo IVE Versión 2.0, 2008, pág. 10).

**Tabla 2.4** Descripción de las variables de las ecuaciones del factor de emisión IVE

Variable	Descripción
$B_{[t]}$	Factor de emisión base por tecnología (g/km)
$Q_{[t]}$	Factor de emisión ajustado para cada tecnología (g)
$F_{[t]}$	Fracción de viaje para una tecnología específica
$F_{[dt]}$	Fracción de cada tipo de conducción o detección para una tecnología específica
$U_{FTP}$	Velocidad promedio del ciclo de conducción LA4 (Constante (kph))
$D$	Distancia de viaje ingresada por el usuario (km)
$U_C$	Velocidad promedio de un ciclo de conducción específico, ingresada por el usuario en el archivo de características de cada lugar (kph)

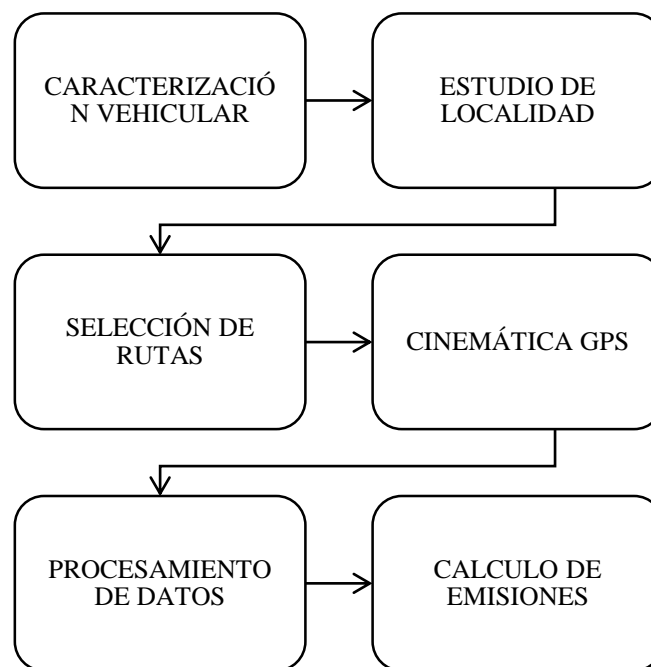
**Tabla 2.4** Descripción de las variables de las ecuaciones del factor de emisión IVE  
(Continuación...)

$K_{1[t]}$	Factor de corrección por temperatura
$K_{2[t]}$	Factor de corrección por humedad
$K_{3[t]}$	Factor de corrección por mantenimiento y programas de inspección
$K_{4[t]}$	Factor de corrección por calidad de combustible
$K_{5[t]}$	Factor de corrección por altura del lugar
$K_{[dt]}$	Factor de corrección por la forma de conducir y detenciones ( También incluye otros efectos causados por el uso de aire acondicionado y las pendientes de las vías)

Fuente: (Manual del Usuario del Modelo IVE Versión 2.0, 2008, pág. 11)

## 2.2 METODOLOGÍA

Para la obtención de emisiones contaminantes por medio del modelo computacional IVE, hay que realizar un inventario de emisiones, por lo que es necesario determinar que requiere el modelo matemático para poder realizar el proceso y poder conseguir la estimación de emisiones producto de fuentes vehiculares. En la figura se indica la metodología que ayude a la elaboración de un inventario de emisiones por fuentes vehiculares por medio del modelo IVE (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares).



**Figura 2.3** Metodología

Para la realización de este proyecto se realiza una serie de investigaciones que ayuden a determinar las emisiones en la ciudad producto de fuentes vehiculares, por lo que se obtuvo información acerca de la flota vehicular que circula dentro de la ciudad de Ibarra, ya que el proyecto se enfoca en los autobuses de transporte urbano, obteniendo así el número de unidades de las dos cooperativas de transporte urbano que opera en la ciudad. Esta información fue obtenida gracias a las dos cooperativas y también por medio de MOVILDELNOR E.P, el cual facilitó la información requerida para la realización del proyecto, tanto el número de autobuses urbanos, marcas, recorridos, tiempos que dura el recorrido, paradas, rutas por donde circulan los autobuses de transporte urbano.

Por lo tanto como el estudio trata acerca de analizar las emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero producto de fuentes móviles que circulan en la Ciudad de Ibarra, de este modo el proyecto se comienza a estipular en una serie de mediciones en rutas que se han determinado para el estudio por medio de cierta selección ya sea por diferentes sectores económicos, alto, bajo y una parte central, una vez concluido la selección de las rutas de prueba, se procede al levantamiento de datos que se obtiene por los dispositivos GPS, que hacen las mediciones segundo a segundo en las unidades establecidas y en las rutas seleccionadas de la ciudad de Ibarra, estos dispositivos son instalados en la mañana para que realice las mediciones todo el día hasta culminar su jornada de trabajo, al final los dispositivos son retirados para constatar los datos e indicar su validez de los resultados obtenidos por los GPS.

### **2.2.1 CARACTERIZACIÓN VEHICULAR**

La ciudad de Ibarra cuenta con una flota de vehículos de transporte que se encuentra conformada por diferentes tipos de vehículos dependiendo de la marca de cada uno de ellos, ya que la misión de estos vehículos es transportar pasajeros de un lugar a otro, por lo tanto el parque automotor de la ciudad de Ibarra debe contar con unidades de transporte en condiciones buenas que se encuentren en funcionamiento y así realicen su trabajo de la movilidad de los ciudadanos con eficiencia y seguridad.

Este tipo de vehículos cuenta con inyección lineal mecánica, tiene un motor de 6 cilindros en línea de tipo ómnibus, con una cilindrada de 7.790 cc, con un peso bruto de 15.000kg, de tal forma que la información de los vehículos fue obtenida por medio de las fichas técnica de todos modelos, lo cual es muy importante la tecnología que tiene cada marca, para ser definida en las categorías que usa el modelo computacional IVE.

### 2.2.1.1 Transporte urbano en la ciudad de Ibarra

El transporte urbano consiste en la movilidad de ciudadanos de un lugar a otro, ofreciendo al usuario servicio de calidad de tal modo que este tipo de transporte es más usado, y realiza su recorrido en rutas fijas y horarios ya establecidos y que pueden ser utilizados por cualquier persona a cambio de pago de una tarifa que se encuentra determinada. En la ciudad de Ibarra existen dos cooperativas, la 28 de Septiembre y San Miguel de Ibarra que ofrecen el servicio de transporte urbano, y que cuentan con un total de 287 autobuses de las dos cooperativas y realizan su recorrido en 24 rutas, las mismas que están distribuidas de la siguiente manera, 9 rutas para la cooperativa San Miguel de Ibarra y 15 para la cooperativa 28 de Septiembre.

### 2.2.1.2 Marca de autobuses

Realizando una clasificación por marca de autobuses urbanos se tiene a las siguientes marcas que son las más representativas dentro de la flota de autobuses urbanos, que se encuentran dentro de la ciudad de Ibarra ofreciendo el servicio de transporte urbano. En la tabla se detalla las marcas de autobuses que tienen las cooperativas de transporte urbano de la ciudad.

**Tabla 2.5** Clasificación por marca de autobuses urbanos

MARCA DE AUTOBUSES	UNIDADES	%
CHEVROLET	195	67,94
HINO	43	14,98
VOLKSWAGEN	23	8,01
MERCEDES BENZ	12	4,18

**Tabla 2.5** Clasificación por marca de autobuses urbanos (**Continuación...**)

VOLVO	5	1,74
HYUNDAI	2	0,69
JIANGTE	2	0,69
MAN	2	0,69
SCANIA	2	0,69
INTERNACIONAL	1	0,34
KING LONG	1	0,34
<b>TOTAL</b>	<b>287</b>	<b>100</b>

**Fuente:** (Autor- Vía MOVILDELNOR EP, 2017)

La marca de autobuses urbanos que predomina en la ciudad de Ibarra de las dos cooperativas, “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra”, es la marca Chevrolet con un total de 195 unidades , seguida de la marca Hino que tiene un total de 43 unidades, así como también la marca Volkswagen cuenta con 23 unidades y por último la marca Mercedes Benz tiene un total de 12 unidades, se ha tomado en cuenta estas cuatro marcas con mayor relevancia ya que cuentan con mayor unidades con respecto a la clasificación anterior. En la siguiente tabla se indica los modelos de las marcas de los vehículos con la cantidad de unidades que tiene cada uno.

**Tabla 2.6** Modelos por marca

Chevrolet		Hino		Volkswagen		Mercedes Benz	
1	FSR32L	13	RK1JSTL	23	Volkswagen 17210	12	Mercedes Benz OF1721/59
47	CHR7	9	FF1JP6Z				
147	FTR32M	9	FD2HPSZ				
		12	GD1JPTZ				

**Fuente:** (Autor- Vía MOVILDELNOR EP, 2017)

Como podemos identificar en la anterior tabla el modelo que más predomina es el de la marca Chevrolet FTR 32M teniendo como resultado una cantidad de 147 unidades con este modelo, así como también los demás modelos Chevrolet tiene una cantidad de unidades más relevantes a diferencia con los demás modelos de la flota de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra de las dos cooperativas de transporte urbano.

### 2.2.1.3 Año de fabricación

Para el análisis de las emisiones contaminantes dentro del modelo IVE se debe tomar presente el año de fabricación del vehículo, ya que gracias al modelo y año se puede constatar el sistema de control de emisiones que cuentan cada uno de los buses urbanos de la ciudad de Ibarra y así determinar qué tipo de tecnología tiene los autobuses urbanos. En la siguiente tabla se indica el año de fabricación de los autobuses urbanos de las dos cooperativas, 28 de Septiembre y San Miguel de Ibarra.

**Tabla 2.7** Año de Fabricación flota

<b>AÑO</b>	<b>COOP 28 DE SEPT.</b>	<b>COOP SAN MIGUEL</b>	<b>TOTAL</b>
1998	11	4	15
1999	11	4	15
2001	23	7	30
2002	37	41	78
2003	30	42	72
2004	24	21	45
2005	12	4	16
2006	8	0	8
2007	1	1	2
2008	3	0	3
2011	0	2	2
2012	0	1	1
<b>Total</b>	<b>160</b>	<b>127</b>	<b>287</b>

**Fuente:** (Autor- Vía MOVILDELNOR EP, 2017)

Tomando en cuenta la información indicada en la tabla se llega a concluir que los años de fabricación de los autobuses urbanos que predomina con mayor relevancia esta entre el 2002 y 2003, por lo tanto se llega a definir que la tecnología que tiene los autobuses urbanos que operan en la ciudad de Ibarra es la EURO I, siendo importante esta información acerca de la tecnología que es requerida por el modelo computacional IVE.



#### 2.2.1.4 Selección de la flota

Para realizar el estudio de estimación de emisiones vehiculares en la ciudad de Ibarra, se ha seleccionado la flota de autobuses urbanos que más predomina en las dos cooperativas “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra”, por lo tanto las marcas que más predominan son, Chevrolet que cuenta con un total de 67.94 %, Hino que tiene un total de 14.98 %, Volkswagen cuenta con el 8.01 %, y Mercedes Benz tiene el 4.18 % de unidades de transporte urbano por lo tanto estas marcas son las más óptimas para el estudio ya que tienen la misma tecnología con respecto al sistema de inyección y otros elementos que caracterizan como tecnologías similares debido a esto la flota de autobuses urbanos con estas marcas son consideradas para realizar las pruebas en este tipo de vehículos y poder obtener las emisiones contaminantes que producen estos vehículos en sus recorridos dentro de la ciudad de Ibarra. Cabe señalar que los modelos de estas marcas de vehículos se encuentran en circulación dentro de la ciudad de Ibarra desde el año 1998 hasta el año 2012. En la siguiente tabla se indica cuantos existen de acuerdo al año de fabricación.

**Tabla 2.8** Unidades de Vehículos

<b>Flota de autobuses</b>		
<b>Cantidad</b>	<b>Año</b>	<b>Marca</b>
197	1998- 2008	Chevrolet
41	1998- 2008	Hino
23	2002- 2012	Volkswagen
13	2002-2005	Mercedes Benz

**Fuente:** (Autor- Vía MOVILDELNOR EP, 2017)

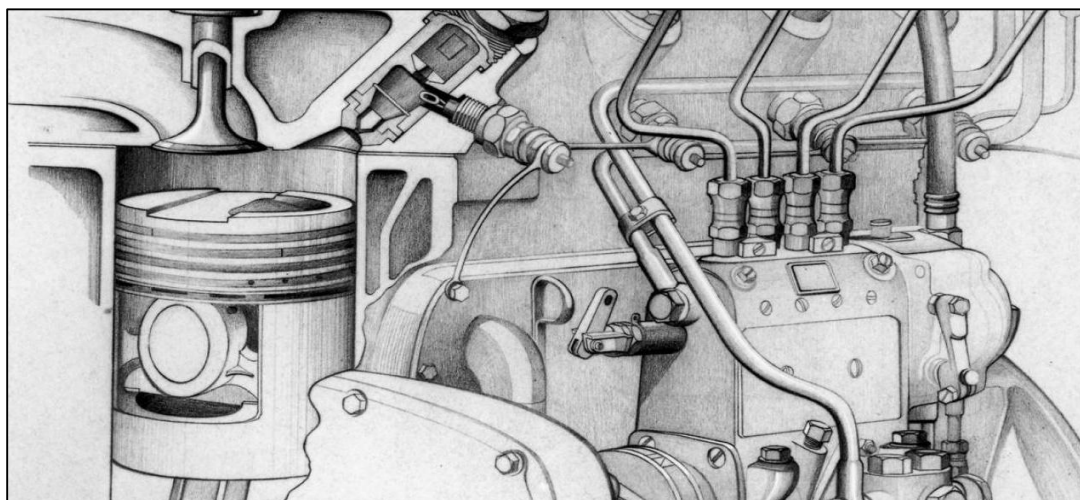
#### 2.2.1.5 Tecnología vehicular

La investigación realizada acerca de los autobuses urbanos trata acerca de qué tipo de tecnología tiene y que sistemas se encuentran incorporados en estas unidades vehiculares para evitar las emisiones contaminantes, ya que estos vehículos realizan un trabajo de

transporte de pasajeros por lo tanto deben estar sujetos a las normativas expuestas en el país, tomando como referencia las normas Americanas o Japonesa para evitar que las emisiones vehiculares sobrepasen los límites expuestos por estas normativas que se rigen en dentro del país, hecho este procedimiento los vehículos tienen una certificación que acredita ser distribuido o comercializado en cada país.

Este vehículo Chevrolet consta con un sistema de admisión que se encuentra conformado por un colector de admisión, turbo, válvula EGR en todos los modelos Chevrolet, así como también tiene un tipo de inyección lineal mecánica ya que la alimentación de combustible lo hace por medio de una bomba lineal, de igual manera los demás modelos Hino, Volkswagen, Mercedes Benz y otros que existen en las dos cooperativas de transporte constan con el mismo sistema de inyección pre -cámara al igual que los modelos Chevrolet.

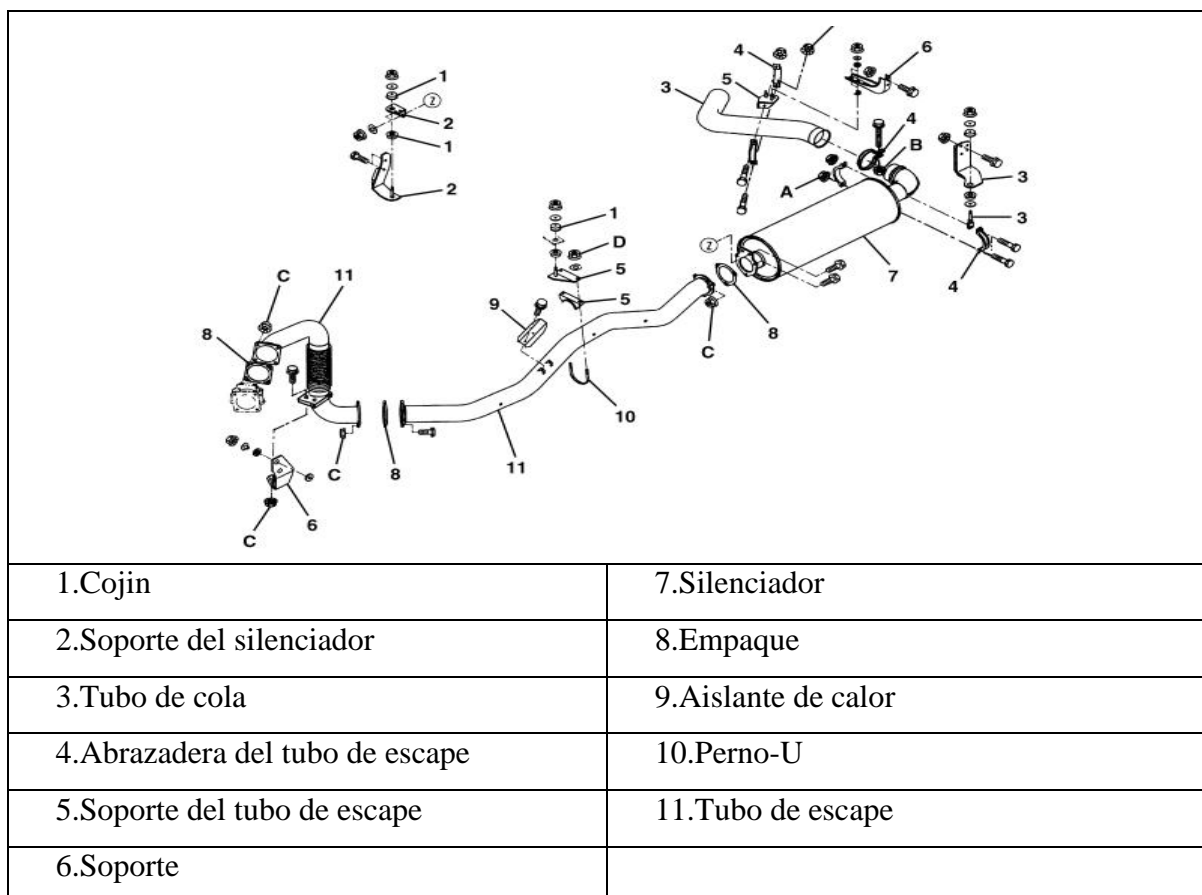
La tecnología de los autobuses urbanos se pudo determinar por medio de las fichas técnicas que se logró obtener por medio de investigación en internet, como también se pudo constatar físicamente las unidades de transporte urbano de la ciudad de Ibarra, llegando a definir que el sistema de alimentación es inyección pre-cámara para todos los autobuses urbanos de las dos cooperativas. Las fichas técnicas reales de los autobuses urbanos no se pudo constatar debido a la poca colaboración en las casa comerciales de las marcas de autobuses urbanos que circulan en la ciudad de Ibarra, por tal motivo la información obtenida por internet y por investigación física del estudiante se toma con mayor prioridad para la realización del proyecto de estimación de emisiones.



**Figura 2.4** Sistema de Alimentación  
(Alvarez, 2009, pág. 1)

En la anterior figura podemos observar el sistema de alimentación que tiene este tipo de motor diésel, el mismo que se encuentra incorporado para cada unidad de transporte urbano de la ciudad de Ibarra, al igual tiene los siguientes sistemas incorporados como: bomba lineal, turbo y una válvula EGR.

De igual forma el sistema de escape de los vehículos urbanos se encuentran ubicados en mayor cantidad en la parte delantera, el mismo que se encuentra unido entre el múltiple de escape y el tubo de escape por una junta, seguidamente tiene un silenciador principal y por último el elemento del sistema para la evacuación de los gases de escape, de tal forma el turbocompresor está unido al colector de escape, seguidamente este se conecta por medio de una junta con el tubo de escape que está conectado por uniones y finalmente se encuentra el silenciador, en la siguiente figura se detalla las partes que conforman el sistema de escape.



**Figura 2.5** Sistema de Escape  
(HINO, 2002)

Las características tecnológicas de la flota de los autobuses urbanos es un requerimiento importante para el ingreso al modelo IVE para realizar el cálculo en las demás pestañas que tiene el modelo, por lo tanto se ha realizado una base de datos donde nos proporciona, cantidad de autobuses, marca, año, cilindrada, tipo de combustible, sistema de control de emisiones que posee y el kilometraje.

A través de MOVILDELNOR E.P y de las cooperativas, tanto “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra” se obtuvieron los siguientes datos como son: marca, año, placa, mientras tanto la cilindrada se obtuvo a través de la página del SRI, y el sistema de control de emisión de los autobuses urbanos que posee cada uno de ellos, se pudo determinar por medio de la ficha técnica obtenida por internet y por verificación física del estudiante, para proporcionar la tecnología que tienen los autobuses urbanos que circulan en la ciudad de Ibarra, dando a conocer que la tecnología que predomina en esta flota de autobuses es la EURO I. En la siguiente tabla se detalla las especificaciones técnicas de la marca Chevrolet.

**Tabla 2.9** Especificaciones del vehículo Chevrolet

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO</b>			
Especificaciones del motor		Datos del vehículo	
Tipo	Turbo-cargado intercooler	Marca	Chevrolet
Ubicación	delantera / longitudinal	Modelo	FTR 32M Chasis cabinado
Desplazamiento (cc)	7.790	clase	Omnibus
Nro. de Cilindros	6 en línea	Año	2008
Potencia (hp y rpm)	240 y 2.400	# motor	6HE1410593
Torque (kg-m y rpm)	71.9 y 1.450	# chasis	8LHP711208300001
Alimentación	Inyección pre-cámara	# ocupantes	43
Nivel Emisiones	Euro I	Color	No
Combustible	Diésel	Tipo de Bomba	Mecánica de Inyección Lineal
EGR	Si	Catalizador	No

**Fuente:** (Especificaciones Chevrolet FTR 32-M , 2009)

Para la realización del estudio de emisiones contaminantes en la ciudad de Ibarra se hace una caracterización de toda la flota vehicular que realiza el trabajo de transporte urbano, para ello se representan las especificaciones técnicas de las marcas de vehículos que más

predominan en las cooperativas de transporte urbano al igual que la anterior tabla se indica la información necesaria para la marca Hino.

**Tabla 2.10** Especificaciones del vehículo Hino

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO</b>			
<b>Especificaciones del motor</b>		<b>Datos del vehículo</b>	
Tipo	Turbo-cargado intercooler	Marca	HINO
Ubicación	delantera / longitudinal	Modelo	FG1JPUZ
Desplazamiento (cc)	7.961	clase	Omnibus
Nro. de Cilindros	6 en línea	Año	2008
Potencia (hp y rpm)	260 HP / 2500 rpm	# motor	J08CTT38048
Torque (Nm y rpm)	710 Nm / 1600 rpm	# chasis	JHDFG1JPUAXX15111
Alimentación	Inyección pre-cámara	# ocupantes	45
Nivel Emisiones	Euro I	Color	No
Combustible	Diésel	Catalizador	No

**Fuente:** (Especificaciones Hino, 2002)

Para el vehículo Volkswagen se ha determinado las especificaciones técnicas para definir qué características tiene este vehículo, y llegar a determinar que sistemas tiene incorporados para evitar las emisiones contaminantes, en la siguiente tabla se indica las especificaciones técnicas que tiene este vehículo con el sistema de alimentación y en qué nivel de emisiones se encuentra según la tecnología que tiene.

**Tabla 2.11** Especificaciones del vehículo Volkswagen

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO</b>			
<b>Especificaciones del motor</b>		<b>Datos del vehículo</b>	
Tipo	Turbo-cargado intercooler	Marca	VOLKSWAGEN
Ubicación	delantera / longitudinal	Modelo	17210 OD
Desplazamiento (cc)	6.449	clase	Omnibus
Nro. de Cilindros	6 en línea	Año	2011
Potencia (hp y rpm)	206 HP / 2600 rpm	# motor	G1T125406
Torque (Nm y rpm)	657 Nm / 1700 rpm	# chasis	9532F82W0BR100231
Alimentación	Inyección pre-cámara	# ocupantes	45
Nivel Emisiones	Euro I	Color	No
Combustible	Diésel	Catalizador	No

**Fuente:** (Especificaciones Volkswagen, 2000)

El modelo Mercedes Benz consta con las siguientes especificaciones técnicas, con un sistema de pre-cámara, una válvula EGR, no tiene catalizador, consta con turbo, esta información es la más general para cada marca de vehículo, al igual que para el estudio de las emisiones contaminantes, pero para determinar si la información es correcta para ingresar al modelo IVE se determina por medio de las especificaciones técnicas que tiene la marca el vehículo por medio de una ficha técnica. En la siguiente tabla se indica la información del vehículo más detallada.

**Tabla 2.12** Especificaciones del vehículo Mercedes Benz

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO</b>			
<b>Especificaciones del motor</b>		<b>Datos del vehículo</b>	
Tipo	Turbo-cargado intercooler	Marca	MERCEDES BENZ
Ubicación	delantera / longitudinal	Modelo	OF 1721-59
Desplazamiento (cc)	5.958	clase	Ómnibus
Nro. de Cilindros	6 en línea	Año	2009
Potencia (hp y rpm)	211 HP / 2600 rpm	# motor	377989U0810431
Torque (Nm y rpm)	660 Nm / 1400 rpm	# chasis	9BM3840759B636847
Alimentación	Inyección pre-cámara	# ocupantes	48
Nivel Emisiones	Euro I	Color	No
Combustible	Diésel	Catalizador	No

**Fuente:** (Especificaciones Mercedes Benz, 2009)

Después de haber llegado a definir las fichas técnicas de las unidades de transporte urbano, se llega a determinar las especificaciones técnicas que tienen cada uno de los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra, el cual es un dato muy importante para ingresar al modelo IVE, ya que es un requisito para realizar el cálculo de la flota seleccionada al igual que el kilometraje que tiene cada unidad de transporte, llegando a definir que el valor promedio del kilometraje es de 50,000 km que recorre anualmente las unidades y con los años de fabricación de los vehículos se tiene que sobrepasan el valor de 161000 km, ya que este es un requisito para el modelo matemático, esta información se la obtuvo por medio de las cooperativas “28 de Septiembre y San Miguel de Ibarra”. En la siguiente tabla se indica la tecnología vehicular que tiene la flota de autobuses urbanos de las cooperativas de transporte urbano de la ciudad de Ibarra.

**Tabla 2.13** Tecnología vehicular de los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra

Cantidad	Año	Marca	Turbo	EGR	Combustible	Inyección	Peso	Kilometraje
197	1998 2008	Chevrolet	Si	Si	Diésel	Pre-Chamber Inject	Pesado	>161000 km
41	1998 2008	Hino	Si	Si	Diésel	Pre-Chamber Inject	Pesado	>161000 km
23	2002 2012	Volkswagen	Si	Si	Diésel	Pre-Chamber Inject	Pesado	>161000 km
13	2002 2005	Mercedes Benz	Si	Si	Diésel	Pre-Chamber Inject	Pesado	>161000 km

**Fuente:** (Autor – Vía IVE MODEL)

## 2.2.2 ESTUDIO DE LOCALIDAD

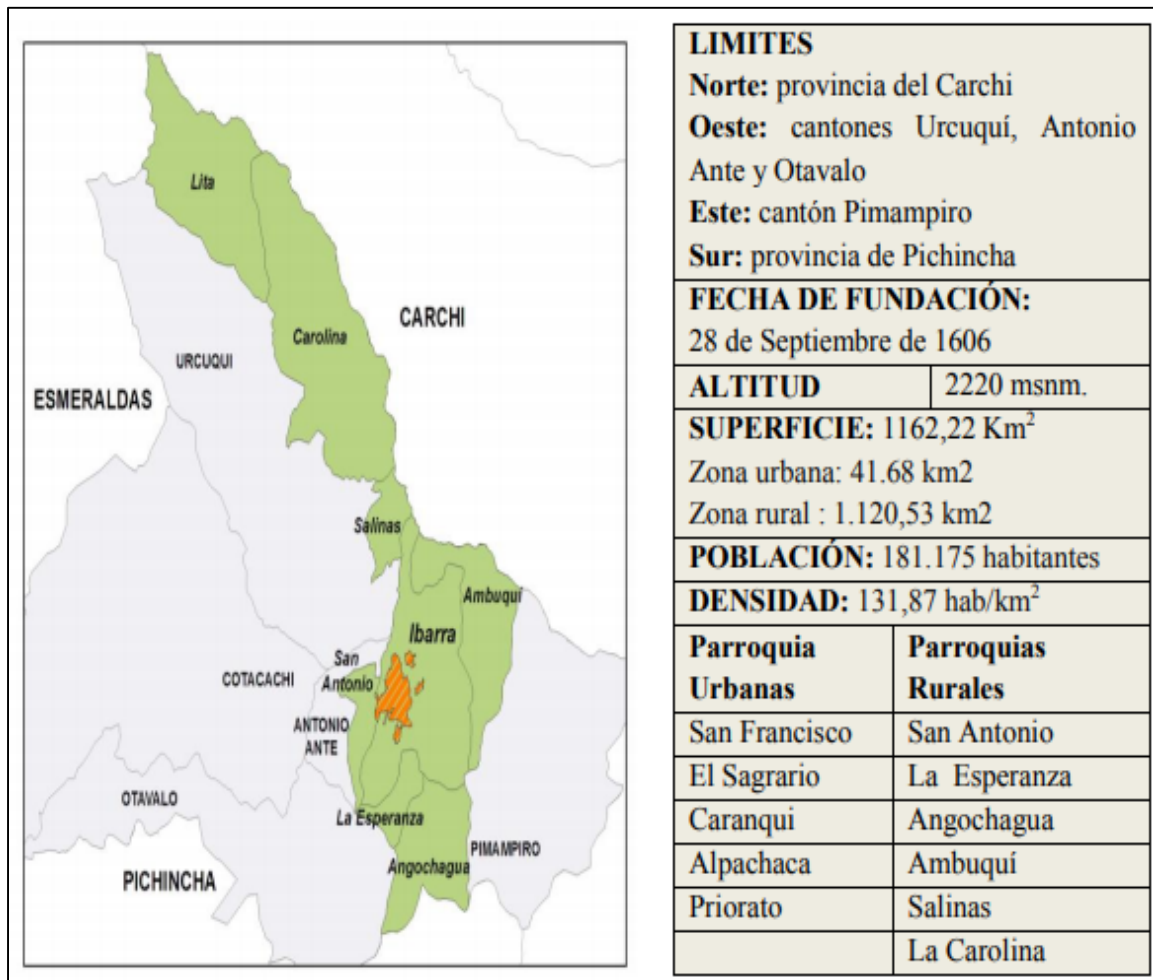
En la ciudad de Ibarra se realizó una serie de estudios para la estimación de emisiones, tomando en cuenta las parroquias urbanas que la conforman, como también las rutas donde circulan los autobuses urbanos, para luego realizar una clasificación de las rutas más representativas para la estimación de emisiones y poder concluir con el proyecto que se lleva a cabo en esta ciudad.

### 2.2.2.1 Análisis geográfico

El estudio de la estimación de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero se llevó a cabo en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura. Este cantón se encuentra ubicado en la región norte del Ecuador, al noreste de la ciudad de Quito, capital de la república a 126 Km, a 135 Km. de la frontera con Colombia, y a 185 Km. de San Lorenzo, en el Océano Pacífico (Reyes Rosero & Tito Cañarís , 2015, pág. 3).

La ciudad de Ibarra cuenta con los siguientes límites, al Norte con la provincia del Carchi, al Sur con la provincia de Pichincha, al Este con el cantón Pimampiro y al Oeste con los cantones de Urcuquí, Antonio Ante y Otavalo, esta ciudad cuenta con una superficie de “1162,22 km<sup>2</sup>, las cuales corresponden a la Zona Urbana 41.68 km<sup>2</sup> y a la Zona rural 1.120,53

km<sup>2</sup>” (Velarde Cruz, 2013, pág. 8). La ciudad de Ibarra se encuentra conformada por 5 parroquias urbanas y 6 parroquias rurales, en la siguiente figura se detalla la división y datos generales.



**Figura 2.6** Análisis geográfico  
(Velarde Cruz, 2013, pág. 8).

### 2.2.2.2 Factor climatológico

La ciudad de Ibarra provincia de Imbabura presenta una variedad de microclimas, por lo que en la zona de Angochagua presenta un clima frío, en la zona del Chota se presenta un tropical seco, y la zona de Lita y la Carolina un clima cálido húmedo. Por medio de los anuarios meteorológicos se ha determinado que en la provincia de Imbabura se tiene una temperatura



media  $15.90^{\circ}\text{C}$ , con una variación mínima menor a  $0.3^{\circ}\text{C}$ , y una temperatura máxima media entre los  $20$  y  $25^{\circ}\text{C}$  y una mínima media entre los  $7$  y  $11^{\circ}\text{C}$ .

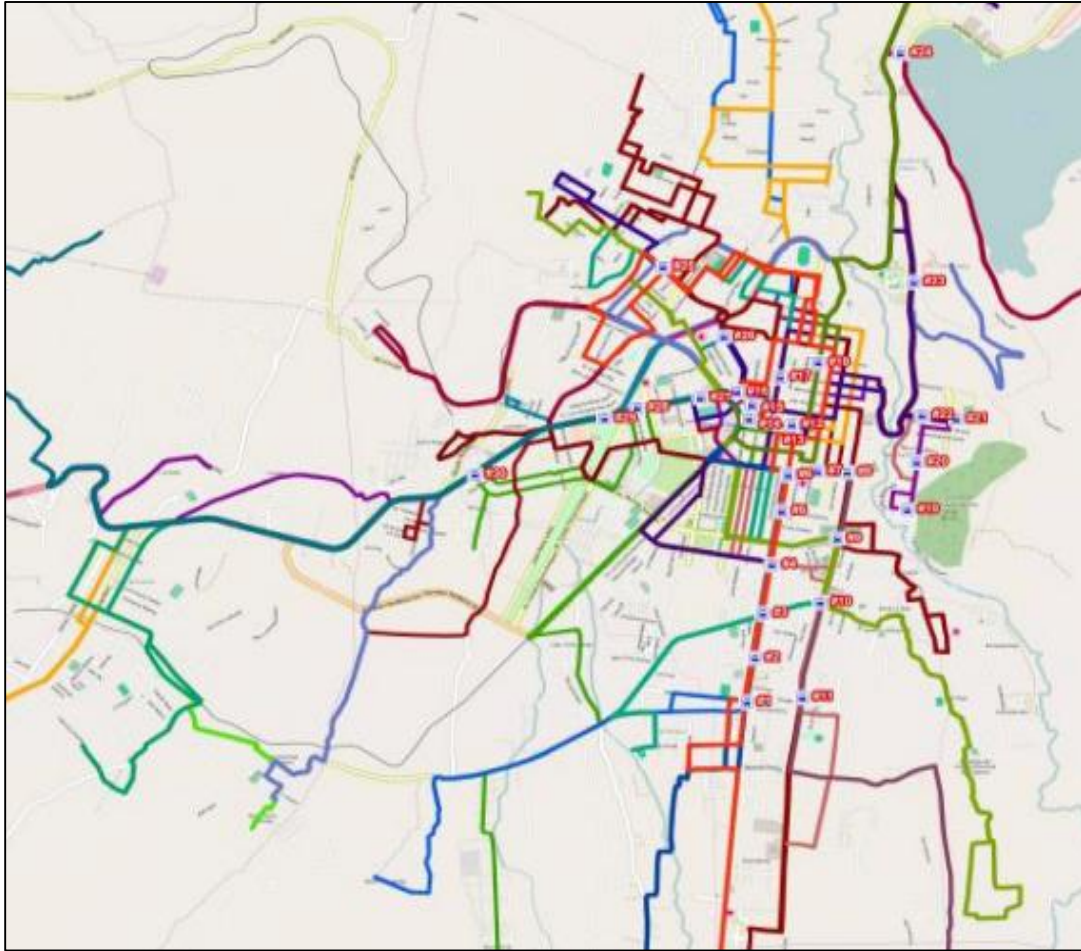
Para realizar los cálculos de estimación de emisiones el modelo IVE necesita la temperatura y la humedad, por lo tanto para la obtención de estos datos se realiza una investigación en la página web del INAMHI, el cual es un Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, gracias a esta página se pudo obtener los valores tanto de temperatura como humedad relativa, los mismos que son requeridos para realizar los cálculos en el modelo IVE para cada uno de los días que se realizó el levantamiento de los datos.

### **2.2.3 SELECCIÓN DE RUTAS PARA EL ANÁLISIS**

El sistema de transporte público dentro de una ciudad es un componente básico en la estructura social, económica y física del área urbana. En las ciudades medianas y grandes, los sistemas de transporte público establecen un papel muy importante para la movilidad de los ciudadanos a sus diferentes destinos, sean estos en zonas urbanas o fuera del sector urbano.

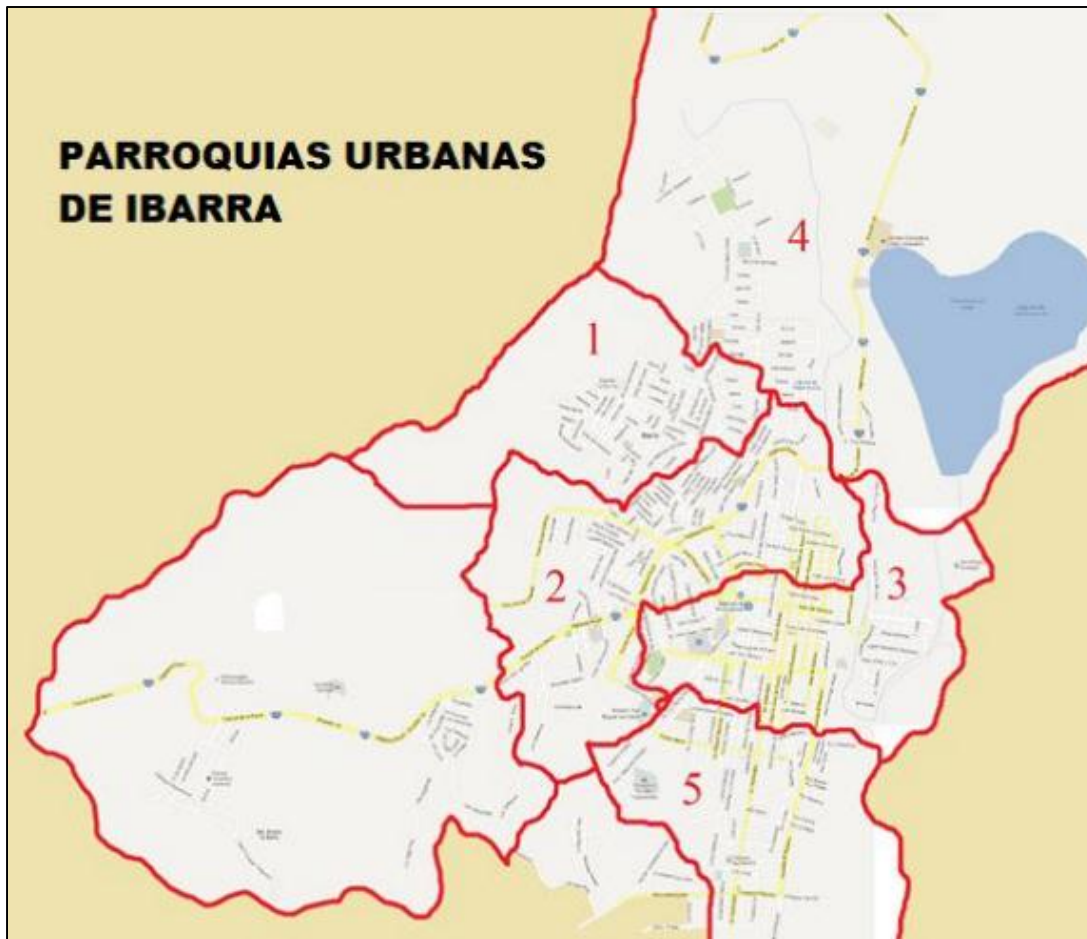
Las planificaciones por parte de los gobiernos para la operación de las líneas de transporte urbano deben ser eficientes y adecuadas al entorno en que se desempeñen, de tal manera que las cooperativas que brindan a los usuarios el servicio de transporte público, se les denomina empresas de transporte.

Los organismos gubernamentales, que pueden ser municipales, trazan los recorridos de las rutas, y al igual otorgan valores de las frecuencias y precios de las tarifas, por lo tanto el transporte urbano de la ciudad de Ibarra, para las dos Cooperativas “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra”, se encuentra conformado por 24 rutas, las mismas que se encuentran distribuidas tanto para el perímetro urbano como también parte del perímetro rural.



**Figura 2.7** Rutas de la ciudad de Ibarra  
(MOVILDELNOR EP, 2017)

Por lo tanto el territorio de la ciudad de Ibarra se encuentra dividido en parroquias y barrios. Las parroquias urbanas de Ibarra son: Alpachaca, San Francisco, El Sagrario, Priorato, Caranqui. Mientras que las parroquias rurales se dividen en: Ambuquí, Angochahua, Carolina, La Esperanza, Lita, Salinas, San Antonio, de tal forma que para realizar las pruebas se realiza una clasificación de las zonas con más movimiento o mayor afluencia de personas para así llegar a determinar la ruta más óptima para el estudio, en la siguiente figura se identifican las parroquias urbanas de la ciudad de Ibarra.



**Figura 2.8** Parroquias Urbanas Ibarra

La parroquia de Alpachaca consiste al número 1 del gráfico, esta parroquia se ubica al noroeste de la ciudad y se encuentra conformada por el barrio Azaya adjunto al barrio Alpachaca que tiene una altura promedio de 2 220 - 2 270 (msnm), este sector tiene bajo perfil económico.

La parroquia San Francisco, es la número 2 del gráfico, esta se encuentra ubicada en el sector centro oeste, es la parte central de la ciudad de Ibarra, tiene una mayor actividad económica debido que en esta parte central existe mayor cantidad de bancos, unidades educativas y mayor afluencia de personas, tiene una altura uniforme de 2 220 (msnm).

La parroquia Sagrario es la numero 3, esta se encuentra ubicada en la parte central, tiene una mayor actividad económica, más cantidad de unidades educativas, y en esta se encuentra el centro histórico de la ciudad en donde tenemos: parques, plazas, iglesias y consta con una altura de 2 200 (msnm).

La parroquia Priorato es la número 4, esta se encuentra ubicada en el norte de la ciudad, tiene una altura de 2 200 (msnm), tiene una mayor vía de acceso al centro de la ciudad debido a que está en circulación por la panamericana norte.

La parroquia Caranqui es la número 5, está ubicada en el sur de la ciudad, tiene mayor extensión de terreno, y tiende a ser cotizada para la construcción de viviendas, tiene una altura que varía desde los 2 220 (msnm) a los 2 400 (msnm).

### **2.2.3.1 Selección de los sectores**

Para la clasificación de las rutas se ha logrado determinar los sectores más importantes por donde circulan los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra, los mismos que pueden encontrarse al norte, sur, este, oeste, de la ciudad, llegando a determinar qué sectores cumplen alta actividad económica, baja actividad económica y media actividad económica como son: la parte central de la ciudad de Ibarra es el sector con mayor número de unidades educativas, como también mayor afluencia de personas, así como también se encuentra el centro histórico de la ciudad y por lo tanto hay mayor número de entidades bancarias llegando a determinarse que este sector tiene una alta actividad económica.

El sector que tiene una baja actividad económica la encontramos, es la parte noroeste de la ciudad, donde se encuentra ubicada la parroquia de Alpachaca donde no encontramos entidades bancarias, pocas unidades educativas, menor afluencia de personas por ser considerado un sector marginal. Por último los sectores con una media actividad económica son los que se encuentran ubicados en la parroquia Priorato que está en el norte de la ciudad y también la parroquia Caranqui que está ubicada en el sur de la ciudad, se ha considerado de media actividad económica ya que no hay entidades bancarias, pocas unidades educativas y menor afluencia de personas.

De esta manera se ha llegado a determinar que las rutas que tienden a realizar su recorrido por los centros de atracción de viaje y actividad económica son los siguientes como se indica en la tabla.

**Tabla 2.14** Recorrido por centros de atracción de viaje y actividad económica

Número	Rutas	Recorrido por los diferentes centros de atracción de viaje y actividad económica			
		Alto	Bajo	Medio	Distancia (km)
1	Naranjito	Si	No	Si	
2	La Esperanza- Hospital del Seguro	Si	Si	Si	24,25
3	San Miguel Arcángel- San Cristóbal de Caranqui	Si	No	Si	
4	Odilas- 19 de Enero	Si	No	Si	
5	Santa Isabel- Huertos Familiares	Si	No	Si	
6	Santa Lucia- La Victoria	Si	No	Si	
7	Santa Rosa- Ceibos	Si	No	Si	
8	Santo Domingo- Universidades	Si	No	Si	
9	El Carmen-Bellavista	Si	No	Si	
10	Chugchupungo - La Florida	Si	No	Si	
11	Caranqui- Aduana	Si	No	Si	
12	Palmas- Ceibos	Si	Si	Si	19,7
13	Azaya- La Campiña	Si	Si	Si	19,4
14	Tanguarin- Aduana	Si	No	Si	
15	Chorlavi- La Victoria	Si	No	Si	
16	Pugacho- Santa Teresita	Si	Si	Si	18,7
17	Ejido de caranqui- Miravalle	Si	No	Si	
18	Colinas del Sur- Aduana	Si	No	Si	
19	Milagro- Yahuarcocha	Si	No	Si	
20	Católica-Alpachaca	Si	Si	Si	15,9
21	Caranqui- Universidades	Si	No	Si	
22	Santo Domingo- Universidades por la Florida	Si	No	Si	
23	San Francisco	Si	No	Si	
24	Aloburo	Si	No	Si	

Tomando en cuenta la clasificación de las rutas que circulan por los centros de atracción de viaje y actividad económica en la ciudad de Ibarra se ha llegado a determinar que cinco rutas son las q realizan el recorrido en estos sectores, por lo tanto se toma en cuenta la ruta que ocupa el primer lugar ya que tiene un mayor porcentaje con respecto a la distancia que recorre.

### 2.2.3.2 Clasificación de rutas por pendiente

En la ciudad de Ibarra existen 2 cooperativas de autobuses que brindan el servicio de transporte urbano, la cooperativa “San Miguel de Ibarra” y la cooperativa “28 de Septiembre”, cada cooperativa tiene asignada sus respectivas rutas, el total de autobuses para realizar el recorrido de todas estas rutas es de 287 autobuses, que cuenta con un total de 24 rutas que se encuentran distribuidas de la siguiente manera, 9 rutas a la cooperativa San Miguel de Ibarra y 15 rutas a la cooperativa 28 de Septiembre.

Para determinar la pendiente de cada una de las rutas que se encuentran en la ciudad de Ibarra para el transporte urbano, se procede a tomar en cuenta dos puntos como referencia para llegar a decretar la altura, por lo tanto estos puntos 1 y 2 se encuentran medidos en metros a nivel del mar, seguidamente se realiza el cálculo de la pendiente cada 100 metros de recorrido, de esta manera se llega a determinar la pendiente de cada una de las rutas con los valores máximos y mínimos.

Se distribuye las rutas en base a la pendiente que tiene cada una de ellas, por lo tanto se determina el valor máximo y mínimo con respecto a la pendiente que tiene cada una de las rutas, dando a conocer en la siguiente tabla las pendientes de 20 rutas vigentes, debido a que dos rutas fueron eliminadas y las otras dos no realizan un recorrido bien definido, de tal manera que solo se llega a determinar las pendientes de solo 20 rutas de la ciudad de Ibarra.

**Tabla 2.15** Clasificación de rutas por pendiente

Número	Ruta	msnm (max)	msnm (min)	a (m)	Pendiente (%)
1	Naranjito	2677	2 656	101,92	21
2	La Esperanza- Hospital del Seguro	2514	2496	96,11	19
3	San Miguel Arcángel- San Cristóbal de Caranqui	2500	2481	95,66	20
4	Odilas- 19 de Enero	2472	2457	101,83	17
5	Santa Isabel- Huertos Familiares	2434	2419	104,54	15
6	Santa Lucia- La Victoria	2400	2390	98,9	10
7	Santa Rosa- Ceibos	2398	2384	96,33	15
8	Santo Domingo- Universidades	2390	2377	98,73	13
9	El Carmen-Bellavista	2362	2349	102,86	13

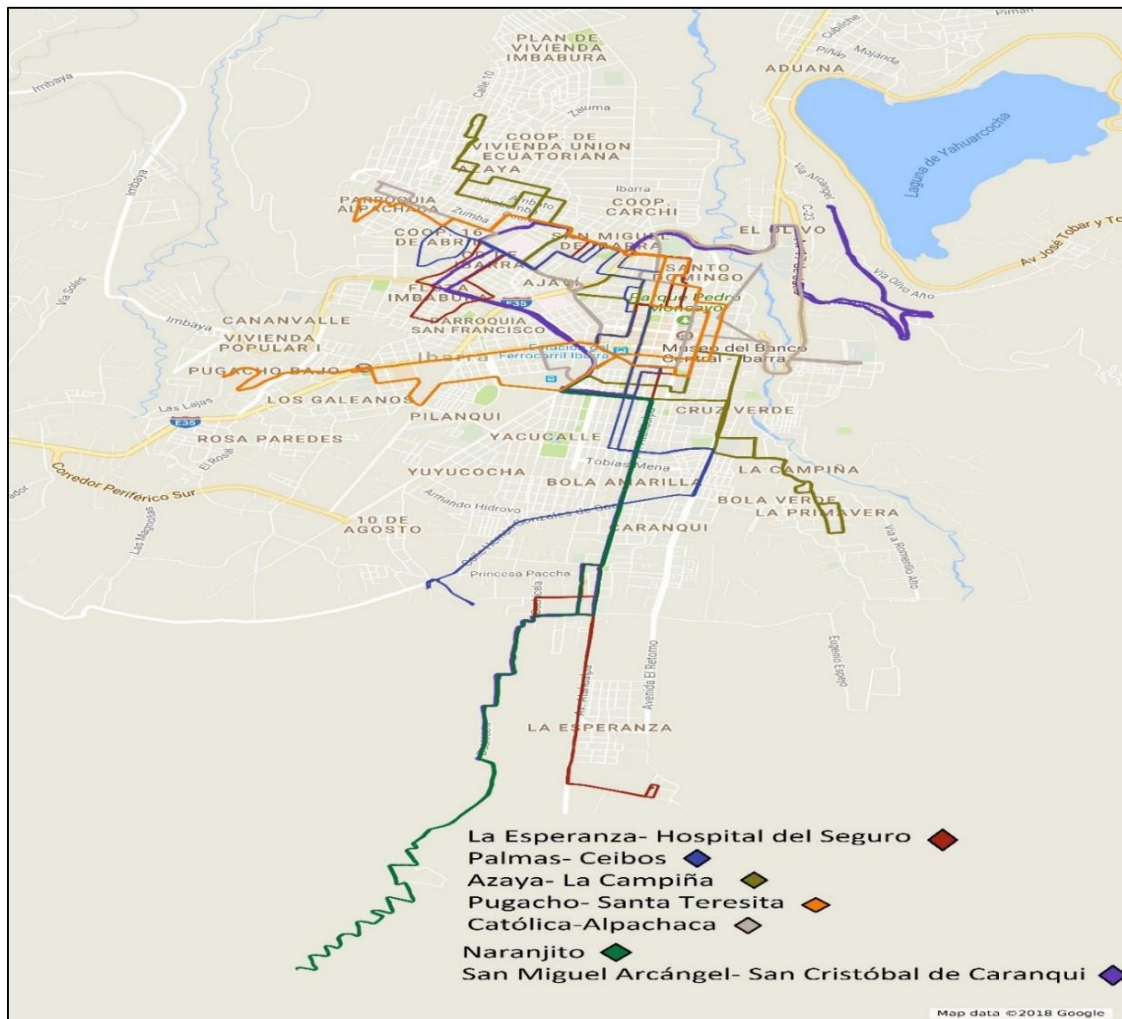
**Tabla 2.15** Clasificación de rutas por pendiente (**Continuación...**)

10	Chugchupungo - La Florida	2344	2331	95,83	14
11	Caranqui- Aduana	2332	2320	101,67	12
12	Palmas- Ceibos	2306	2295	95,86	12
13	Azaya- La Campiña	2302	2286	97,56	11
14	Tanguarin- Aduana	2287	2269	101	18
15	Chorlavi- La Victoria	2268	2255	98,41	13
16	Pugacho- Santa Teresita	2259	2252	97,89	7
17	Ejido de caranqui- Miravalle	2248	2235	98,73	13
18	Colinas del Sur- Aduana	2240	2229	105,22	11
19	Milagro- Yahuarcocha	2231	2222	100,24	9
20	Católica-Alpachaca	2284	2185	90,94	11

Por medio de la clasificación de cada una de las rutas con su respectiva pendiente a nivel del mar se ha logrado determinar que la ruta con mayor pendiente es Naranjito, la cual realiza su recorrido desde la parte central de la ciudad de Ibarra hasta culminar en Naranjito que se encuentra en la parte del sur de la ciudad, esta ruta consta con 20,6 km de distancia, de tal manera que esta ruta es la más principal según el método de clasificación que se realizó, por lo tanto se la toma en cuenta.

Debido a las clasificaciones anteriores para determinar la ruta más representativa para el estudio de emisiones contaminantes, se realizó una clasificación tanto por centros de atracción de viaje y actividad económica, así como también por pendientes, todo esto con el fin de realizar la selección de las rutas, para llevar a cabo las mediciones por medio de un instrumento de medida GPS, por lo que se logró obtener 7 rutas más representativas a diferencia de las demás, por medio de estos criterios.

En la siguiente grafica se representan las rutas obtenidas por medio de clasificación anteriormente realizada, para luego ser determinadas por medio del ciclo de conducción que tiene cada una de ellas e identificar una diferencia para lograr definir las rutas modelos que serán destinadas para el estudio.

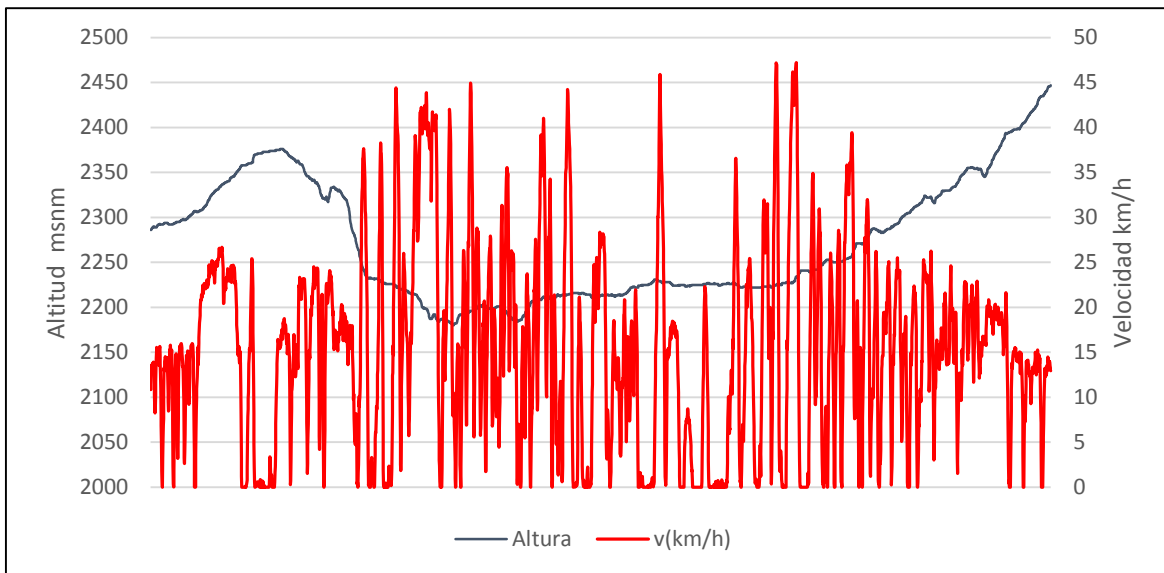


**Figura 2.9** Selección de rutas

En la gráfica se describen 7 rutas obtenidas por la clasificación anterior mencionada, llegando a establecer que las rutas con mayor prioridad son 7 rutas por las cuales circulan con mayor frecuencia las unidades vehiculares de transporte urbano de la ciudad de Ibarra, como también se realiza una clasificación de estas 7 rutas ya seleccionadas para determinar que rutas son más fundamentales para el estudio de la estimación de emisiones, por lo tanto para llevar a cabo esta clasificación se determinan el recorrido que realiza cada una de ella, su situación geográfica y previo así poder determinar las rutas más importantes para el estudio, de tal manera se representan las 7 rutas en gráficas para definir la más principal.

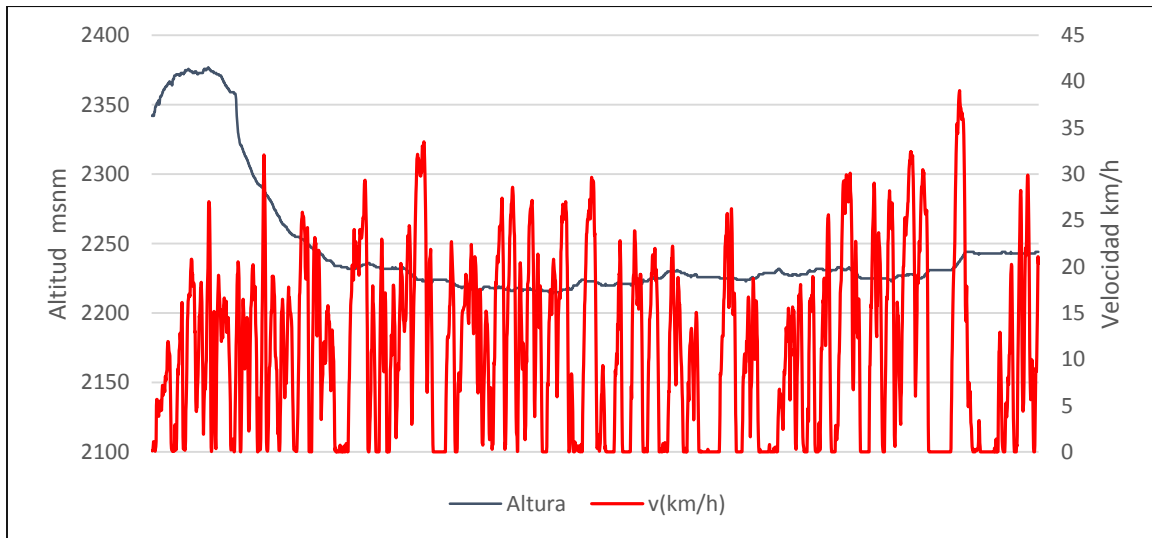


En la ruta San Miguel Arcángel- San Cristóbal de Caranqui, se tiene un ciclo de conducción con pequeñas variaciones debido a que cuenta con un horario ya establecido por la cooperativa de transporte urbano, este vehículo se encuentra en movimiento y tiene unas pausas las cuales son al momento que el bus recoge pasajeros, al igual que por los semáforos, intersecciones y el tráfico vehicular, durante el recorrido que realiza en la ciudad de Ibarra, comienza con una elevación a nivel del mar desde los 2286 (msnm) hasta 2446 (msnm), las velocidades varían ya que esto depende de las condiciones en las que realiza el recorrido, por lo tanto se tiene una velocidad promedio de 16,9 km/h, y tiende a llegar a una velocidad máxima de 47km/h, este periodo de recorrido lo realizo en 2 horas con un recorrido de 30,4km, en la siguiente grafica se indica el ciclo de conducción de esta ruta.



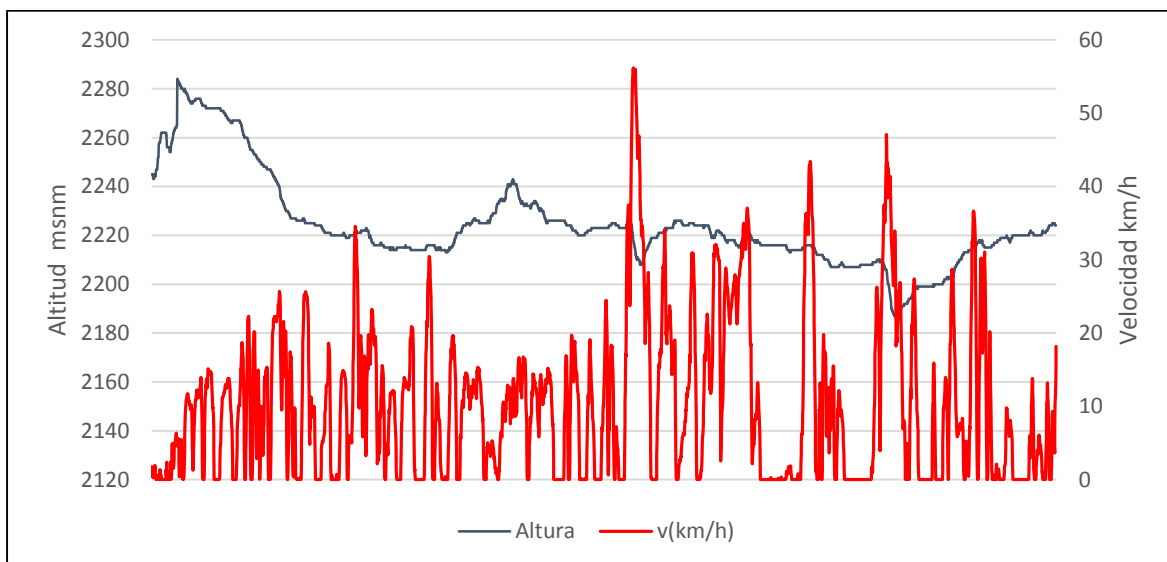
**Figura 2.10** Ciclo de conducción ruta San Miguel Arcángel- San Cristóbal de Caranqui

Para la ruta Azaya – La campiña se tiene un ciclo de conducción que varía en ciertos puntos, a pesar de que ya cuenta con un horario establecido siempre tienen retrasos debido al tráfico vehicular que se encuentran en su recorrido, al igual que la alza de pasajeros, comienza con una elevación 2342 (msnm) hasta 2243 (msnm), cuenta con una velocidad promedio de 15,88km/h y una velocidad máxima de 39 km/h, realizando el recorrido en 1 hora 40 min, en un recorrido total de 19,4km. En la siguiente grafica se indica el ciclo de conducción de esta ruta.



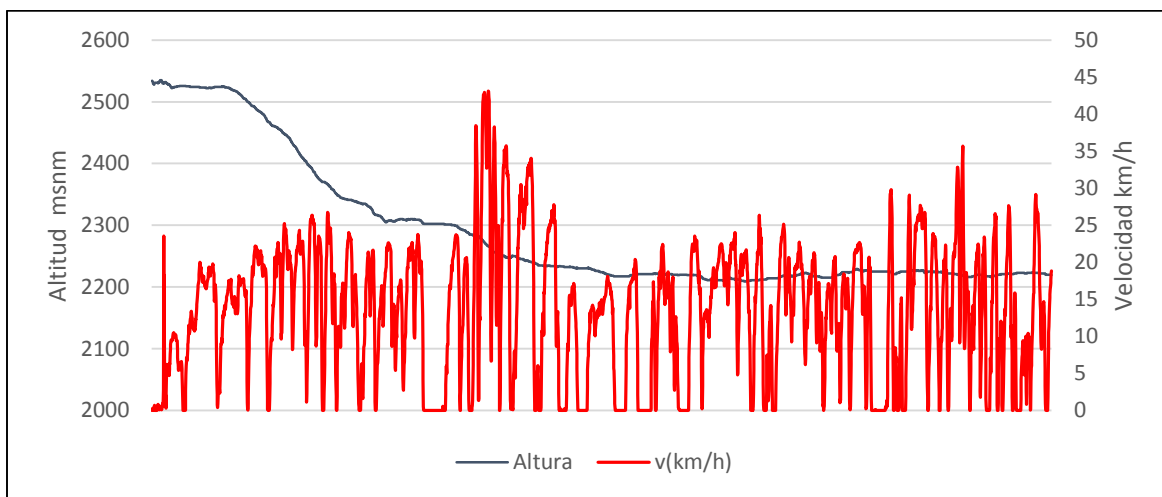
**Figura 2.11** Ciclo de conducción ruta Azaya- La campiña

El ciclo de conducción para la ruta Católica - Alpachaca, se encuentra de la siguiente manera, el vehículo está en movimiento, tiende a hacer paradas cortas por el tráfico vehicular, alza de pasajeros, intersecciones, que se encuentra en la ciudad de Ibarra, tiene una altitud sobre nivel de mar que va desde 2243 (msnm) hasta una altitud de 2224 (msnm), la velocidad varía dependiendo de las condiciones y se tiene una velocidad promedio de 14 km/h, llegando hasta un valor máximo de 55 km/h, el tiempo por cada vuelta que realiza lo hace en 1 hora 30 minutos con un recorrido de 15 km.



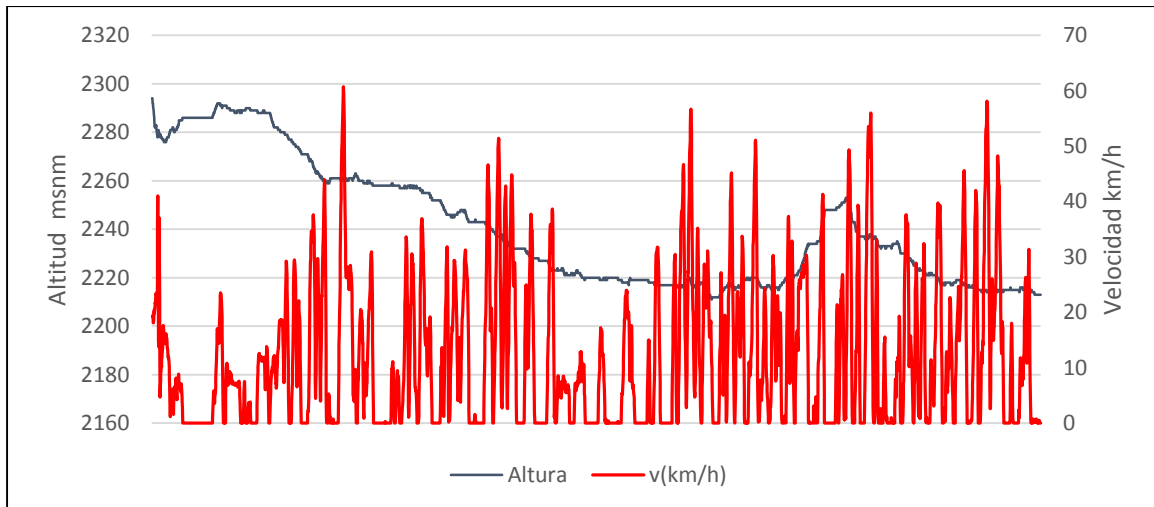
**Figura 2.12** Ciclo de conducción ruta Católica- Alpachaca

Para la ruta Esperanza-Hosp del seguro, el ciclo de conducción se tiene de una forma más uniforme que las demás rutas anteriormente mencionadas, todo esto se debe por tener un horario fijo ya establecido por las cooperativas de transporte urbano de la ciudad de Ibarra, inicia con una elevación 2531 msnm pero comienza a descender hasta llegar a 2220 msnm, con una velocidad promedio de 16,7 km/h hasta llegar a una velocidad máxima de 42,24 km/h, el recorrido total que tiene esta ruta es de 24,25 km/h , el tiempo que transcurre en realizar este tipo de recorrido se lo realiza en 1 hora 55 min. En la gráfica se representa el ciclo de conducción para esta ruta.



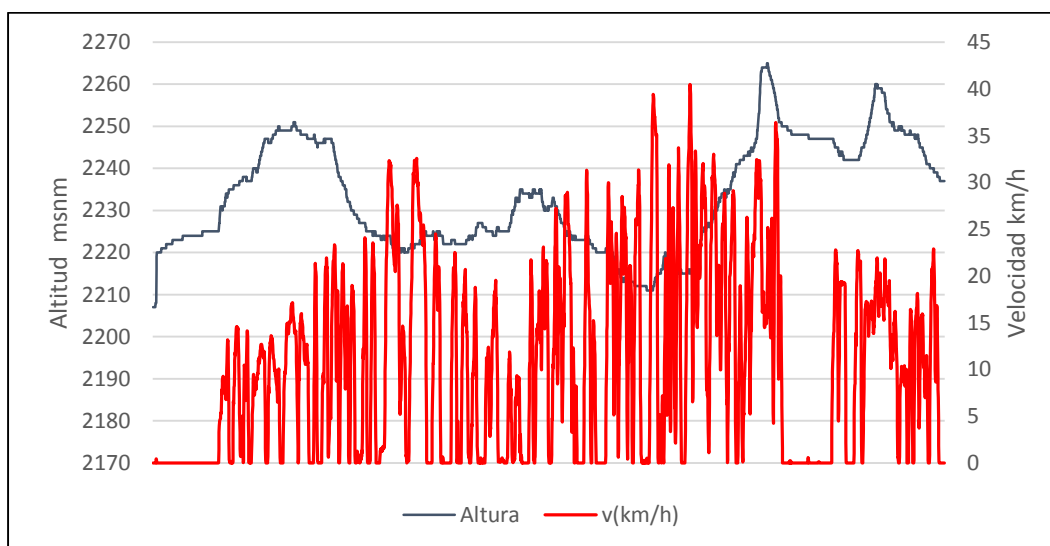
**Figura 2.13** Ciclo de conducción ruta Esperanza – Hosp del seguro

El ciclo de conducción para la ruta Palmas – Ceibos, se identifica con pocas variaciones las mismas que se deben a que el transporte de servicio público realiza sus paradas pertinentes para la alza de pasajeros, como también se debe a la pausa que se realiza en los semáforos, intersecciones, tráfico vehicular que se encuentre en el recorrido, este ciclo de conducción comienza con una elevación de 2291 (msnm) llegando a descender hasta 2213 (msnm), cuenta con una velocidad promedio de 17.9 km/h, llegando hasta una velocidad máxima 59,4 km/h, este recorrido tiene una distancia total 19,7 km/h y se lo realiza en un tiempo de 1 hora 30 min. En la gráfica se indica el ciclo de conducción para esta ruta.



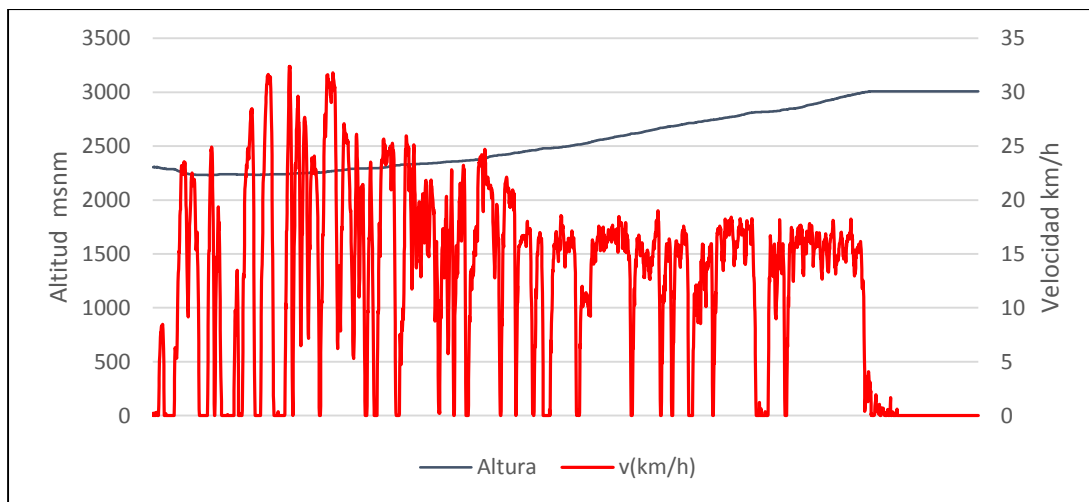
**Figura 2.14** Ciclo de conducción ruta Palmas- Ceibos

En la ruta Pugacho – Santa Teresa el ciclo de conducción tiene pequeñas variaciones al inicio de la salida del vehículo urbano y al final, por lo que esto se debe a que la unidad de transporte tiende a hacer una parada más larga antes de salir y también al momento de llegar al punto de partida, comienza con una elevación de 2207 msnm hasta llegar a una elevación de 2237 msnm que es su punto final del recorrido, con una velocidad promedio de 16,4 km/h llegando hasta una velocidad máxima de 40,1 km/h, este recorrido lo realiza en un tiempo de 1 hora 30 min y cuenta con una distancia total de 19,04 km. En la gráfica se indica los valores de velocidad y de altura con respecto al tiempo que se demora en recorrer esta ruta.



**Figura 2.15** Ciclo de conducción ruta Pugacho- Santa Teresa

El ciclo de conducción para la ruta Naranjito, se identifica de la siguiente forma, ya que su punto de partida lo realiza desde el centro de la ciudad por lo realiza más rápido las paradas para la alza de pasajeros y también por las pausas que debe realizar en los semáforos, tráfico vehicular, intersecciones, comienza con una elevación de 2303 (msnm) pero tiende ascender hasta llegar a una altura de 3008 (msnm), con una velocidad promedio de 16,5 km/h hasta llegar a una velocidad máxima de 32,39 km/h, esto se debe a que el vehículo tiende a subir por lo tanto se lleva una velocidad moderada, el tiempo en que recorre esta ruta lo realiza en 1 hora 40 min, ya que la distancia total de la ruta es de 21,63 km. En la siguiente grafica se indica el ciclo de conducción que lleva esta ruta.



**Figura 2.16** Ciclo de conducción ruta Naranjito

Ya con las gráficas representadas de cada ruta, las líneas que sobresalen en este proceso de clasificación son las que realizan un recorrido diferente en ciertos puntos así como también se determina su situación geográfica, consiguiendo que las rutas Católica- Alpachaca y Esperanza – Hosp del seguro, son rutas muy distintas en condiciones y recorrido con diferencia a las demás rutas, de tal manera amas de la clasificación anterior realizada se determinan por el recorrido que realizan cada una de ellas, llegando a concluir que las rutas más principales para la obtención de datos mediante dispositivos de lectura en la Ciudad de Ibarra, se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.16** Rutas elegidas

<b>Rutas</b>	<b>Distancia</b>
Católica- Alpachaca	15,9km
La Esperanza- Hospital del Seguro	24,25km

## 2.2.4 CINEMÁTICA GPS

El modelo IVE necesita una serie de información para la obtención de valores de emisiones contaminantes producto de fuentes vehiculares, por lo tanto esto se lo obtiene en la zona de estudio ya que se realiza una serie de pruebas en la unidades y en la rutas ya establecidas con el equipo de medición, para adquirir lo que el modelo requiere, como el tipo de conducción, partidas del motor y las propiedades del combustible.

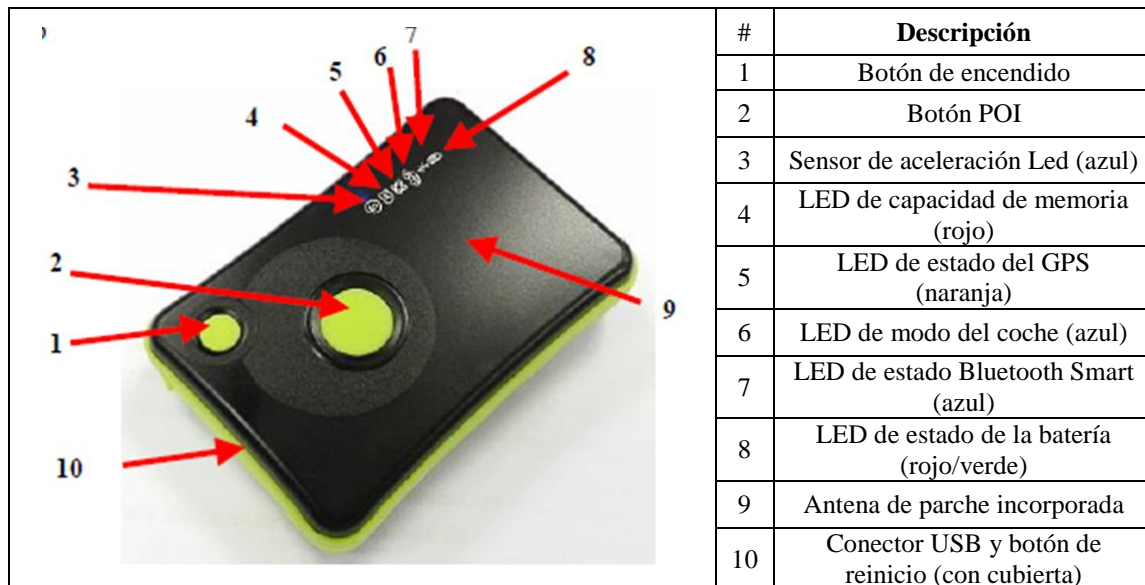
Para obtener la información se coordinó con las cooperativas de transporte urbano, la 28 de Septiembre y la San Miguel de Ibarra, para la instalación de los GPS en las unidades y poder realizar las pruebas y obtener los datos que ayuden a estimar las emisiones producidas por estas fuentes vehiculares.

El uso de dispositivos GPS para la toma de datos de las diferentes unidades es necesario para poder establecer el cálculo de los bins VSP/Estrés del motor.

### 2.2.4.1 Instrumento de medición GPS

El GPS es un dispositivo electrónico que ayuda a obtener o conocer la posición de un objeto, por medio de 24 satélites que giran alrededor del mundo, también nos entrega la ubicación, aceleración, velocidad, desaceleración y pendientes que tiene la ciudad de Ibarra por donde se realiza las pruebas, toda esta información que nos brinda el GPS es necesaria para realizar la investigación, con respecto a las emisiones contaminantes que son emitidas por fuentes vehiculares, ya que si un vehículo es forzado más de lo normal obtenemos mayor número de

rpm y así mayor consumo de combustible trayendo como consecuencia mayores emisiones que serán emitidas al medio ambiente.



**Figura 2.17** GPS GL-770  
(TRANSYSTEM, 2015, pág. 7)

#### 2.2.4.2 Principales características GPS GL-770

El GPS GL-770 es instrumento de medición que admite dos sistemas de satélite GPS y GLONASS, consta con un chipset SIRFV con sensibilidad de recepción extremadamente alta, es muy compatible con Bluetooth Smart (BT4.0) LNS (para la conexión a BT4.0 se requiere el desarrollo de la aplicación LNS), este GPS tiene la capacidad de grabar hasta 250 000 puntos de referencia, y el intervalo de registro se puede establecer por tiempo, distancia y velocidad, tiene la misión de admitir el registro de 5Hz para aplicaciones de alta velocidad, adquiere un sistema de modo coche que al arrancar y parar el motor, la unidad se activa o desactiva, así como también este instrumento consta con protección contra sobretensiones con suministro de energía permanente en el automóvil, posee un sensor de aceleración para el ahorro de energía inteligente, y el funcionamiento lo puede realizar más de 35 horas y 700 horas de modo de suspensión.

### **2.2.4.3 Evaluación de las rutas seleccionadas con el dispositivo GPS**

La toma de datos se realiza en una unidad de bus urbano de la ciudad de Ibarra, el mismo que tiende hacer su recorrido por las diferentes avenidas dentro de su ruta asignada para su respectivo estudio. Para la obtención de los datos se colocan los GPS al inicio de la jornada de trabajo que empieza a las 6:00 am y estos dispositivos registran varios datos hasta que el bus termina su jornada de trabajo, seguidamente se procede a extraer los datos mediante conexión de cable hacia el computador y realizar su verificación de cada archivo el mismo que será revisado con mucho cuidado para así verificar si hay errores o no y así aprobar las respectivas mediciones.

El módulo GPS GL-770 recopila información sobre la ubicación, la velocidad y la altitud, información necesaria para calcular el poder específico vehicular (VSP) y el estrés del motor. Estas mediciones se encuentran segundo a segundo.

Con los datos obtenidos de los dispositivos GPS se establece los VSP para cada ruta establecida, y para cada bus establecido de la flota por lo tanto se logra obtener los datos para diseñar la base de datos de emisiones en el software IVE.

### **2.2.5 PROCESAMIENTO DE DATOS**

Para la obtención de los datos se realiza una serie de procedimientos, tomando en cuenta un ciclo de conducción el mismo que consiste en manejar un perfil con respecto a las velocidades y el tiempo durante el vehículo realiza su recorrido, ya que este realiza aceleración y desaceleración en el transcurso de su línea, como también se debe tomar en cuenta las características del tráfico, la tecnología vehicular, esto es muy fundamental para determinar las emisiones que producen estas unidades dentro de la ciudad de Ibarra.



### 2.2.5.1 Cálculo de bins de potencia

El modelo IVE (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares) necesita una variable de ingreso como son los bins VSP, por lo tanto las variables que son requeridas y que deben estar en un orden son; tiempo, velocidad, altitud, así como también el número de recorridos en cada ruta, para el cálculo de los bins se procede con las siguientes ecuaciones.

$$VSP = v[1.1a + 9,8(\text{arcotang}(\sin(\text{pendiente}))) + 0.123] + 0.000302v^2 \quad [2.4]$$

$$\text{Stress del motor} = RPM + \left(\frac{0,08\text{ton}}{KW}\right) * \text{potenciapromedio} \quad [2.5]$$

$$\text{Pendiente} = (ht = 0 - ht = -1)/v(t = -1 \text{ a } 0 \text{ sg.}) \quad [2.6]$$

$$\text{Potencia promedio} = \text{promedio}(VSP_{t = -5\text{seg} - 2\text{seg}})\left(\frac{KW}{\text{ton}}\right) \quad [2.7]$$

$$\text{Indice RPM} = \text{velocidad } t = 0 / \text{Divisor velocidad}(\text{no tiene unidades}) \quad [2.8]$$

$$\text{Valor minimo de RPM} = 0,9 \quad [2.9]$$

Donde:

v=velocidad (m/sg)

a= aceleración (m/sg<sup>2</sup>)

h=altura (m)

g=gravedad (9,8 m/sg<sup>2</sup>)

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

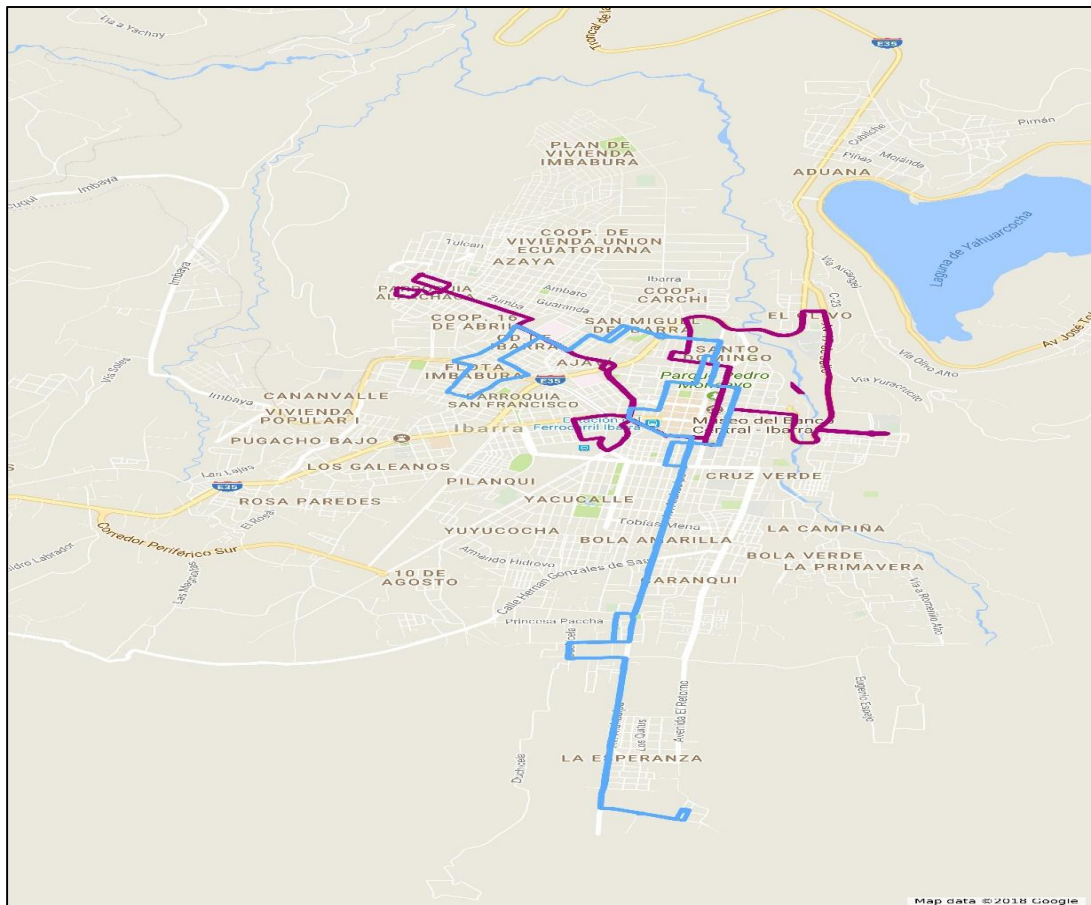
#### **3.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Este capítulo consiste en el análisis de las emisiones de los datos obtenidos de la flota de autobuses urbanos, teniendo como referencia la localidad y la cinemática de la zona de estudio, que se logró obtener luego de un estudio realizado a fuentes vehiculares de transporte urbano, realizando una serie de procedimientos para llegar a definir las emisiones vehiculares que son producidas y así obtener resultados puntuales.

Para obtener las emisiones contaminantes se realizó un proceso para determinar los datos de entrada que requiere el modelo IVE, de tal manera se realiza la selección de las rutas para realizar el estudio, las cuales fueron determinadas después de una clasificación anteriormente mencionada.

##### **3.1.1 RUTAS SELECCIONADAS**

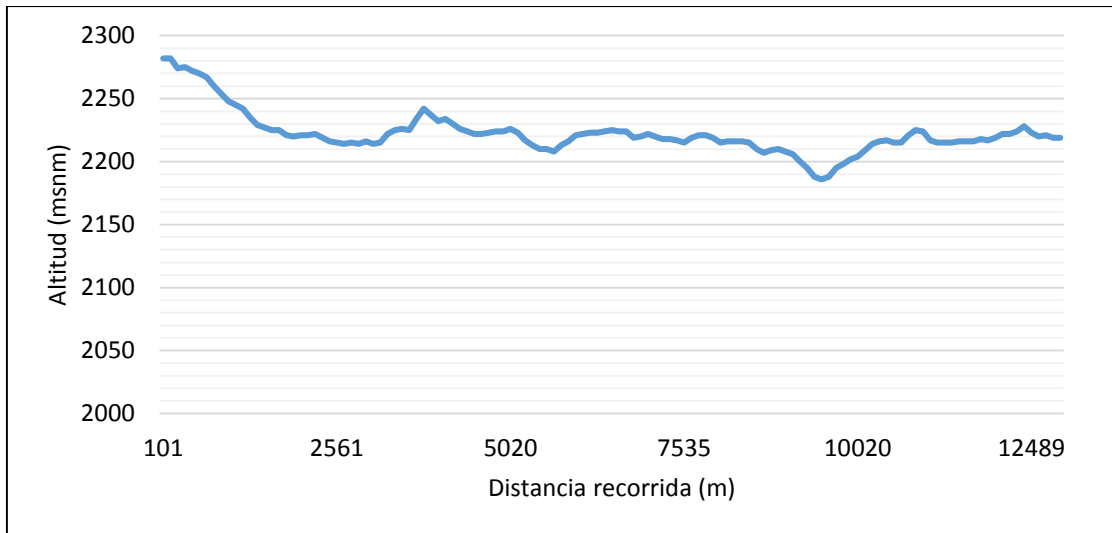
Después de haber realizado un proceso para obtener las rutas más óptimas para el estudio, se llegó a determinar 2 rutas más importantes Católica - Alpachaca y Esperanza - Hospital del seguro, estas rutas realizan un recorrido por diferentes centros de atracción de viaje y actividad económica, los cuales son sectores importantes dentro de la ciudad Ibarra, donde encontramos mayor tráfico vehicular, trayendo consigo mismo mayor emisiones contaminantes producto de fuentes vehiculares, en este caso por autobuses urbanos que realizan el recorrido por estos sectores, en el siguiente gráfico se representa las rutas destinadas para el estudio.



**Figura 3.1** Rutas seleccionadas

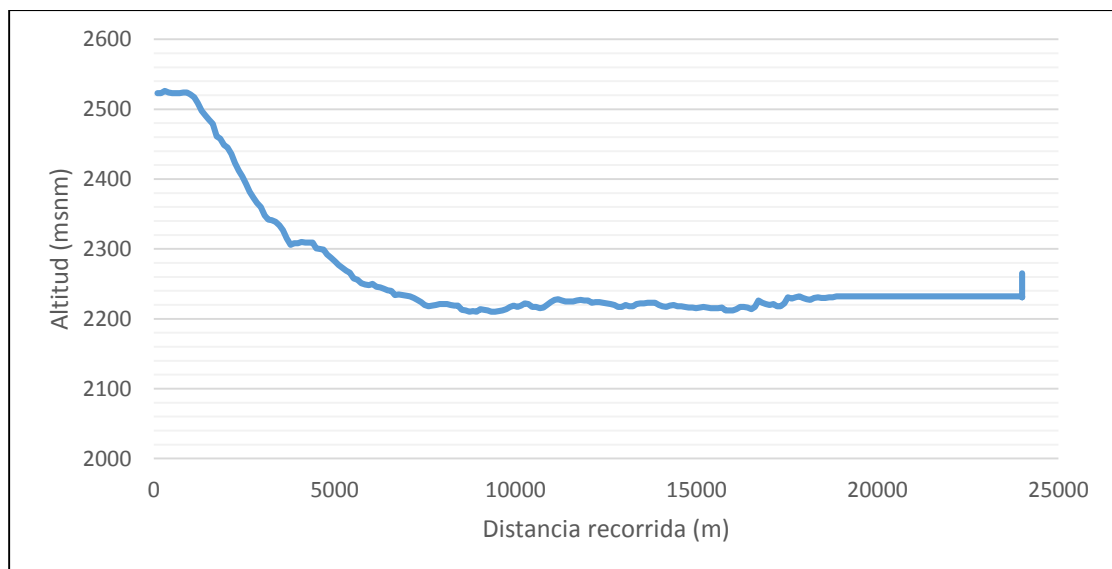
Se llegó a coordinar con las cooperativas de transporte de la ciudad de Ibarra de transporte urbano, la “28 de Septiembre” y “San Miguel de Ibarra”, para poder instalar los dispositivos GPS en las unidades y poder realizar las mediciones, las mismas que se efectúan en los días ordinarios y los fines de semana, estas pruebas se realiza a partir de la mañana y tienden a realizar su proceso hasta culminar la jornada de trabajo en la noche. Todo este proceso se repite para cada ruta ya seleccionada para el proyecto de estimación de emisiones.

La ruta Católica- Alpachaca posee una distancia relevante para ser elegida para el estudio, así como también forma parte de las rutas que realizan el recorrido por los centros de atracción de viaje y alta actividad económica, esta ruta tiende a realizar su recorrido desde el noroeste de la ciudad, pasa por la parte central y se dirige hacia el sureste de la ciudad de Ibarra, en esta ruta la altitud sobre el nivel del mar está comprendida entre 2282 metros como punto de partida, descendiendo a 2186 metros y tiende nuevamente a realizar un ascenso de 2219 metros punto final de la ruta así como se indica en la siguiente figura.



**Figura 3.2** Ruta Católica – Alpachaca

La ruta Esperanza- Hospital del Seguro realiza el recorrido desde la parte sureste de la ciudad, pasa por la parte central y llega hacia el hospital del seguro, esta ruta cumple con el recorrido destinado para realizar el estudio de emisiones generadas por fuentes vehiculares como es el transporte urbano, tiene una altitud desde su punto de partida de 2523 metros, desciende a una altura de 2210 metros y nuevamente tiende ascender a una altura de 2232 metros que es su punto final de partida.



**Figura 3.3** Ruta Esperanza – Hospital del seguro

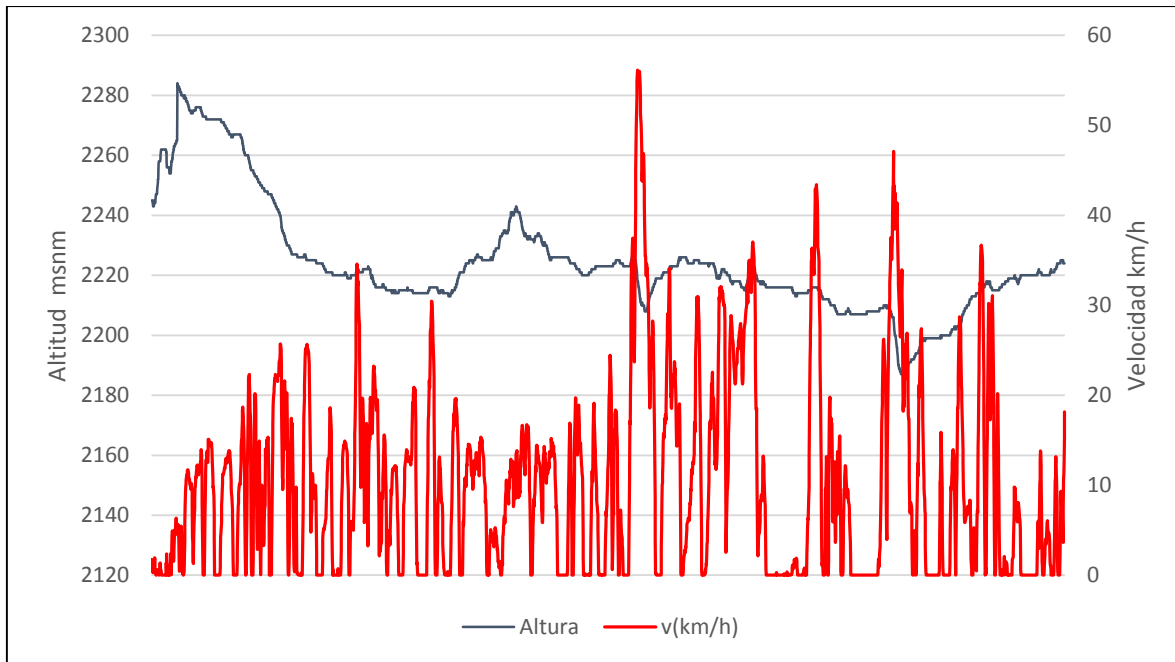
Estas líneas realizan su recorrido por los centros de atracción de viaje y actividad económica que hay en la ciudad de Ibarra así como también en su recorrido hay más unidades educativas, entidades financieras, centro histórico, trayendo consigo mayor afluencia de personas, por lo tanto estas rutas son las más principales para realizar la estimación de emisiones contaminantes producidas por fuentes vehiculares, ya que nuestro estudio se encuentra enfocado en autobuses urbanos que realizan su recorrido en la zona urbana de la ciudad de Ibarra con el fin de estimar estas emisiones.

## **3.2 CICLOS DE CONDUCCIÓN**

El ciclo de conducción trata acerca de la velocidad y elevación en un recorrido en una unidad de tiempo, estos aspectos tienden a variar dependiendo de la pendiente, el tráfico así como también de la aceleración y desaceleración que tiene cada unidad vehicular al momento de realizar su recorrido en la ciudad de Ibarra. Estos procesos son importantes para la obtención de las emisiones contaminantes producto de los gases de escape de un vehículo. A continuación se detallan los ciclos de conducción de las rutas ya seleccionadas para el estudio de estimación de emisiones.

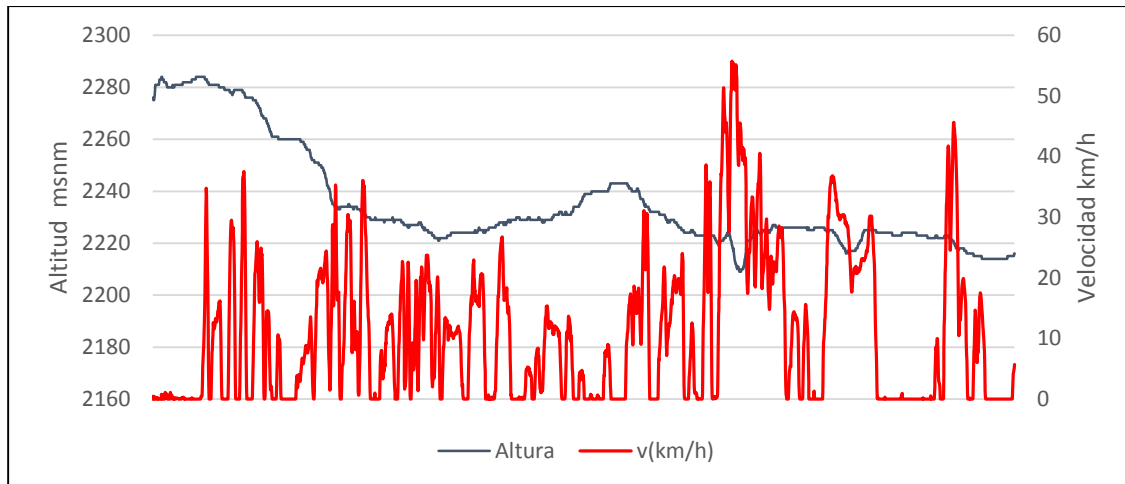
### **3.2.1 CICLOS DE CONDUCCIÓN RUTA CATÓLICA- ALPACHACA**

El ciclo de conducción de esta ruta se encuentra de la siguiente forma, tiene un horario ya establecido por la cooperativa “28 de Septiembre”, se encuentra el vehículo en movimiento durante el recorrido, realiza ciertas pausas en las paradas establecidas en la ciudad de Ibarra así como también depende del tráfico que se encuentre, semáforos y las intersecciones, tiene una altitud sobre nivel de mar que va desde 2243 (msnm), comienza a descender hasta llegar a una altitud de 2224 (msnm), la velocidad varía dependiendo de las condiciones y se tiene una velocidad promedio de 14 km/h, llegando hasta un valor máximo de 55 km/h, el tiempo por cada vuelta que realiza lo hace en 1 hora 30 minutos con un recorrido de 15 km.



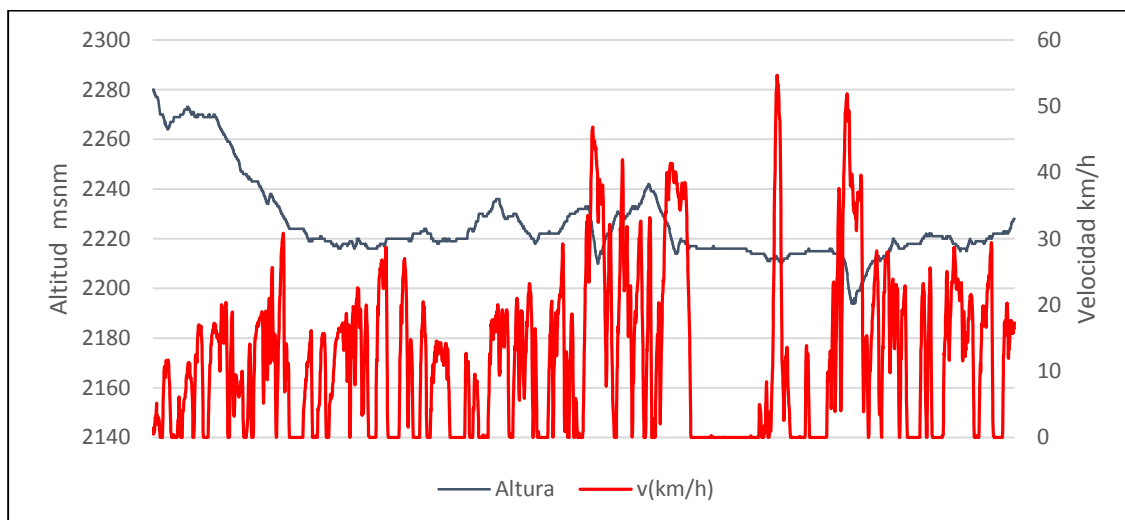
**Figura 3.4** Ciclos de conducción ruta Católica- Alpachaca (Día ordinario)

Por lo tanto para la ruta Católica – Alpachaca, para el día domingo el recorrido que realiza comienza a partir de las 6:00 am hasta culminar a las 18:00pm, para este día, el tráfico vehicular tiende a disminuir con respecto a los días entre semana, realizando pocas pausas en su recorrido, así como también el horario para este día domingo es muy diferente con los demás días, por lo tanto el ciclo de conducción tiene variaciones ya que permanece en ciertas paradas más tiempo detenido, comienza con una elevación de 2243 (msnm), pero tiende a realizar el trabajo y comienza a descender hasta llegar a una altura de 2224 (msnm), la velocidad promedio para este día domingo es de 17,8 km/h llegando hasta una velocidad máxima de 54,4 km/h, este recorrido lo realiza en el tiempo de 1 hora 30 min, tomando en cuenta que el total del recorrido tiene una distancia total de 15 km. En la siguiente grafica se representa el ciclo de conducción para el día domingo.



**Figura 3.5** Ciclos de conducción ruta Católica- Alpachaca (Día domingo)

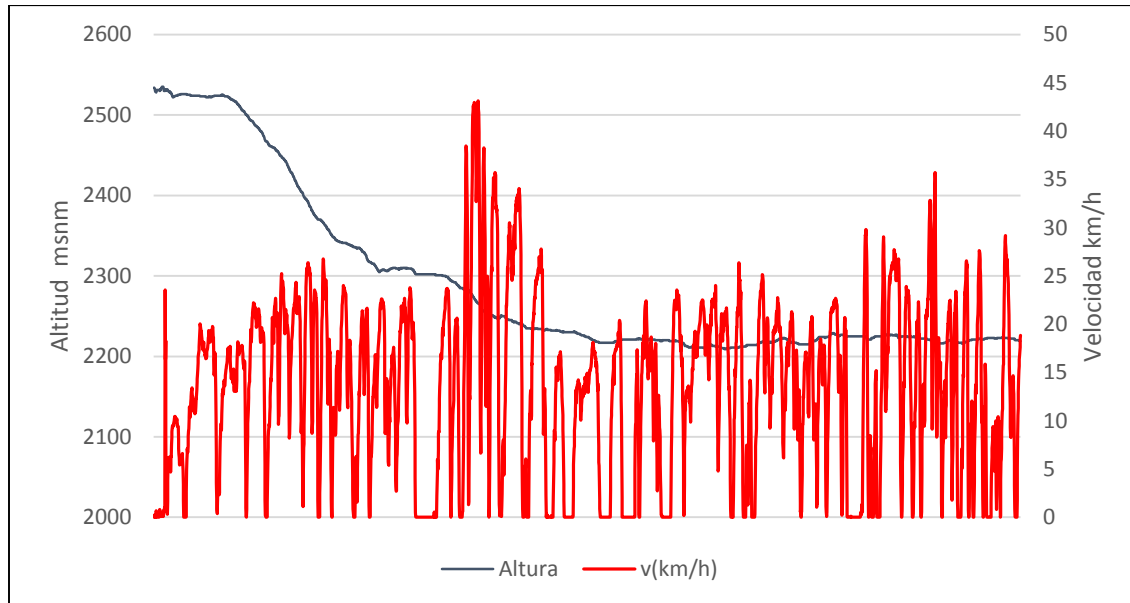
Es cambio para el día sábado en la ruta católica – Alpachaca, el ciclo de conducción es más uniforme porque tiene menos variaciones en el transcurso de su recorrido, dependiendo de que el tráfico vehicular disminuye por motivo de la ausencia de estudiantes en esta ruta, hay también menos pausas en las paradas, pero cumpliendo el horario establecido para este día sábado, se comienza con una altura de 2243 (msnm), hasta llegar a una altura de 2224 (msnm) que es el punto final de su recorrido, cuenta con una velocidad promedio de 17 km/h que se obtiene al realizar el trabajo en este recorrido, llega a una velocidad máxima de 53km/h, el recorrido lo realiza en 1 hora 30 min, con un total de distancia recorrida de 15km. En la siguiente grafica se representa los valores obtenidos para este día sábado.



**Figura 3.6** Ciclos de conducción ruta Católica- Alpachaca (Día sábado)

### 3.2.2 CICLOS DE CONDUCCIÓN RUTA ESPERANZA- HOSPITAL DEL SEGURO

El esta ruta Esperanza – Hosp del seguro para el día ordinario, el ciclo de conducción vehicular se encuentra de la siguiente forma, cuenta con una elevación que va desde 2531 (msnm) como punto de inicio, pero comienza a descender hasta culminar en los 2220 (msnm) como punto de llegada, la velocidad promedio es 16,7 km/h todo esto depende de las paradas que debe realizar en el trayecto de la ruta, al igual depende del tráfico vehicular y de las intersecciones al momento de realizar este tipo de recorrido, tiene una velocidad máxima de 43 km/h, el tiempo de duración en cada vuelta es de 1 hora 50 minutos, y recorre una distancia total de 24km.

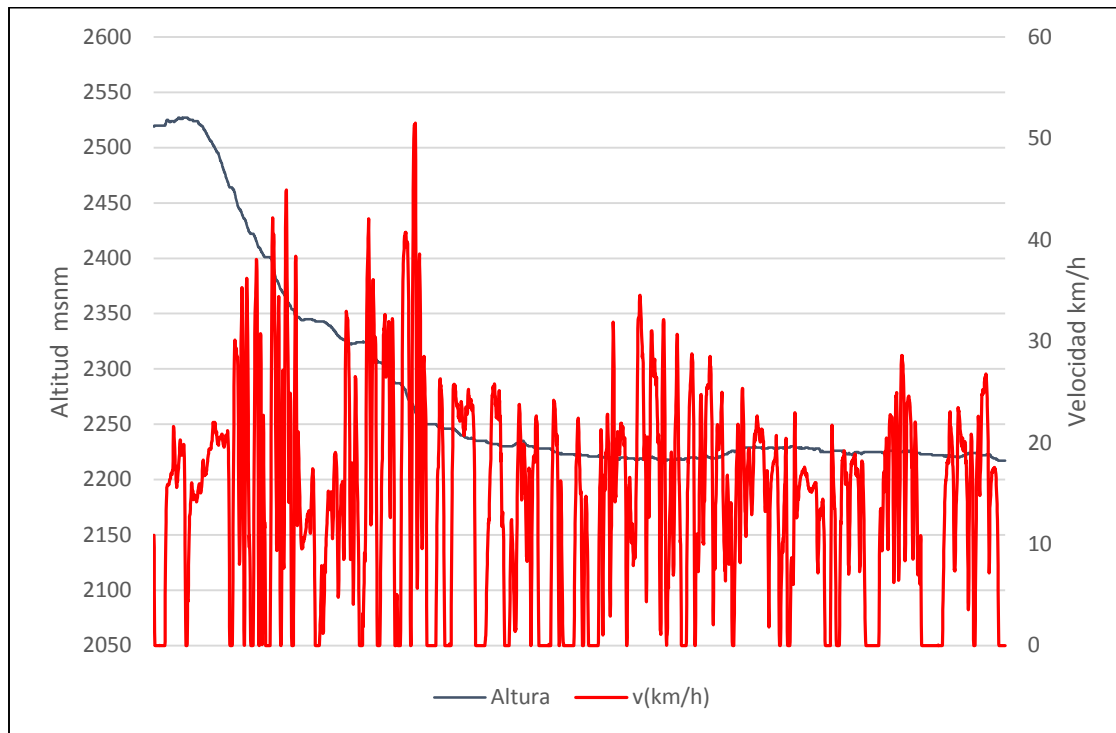


**Figura 3.7** Ciclos de conducción ruta Esperanza- Hosp del seguro (Día ordinario)

Para el día domingo en la ruta Esperanza – Hosp del seguro, el recorrido lo realiza a partir de la 6:00am y termina su recorrido a las 19:00 pm, por lo tanto tiene un ciclo de conducción más uniforme con pocas variaciones debido al tráfico vehicular y a la alza de pasajeros en las paradas establecidas, inicia con una altura de 2531 (msnm) hasta descender a una altura de 2220 (msnm) como punto final del recorrido, llegando con una velocidad promedio de 16,33 km/h para este día domingo, y tiene una velocidad máxima de 50,8 km/h, este recorrido lo realizo en un tiempo de 1 hora 50 min, recorre una distancia total de 24km. En la siguiente

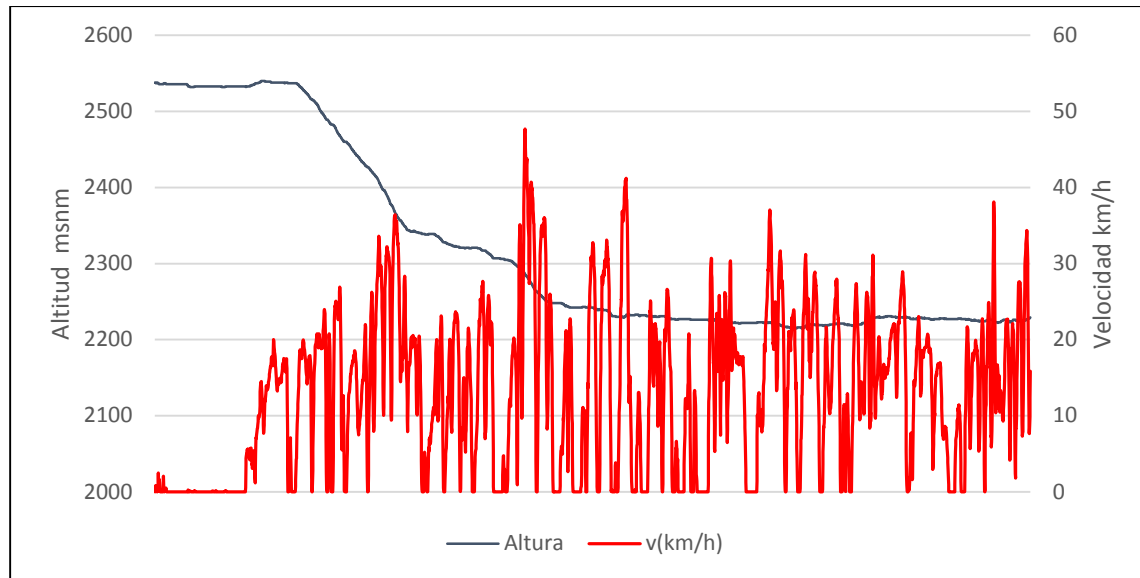


grafica se encuentran representados los valores de velocidad, altura con respecto al tiempo del recorrido.



**Figura 3.8** Ciclos de conducción ruta Esperanza- Hosp del seguro (Día domingo)

El ciclo de conducción para el día sábado para la ruta Esperanza – Hosp del seguro tiene variaciones las cuales son producto de las paradas que realiza la unidad de transporte urbano en dentro de la ciudad de Ibarra, en este circuito el trafico disminuye un poco ya que mucha afluencia de personas por ser un día de descanso en el trabajo y estudio, por lo tanto las vías tienden a estar un poco más libres, así como también las unidades transportan menos personas dando como resultado menos esfuerzo del vehículo y menos emisiones contaminantes, comienza con una altura de 2531 (msnm) hasta llegar a una altitud de 2220 (msnm), cuenta con una velocidad promedio de 16km/h llegando a una velocidad máxima de 47 km/h, este recorrido lo completa en 1hora 50 min, con una distancia total de 24km. En la siguiente grafica se indica el ciclo de conducción que se representa en este día sábado.



**Figura 3.9** Ciclo de conducción ruta Esperanza- Hospital del seguro (Día sábado)

El modelo matemático IVE necesita de una serie de datos de entrada para realizar los cálculos, como son, los bins que tienen la misión de determinar el comportamiento de un vehículo, así como también el modelo IVE necesita de la tecnología vehicular, el tipo de combustible, la temperatura, humedad, altura y la localidad donde se realizó el estudio, finalmente se obtiene los datos de las rutas por medio del dispositivo GPS, las mediciones que realiza este dispositivo lo hace segundo a segundo.

### 3.3 CALCULO DE LOS ESTADOS DE CONDUCCIÓN DE LAS RUTAS SELECCIONADAS

Para el cálculo de los bins se requiere la información obtenida por los GPS, las mismas que se obtuvo a través de las mediciones realizadas en las rutas ya seleccionadas Católica-Alpachaca, y Esperanza-Hospital del seguro, así como también en los horarios ya establecidos, por lo tanto en este caso las mediciones se realizaron en los días ordinarios, sábado y domingo en las horas pico y horas valle.

Los valores que se obtiene son 60 bins, todo esto por cada ruta evaluada mediante el dispositivo GPS, cada valor tiende a indicar la condición del vehículo que puede ser,

aceleración, desaceleración, potencia negativa, así como también los bins indica el estrés que sufre el vehículo, los 60 valores indica lo siguiente, desde bin 0-20 es bajo, del bin 21- 40 es medio y del 41 -60 es alto. Los bins 1-11, 21-31, 41-51 indica que el vehículo desciende una pendiente por lo tanto su potencia será negativa, y el vehículo pasa a ralenti constante. En la siguiente tabla se detallan los bins calculados por cada ruta por horas trabajo en el día, así como también se especifican los bins del 0 al 20 donde obtenemos valores y en los demás bins tenemos un valor de 0 por lo tanto se emiten en la tabla ya que esto se debe a que el vehículo no está trabajando por eso tenemos un valor 0.

**Tabla 3.1** Bins calculados para cada ruta por hora

Cantidad Bins	6:00-7:00	7:00-8:00	9:00-10:00	12:00-13:00	13:00-14:00	15:00-16:00	17:00-18:00	18:00-19:00
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0,03	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0,06	0	0	0,03	0	0
6	0	0,1	0	0,03	0,06	0,06	0	0
7	0	0,35	0,06	0,03	0,26	0,26	0,16	0
8	0,53	0,42	0,38	0,35	1,09	0,77	0,51	0
9	1,06	3,46	3,49	2,18	4,55	4,13	4,26	0
10	3,52	2,79	2,5	2,72	3,46	3,36	3,46	0
11	5,06	68,82	67,89	74,75	69,21	65,3	62,48	100
12	66,36	16,05	19,67	14,48	14,55	17,98	20,09	0
13	15,57	3,52	2,6	2,21	3,24	3,4	3,72	0
14	4,72	3,65	2,92	2,98	2,72	3,94	4,71	0
15	2,8	0,67	0,35	0,22	0,42	0,61	0,35	0
16	0,29	0,1	0,06	0,03	0,22	0,13	0,13	0
17	0,1	0	0	0	0,1	0	0,06	0
18	0	0	0	0	0,03	0	0,03	0
19	0	0	0	0	0	0,03	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

## **3.4 CALCULO DE EMISIONES**

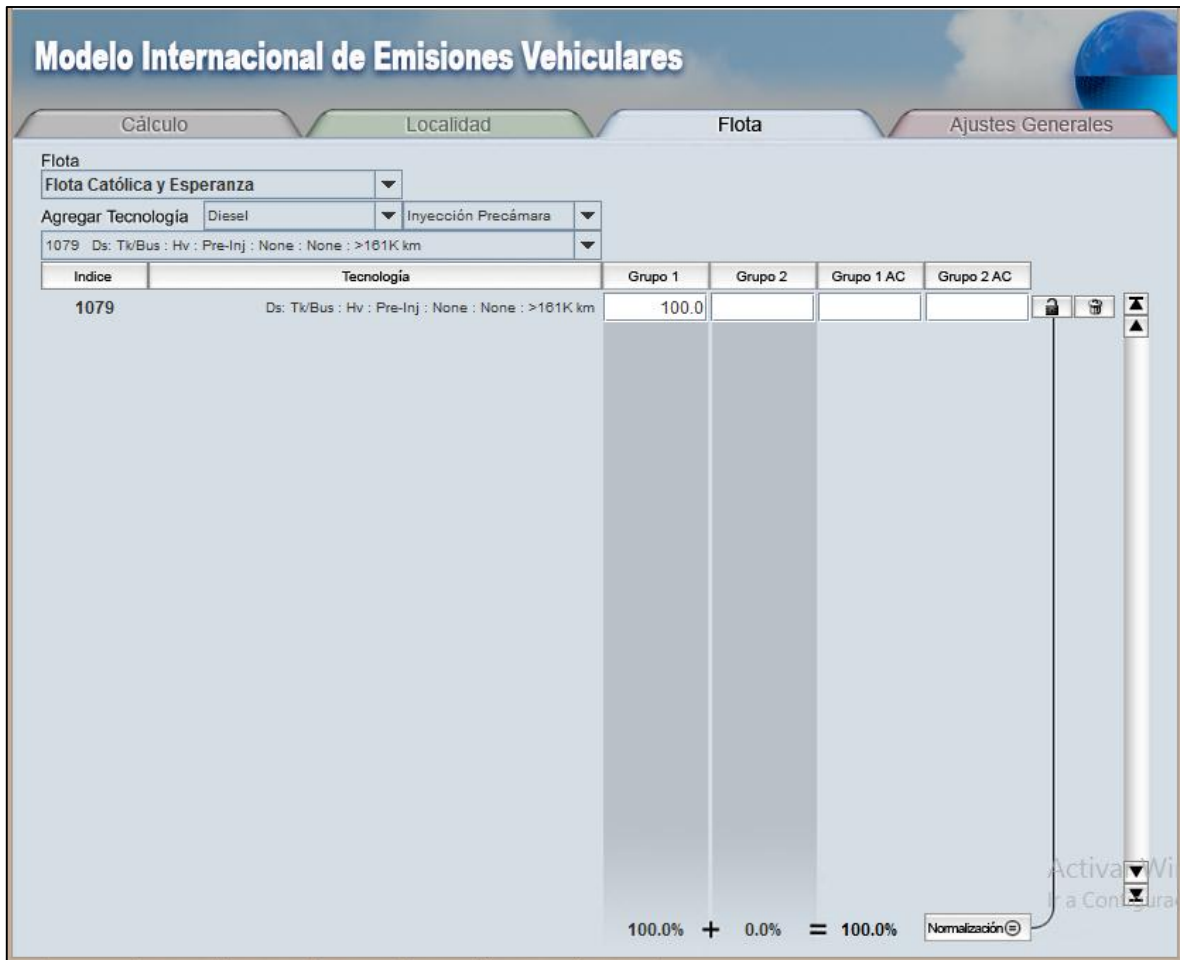
### **3.4.1 SOFTWARE IVE MODEL 2.0.2**

El software dispone de una interface que se encuentra conformada por 4 pestañas, donde se deben ingresar los respectivos datos, si no se dispone de datos específicos el programa realiza los cálculos con datos estándares para la estimación de las emisiones contaminantes y poder obtener resultados acerca de las emisiones producto de fuentes vehiculares.

### **3.4.2 PESTAÑA FLOTA**

Para realizar los cálculos de emisiones contaminantes mediante el modelo IVE (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares), primero se debe crear la flota de autobuses urbanos para las líneas ya establecidas, dando a conocer la correspondiente tecnología vehicular que tiene cada uno de los autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra, por lo tanto se debe tener en cuenta que los autobuses urbanos de las dos cooperativas “28 de Septiembre y San Miguel de Ibarra” tienen incorporado un sistema de inyección pre-cámara, así como también disponen de turbo y una válvula EGR, utilizan diésel con un contenido de azufre de 500 ppm y tienden a recorrer anualmente 50 000 km por lo que sobrepasan el valor de 161 000 km que es un requisito de entrada para crear la flota de autobuses urbanos y poder hacer el cálculo de las emisiones contaminantes a través del modelo IVE.

En la pestaña flota también se puede crear más tecnologías vehiculares dependiendo de las que encuentre en su flota de autobuses para su estudio, ya que para nuestro caso solo tenemos una tecnología vehicular llegando a definir el 100% de la tecnología vehicular, en la siguiente figura se indica los datos que se necesita para poder crear la flota de autobuses urbanos.



**Figura 3.10** Pestaña de flota  
(Autor- Vía IVE MODEL, 2.0.2)

### 3.4.3 PESTAÑA LOCALIDAD

Se crea el archivo de localidad para cada línea establecida para el estudio, ingresamos los datos de la localidad a ser estudiada con sus respectivas características, se debe escoger la flota ya creada anteriormente en este caso la de los autobuses urbanos, ingresar las características del combustible, características climatológicas, la velocidad promedio durante el recorrido, la altitud y pendiente, los Bins (VSP), la distancia que han recorrido y el número de paradas. Estos datos deben ser de una jornada de trabajo completa. Finalmente se obtiene como resultado un total de las emisiones de diferentes contaminantes que generalmente producen los autobuses urbanos, en la siguiente figura se detalla el proceso de esta pestaña.

**Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares**

Cálculo      **Localidad**      Flota      Ajustes Generales

Localidad: **Católica-Alpachaca (Ordinarios)**      Flota: **Flota Católica y Esperanza**      Ajustes Generales: **- ninguno -**

Día: **04** Mes: **Diciembre** Año: **2017**      Día de la Semana: **Lunes**      Altitud: **2200.0** metros      Tipo de I/M: **ninguno**

Aire Acondicionado a 27°C      Pendiente Terreno: **1** %

Características Combustible

Gasolina Clases: **moderada/premez...**      Azufre (S): **moderado (300ppm)**      Plomo (Pb): **ninguno**      Benzeno: **moderado (1.50%)**      Oxigenados: **0%**

Diesel Clases: **moderado**      Azufre (S): **moderado (500ppm)**

Hora: **6:00**       Use esta Hora

Características de Conducción      Humedad: **60.0** %      Distancia/Tiempo: **1** kilómetros      Partidas: **1.0**

Bins VSP     Bins Soak

Grupo 1										Grupo 2									
Bin VSP 0	Bin VSP 1	Bin VSP 2	Bin VSP 3	Bin VSP 4	Bin VSP 5	Bin VSP 6	Bin VSP 7	Bin VSP 8	Bin VSP 9	Bin VSP 10	Bin VSP 11	Bin VSP 12	Bin VSP 13	Bin VSP 14	Bin VSP 15	Bin VSP 16	Bin VSP 17	Bin VSP 18	Bin VSP 19
								0.53	1.06	3.52									
	5.06	66.36	15.5	4.7	2.8	0.29	0.18												

Velocidad Promedio: **23.9** km/hr

Total: **100.0** %      Distribución Potencia Específica Vehicular

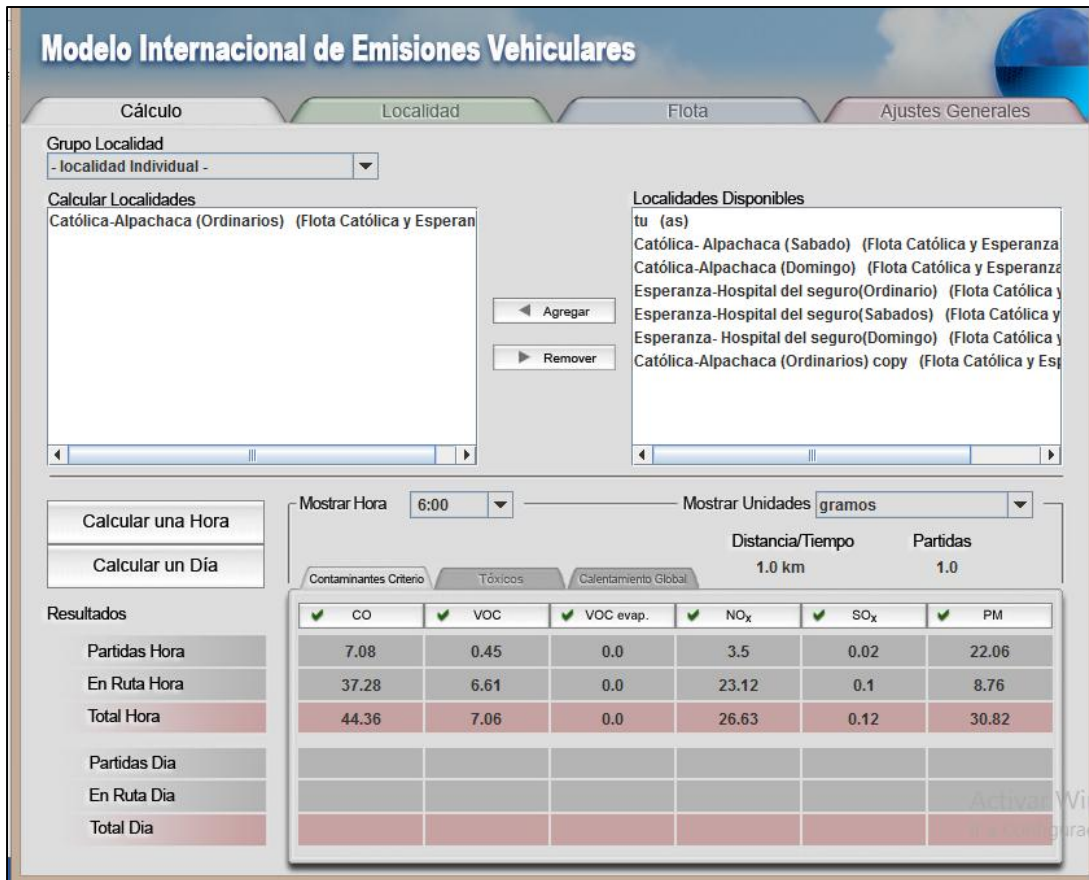
15 min	30 min	1 hora	2 horas	3 horas	4 horas	6 horas	8 horas	12 horas	18 horas
10.0								90.0	

Total: **100.0** %      Distribución Tiempo Soak

**Figura 3.11** Pestaña de localidad  
(Autor- Vía IVE MODEL, 2.0.2)

### 3.4.4 PESTAÑA CÁLCULO

En esta pestaña escogemos la localidad que vamos a realizar el cálculo, ingresamos la hora o totales diarios si deseamos conocer intervalos de emisiones y procedemos a verificar los datos que el programa nos estima, dándonos a conocer las diferentes emisiones emitidas a la atmosfera, tales como; CO, VOC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, PM, estos son contaminantes a criterio, mientras en contaminantes tóxicos tenemos; Butano, acetaldehídos, formaldehídos, NH<sub>3</sub>, y Benceno y en por ultimo tenemos contaminantes globales; CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, y CH<sub>4</sub>, todo esto para cada una de las rutas ya establecidas dentro de la ciudad de Ibarra, en la siguiente figura se detallan los siguientes compuestos.



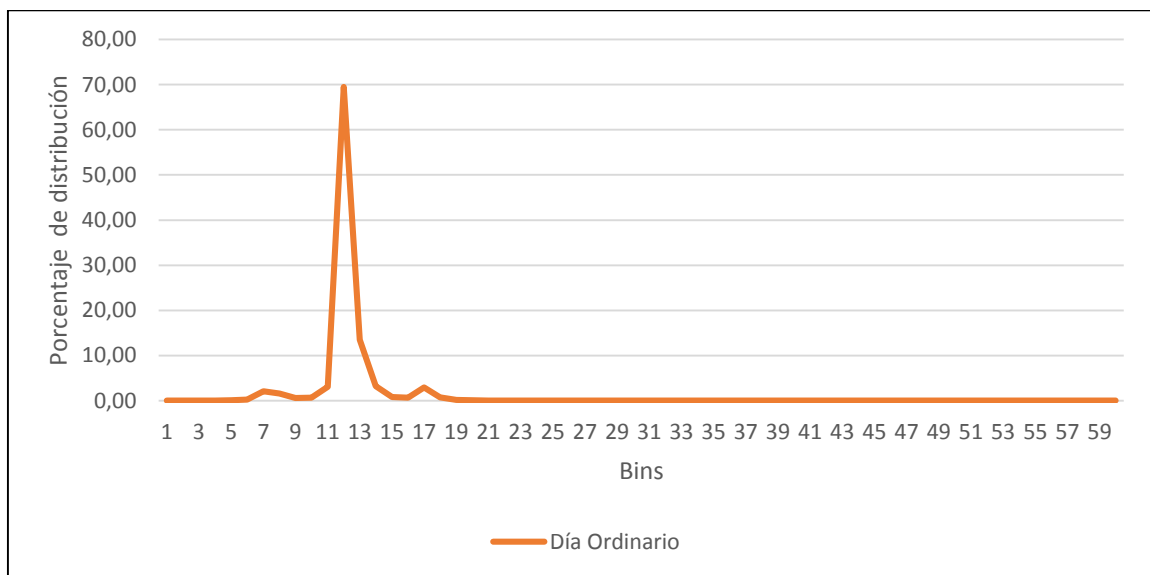
**Figura 3.12** Pestaña cálculo  
(Autor- Vía IVE MODEL, 2.0.2)

### 3.5 COMPORTAMIENTO DE LOS BINS

Los Bins tienen la misión de informar el estrés en que se encuentra un vehículo en un recorrido, y son distribuidos en 60 bins por el modelo IVE, los mismos que significan, del bin 0-20 es bajo, del 21-40 es medio, y del 41 -60 es alto, mientras que los Bins de potencia se encuentran de la siguiente manera, del 1- 11, del 21-31 y del 41-51, representan potencia negativa que puede ser cuando el vehículo desacelera o desciende una pendiente. Los Bins 12,32, 52 representan que el vehículo tiene ciertas pausas que pueden ser por paradas, semáforos, intersecciones, tráfico vehicular, así como también por alza de pasajeros.

### 3.5.1 COMPORTAMIENTO DEL BINS RUTA CATÓLICA- ALPACHACA

Se realiza un análisis del comportamiento del bins de la ruta Católica-Alpachaca, los días efectuados para las pruebas tales como, los días ordinarios, domingo y sábado, dando a conocer el comportamiento de la flota vehicular evaluada, la misma que se encuentra en forma homogénea, ya que el comportamiento vehicular se encuentra desde el Bin 10 hasta el 15, pero hay mayor incidencia en los bins 11, 12 y 13, el que mayor porcentaje tiene es el bin 12 que tiene un 69,53 %, el 11 tiene 3,09%, el 13 tiene 13,46%, el 14 tiene 3,23% y por último el 15 tiene 0,78%, lo que quiere decir que en estos tres bins con mayor porcentaje se encuentra el vehículo desacelerando o bajando por una pendiente, por lo tanto se da una semejanza de la flota de autobuses urbanos, así como también el comportamiento se refleja por las paradas que deben realizar por motivo de alza de pasajeros, semáforos, intersecciones, tráfico vehicular y esto da como resultado una potencia negativa y tiende a alterar el comportamiento de los bins. En el siguiente gráfico se representan los 60 bins de la ruta.

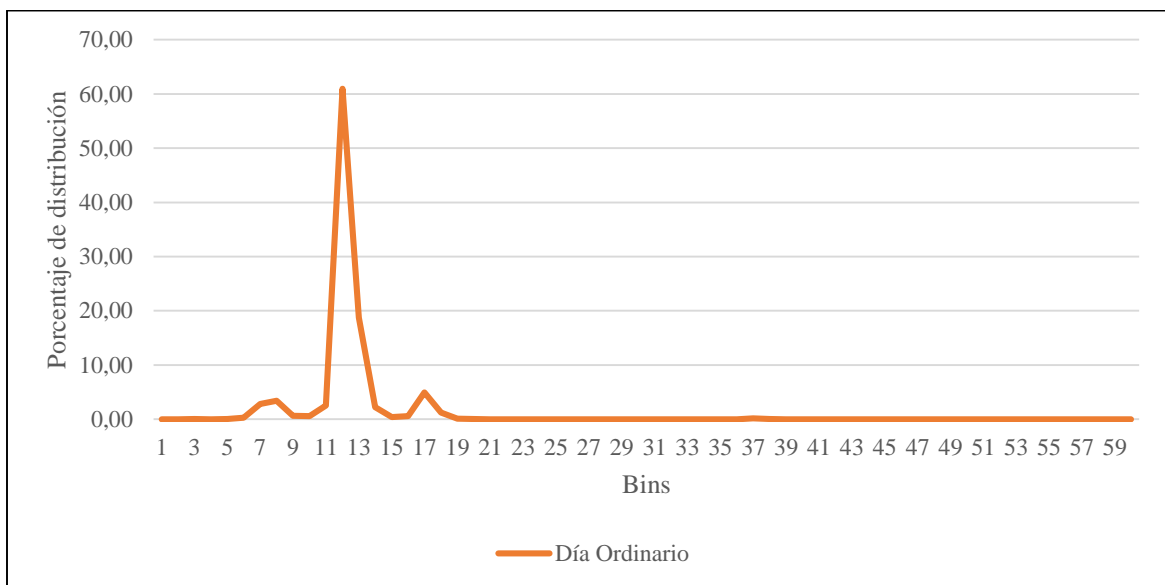


**Figura 3.13** Comportamiento de bins en ruta Católica - Alpachaca



### 3.5.2 COMPORTAMIENTO DEL BINS RUTA ESPERANZA-HOSPITAL DEL SEGURO

El comportamiento de los bins en esta ruta se encuentra efectuado en los siguientes bins 11, 12, 13, 14,15, pero con mayor incidencia está el bins 12 que posee 60,98%, y el bins 13 que posee 18,78%, lo que quiere decir que en estos puntos el vehículo desacelera dando como resultado una potencia negativa, trayendo como consecuencia poca potencia vehicular en los tres recorridos efectuados en los días domingo, sábado y días ordinarios, la ruta es igual para los tres recorridos, este comportamiento se refleja debido a las paradas que debe realizar la flota vehicular por motivo de alza de pasajeros, tráfico vehicular, semáforos y otros. El comportamiento de los bins se representa en el siguiente gráfico.



**Figura 3.14** Comportamiento de bins en ruta Esperanza – Hosp del seguro

El trayecto es igual para los tres días de pruebas, por lo tanto en la figura se determina que el comportamiento vehicular se centraliza en los bins 11-15, teniendo una velocidad baja debido a las paradas que debe realizar en el recorrido ya que consta con horarios y paradas ya definidas por las cooperativas de transporte urbano de la ciudad de Ibarra, así como también depende del tiempo que se demora en las paradas que debe realizar en el transcurso de su recorrido.

### 3.6 EMISIONES DE LAS RUTAS EVALUADAS

#### 3.6.1 RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (DÍA ORDINARIO)

Para obtener una base de datos de emisiones contaminantes producto de las fuentes vehiculares que circulan en la ciudad de Ibarra, se realizó un inventario de emisiones por cada una de las rutas establecidas para el estudio, con el fin de obtener valores de contaminantes a criterio y contaminantes globales que se obtuvieron de las mediciones realizadas en la flota vehicular urbana de la ciudad de Ibarra en el mes de Noviembre y Diciembre del 2017 en los días ordinarios, sábado y domingo, en un horario establecido de mayor y menor tráfico vehicular, llegando a definir para cada día medido las horas pico y las horas valle.

Aplicando las fórmulas que tenemos en el modelo IVE para el cálculo de los bins podemos obtener valores de las emisiones de la ruta, llegando a obtener datos en g/km de contaminantes a criterio y globales, así como se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 3.2** Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día ordinario

<b>CATÓLICA- ALPACHACA (DÍA ORDINARIO HORAS PICO)</b>									
Hora 6:00 - 7:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	476,99	0,01	0
En ruta hora	36	6,61	0	62,9	0,09	8,46	1608,99	0,01	0
Total hora	43,08	7,06	0	65,95	0,11	30,52	2085,98	0,02	0
Hora 7:00 - 8:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,9	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	36,48	6,46	0	22,9	0,1	8,58	939,88	0,01	0
Total hora	43,56	6,9	0	26,8	0,11	30,63	1117,42	0,02	0
Hora 12:00 - 13:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	30,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	33,85	6,12	0	21,06	0,09	7,96	860,53	0,01	0
Total hora	44,6	6,8	0	30,81	0,12	38,46	1119,52	0,02	0

**Tabla 3.2** Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día ordinario  
(Continuación...)

Hora 13:00 - 14:00pm									
Contaminantes criterio					Contaminantes globales				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	43,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	38,53	7,16	0	24,07	0,1	9,06	958,64	0,01	0
Total hora	49,29	7,84	0	33,82	0,13	52,56	1217,63	0,02	0
Hora 17:00 - 18:00pm									
Contaminantes criterio					Contaminantes globales				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	11,8	1,13	0	16,25	0,05	45,84	431,65	0,03	0
En ruta hora	37,02	6,9	0	23,15	0,09	8,7	918,47	0,01	0
Total hora	48,82	8,03	0	39,39	0,14	54,54	1350,12	0,03	0
Hora 18:00 - 19:00pm									
Contaminantes criterio					Contaminantes globales				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	17,22	2,83	0	21,19	0,12	46,49	1126,04	0,07	0
En ruta hora	40,23	7,82	0	26,86	0,11	10,16	1099,54	0,01	0
Total hora	57,45	10,65	0	48,05	0,23	56,65	2225,58	0,08	0
CATÓLICA- ALPACHACA (DÍA ORDINARIO HORAS VALLE)									
Hora 9:00 - 10:00am									
Contaminantes criterio					Contaminantes globales				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	35,01	6,11	0	23,16	0,09	8,72	915,58	0,01	0
Total hora	42,09	6,56	0	26,66	0,11	30,78	1093,12	0,02	0
Hora 15:00 - 16:00pm									
Contaminantes criterio					Contaminantes globales				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	11,24	0,51	0	13	0,04	28,67	345,32	0,02	0
En ruta hora	36,14	6,7	0	28,85	0,12	10,85	1134,2	0,01	0
Total hora	47,38	7,21	0	41,84	0,15	39,52	1479,52	0,03	0

Estos datos se obtiene después de llegar a definir las rutas y así como también la flota vehicular para poder obtener los bins de potencia y la distribución del soak con el fin de conseguir los valores de las emisiones que son generadas por fuentes vehiculares dentro de la ciudad de Ibarra, de igual manera se llevó acabo las mediciones para obtener los valores en las horas valle donde se define que el tráfico vehicular es menor con respecto a las horas

pico, por lo tanto se llega a realizar las mediciones en las horas de la mañana como es de 9:00- 10:00 am y en la tarde 15:00 -16:00 pm con el propósito de determinar las emisiones en estos horarios ya establecidos, llegando a obtener valores de contaminantes a criterio y contaminantes globales en g/km.

### 3.6.2 RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (DÍA SÁBADO)

Se calculó los VSP y stress del motor en la ruta Católica-Alpachaca, llegando a obtener valores segundo a segundo los mismos que se obtuvo por la mediciones realizadas con el dispositivo GPS, así mismo se llegó a calcular los bins potencia los mismos que se ingresen en el modelo IVE para poder realizar el cálculo, la distribución del soak se realiza dependiendo de las veces que estuvo apagado el vehículo y en el transcurso del recorrido cuantas veces se apagó el motor con el fin de distribuir el 100% en el tiempo que estuvo apagado para así llegar a este porcentaje y poder realizar el cálculo con el fin de obtener las emisiones emitidas en este día sábado. En la siguiente tabla se detallan los contaminantes a criterio y contaminantes globales en g/km que se obtuvieron en las mediciones realizadas en las horas pico y valle, en tres horarios establecidos como es en la mañana, medio día y en la tarde donde el tráfico vehicular aumenta.

**Tabla 3.3** Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día sábado

<b>CATÓLICA- ALPACHACA (DÍA SÁBADO HORAS PICO)</b>									
Hora 6:00 - 7:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	25,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	30,91	7,93	0	22,54	0,21	9,02	944,88	0,02	0
Total hora	37,99	8,38	0	26,04	0,23	34,08	1122,42	0,03	0
Hora 7:00 - 8:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,03	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	20,99	6,31	0	21,92	0,23	8,56	984,92	0,02	0
Total hora	28,02	6,76	0	25,42	0,25	30,62	1162,46	0,03	0
Hora 12:00 - 13:00pm									

**Tabla 3.3** Emisiones obtenidas ruta Católica - Alpachaca día sábado (Continuación...)

Contaminantes criterio						Contaminantes globales			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	27,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	32,12	6,41	0	26,05	0,21	9,68	990,34	0,02	0
Total hora	42,87	7,09	0	35,8	0,24	37,18	1249,33	0,03	0
Hora 13:00 - 14:00pm									
Contaminantes criterio						Contaminantes globales			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	33,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	32,78	6,92	0	26,58	0,3	27,69	934,48	0,02	0
Total hora	43,53	7,6	0	36,33	0,33	61,19	1193,47	0,04	0
Hora 17:00 - 18:00pm									
Contaminantes criterio						Contaminantes globales			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	11,92	1,13	0	16,25	0,05	25,84	431,65	0,03	0
En ruta hora	34,13	5,44	0	36,24	0,19	17,43	1292,23	0,02	0
Total hora	46,05	6,57	0	52,49	0,24	43,27	1723,88	0,04	0
Hora 18:00 - 19:00pm									
Contaminantes criterio						Contaminantes globales			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	18,5	1,36	0	19,49	0,05	28,32	517,98	0,03	0
En ruta hora	28,35	6,04	0	33,82	0,38	16,35	1125,88	0,03	0
Total hora	46,85	7,4	0	53,31	0,43	44,67	1643,86	0,06	0
<b>CATÓLICA- ALPACHACA (DÍA SÁBADO HORAS VALLE)</b>									
Hora 9:00 - 10:00am									
Contaminantes criterio						Contaminantes globales			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	15,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	27,03	6,32	0	22,66	0,33	19,8	916,26	0,03	0
Total hora	34,11	6,77	0	26,16	0,35	34,86	1093,8	0,04	0
Hora 15:00 - 16:00pm									
Contaminantes criterio						Contaminantes globales			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	11,34	0,91	0	3,5	0,04	17,67	345,32	0,02	0
En ruta hora	30,15	5,4	0	21,78	0,28	20,89	1050,87	0,02	0
Total hora	41,49	6,31	0	25,28	0,32	38,56	1396,19	0,04	0

Al igual que en el horario de las horas pico se realiza el mismo cálculo para las horas valle, para determinar las emisiones, en el modelo IVE tenemos la ventana de localidad en donde

podemos ingresar los bins de potencia de las horas calculadas y así mismo la distribución del soak de la ruta ya establecida, con el fin de obtener las emisiones que son generadas de los autobuses urbanos que realizan el recorrido en la ciudad de Ibarra, para llegar a determinar que contaminantes son emitidos y propagados al medio ambiente, en los horarios dispuestos de las horas valle como son en la mañana 9:00- 10:00 y en la tarde 15:00- 16:00 para definir los valores de los contaminantes a criterio y globales, los cuales se encuentran en g/km.

### 3.6.3 RUTA CATÓLICA-ALPACHACA (DÍA DOMINGO)

El modelo IVE (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares) realiza el cálculo de las emisiones contaminantes, pero para ello debemos contar con los datos de los bins de potencia y así mismo de la distribución del soak que son importantes para realizar el procedimiento de las horas establecidas para la obtención de los datos que fueron conseguidos por el GPS, seguidamente ya en las ventanas que tiene el modelo IVE ingresamos los datos para así poder obtener los datos de las emisiones por horas, para este caso se ha realizado por horas de mayor tráfico vehicular considerándolas las horas pico que se encuentran en la mañana, a medio día y en la tarde, determinando así los contaminantes a criterio y globales de estas horas ya establecidas para el estudio. En la siguiente tabla se indica los datos obtenidos en los diferentes horarios.

**Tabla 3.4** Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día domingo

<b>CATÓLICA- ALPACHACA (DÍA DOMINGO HORAS PICO)</b>									
Hora 6:00 - 7:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>						<b>Contaminantes globales</b>			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	32,66	6,22	0	22,62	0,26	17,7	938,24	0,02	0
Total hora	39,74	6,67	0	26,12	0,28	39,76	1115,78	0,03	0
Hora 7:00 - 8:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>						<b>Contaminantes globales</b>			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>

**Tabla 3.4** Emisiones obtenidas ruta Católica- Alpachaca día domingo (**Continuación...**)

Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	28,88	7,14	0	21,39	0,19	17,13	948,47	0,01	0
Total hora	35,96	7,59	0	24,89	0,21	39,19	1126,01	0,03	0
Hora 12:00 - 13:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	9,75	0,68	0	9,75	0,03	25,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	22,19	6,08	0	25,46	0,33	15,33	924,66	0,03	0
Total hora	31,94	6,76	0	35,21	0,36	40,83	1183,65	0,04	0
Hora 13:00 - 14:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	20,12	258,99	0,02	0
En ruta hora	28,26	6,18	0	24,54	0,21	16,34	938,53	0,02	0
Total hora	39,01	6,86	0	34,29	0,24	36,46	1197,52	0,03	0
Hora 17:00 - 18:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	15,92	1,13	0	16,25	0,05	29,84	431,65	0,03	0
En ruta hora	36,46	5,29	0	37,51	0,2	17,98	1021,77	0,02	0
Total hora	52,38	6,42	0	53,76	0,25	47,82	1453,42	0,04	0
<b>CATÓLICA- ALPACHACA (DÍA DOMINGO HORAS VALLE)</b>									
Hora 9:00 - 10:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	15,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	20,63	5,1	0	17,35	0,2	20,25	534,08	0,02	0
Total hora	27,71	5,55	0	20,85	0,22	35,31	711,62	0,03	0
Hora 15:00 - 16:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	14,34	0,91	0	13	0,04	20,23	345,32	0,02	0
En ruta hora	28,04	5,03	0	25,22	0,2	17,01	1072,07	0,02	0
Total hora	42,38	5,94	0	38,22	0,24	37,24	1417,39	0,04	0

En la horas valle de los horarios de la mañana 9:00 – 10:00 am y en la tarde 15:00 pm se obtienen las emisiones de estos horarios para determinar las emisiones contaminantes en menor tráfico vehicular en la ruta establecida, llegando a definir que las emisiones en el horario de la mañana son menores con respecto a las emisiones del horario de la tarde, por lo

que se describe que el tráfico vehicular es mayor en la tarde y así mismo se da el aumento de las emisiones contaminantes del día domingo.

### 3.6.4 RUTA ESPERANZA-HOSPITAL DEL SEGURO (DÍA ORDINARIO)

Para realizar los cálculos de los contaminantes a criterio y contaminantes globales demos obtener los datos de los bins de potencia y el stress del motor para las horas ya establecidas para el estudio, por lo tanto en la ventana de localidad debemos ingresar los datos por hora que necesitamos saber las emisiones así como también la distribución del soak ya que este es muy diferente para cada hora, con el fin de sumar el 100% , de igual manera se ingresa los valores de los bins los cuales son 60 datos que deben sumar el 100%, juntamente en esta ventana se debe ingresar los datos de velocidad promedio, pendiente, partidas, temperatura, humedad y así mismo las características del combustible con el fin de realizar el cálculo para llegar a estimar las emisiones que se producen en esa hora. En la siguiente tabla se indica los resultados de los cálculos en el IVE para las horas pico y horas valle.

**Tabla 3.5** Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día ordinario

<b>ESPERANZA- HOSP DEL SEGURO(DÍA ORDINARIO HORAS PICO)</b>									
Hora 6:00 - 7:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	31,13	7,89	0	37,99	0,16	14,37	1590,99	0,01	0
Total hora	38,21	8,34	0	41,5	0,18	36,43	1768,52	0,02	0
Hora 7:00 - 8:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	30,24	5,9	0	37,43	0,25	21,92	2446,48	0,02	0
Total hora	37,32	6,35	0	40,93	0,27	43,98	2624,02	0,03	0
Hora 12:00 - 13:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>



**Tabla 3.5** Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día ordinario  
(Continuación...)

Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	33,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	28,19	7,46	0	32,79	0,18	16,08	1771,12	0,01	0
Total hora	38,94	8,14	0	42,54	0,21	49,58	2030,11	0,03	0
Hora 13:00 - 14:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	30,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	25,12	9,92	0	30,31	0,18	15,45	1757,04	0,01	0
Total hora	35,87	10,6	0	40,06	0,21	45,95	2016,03	0,03	0
Hora 17:00 - 18:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	17,92	0,98	0	16,25	0,05	28,84	431,65	0,03	0
En ruta hora	32,93	7,41	0	26,52	0,12	10,09	1128,96	0,01	0
Total hora	60,85	8,39	0	42,76	0,16	38,93	1560,61	0,04	0
Hora 18:00 - 19:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	21,5	0,98	0	19,49	0,05	30	517,98	0,03	0
En ruta hora	39,23	8,1	0	31,77	0,25	15,41	2480,68	0,02	0
Total hora	60,73	9,08	0	51,26	0,31	45,41	2998,66	0,05	0
<b>ESPERANZA- HOSP DEL SEGURO(DÍA ORDINARIO HORAS VALLE)</b>									
Hora 9:00 - 10:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	32,54	5,35	0	28,72	0,3	26,27	2092,83	0,02	0
Total hora	39,62	5,8	0	32,22	0,31	48,33	2270,37	0,03	0
Hora 15:00 - 16:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	8,34	0,91	0	13	0,04	14,67	345,32	0,02	0
En ruta hora	26,71	6,92	0	28,76	0,13	10,98	1237,39	0,01	0
Total hora	35,05	7,83	0	41,76	0,16	25,65	1582,71	0,03	0

Por lo tanto las horas valle de un día entre semana se encuentran en la mañana 9:00 -10:00 am y en la tarde 15:00- 16:00pm, con el fin de determinar las emisiones que se producen en diferentes horarios ya que puede existir variación de una hora hacia otra llegando a definir

que en esta ruta, el horario con mayor número de emisiones se lo obtiene en la mañana debido a que en este horario muchas personas ingresan a instituciones o realizan compras trayendo como consecuencia mayor tráfico vehicular y afluencia de personas para transportar de un lugar a otro dando como consecuencia mayor número de emisiones producidas en esta ruta.

### 3.6.5 RUTA ESPERANZA-HOSPITAL DEL SEGURO (DÍA SÁBADO)

Realizando los cálculos para la obtención de las emisiones contaminantes generadas en los horarios establecidos como es en la mañana, a medio día y en la tarde para el día sábado son las de mayor tráfico vehicular así como también mayor afluencia de personas en este tipo de horario se ha llegado a determinar que cada hora es muy diferente por lo que las emisiones aumentan o disminuyen con respecto a las demás horas, así como también se debe indicar que cada contaminante tiende a variar dependiendo el horario en el que se encuentre como también a otros factores que hace que aumente o disminuya las emisiones en los contaminantes a criterio o contaminantes globales. En la siguiente tabla se indica los contaminantes por cada hora estudiada.

**Tabla 3.6** Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día sábado

<b>ESPERANZA- HOSP DEL SEGURO (DÍA SÁBADO HORAS PICO)</b>									
Hora 6:00 - 7:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	32,11	6,34	0	30,3	0,17	15,55	1615,73	0,01	0
Total hora	39,19	6,79	0	33,8	0,18	37,61	1793,27	0,02	0
Hora 7:00 - 8:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	31,22	6,12	0	32,76	0,18	16,86	1799,2	0,01	0
Total hora	38,3	6,57	0	36,26	0,2	38,92	1976,73	0,03	0
Hora 12:00 - 13:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				

**Tabla 3.6** Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día sábado  
(Continuación...)

Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	22,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	39,27	6,3	0	35,22	0,21	15,75	2060,41	0,02	0
Total hora	50,02	6,98	0	44,97	0,24	38,25	2319,4	0,03	0
Hora 13:00 - 14:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	22,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	36,52	6,29	0	32,69	0,15	13,29	1420,64	0,01	0
Total hora	47,27	6,97	0	42,44	0,17	35,79	1679,63	0,03	0
Hora 17:00 - 18:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	17,92	0,68	0	16,25	0,05	22,84	431,65	0,03	0
En ruta hora	22,54	6,01	0	23,19	0,21	17,4	1024,97	0,02	0
Total hora	40,46	6,69	0	39,44	0,25	40,24	1456,62	0,04	0
Hora 18:00 - 19:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	17,5	0,68	0	19,49	0,05	27	517,98	0,03	0
En ruta hora	20,87	7,32	0	27,24	0,24	18,7	2051,55	0,02	0
Total hora	38,37	8	0	46,73	0,29	45,7	2569,53	0,05	0
<b>ESPERANZA- HOSP DEL SEGURO (DÍA SÁBADO HORAS VALLE)</b>									
Hora 9:00 - 10:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	19,25	5,01	0	30,82	0,16	14,54	1564,53	0,01	0
Total hora	26,33	5,46	0	34,32	0,18	36,6	1742,07	0,02	0
Hora 15:00 - 16:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	14,34	0,71	0	11	0,04	22,67	345,32	0,02	0
En ruta hora	30,12	6,23	0	21,05	0,16	12,29	1615,22	0,01	0
Total hora	44,46	6,94	0	32,05	0,2	34,96	1960,54	0,03	0

Por lo tanto las emisiones calculadas para las horas valle que van desde 9:00-10:00 am en la mañana y en la tarde desde 15:00-16:00pm, se llega a determinar que el mayor número de

emisiones tiende a darse en el horario de la mañana por tener mayor tráfico vehicular que puede afectar con un aumento de las emisiones contaminantes generadas por fuentes vehiculares que circulan en la ciudad de Ibarra. Este programa tiende a dar resultados de los contaminantes a criterio y contaminantes globales en diferente porcentaje en g/km.

### 3.6.6 RUTA ESPERANZA-HOSPITAL DEL SEGURO (DÍA DOMINGO)

Al igual que los demás días, los cálculos fueron efectuados en el modelo IVE calculando primero los bins de las horas ya establecidas para el estudio para luego ser inscritas en la pestaña de localidad del modelo y así mismo la distribución del soak en cada hora para determinar las emisiones que son producidas en estos horarios picos del día domingo y llegar a determinar que horario es el más transcurrido y con mayor número de emisiones. De esta forma se llega a definir los contaminantes a criterio y los contaminantes globales que tiene cada hora en la que se realizó el cálculo para el día ya establecido. En la siguiente tabla se indica la información de los datos de los contaminantes.

**Tabla 3.7** Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día domingo

<b>ESPERANZA- HOSP DEL SEGURO (DÍA DOMINGO HORAS PICO)</b>									
Hora 6:00 - 7:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>						<b>Contaminantes globales</b>			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	22,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	32,22	6,72	0	31,76	0,15	13,3	929,26	0,01	0
Total hora	39,3	7,17	0	39,26	0,16	35,36	1106,8	0,02	0
Hora 7:00 - 8:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>						<b>Contaminantes globales</b>			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,45	0	3,5	0,02	21,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	30,24	6,22	0	29,24	0,2	14,09	926,76	0,02	0
Total hora	37,32	6,67	0	32,74	0,22	35,15	1104,3	0,03	0
Hora 12:00 - 13:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>						<b>Contaminantes globales</b>			
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	11,75	0,68	0	9,75	0,03	22,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	25,29	6,24	0	33,75	0,25	13,76	982,31	0,02	0

**Tabla 3.7** Emisiones obtenidas ruta Esperanza-Hospital del seguro día domingo  
(Continuación...)

Total hora	37,04	6,92	0	43,5	0,28	36,26	1241,3	0,04	0
Hora 13:00 - 14:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	10,75	0,68	0	9,75	0,03	25,5	258,99	0,02	0
En ruta hora	21,27	5,54	0	28,24	0,18	16,47	1734	0,01	0
Total hora	32,02	6,22	0	37,99	0,2	41,97	1992,99	0,03	0
Hora 17:00 - 18:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	17,92	0,68	0	16,25	0,05	27,84	431,65	0,03	0
En ruta hora	27,12	6,34	0	26,45	0,25	17,71	2409,74	0,02	0
Total hora	45,04	7,02	0	42,7	0,29	45,55	2841,39	0,05	0
<b>ESPERANZA- HOSP DEL SEGURO (DÍA DOMINGO HORAS VALLE)</b>									
Hora 9:00 - 10:00am									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	7,08	0,65	0	3,5	0,02	21,06	177,54	0,01	0
En ruta hora	25,25	6,12	0	31,19	0,19	11,8	1099,84	0,02	0
Total hora	32,33	6,77	0	34,69	0,21	32,86	1277,38	0,03	0
Hora 15:00 - 16:00pm									
<b>Contaminantes criterio</b>					<b>Contaminantes globales</b>				
Gases (g/km)	CO	VOC	VOC evap,	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>
Partidas hora	14,34	0,41	0	13	0,04	22,23	345,32	0,02	0
En ruta hora	21,34	5,12	0	41,76	0,21	14,27	1010,98	0,02	0
Total hora	35,68	5,53	0	27,38	0,24	36,5	1356,3	0,03	0

Por lo tanto en las horas valle de este día domingo son las que se realizaron en el horario de la mañana 9:00 – 10:00am y de la tarde es de 15:00 -16:00pm, llegando a determinar que el horario con mayor número de emisiones en sus contaminantes a criterio y contaminantes globales es en la mañana debido a que en el día domingo se tiene mayor afluencia de personas por lo que aumenta el esfuerzo del vehículo al transportar mayor número de personas dando como resultado el aumento de las emisiones en el recorrido que realiza el vehículo de transporte urbano.

### **3.7 ANÁLISIS DE EMISIONES**

Para obtener las emisiones contaminantes producto de fuentes vehiculares es necesario realizar un inventario de emisiones para obtener información necesaria de que tipos de contaminantes se encuentran en la ciudad de Ibarra y que tipos de fuentes son las que la generan, con el fin de identificar qué tipo de calidad de aire se encuentra en la ciudad para plantear alternativas que ayuden a disminuir las emisiones contaminantes causantes de varias enfermedades hacia la población. Para poder realizar un inventario de emisiones es necesario determinar la flota vehicular y qué tipo de sistemas de reducción de emisiones se encuentran incorporados en estas unidades de transporte urbano, su tecnología, alimentación, en este caso por inyección pre-cámara por lo tanto las emisiones aumentan por este sistema con respecto a los de inyección electrónica en motores diésel.

El modelo IVE fue desarrollado en USA de tal forma que se ajusta al ciclo americano FTP-75, por lo tanto los resultados de las emisiones contaminantes producidas por fuentes vehiculares deben ser comparadas con los valores de las emisiones de la normativa Ecuatoriana para vehículos pesados diésel, así como también se debe realizar comparativas con las normas de la Euro I y Tier 2 en contaminantes como, monóxido de carbono (CO), material particulado (PM) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

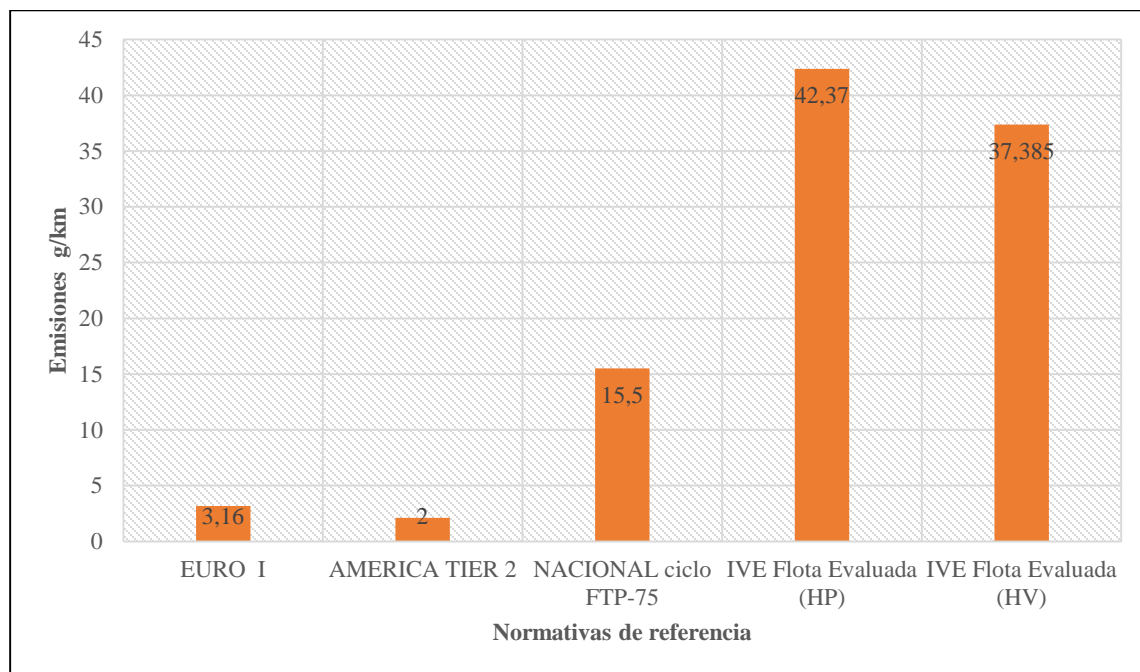
#### **3.7.1 COMPARACIÓN DE LAS EMISIONES CON LAS NORMATIVAS NACIONALES E INTERNACIONALES**

Se realiza un análisis de las emisiones obtenidas en el estudio, frente a las normativas de regulación de emisiones, para este caso se hace la comparación con la normativa Ecuatoriana INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75, normativa Americana Tier 2, y la normativa Europea (Euro I), todos los valores obtenidos por el modelo IVE en los compuestos monóxido de carbono (CO), material particulado (PM) y óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) serán comparados con las normativas de emisiones para definir si cumplen estas normativas o se encuentran en un rango donde no cumplen las normativas siendo estas muy perjudiciales para la salud humana.

### 3.7.2 MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

Según las normativas de emisiones para vehículos pesados diésel, tenemos que los valores límites con respecto a la normativa Ecuatoriana INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75 es de 15.5 g/km para este compuesto, mientras tanto para la normativa Americana Tier 2 el límite permitido es de 2.113 g/km, y al final tenemos la normativa Europea (Euro I), la cual tiene un valor límite de 3,16 g/km, por lo tanto las emisiones que proporcionan las fuentes vehiculares de la ciudad de Ibarra deben estar sujetas a estas normas para evitar la contaminación a la ciudad en gran proporción.

Realizando la comparación de los resultados de las emisiones obtenidas en el estudio con todas las normativas se determinó que hay un valor alto con respecto a la normativa Ecuatoriana ciclo americano FTP-75, normativa Americana Tier 2 y normativa Europea (Euro I), con respecto al compuesto monóxido de carbono (CO), para las dos rutas de estudio Católica – Alpachaca y Esperanza – Hosp del seguro. En el siguiente grafico se indica los porcentajes de las normativas para este compuesto.



**Figura 3.15** Comparativa CO vs normativas vigentes, horas pico y horas valle

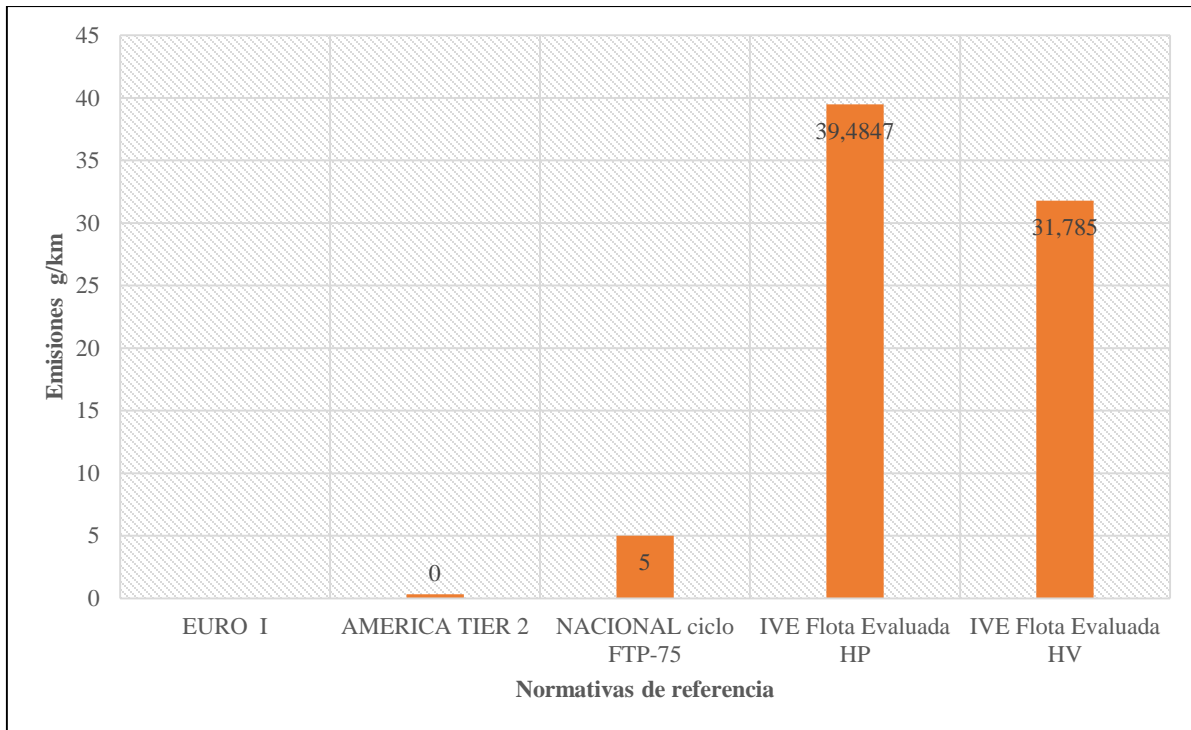
Para las dos rutas destinadas para el estudio se tiene un valor promedio de 42,37 g/km en horas pico, definiendo que el porcentaje es alto en este horario, debido a la baja tecnología que tiene la flota de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra, se tiene una diferencia de 4,99 g/km con respecto al valor promedio de las horas valle de 37,385 g/km de monóxido de carbono, por lo tanto los valores no se rigen a las normativas nacionales e internacionales.

### **3.7.3 ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO<sub>x</sub>)**

Para estos compuestos de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) las normativas se encuentran en los siguientes estándares, la normativa Ecuatoriana INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75 requiere que los límites de emisión no sobrepasen, por lo tanto para esta normativa el límite se encuentra en el rango de 5.0 g/km, para la normativa Americana Tier 2 se tiene un valor límite de 0,32 g/km, mientras tanto para la normativa Europea (Euro I) no tenemos un valor límite, todo esto se realiza para la flota de autobuses urbanos para definir que si cumplen o no las normativas.

Las emisiones obtenidas según el cálculo realizado en el modelo IVE, da como resultado que los compuestos de óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), cuentan con una emisión emitida a la atmosfera de un valor promedio de 39,4847 g/km en horas pico, se tiene una diferencia de 7,699 g/km con respecto al valor promedio de 31,785 g/km obtenido para horas valle, llegando a definir que los valores son altos en relación a la normativa Ecuatoriana ciclo americano FTP-75, normativa Americana Tier 2, mientras que en la normativa Europea (Euro I) no tenemos un valor referencial, ya que comienza a regirse la norma a partir de la Euro III, por lo tanto los valores emitidos por la flota de autobuses urbanos no se ajustan a las normativas. En la siguiente figura se indica los valores de las normativas para este compuesto.





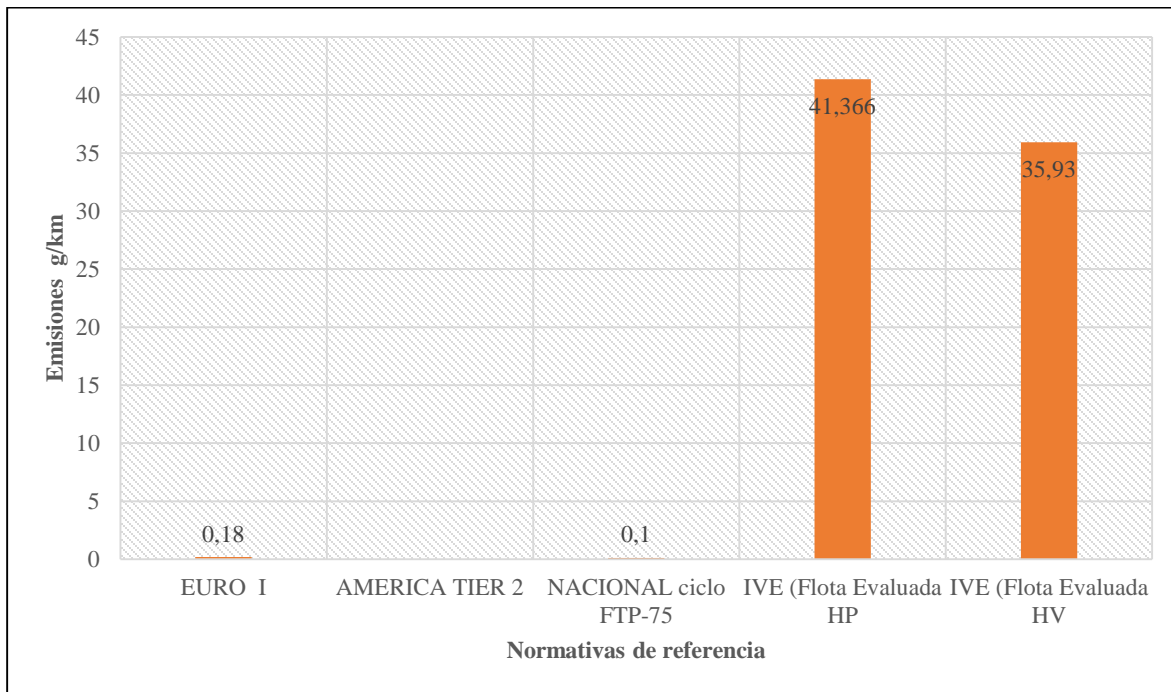
**Figura 3.16** Comparativa NO<sub>x</sub> vs normativas vigentes, horas pico y horas valle

### 3.7.4 MATERIAL PARTICULADO (PM)

Según las normativas nacionales e internacionales, los límites permitidos para este compuesto se definen de la forma siguiente, para la normativa Ecuatoriana INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75 se tiene un valor límite de 0.10 g/km, para la normativa Americana Tier 2, el valor demisiones no se encuentra definido para este compuesto, por lo tanto hacemos referencia por último con la normativa Europea (Euro I) que tiene un valor límite de 0.18 g/km.

Los resultados obtenidos por el modelo IVE de la flota vehicular nos proporciona valores promedio para las dos rutas, llegando a definir que el valor que nos proporciona el modelo se encuentra en un rango de 41,366 g/km en horas pico, y para horas valle se tiene un valor promedio de 35,93 g/km, llegando a obtener una diferencia entre los dos horarios de 5,436 g/km, estos valores sobrepasan los límites que se encuentran regidos por las normativas, esto se debe a la baja tecnología vehicular que tienen la flota de autobuses urbanos como también

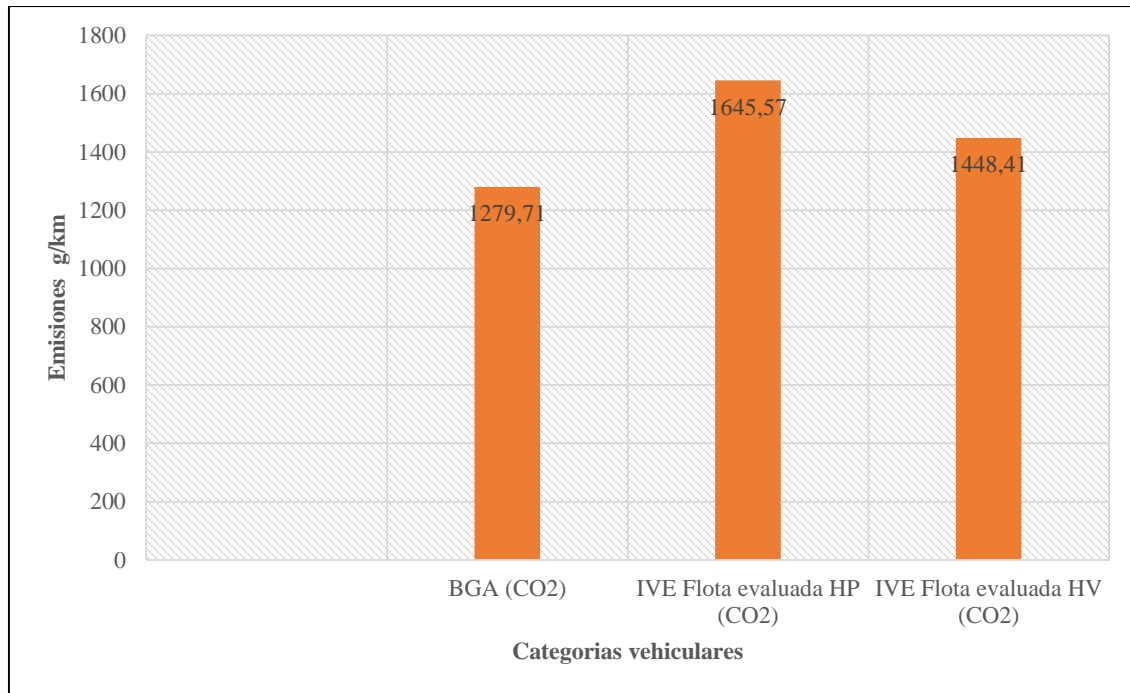
depende de la mala calidad de combustible. En la siguiente grafica se indica la comparación de los valores de las normativas con respecto a este compuesto.



**Figura 3.17** Comparativa PM vs normativas vigentes, horas pico y horas valle

### 3.7.5 EMISIONES DEL DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)

EL CO<sub>2</sub> corresponde a los contaminantes globales tomando en cuenta que este compuesto es un contaminante de efecto invernadero que tiene el valor de emisión en g/km, este tipo de contaminante tiende a aumentar o disminuir dependiendo de la cantidad de combustible que se combustiona en su interior, de tal forma que los resultados obtenidos de las emisiones emitidas por el transporte urbano de la ciudad de Ibarra se registran en un valor promedio en g/km para las dos rutas. En la siguiente grafica se indica los valores del compuesto para cada ruta.



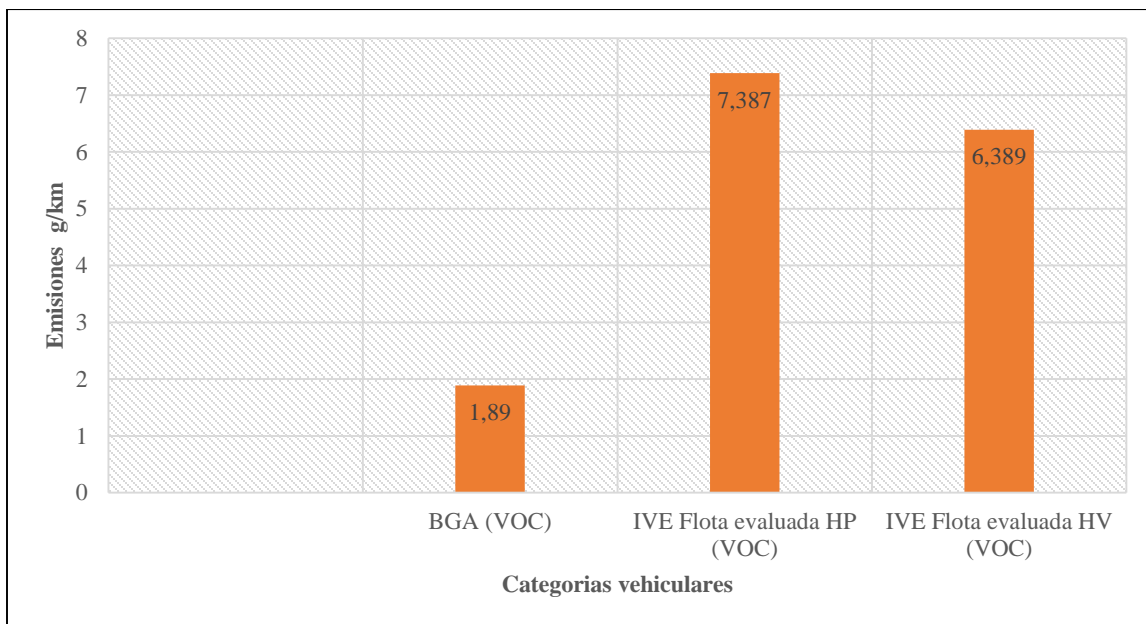
**Figura 3.18** Diferencia entre categorías vehiculares CO<sub>2</sub> en horas pico y horas valle

Por medio de las investigaciones realizadas en las normativas que rigen en el Ecuador se ha llegado a determinar que no hay una normativa que regule el CO<sub>2</sub>, por tal motivo se ha realizado una comparación con un estudio realizado en la ciudad de Quito- Ecuador, para este compuesto CO<sub>2</sub>, se obtiene valores de 1 279,71 g/km para el bus grande articulado y para la flota de autobuses de la ciudad de Ibarra se tiene valores de 1 645,57 g/km en horas pico, teniendo una reducción de 1448,41 g/km en horas valle, de esta forma se llega a definir que este compuesto es el más emitido por fuentes vehiculares de transporte urbano de la ciudad de Ibarra. Este compuesto es un contaminante que se encuentra formado por la combustión del diésel al quemarse, de tal forma que a mayor recorrido que realice la unidad de transporte urbano tiende a contaminar más, por el aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> en la atmosfera.

### 3.7.6 Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)

Las emisiones de los compuestos orgánicos volátiles (VOC) se encuentran en el grupo de los contaminantes a criterio, estas emisiones afectan a la salud humana así como también dañan al medio ambiente, por lo que es necesario disminuir las emisiones producto de fuentes

vehiculares para tener un aire limpio y así tener una mejor calidad de vida. Según el modelo IVE las emisiones obtenidas en este compuesto son altas al igual que en los demás compuestos en las dos rutas, pero debido a que no se encuentran controladas por normativas nacionales e internacionales, se realiza una comparación con los valores obtenidos por el estudio realizado en Quito- Ecuador con respecto a este compuesto (VOC), generadas por fuentes vehiculares, el bus grande articulado de la ciudad de Quito tiene un valor de 1,89g/km y la flota de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra tiene valores de 7,387 g/km en horas pico, mientras que en horas valle se tiene un valor de 6,389 g/km. En la siguiente figura se representa los valores de las categorías vehiculares.



**Figura 3.19** Diferencia entre categorías vehiculares VOC en horas pico y valle

### 3.8 EMISIONES DE TODA LA FLOTA

Para obtener las emisiones de toda la flota necesitamos un valor promedio de cuantas vueltas realizan las unidades de transporte urbano en cada ruta, llegando a definir que el valor promedio de vueltas es de 6 vueltas que realiza cada unidad, así como también necesitamos el valor promedio de cuantos kilómetros se tiene en cada ruta para lo cual se tiene un valor de 26 km, y por ultimo necesitamos un valor promedio de cuantas unidades trabajan en cada

ruta, por lo que se obtuvo un valor de 12 unidades, realizando la multiplicación de estos valores tenemos que la distancia es de 1872km pero se necesita de todas las rutas vigentes de la ciudad por lo tanto ese valor se lo multiplica por 22 rutas llegando a definir que la distancia total que recorre toda la flota es de 41184 km.

Una vez que se obtiene el valor de la distancia que recorre la flota de autobuses urbanos, se ingresa en el modelo IVE (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares), para definir las emisiones que se producen con esta distancia total, por lo tanto en la siguiente tabla se indica los valores promedios de emisiones para cada ruta de evaluación, Católica – Alpachaca y Esperanza – Hospital del seguro.

**Tabla 3.8** Emisiones de toda la flota

<b>EMISIONES DE TODA LA FLOTA</b>					
Ruta	CO	VOC	NOX	PM	CO2
Católica- Alpachaca	3 178 980	1 575 117	2 438 937,71	1 675 440,77	7 773 638,420
Esperanza- Hosp del seguro	3 133 797	566 733	1 952 579,45	736 770,771	6 922 911,915

Según la tabla podemos determinar que los valores de los compuestos, monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), tiene un porcentaje de emisiones más alto en la ruta Católica – Alpachaca, por lo tanto en la ruta Esperanza – Hospital del seguro, el porcentaje de emisiones más alto, se encuentra en los compuestos orgánicos volátiles (VOC) y en el material particulado (PM).

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

- Para el desarrollo del proyecto de estimación de emisiones contaminantes se analizó los modelos matemáticos más representativos a nivel mundial, todo esto para determinar las emisiones generadas por autobuses urbanos en la ciudad de Ibarra, para ello se realizó un análisis comparativo de modelos matemáticos con el fin de determinar qué modelo es el que se ajusta a la zona de estudio, llegando a definir que el modelo IVE (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares), es el modelo adecuado para el estudio de estimación de emisiones ya que se ajusta a los datos de entrada y de salida que se tiene en la zona estudio.
- La flota de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra tiene un promedio de 14 años de operación, razón por la cual utilizan inyección pre-cámara, turbo, EGR, indicando que la tecnología vehicular es obsoleta.
- Según la norma INEN 1489:2012 se establece un contenido máximo de azufre en el diésel de 500, siendo otro factor determinante para las altas emisiones, por lo tanto se requiere un diésel con contenido reducido de azufre para lograr disminuir las emisiones y mejorar la calidad del aire en la ciudad, además de poder acceder a mejores tecnologías de vehículos.
- Se realizó un proceso de análisis de 20 rutas de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra, por pendiente y actividad comercial, llegando a definir dos rutas más representativas con respecto a estos criterios; para llevar a cabo el levantamiento de datos con equipo GPS, se realizó las mediciones desde las 6:00 am hasta 7:00 pm, obteniendo 46.800 registros por día y por ruta.

- Las emisiones diarias que se obtuvieron del contaminante monóxido de carbono (CO), tiene un valor promedio de 42,370 g/km para las horas pico, mientras que para las horas valle se obtuvo un valor de 37,385 g/km, llegando a definir que los valores sobrepasan el límite con referencia a las normativas.
- Para el compuesto óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), se tiene una emisión diaria emitida a la atmosfera con un valor promedio de 39,487 g/km que se logró obtener en horas pico, mientras que para las horas valle se tiene un valor promedio de 31,785 g/km, estas emisiones resultan altas debido a la baja tecnología de transporte urbano de la ciudad de Ibarra.
- Para el compuesto material particulado (PM), se tiene un valor promedio de emisiones diarias de 41,366 g/km, esto se obtiene en horas pico, y para las horas valle tenemos un valor de 35,930 g/km, logrando obtener una diferencia entre los dos horarios de 5,436 g/km de emisiones emitidas a la atmosfera.
- EL dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) cuenta con porcentaje de emisiones diarias emitidas en las rutas de la ciudad de Ibarra, por la flota de autobuses urbanos, definiendo un valor de 1 645,572 g/km para horas pico, mientras para las horas valle tenemos un valor de 1 448,4175 g/km, estos valores no se encuentran regulados debido a que es un producto natural provocado por el funcionamiento del motor.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- De acuerdo al análisis de la estimación de emisiones por medio de los datos obtenidos de la flota de autobuses urbanos, teniendo como referencia la localidad y la cinemática de la zona de estudio, se aplica un modelo matemático IVE (Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares), para realizar un inventario de emisiones vehiculares en la ciudad de Ibarra – Ecuador, este método es de fácil aplicación ya que no requiere de muchos datos de entrada y no demanda recursos económicos para la obtención de las emisiones contaminantes.
- Para realizar las mediciones en ruta se debe ser preciso al momento que la unidad de transporte urbano comienza su recorrido, utilizando un dispositivo GPS con una frecuencia de 1 Hz, que ayude a determinar valores de ubicación, aceleración, velocidad, desaceleración y pendientes que tiene la ciudad de Ibarra - Ecuador, con el fin de establecer los bins de potencia.
- Es preciso realizar diferentes estudios que ayuden a determinar factores de emisión para diferentes tipos de categorías vehiculares que se encuentren en la ciudad, con el fin de realizar comparaciones de los contaminantes globales y contaminantes criterio de las diferentes categorías.
- Se recomienda realizar pruebas en campo, con el fin de llegar a ajustar los valores de las emisiones contaminantes y poder obtener valores de contaminantes globales y contaminantes criterio más reales.
- Se recomienda realizar el levantamiento de datos para todos los días de la semana, para cada una de las rutas, con el fin de llegar a determinar el comportamiento de cada uno de los días y analizar las variantes de emisiones contaminantes que se pueden originar en cada día.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguirre Ramón, J. F., & Machado Cuzco, J. A. (2015). *Elaboración de un inventario de fuentes fijas de combustión establecidas en el parque industrial de la ciudad de Cuenca para la estimación de sus emisiones atmosféricas*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
2. Arnez, S. A., Luján Pérez, M., & Bomblat, C. (2004). Modelación de las emisiones del parque automotor. *Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería*, 19.
3. Balcázar, D. V. (2013). *Análisis del nivel de contaminación atmosférica ocasionado por la emisión de gases de escape del parque automotor en la ciudad de Loja*. Universidad del Azuay.
4. Brack Egg, A. (2000). *El medio ambiente en el Perú*. Lima.
5. Carcelén Nava, E. A. (2014). *Estudio de las emisiones atmosféricas de buses urbanos con motores diesel en Lima y Callao en base a la metodología COPERT*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
6. Cazier, F. (2006). Emissions of unregulated pollutants from European gasoline and diesel passenger cars. 18.
7. CESVIMAP. (2016). *Control de emisiones contaminantes en Europa y Estados Unidos*.
8. Committee, C. I. (1993). *Evaluation of the California Smog Check Program and Recommendations for Program Improvements*.
9. CORPAIRE. (2003). *Inventario de emisiones*.
10. Cortés del Pino, A. (2014). *Proceso de refinación del petróleo para la obtención de combustibles marinos*. Facultad de Náutica de Barcelona-UPC.
11. DELPHI. (2013). *Worldwide Emissions Standards Passenger Cars and Light Duty*.
12. *Departamento de Comunicación de la Comisión Europea*. (2014).
13. Escobar Cervantes, A. I. (2015). *“Diseño y Construcción de un opacímetro para motores Diesel”*. Quito: Universidad Internacional Del Ecuador.
14. Faiz, A., Weaver, C. S., & Walsh, M. P. (1996). *Air pollution from motor vehicles: standards and technologies for controlling emissions*. World Bank Publications.

15. Giraldo Amaya, L. (2005). *Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes*. Bogotá: Universidad de los Andes.
16. Guadalupe Almeida, J. L. (2016). *“Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito, Ecuador”*. Valparaíso Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
17. Herrera Murillo, J., Rodríguez Román, S., & Rojas Marín, J. F. (2012). Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica. *Revista Tecnológica en Marcha*, 54.
18. Ibarra, B., Parra, R., Valencia, V., & Páez, C. (2003). *Inventario de emisiones atmosféricas de Quito año 2003 y su distribución espacial y temporal*. Quito.
19. INAMHI. (2017). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología del Ecuador*.
20. INEN. (2002). *Instituto Nacional Ecuatoriano de Normas*.
21. INE-SEMARNAT. (2005). *Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores*.
22. ISSR. (2008). *Manual del Usuario del Modelo IVE*.
23. Iniestra Gómez, R., Sandoval, P. F., Allen Rogers, J., & Aguilar Gómez, J. A. (2009). *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas*. Instituto Nacional de Ecología.
24. Jiménez Alonso, F., López Martínez, J. M., Aparicio Izquierdo, F., & Flores Holgado, N. (2009). Comparación de tecnologías para la reducción de emisiones contaminantes en autobuses urbanos. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 6.
25. Jiménez Fonseca, J. C. (2014). *Análisis comparativo de las tecnologías de medición de emisiones contaminantes vehiculares en motores diésel con tecnologías euro IV y superiores en Colombia*. Bogotá: Universidad Libre.
26. Lara Gomez, C., Mendoza Sanchez, J. F., Lopez Dominguez, M. G., Tellez Gutierrez, R., Martinez Molina, W., & Alonso Guzman, E.
27. (2004). *Ley de prevención y control de la contaminación ambiental*.
28. Mafla Alvear, M. J., & Ortiz Guachamin, M. (2007). *Metodología para certificar la calibración de analizadores de gases y opacímetros*. Quito: escuela politécnica nacional.

29. M. (2009). Propuesta metodologica para la estimacion de emisiones vehiculares en ciudades de la republica mexicana. *publicacion tecnica*.
30. (2013). *Normativa técnica Ecuatoriana 1489:2012, Séptima revisión*. Quito.
- Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2007). *Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport*.
31. Ortiz Vallejo, M. A. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
32. Ordoñez Campain, C. G. (2017). *Diagnóstico de la calidad del aire de la ciudad de Ibarra del periodo 2012- 2015*". Ibarra: universidad central del Ecuador.
33. (2009). *Plan nacional del buen vivir*.
34. Reyes Rosero, S. C., & Tito Cañaris , C. A. (2015). "Inventario de emisiones atmosféricas procedentes de fuentes fijas, móviles y de área en el cantón ibarra". quito: universidad central del Ecuador.
35. Rodrigo, J. A. (2009). Catalizadores Para Motores Diésel. *Mecánica y electronica*, 1-4.
36. Rodríguez Rojas, C. A., Serrano Coveña, G. A., & Vela Alquina, P. D. (2018). *Estudio de los gases contaminantes modificando la relación de compresión en un vehículo*. Quito: universidad internacional del Ecuador.
37. Rojas, N. Y. (2007). Aire y problemas ambientales de Bogotá. *Friedrich-Ebert-Stiftung en Colombi*, 15.
38. Tolvett Caro, s. a. (2009). *Analisis de emisiones en ruta de vehiculos diesel en ciudad de mexico, santiago y sao paulo*. universidad de chile.
39. Torres Salcedo, J. L., & Urvina Villacis, V. H. (2008). *Determinación de los factores reales de emisión de los motores ciclo otto en la ciudad de Quito*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
40. Valencia Balarezo, I. s. (2013). *Caracterización de mezclas diesel-biodiesel orientadas a disminuir las emisiones contaminantes provocadas por fuentes móviles*. Quito: universidad central del Ecuador.
41. Vega, D., Ocaña, L., & Parra, R. (2012). Inventario de emisiones atmosféricas del tráfico vehicular en el Distrito Metropolitano de Quito. *Avances en Ciencias e Ingenierias*, 9.

42. Velarde Cruz, E. (2013). *Proyecto Análisis de Vulnerabilidades a Nivel Municipal Perfil Territorial Cantón San Miguel de Ibarra*. Ibarra.
43. Wittwer, A. R., Camano Schettini, E. B., & Loredo Souza, A. M. (2002). Criterios utilizados para modelar la dispersion atmosferica en tuneles de viento. *Asades*, 6.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### CARACTERIZACIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR

# Unidad	Cooperativa	Placa	Marca	Modelo	Año	Cilindraje	Carrocería	Odómetro (km)
1	SAN MIGUEL	PAO0155	HINO	RK1JSTL	2003	7961	OLIMPICA	45257
2	SAN MIGUEL	PZZ0039	CHEVROLET	FTR	2002	7127	BUSTIPO	51874
3	SAN MIGUEL	PZT0652	CHEVROLET	FTR	2001	7127	IMETAM	44989
4	SAN MIGUEL	PZY0734	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	MIRAL	50162
5	SAN MIGUEL	PZQ0242	VOLKSWAGEN	17210	2004	6450	THOMAS	43446
6	SAN MIGUEL	PAI0951	CHEVROLET	FTR	2003	7127	BUSCARS	45000
7	SAN MIGUEL	PZZ0508	VOLKSWAGEN	17210	2002	7961	ND	43385
8	SAN MIGUEL	PAI0082	CHEVROLET	FTR	2002	7961	IMCE	45706
9	SAN MIGUEL	PAN0839	HINO	RK1JSTL	2003	7961	OLIMPICA	51528
10	SAN MIGUEL	PAO0888	SCANIA	F94HB	2003	12000	SCANIA	45648
11	SAN MIGUEL	PZZ0488	HINO	FF1JPTZ	2002	7961	VELASTEGUI	49885
12	SAN MIGUEL	PAB0794	VOLKSWAGEN	17210	2003	6449	OLIMPICA	38333
13	SAN MIGUEL	PZU0153	HINO	FF1JPTZ	2002	8000	VELASTEGUI	48308
14	SAN MIGUEL	PZQ0442	VOLVO	SVELTO	2004	10000	MARIELBUS	46296
15	SAN MIGUEL	PAQ0396	HINO	RK1JSTL	2003	7961	NEOTHOMAS	42893
16	SAN MIGUEL	PAQ0907	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MARIELBUS	45000
17	SAN MIGUEL	PAB0773	VOLKSWAGEN	17210	2002	4600	IMETAM	48391
18	SAN MIGUEL	PUA0190	HINO	RK1JSTL	2003	7961	CEPEDA	34635
19	SAN MIGUEL	PZY0625	HINO	FF1JPTZ	2002	7961	OLIMPICA	45833
20	SAN MIGUEL	PAU0247	CHEVROLET	CHR 7.2	2004	7200	MIRAL	43037
21	SAN MIGUEL	PZZ0881	VOLKSWAGEN	17210	2002	7200	IMCE	45000
22	SAN MIGUEL	PAB0710	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	VARMA	42299
23	SAN MIGUEL	PAO0420	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	UNION	45000

24	SAN MIGUEL	TAG0327	MERCEDES BENZ	OF1721	2002	8000	CAIO	42392
25	SAN MIGUEL	PZY0691	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	OLIMPICA	42254
26	SAN MIGUEL	PAO0299	VOLKSWAGEN	17210	2003	12000	MIRAL	41759
27	SAN MIGUEL	PAU0086	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MONCAYO	43239
28	SAN MIGUEL	PZZ0349	HINO	RK1JSTL	2002	7961	VARMA	44583
29	SAN MIGUEL	PZB0106	HINO	FF2HMSA	1999	7127	AMATOUR	45507
30	SAN MIGUEL	PAI0423	HINO	RK1JSTL	2003	7961	OLIMPICA	45000
31	SAN MIGUEL	PZZ0571	CHEVROLET	FTR	2002	7127	ND	43190
32	SAN MIGUEL	EAH0521	MERCEDES BENZ	OF1721	2005	7961	OLIMPICA	44518
33	SAN MIGUEL	PAU0886	VOLVO	SVELTO	2004	12000	COMIL	37568
34	SAN MIGUEL	PJU0905	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	UNION	45000
35	SAN MIGUEL	PAO0096	HINO	RK1JSTL	2003	7127	OLIMPICA	45751
36	SAN MIGUEL	PAQ0175	VOLKSWAGEN	17210	2003	12000	MIRAL	34625
37	SAN MIGUEL	PUB0039	VOLKSWAGEN	17210	2005	8000	ND	44766
38	SAN MIGUEL	PAO0649	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7127	VARMA	45000
39	SAN MIGUEL	PZX0107	CHEVROLET	FTR	2001	7127	ND	50831
40	SAN MIGUEL	PAQ0050	CHEVROLET	FTR	2003	7100	IMETAM	41798
41	SAN MIGUEL	PAB0137	CHEVROLET	FTR	2002	7127	MIRAL	49239
42	SAN MIGUEL	CAD0899	CHEVROLET	FTR	2002	7100	MONCAYO	48153
43	SAN MIGUEL	PAU0980	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	IMETAM	47474
44	SAN MIGUEL	PZR0798	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	12000	UNION	34871
45	SAN MIGUEL	IAH0062	CHEVROLET	FTR	2002	7961	ND	51398
46	SAN MIGUEL	PZO0179	CHEVROLET	CHR 7.2	2004	7200	MARCOPOLO	39031
47	SAN MIGUEL	PZL0404	CHEVROLET	FTR	1998	10000	ND	39766
48	SAN MIGUEL	PAO0995	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7127	MIRAL	52184
49	SAN MIGUEL	PAU0789	CHEVROLET	FTR	2004	7127	ND	45000
50	SAN MIGUEL	PZT0959	CHEVROLET	FTR	1998	7127	MARIELBUS	53611
51	SAN MIGUEL	PAQ0406	MERCEDES BENZ	OF1721	2003	12000	GERMAN	48862

52	SAN MIGUEL	PAO0639	CHEVROLET	FTR	2002	7127	REYCAR	37780
53	SAN MIGUEL	PAB0717	VOLVO	SVELTO	2003	7000	COMIL	42534
54	SAN MIGUEL	MAS0864	KING LONG	CF 18-30	2007	8000	VARMA	45000
55	SAN MIGUEL	PZQ0837	CHEVROLET	FTR	2005	7127	OLIMPICA	49233
56	SAN MIGUEL	PAO0030	HINO	RK1JSTL	2003	7961	OLIMPICA	41941
57	SAN MIGUEL	PZY0953	HINO	FF1JPTZ	2002	7125	ND	48012
58	SAN MIGUEL	IAF0688	CHEVROLET	FTR	2002	7127	ND	45703
59	SAN MIGUEL	PAB0024	MERCEDES BENZ	OF1721	2002	7200	ND	53674
60	SAN MIGUEL	PAO0606	CHEVROLET	FTR	2003	7127	ALVARADO	50846
61	SAN MIGUEL	PAQ0111	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MIRAL	45000
62	SAN MIGUEL	PAI0392	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7961	IMETAM	47824
63	SAN MIGUEL	PAI0409	CHEVROLET	FTR	2003	7127	IMETAM	47347
64	SAN MIGUEL	PAU0746	VOLKSWAGEN	17210	2004	8000	FIALLOS	47237
65	SAN MIGUEL	VAC0081	CHEVROLET	FTR	2002	7125	OLIMPICA	45000
66	SAN MIGUEL	PAI0490	HINO	RK1JSTL	2003	6000	OLIMPICA	45000
67	SAN MIGUEL	PAU0529	CHEVROLET	FTR	2004	7127	IMETAM	43481
68	SAN MIGUEL	IAG0682	CHEVROLET	FTR	2001	9500	ND	45036
69	SAN MIGUEL	IAA1312	JIANGTE	JDF5120GSSK	2011	5900	CAPABA	32964
70	SAN MIGUEL	IBC7454	CHEVROLET	FTR	2003	7127	IMETAM	34810
71	SAN MIGUEL	PAI0482	VOLKSWAGEN	17210	2002	7961	MARCOPOLO	45000
72	SAN MIGUEL	PZT0716	CHEVROLET	FTR	2001	7127	NEOTHOMAS	42559
73	SAN MIGUEL	PAQ0358	CHEVROLET	FTR	2003	7127	FIALLOS	48612
74	SAN MIGUEL	PZS0926	CHEVROLET	FTR	1999	9000	ND	51263
75	SAN MIGUEL	PAZ0737	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	BUSCARS	41792
76	SAN MIGUEL	PAQ0316	CHEVROLET	FTR	2004	7127	THOMAS	50476
77	SAN MIGUEL	PAQ0288	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	CAPABA	47529
78	SAN MIGUEL	PAM0702	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7127	CAMENU	45545
79	SAN MIGUEL	PZY0984	CHEVROLET	FTR	2001	7600	ND	34951



80	SAN MIGUEL	PZU0648	HINO	RK1JSTL	2003	7961	CEPEDA	49128
81	SAN MIGUEL	PZO0132	VOLVO	SVELTO	2004	10000	COMIL	32096
82	SAN MIGUEL	TAO0369	MAN	14285LC	2003	8000	MAN	40494
83	SAN MIGUEL	AAS0143	CHEVROLET	FTR	2002	7200	GUZMAN	51997
84	SAN MIGUEL	PZY0653	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	MIRAL	49525
85	SAN MIGUEL	PZZ0049	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	MIRAL	45000
86	SAN MIGUEL	IAA1354	JIANGTE	JDF5120GSSK	2011	5900	UNION	44953
87	SAN MIGUEL	PZS0033	HINO	FD2HPSZ	1999	6728	JM	51744
88	SAN MIGUEL	PZZ0348	HINO	RK1JSTL	2002	7961	VARMA	33528
89	SAN MIGUEL	PZQ0164	VOLKSWAGEN	17210	2004	8000	THOMAS	45904
90	SAN MIGUEL	PZU0281	VOLKSWAGEN	17210	2002	6449	IMETAM	35000
91	SAN MIGUEL	PAQ0847	CHEVROLET	FTR	2004	7127	OLIMPICA	45864
92	SAN MIGUEL	PZO0627	CHEVROLET	FTR	2002	7100	IMEG	45000
93	SAN MIGUEL	PAB0159	CHEVROLET	FTR	2003	7127	VILLASBUS	53862
94	SAN MIGUEL	PAB0752	VOLVO	SVELTO	2003	10000	COMIL	45000
95	SAN MIGUEL	PAQ0014	HYUNDAI	SUPER	2003	11149	RINOBUS	43584
96	SAN MIGUEL	IAH0094	CHEVROLET	FTR	2002	7200	ND	83486
97	SAN MIGUEL	PZZ0023	VOLKSWAGEN	17210	2002	6449	ML	36232
98	SAN MIGUEL	PAB0514	CHEVROLET	FTR	2003	7961	MIRAL	49604
99	SAN MIGUEL	PAU0007	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MARIELBUS	49582
100	SAN MIGUEL	PAO0574	VOLKSWAGEN	17210	2003	12000	ML	43047
101	SAN MIGUEL	PZX0987	CHEVROLET	FTR	2002	7127	IMCE	48518
102	SAN MIGUEL	IBC7505	CHEVROLET	FTR	2003	7127	IMETAM	52115
103	SAN MIGUEL	IAA2515	VOLKSWAGEN	17210	2012	6449	ECUACAR	42201
104	SAN MIGUEL	PZY0004	CHEVROLET	FTR	2001	7127	REYCAR	46522
105	SAN MIGUEL	PAO0071	VOLKSWAGEN	17210	2002	7000	MIRAL	43310
106	SAN MIGUEL	PZR0857	CHEVROLET	FTR	1999	7200	IMETAM	50036
107	SAN MIGUEL	PAI0126	VOLKSWAGEN	17210	2003	12000	VOLKBUS	48205

108	SAN MIGUEL	PAB0158	CHEVROLET	CHR 7.2	2004	7200	OLIMPICA	35272
109	SAN MIGUEL	PAU0016	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	10000	IMETAM	42982
110	SAN MIGUEL	PZW0987	CHEVROLET	FTR	2001	7127	IMCE	48233
111	SAN MIGUEL	PZQ0188	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MONCAYO	45770
112	SAN MIGUEL	PUA0562	CHEVROLET	FTR	2005	7127	ND	56999
113	SAN MIGUEL	PZZ0323	HINO	FF1JPTZ	2003	7961	MONCAYO	48927
114	SAN MIGUEL	PAI0330	HINO	RK1JSTL	2003	7961	OLIMPICA	45000
115	SAN MIGUEL	PZO0977	MERCEDES BENZ	OF1721	2004	10000	IMETAM	49413
116	SAN MIGUEL	IAG0960	CHEVROLET	FTR	2002	8000	ND	47751
117	SAN MIGUEL	PZZ0808	CHEVROLET	FTR	2003	7127	MIRAL	41544
118	SAN MIGUEL	PAU0519	CHEVROLET	FTR	2004	7127	IMBABUS	42027
119	SAN MIGUEL	PAB0708	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7961	PICOSA	47428
120	SAN MIGUEL	PAB0724	CHEVROLET	FTR	2003	7127	ND	48271
121	SAN MIGUEL	PAB0555	VOLKSWAGEN	17210	2002	7169	MIRAL	45000
122	SAN MIGUEL	PXQ0305	HINO	RK1JSTL	2003	8000	CEPEDA	41770
123	SAN MIGUEL	PAQ0150	MERCEDES BENZ	OF1721	2003	12000	MIRAL	36780
124	SAN MIGUEL	PZZ0078	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	PICOSA	42682
125	SAN MIGUEL	PAO0889	CHEVROLET	FTR	2002	7127	ND	45000
126	SAN MIGUEL	PAB0306	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	CAIO	50029
127	SAN MIGUEL	PZO0303	CHEVROLET	FTR	2004	7127	ND	48784
1	28 DE SEPTIEMBRE	TAR0188	HINO	GD1JPTZ	2002	7961	IBIMCO	53221
2	28 DE SEPTIEMBRE	PZX0151	CHEVROLET	FTR	2002	7127	NICOLALDE	52796
3	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0318	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7127	PICOSA	46162
4	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0596	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	MIRAL	48114
5	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0790	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	MIRAL	48160
6	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0149	CHEVROLET	FTR	2003	7127	OLIMPICA	55583
7	28 DE SEPTIEMBRE	PZX0639	HINO	GD1JLTZ	2001	7961	MONCAYO	49413
8	28 DE SEPTIEMBRE	PAI0519	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7127	MIRAL	51077

9	28 DE SEPTIEMBRE	PQJ0780	CHEVROLET	FTR	2008	9889	VARMA	50697
10	28 DE SEPTIEMBRE	PZO0629	VOLKSWAGEN	17210	2004	7961	IMETAM	35002
11	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0815	CHEVROLET	FTR	2002	7127	PICOSA	52050
12	28 DE SEPTIEMBRE	EAH0278	MERCEDES BENZ	OF1721	2005	7910	BUSCARS	49475
13	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0994	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	MIRAL	52362
14	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0303	CHEVROLET	FTR	2002	7127	VARMA	50805
15	28 DE SEPTIEMBRE	IAF0327	HINO	FF1JP6Z	1998	8000	OLIMPICA	49311
16	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0318	CHEVROLET	FTR	2001	9200	PICOSA	47251
17	28 DE SEPTIEMBRE	PON0568	MERCEDES BENZ	OF1721	2003	12000	MONCAYO	43232
18	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0850	HINO	FF1JP6Z	1999	8000	CEPEDA	50759
19	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0722	CHEVROLET	FTR	2003	7961	MONCAYO	33531
20	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0211	CHEVROLET	FTR	2002	7127	MONCAYO	50001
21	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0369	CHEVROLET	FTR	2003	7127	LLERENA	50655
22	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0843	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MIRAL	51777
23	28 DE SEPTIEMBRE	CAE0320	CHEVROLET	FTR	2004	7127	ND	48032
24	28 DE SEPTIEMBRE	POY0106	CHEVROLET	FTR	2006	7127	OCCIDENTAL	48773
25	28 DE SEPTIEMBRE	PAI0986	CHEVROLET	FTR	2003	7127	IMETAM	45388
26	28 DE SEPTIEMBRE	PAI0742	CHEVROLET	FTR	2002	7127	MODELO	51395
27	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0218	CHEVROLET	FTR	2004	7127	JM	50797
28	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0149	CHEVROLET	FTR	2004	7127	PICOSA	49556
29	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0348	CHEVROLET	FTR	2002	7127	ND	44973
30	28 DE SEPTIEMBRE	IAF0532	CHEVROLET	FTR	2001	7127	TORINO	45364
31	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0420	CHEVROLET	FTR	2004	7127	OCCIDENTAL	49058
32	28 DE SEPTIEMBRE	PUH0341	HINO	FG1JPUZ	2008	7800	MARIELBUS	54033
33	28 DE SEPTIEMBRE	PZQ0089	CHEVROLET	FTR	2004	7127	ND	45000
34	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0402	CHEVROLET	FTR	2001	9570	FUERTES	54830
35	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0081	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7129	OLIMPICA	54312
36	28 DE SEPTIEMBRE	PZN0907	HINO	FF1JPSZ	1999	7961	PICOSA	49624

37	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0162	CHEVROLET	FTR	2004	7127	FIALLOS	50198
38	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0463	CHEVROLET	FTR	2001	7200	OLIMPICA	49839
39	28 DE SEPTIEMBRE	PZR0325	CHEVROLET	FTR	1999	7000	IMETAM	48901
40	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0322	CHEVROLET	FTR	2002	7127	VARMA	47238
41	28 DE SEPTIEMBRE	PUG0633	HINO	FG1JPUZ	2008	8000	PICOSA	50508
42	28 DE SEPTIEMBRE	TAR0392	CHEVROLET	FTR	1999	7127	VARMA	49676
43	28 DE SEPTIEMBRE	PAI0703	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	MIRAL	47287
44	28 DE SEPTIEMBRE	PAM0503	HYUNDAI	SUPER	2003	10000	AEROCITY	35000
45	28 DE SEPTIEMBRE	POA0909	CHEVROLET	FTR	2002	7127	IMETAM	54632
46	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0224	CHEVROLET	FTR	2003	7127	ALVARADO	36252
47	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0232	VOLKSWAGEN	17210	2003	6500	OMNIBUS	52434
48	28 DE SEPTIEMBRE	IAE0848	CHEVROLET	FTR	1998	6000	FUERTES	45688
49	28 DE SEPTIEMBRE	IAF0882	HINO	GD1JPTZ	2002	8000	THOMAS	47375
50	28 DE SEPTIEMBRE	PYR0547	CHEVROLET	FTR	2002	7127	OLIMPICA	51877
51	28 DE SEPTIEMBRE	IAK0825	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MIRAL	56027
52	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0774	CHEVROLET	FTR	2004	7127	IMEG	47016
53	28 DE SEPTIEMBRE	PUK0257	INTERNACIONAL	3000FE	2006	7600	ND	45528
54	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0614	CHEVROLET	FTR	2004	7127	ND	49203
55	28 DE SEPTIEMBRE	PAR0892	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	VARMA	48641
56	28 DE SEPTIEMBRE	PZH0566	HINO	FD2HPSZ	1998	8000	GUZMAN	49002
57	28 DE SEPTIEMBRE	PZP0508	CHEVROLET	FTR	1999	6000	CV	49824
58	28 DE SEPTIEMBRE	PZS0772	CHEVROLET	FTR	2002	7127	ND	50345
59	28 DE SEPTIEMBRE	PZK0818	CHEVROLET	FTR	1998	8000	PICOSA	45218
60	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0362	HINO	GD1JLTZ	2001	8000	MIRAL	51428
61	28 DE SEPTIEMBRE	PZQ0414	CHEVROLET	FTR	2005	7127	MIRAL	45269
62	28 DE SEPTIEMBRE	PIZ0759	CHEVROLET	FTR	2003	7127	IMETAM	50384
63	28 DE SEPTIEMBRE	pzy0737	CHEVROLET	FTR	2002	7127	IMEG	35425
64	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0876	CHEVROLET	FTR	2001	7127	IMCE	45314

65	28 DE SEPTIEMBRE	TAT0609	CHEVROLET	FTR	2005	7127	ND	51046
66	28 DE SEPTIEMBRE	PZX0348	CHEVROLET	FTR	2002	7127	MIRAL	48597
67	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0305	CHEVROLET	FTR	2001	7127	OLIMPICA	54416
68	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0907	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	MIRAL	45155
69	28 DE SEPTIEMBRE	PZK0578	HINO	FD2HPSZ	1998	8000	LLERENA	46699
70	28 DE SEPTIEMBRE	PZK0812	CHEVROLET	FTR	1998	8000	ND	52517
71	28 DE SEPTIEMBRE	PZX0845	CHEVROLET	FTR	2002	7127	ND	50471
72	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0861	CHEVROLET	FTR	2002	7127	MONCAYO	50592
73	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0247	HINO	FD2HPSZ	1998	10000	IMETAM	31217
74	28 DE SEPTIEMBRE	PZV0767	CHEVROLET	CHR 7.2	2001	7127	IMETAM	43969
75	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0302	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	IMETAM	45000
76	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0673	CHEVROLET	FTR	2003	7127	ND	49787
77	28 DE SEPTIEMBRE	PAI0472	CHEVROLET	FTR	2002	7961	IBIMCO	54262
78	28 DE SEPTIEMBRE	PZF0703	HINO	FD2HPSZ	1999	6728	GAMENO	44818
79	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0310	CHEVROLET	FTR	1998	10000	IMETAM	50968
80	28 DE SEPTIEMBRE	PAU0140	CHEVROLET	CHR 7.2	2004	7200	MARCOPOLO	51510
81	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0828	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	MIRAL	52176
82	28 DE SEPTIEMBRE	MCY0726	CHEVROLET	FTR	2002	7127	CAPABA	52840
83	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0009	HINO	GD1JPTZ	2002	8000	CAMENU	53049
84	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0458	CHEVROLET	FTR	2001	7127	ND	43777
85	28 DE SEPTIEMBRE	PAU0230	CHEVROLET	FTR	2004	7127	CAPABA	51916
86	28 DE SEPTIEMBRE	IAE0957	HINO	FD2HPSZ	1999	6000	PICOSA	49822
87	28 DE SEPTIEMBRE	PZB0190	CHEVROLET	FTR	2003	7127	FIALLOS	48335
88	28 DE SEPTIEMBRE	PAU0513	MERCEDES BENZ	OF1721	2004	10000	IMETAM	50663
89	28 DE SEPTIEMBRE	PAU0042	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	MIRAL	49899
90	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0778	CHEVROLET	FTR	2002	9570	MODELO	43724
91	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0507	CHEVROLET	FTR	2001	7127	MIRAL	51143
92	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0471	CHEVROLET	CHR 7.2	2001	7200	NEOTHOMAS	41445

93	28 DE SEPTIEMBRE	PZR0413	CHEVROLET	FTR	1999	7127	ND	37437
94	28 DE SEPTIEMBRE	PAV0026	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MIRAL	48273
95	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0793	HINO	FD2HPSZ	1999	5000	RINOBUS	46458
96	28 DE SEPTIEMBRE	PZO0722	CHEVROLET	FTR	2004	7127	HERRERA	52997
97	28 DE SEPTIEMBRE	PZR0063	CHEVROLET	FTR	1999	8000	PICOSA	83326
98	28 DE SEPTIEMBRE	CAD0838	CHEVROLET	FTR	2001	8000	IMETAM	47925
99	28 DE SEPTIEMBRE	IAA1285	CHEVROLET	FTR	2001	7800	NEOTHOMAS	53582
100	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0537	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	MIRAL	49105
101	28 DE SEPTIEMBRE	PXW0075	CHEVROLET	FTR	2001	7127	VARMA	52785
102	28 DE SEPTIEMBRE	PAU0054	CHEVROLET	FTR	2004	7127	ND	49202
103	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0074	VOLKSWAGEN	17210	2003	6449	VOLKBUS	50352
104	28 DE SEPTIEMBRE	PZO0064	VOLKSWAGEN	17210	2003	6000	INTERBUS	42132
105	28 DE SEPTIEMBRE	PZO0014	MERCEDES BENZ	OF1721	2003	10000	IBIMCO	48874
106	28 DE SEPTIEMBRE	PZX0627	CHEVROLET	FTR	2002	7127	MIRAL	49129
107	28 DE SEPTIEMBRE	PAI0820	CHEVROLET	FTR	2003	7127	IMCE	49678
108	28 DE SEPTIEMBRE	PZX0718	CHEVROLET	FTR	2001	7127	ALTAMIRANO	35000
109	28 DE SEPTIEMBRE	PZT0780	CHEVROLET	FTR	2001	7127	MARIELBUS	38310
110	28 DE SEPTIEMBRE	PAU0712	CHEVROLET	FTR	2004	7127	CARLUIS	51401
111	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0911	CHEVROLET	FTR	2003	7127	OLIMPICA	47791
112	28 DE SEPTIEMBRE	PZX0478	CHEVROLET	FTR	2001	7127	IMETAM	46221
113	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0018	MERCEDES BENZ	OF1721	2003	12000	IBIMCO	51967
114	28 DE SEPTIEMBRE	PZO0411	CHEVROLET	FTR	2004	7127	PERALVO	35000
115	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0196	VOLKSWAGEN	17210	2002	ND	CAPABA	35000
116	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0527	HINO	FF1JPTZ	2002	7961	IBIMCO	45000
117	28 DE SEPTIEMBRE	PAM0599	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	CEPEDA	47746
118	28 DE SEPTIEMBRE	PZY0833	CHEVROLET	FTR	2001	7127	IMETAM	51326
119	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0569	MERCEDES BENZ	OF1722	2005	10000	MIRAL	42545
120	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0496	MERCEDES BENZ	OF1722	2005	10000	NEOTHOMAS	52759

121	28 DE SEPTIEMBRE	PZS0938	CHEVROLET	FTR	2001	7127	OCCIDENTAL	50855
122	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0436	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	NEOTHOMAS	40182
123	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0268	CHEVROLET	FSR	1998	7127	MONCAYO	48494
124	28 DE SEPTIEMBRE	PZQ0056	CHEVROLET	FTR	2004	7127	MIRAL	54541
125	28 DE SEPTIEMBRE	PZJ0719	HINO	FD2HPSZ	1998	6728	INTERBUS	56457
126	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0676	CHEVROLET	FTR	2003	7127	IMEG	46659
127	28 DE SEPTIEMBRE	PUB0335	CHEVROLET	FTR	2006	7127	INMAY	40954
128	28 DE SEPTIEMBRE	PZS0770	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7127	JM	42888
129	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0688	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	10000	PICOSA	48592
130	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0576	CHEVROLET	FTR	2002	7100	FUERTES	49438
131	28 DE SEPTIEMBRE	PZV0322	CHEVROLET	CHR 7.2	2001	7127	PICOSA	46167
132	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0332	HINO	RK1JSTL	2003	7961	OLIMPICA	52268
133	28 DE SEPTIEMBRE	CAD0738	HINO	FD2HPSZ	1999	8000	CAMENU	28826
134	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0463	CHEVROLET	FTR	2002	7127	HERRERA	43024
135	28 DE SEPTIEMBRE	PZV0369	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	IMETAM	45472
136	28 DE SEPTIEMBRE	CAE0522	CHEVROLET	FTR	2005	7127	PICOSA	52551
137	28 DE SEPTIEMBRE	PZW0891	HINO	GD1JLTZ	2001	7961	ARANDI	45333
138	28 DE SEPTIEMBRE	PQD0300	CHEVROLET	FTR	2002	7127	IMCE	51393
139	28 DE SEPTIEMBRE	PZQ0125	CHEVROLET	FTR	1999	7000	VELASCO	51886
140	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0120	CHEVROLET	FTR	2004	7200	IMETAM	46279
141	28 DE SEPTIEMBRE	PZZ0366	CHEVROLET	CHR 7.2	2002	7200	IMETAM	51850
142	28 DE SEPTIEMBRE	PAQ0537	CHEVROLET	FTR	2004	7200	MIRAL	45798
143	28 DE SEPTIEMBRE	IAG0348	CHEVROLET	FTR	2001	8000	MONCAYO	49418
144	28 DE SEPTIEMBRE	PAB0584	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7127	NEOTHOMAS	48592
145	28 DE SEPTIEMBRE	PAO0986	CHEVROLET	CHR 7.2	2003	7200	OLIMPICA	48680
146	28 DE SEPTIEMBRE	TAR0825	MAN	14285LC	2003	9000	PICOSA	46661
147	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0243	CHEVROLET	FTR	2004	7127	ND	50408
148	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0455	CHEVROLET	FTR	2004	10000	ND	52752

149	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0603	HINO	GD1JPTZ	2005	7961	INTERBUS	48456
150	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0490	CHEVROLET	FTR	2005	7127	OCCIDENTAL	34561
151	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0684	CHEVROLET	FTR	2005	7127	OCCIDENTAL	45000
152	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0832	CHEVROLET	FTR	2005	7800	INTERBUS	45884
153	28 DE SEPTIEMBRE	IAK0298	CHEVROLET	FTR	2005	7127	VARMA	44664
154	28 DE SEPTIEMBRE	IAK0893	CHEVROLET	FTR	2006	7127	ND	50958
155	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0590	HINO	GD1JPTZ	2005	8000	VARMA	51092
156	28 DE SEPTIEMBRE	IAH0901	CHEVROLET	FTR	2006	8000	OCCIDENTAL	49914
157	28 DE SEPTIEMBRE	IAK0161	CHEVROLET	FTR	2006	7127	IMCE	51456
158	28 DE SEPTIEMBRE	IAK0210	CHEVROLET	FTR	2006	7127	MARCOPOLO	51655
159	28 DE SEPTIEMBRE	IAK0157	CHEVROLET	FTR	2006	7127	ND	53529

**Figura AI. 1** Caracterización de la flota vehicular de autobuses urbanos de la ciudad de Ibarra



## ANEXO II

### RUTAS DE LA CIUDAD DE IBARRA- ECUADOR

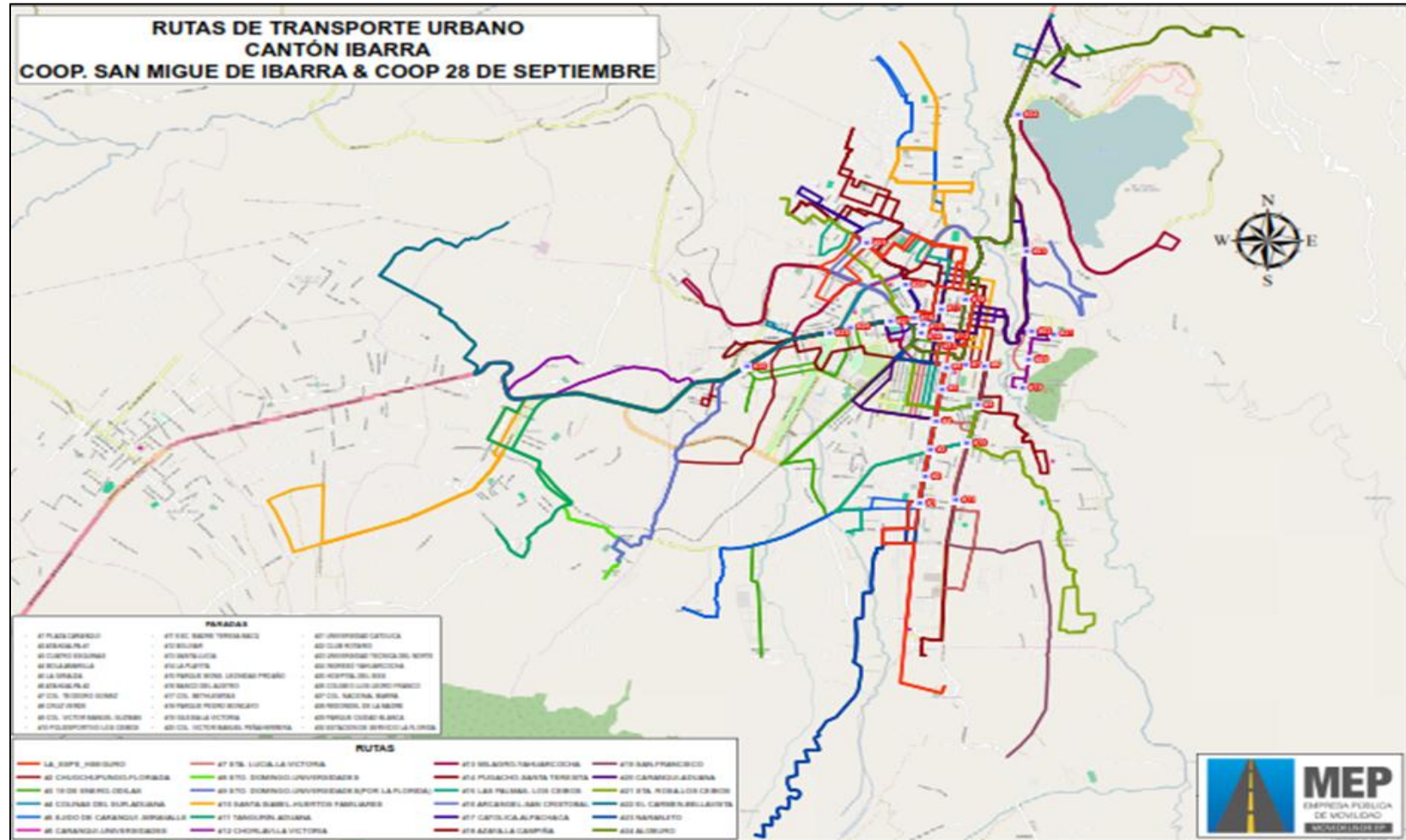


Figura AII. 2 Rutas de la ciudad de Ibarra

## ANEXO III

### CÁLCULO DE BINS DE POTENCIA

STRESS	STRESS	BIN #	BIN #	BIN #	CO	CO2	THC	Nox				Average RUNNING Emission Rate in Bin			
Ppreavg	stress	VSP Bin Num (0-19)	Stress Bin Num (1-3)	Bin Num (0-59)	g/s	g/s	g/s	g/s	Driving Bin (in location file)	# Seconds in Each Bin	Fraction in Each Bin	CO	CO2	THC	Nox
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	1	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	2	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	3	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	4	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	5	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	6	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	7	0	0,000	0,0038	0,1292	0,0002	0,0002
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	8	1	0,005	0,0051	0,1061	0,0003	0,0001
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	9	3	0,015	0,0065	0,1429	0,0004	0,0002
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	10	13	0,065	0,0027	0,0698	0,0002	0,0001
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	11	142	0,706	0,0018	0,0540	0,0002	0,0001
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	12	21	0,104	0,0025	0,0700	0,0002	0,0001
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	13	14	0,070	0,0017	0,0489	0,0001	0,0001
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	14	3	0,015	0,0011	0,0220	0,0001	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	15	4	0,020	0,0002	0,0134	0,0000	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	16	0	0,000	0,0017	0,0441	0,0001	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0,003653	0,06226	0,000153	1,52E-05	17	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0,115777	0,657623	0,00699	0,000338	18	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0,241271	0,647815	0,016787	0,000742	19	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0,311001	0,665197	0,027878	0,000909	20	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0,337836	0,739681	0,03292	0,000869	21	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0,33208	0,792165	0,032508	0,000805	22	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0,321116	0,81105	0,030312	0,000777	23	0	0,000				
0,0	0,0	11	1	11	0,309347	0,810647	0,028289	0,000757	24	0	0,000				

0,009	0,9	11	1	11	0,295359	0,818265	0,027177	0,000743	25	0	0,000				
0,008	0,9	11	1	11	0,272022	0,828422	0,026342	0,000739	26	0	0,000				
0,008	0,9	11	1	11	0,251476	0,853646	0,02619	0,000766	27	0	0,000				
0,005	0,9	11	1	11	0,233012	0,896307	0,02686	0,000826	28	0	0,000				
0,006	0,9	11	1	11	0,346359	1,542026	0,046745	0,001453	29	0	0,000				
0,005	0,9	11	1	11	0,389301	1,720465	0,060644	0,001805	30	0	0,000				
0,006	0,9	11	1	11	0,439596	1,620573	0,07191	0,002142	31	0	0,000				
0,004	0,9	11	1	11	0,434643	1,493181	0,076343	0,002543	32	0	0,000				
0,005	0,9	11	1	11	0,427772	1,665882	0,084695	0,003996	33	0	0,000				
0,005	0,9	11	1	11	0,347956	1,683724	0,081734	0,006533	34	0	0,000				
0,005	0,9	11	1	11	0,211755	1,148935	0,056335	0,006557	35	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,004	0,9	11	1	11	0,324494	1,811618	0,090718	0,010954	36	0	0,000				
0,007	0,9	11	1	11	0,528206	2,63402	0,136144	0,012696	37	0	0,000				
0,012	0,9	11	1	11	0,377683	1,880386	0,095608	0,009545	38	0	0,000				
0,011	0,9	11	1	11	0,264617	1,58385	0,069741	0,011124	39	0	0,000				
0,012	0,9	11	1	11	0,305365	1,848097	0,069154	0,01419	40	0	0,000				
0,012	0,9	11	1	11	0,300532	1,804257	0,059949	0,012492	41	0	0,000				
0,012	0,9	11	1	11	0,211189	1,530355	0,043972	0,010388	42	0	0,000				
0,013	0,9	11	1	11	0,127547	1,071314	0,026545	0,007736	43	0	0,000				
0,013	0,9	11	1	11	0,114642	1,047275	0,023686	0,007321	44	0	0,000				
0,013	0,9	11	1	11	0,094845	1,000232	0,021107	0,005933	45	0	0,000				
0,007	0,9	11	1	11	0,076861	1,01197	0,019851	0,004714	46	0	0,000				
0,009	0,9	11	1	11	0,061849	1,024619	0,018803	0,003952	47	0	0,000				
0,010	0,9	11	1	11	0,173201	2,703806	0,051189	0,00888	48	0	0,000				
0,021	0,9	11	1	11	0,205952	1,831948	0,041591	0,006076	49	0	0,000				
0,019	0,9	11	1	11	0,205952	1,831948	0,041591	0,006076	50	0	0,000				
0,019	0,9	11	1	11	0,162947	1,177328	0,0269	0,006003	51	0	0,000				
0,022	0,9	11	1	11	0,294472	2,401977	0,050426	0,013061	52	0	0,000				
0,022	0,9	11	1	11	0,205882	1,817616	0,035512	0,00926	53	0	0,000				
0,021	0,9	12	1	12	0,185554	2,134542	0,038581	0,012093	54	0	0,000				
0,028	1,0	12	1	12	0,110472	2,105213	0,033922	0,016219	55	0	0,000				
0,126	0,9	11	1	11	0,067949	1,865751	0,026794	0,018287	56	0	0,000				
0,096	1,0	12	1	12	0,050538	1,165793	0,015531	0,012756	57	0	0,000				
0,108	0,9	11	1	11	0,066357	1,07877	0,014005	0,011163	58	0	0,000				
0,122	0,9	11	1	11	0,066664	1,023438	0,012972	0,008571	59	0	0,000				

0,138	0,9	11	1	11	0,058904	1,061684	0,012838	0,006714	All	201	1,000	0,001982	0,056651	0,000181	
-------	-----	----	---	----	----------	----------	----------	----------	-----	-----	-------	----------	----------	----------	--

**Figura AIII. 3** Proceso de cálculo de bins de potencia





49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura AIV. 4.1** Bins calculados por hora para la ruta Católica- Alpachaca (Día Domingo)







53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura AIV. 4.2** Bins calculados por hora para la ruta Católica- Alpachaca (Día Ordinario)





53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura AIV. 4.3** Bins calculados por hora para la ruta Católica- Alpachaca (Día Sábado)





48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura AV. 5.1** Bins calculados por hora para la ruta Esperanza- Hosp del seguro (Día Domingo)







53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura AV. 5.2** Bins calculados por hora para la ruta Esperanza- Hosp del seguro (Día Ordinario)





53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Figura AV. 5.3** Bins calculados por hora para la ruta Esperanza- Hosp del seguro (Día Sábado)