



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE VEHÍCULOS
DE TRANSPORTE ESCOLAR E INSTITUCIONAL EN LA CIUDAD
DE IBARRA MEDIANTE MODELADO COMPUTACIONAL**

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

ARCINIEGAS MEJÍA OMAR LEONEL

DIRECTOR: ING. ROSERO RAMIRO, MSc.

Ibarra, Junio 2018



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual propongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003094131		
APELLIDOS Y NOMBRES:	ARCINIEGAS MEJÍA OMAR LEONEL		
DIRECCIÓN:	IBARRA. Sector el Olivo calle Dr. Cristóbal Tobar Subia y Dr. Luis Madera		
EMAIL:	olarcinieasm@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	062937065	TELÉFONO MÓVIL	093963970

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	"ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE ESCOLAR E INSTITUCIONAL EN LA CIUDAD DE IBARRA MEDIANTE MODELADO COMPUTACIONAL"
AUTOR	ARCINIEGAS MEJÍA OMAR LEONEL
FECHA: AA.DD.MM	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA	PREGRADO GRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR DIRECTOR:	MSC. RAMIRO ROSERO

1. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, ARCINIEGAS MEJÍA OMAR LEONEL, con cédula de identidad Nro. 100309413-1 en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado detallado anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de esta obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

2. CONSTANCIA

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

Ibarra a los 10 días del mes de Mayo del 2018

EL AUTOR

Firma: 

Nombre: Arciniegas Mejía Omar Leonel

Cédula de Identidad: 100309413-1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR. DEL TRABAJO DE
GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **ARCINIEGAS MEJÍA OMAR LEONEL**, con cédula de ciudadanía Nro. 100309413-1, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de la propiedad Intelectual del Ecuador, artículo 4,5 y 6 en calidad de autor de la obra o trabajo de grado, con el nombre: **ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE ESCOLAR E INSTITUCIONAL EN LA CIUDAD DE IBARRA MEDIANTE MODELADO COMPUTACIONAL**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra 2018.

Firma: 

Nombre: Arciniegas Mejía Omar Leonel

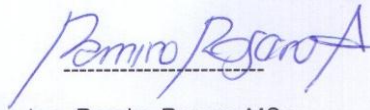
Cédula: 100309413-1

Ing. Ramiro Ruzo MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente proyecto fue realizado en su totalidad por el señor: **Arciniegas Mejía Omar Leonel**, como requerimiento para la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

Atentamente.



Ing. Ramiro Rosero MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco al todo poderoso por darme la vida, salud y sabiduría para cumplir exitosamente este objetivo.

A la Universidad Técnica del Norte como ente facilitador de herramientas en el proceso de aprendizaje durante mi período estudiantil.

A mis padres por brindarme todo el cariño y apoyarme incondicionalmente, logrando alcanzar una meta más propuesta.

Al Ing. Ramiro Rosero Director del Proyecto, quien me colaboro en el estudio brindándome toda la atención necesaria para poder concluir con éxito.

Arciniegas Mejía Omar Leonel.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación dedico a mi papá Oswaldo Arciniegas y a mi madre Delia Mejía por darme la vida, e inculcarme con su ejemplo a seguir el buen camino, ellos me brindaron su apoyo en todo momento durante el período de estudio de la carrera, gracias a sus palabras, consejos me han permitido ser una persona de bien y responsable durante mi época universitaria.

A mis dos hermanos Herman, Bladimir, y sobrinos por darme aliento en todo momento brindarme su afecto moral y de cariño durante todo el transcurso de nuestras vidas.

A mi hija Kiara Arciniegas un ser muy importante en mi vida, aunque está pequeña, ella es y será fuente de motivación, dedicación e inspiración para lograr muchas metas propuestas en un futuro.

Arciniegas Mejía Omar Leonel.

ÍNDICE

	PÁG.
Tabla de Contenidos	II
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA	IV
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR. DEL TRABAJO DE GRADO	V
CERTIFICACIÓN	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	XVI
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XVIII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	1
1. Problema de Investigación	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.3. Formulación del problema	3
1.4. Delimitación	3
1.4.1. Temporal	3
1.4.2. Espacial	4
1.5. Alcance	4
1.6. Objetivos	5
1.6.1. Objetivo General	5
1.6.2. Objetivos Específicos	5
1.7. Justificación	6
CAPÍTULO II	7
2. Marco Teórico	7
2.1. Transporte Escolar e Institucional	7
2.1.1. Características transporte escolar e institucional	8
2.2. Composición de los gases de escape vehículos automotores	9
2.2.1. Material particulado (PM ₁₀ , PM _{2.5})	12
2.2.2. Compuestos orgánicos volátiles (COV)	13
2.2.3. Gases efecto invernadero	13
2.2.4. Factores que influyen en las emisiones vehiculares	13
2.3. Normativa de emisiones vehiculares	15
2.3.1. Normativa de emisiones vehiculares Tier (USA)	15
2.3.2. Normativa de emisiones vehiculares Euro (Europa)	16
2.3.3. Normativa de emisiones vehiculares Japonesa	17
2.3.4. Normativa Nacional	17
2.4. Evaluación de emisiones vehiculares	19
2.4.1. Vehículos automotores como fuente de emisión	20
2.4.2. Emisiones en vehículos automotores	20
2.5. Métodos de evaluación de emisiones	21
2.5.1. Ensayo estático	22
2.5.2. Ensayo dinámico	23
2.5.2.1. Método muestreo de volumen constante CVS	23
2.5.3. Método por sensores remotos	24
2.5.4. Método PEMS (portable emissions measurement system) o pruebas a bordo	25
2.5.5. Modelos matemáticos y computacionales	26

2.5.5.1. Modelo IVE	27
2.6. Motor de encendido por compresión (MEC)	29
2.6.1. Ciclo diésel	30
2.6.2. Tecnología para el control de emisiones motor diésel	30
2.7. Combustibles	32
2.7.1. El diésel	32
2.7.1.1. Refinación del diésel	32
2.7.1.2. Contenido de mundial de ppm de Azufre en el diésel	33
2.7.1.3. Índice de cetano	34
2.7.2. El diésel en el Ecuador	34
2.7.2.1. Particularidades del diésel en Ibarra.	35
CAPÍTULO III	36
3. Estimación de emisiones vehiculares mediante modelado computacional	36
3.1. Arquitectura del modelado IVE	36
3.1.1. Categorías vehiculares usadas por IVE	37
3.1.2. Gases que evalúa IVE	38
3.1.3. Requerimientos del modelado IVE	39
3.1.4. Proceso de cálculo IVE	39
3.1.5. Proceso de estimación de emisiones en el modelado IVE	40
3.1.6. Factores de emisión	41
3.1.7. Metodología para la estimación de emisiones vehiculares	41
3.2. Caracterización de la Flota vehicular	43
3.2.1. Transporte Escolar e Institucional en Ibarra	44
3.2.2. Tipos de vehículo y marcas del transporte escolar e institucional	44
3.2.3. Selección de la flota a evaluar	45
3.2.4. Tecnología vehicular de la flota seleccionada	46
3.3. Análisis de localidad	50
3.3.1. Análisis geográfico de la ciudad de Ibarra	50
3.3.2. Análisis socioeconómico de las parroquias urbanas de Ibarra	52
3.3.3. Transporte de buses de Ibarra	53
3.3.4. Ubicación de unidades educativas	55
3.3.5. Optimización de rutas para el estudio	57
3.3.6. Esquema de rutas mediante GPS	58
3.4. Dinámicas de conducción	59
3.4.1. Encuesta al transporte Escolar e Institucional de Ibarra	59
3.4.2. Recorridos en el día y fin de semana de la flota	60
3.4.3. Hora promedio inicio y fin del recorrido	60
3.4.4. Estudiantes transportados en el día	61
3.4.5. Tiempo que permanece apagado el vehículo	62
3.4.5.1. Por la mañana hasta la tarde	62
3.4.5.2. Por la tarde hasta el otro día	62
3.4.6. Recorridos en el mapa de la ciudad de Ibarra	63
3.4.7. Análisis rutas seleccionadas por los conductores	64
3.5. Características cinemáticas de las rutas	64
3.5.1. Información requerida por IVE	64
3.5.2. Equipo de medición a bordo (GPS)	65
3.6. Selección de rutas a evaluar mediante equipo GPS	65
3.6.1. Ciclos de conducción	66
3.6.1.1. Ciclos de conduccion ruta U. E. “Juan Diego	67

3.6.1.2. Ciclos de conduccion ruta U. E. “La Salle – Fátima”	68
3.6.1.3. Ciclos de conduccion ruta U. E. “T.G.T.”	69
3.6.2. Ecuaciones para el cálculo de BINs de potencia	70
3.6.3. Bins de potencia calculados en cada ruta	70
3.6.4. Archivo flota	71
3.6.5. Archivo localidad	72
3.6.6. Archivo cálculo	73
3.6.7. Ruta Unidad Educativa “Juan Diego” (mañana – tarde)	74
3.6.7.1. Datos de GPS ruta 1 mañana y tarde	75
3.6.7.2. Emisiones obtenidas ruta 1 (mañana – tarde)	76
3.6.8. Ruta Unidades Educativas “La Salle” – “Fátima” (mañana – tarde)	77
3.6.8.1. Datos de GPS ruta 2 (mañana – tarde)	78
3.6.2.2. Emisiones obtenidas ruta 2 (mañana – tarde)	78
3.6.3. Ruta Unidad Educativa “T. G. T.” (Mañana – tarde)	80
3.6.3.1. Datos de GPS ruta 3 (mañana – tarde)	81
3.6.3.2. Emisiones obtenidas ruta 3 (mañana – tarde)	81
3.7. Datos de emisiones de todas las rutas	83
3.8. Promedio de emisiones año base 2017	83
CAPÍTULO IV	84
4. Análisis de resultados	84
4.1. Proceso de comportamiento de BINs	84
4.1.1. Bins de comportamiento en rutas de la mañana	85
4.1.2. Bins de comportamiento en rutas de la tarde	86
4.2. Análisis de emisiones finales	86
4.2.1. Comparativa de emisiones con la normativa vigente nacional e internacional	87
4.2.1.1. Monóxido de Carbono (CO)	87
4.2.1.2. Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	88
4.2.1.3. Material particulado (PM)	89
4.2.2. Análisis de emisiones del CO ₂	90
4.2.3. Análisis de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)	91
4.3. Propuesta de reducción de emisiones	91
4.3.1. Análisis de factores Internos	92
4.3.2. Análisis de factores externos	93
4.3.3. Propuesta de reduccion de emisiones vehiculares a corto plazo	94
4.3.4. Propuesta de reducción de emisiones vehiculares a mediano plazo	96
4.3.5. Propuesta de reducción de emisiones vehiculares a largo plazo	98
CAPITULO V	101
5. Conclusiones y recomendaciones	101
5.1. Conclusiones	101
5.2. Recomendaciones	103
Bibliografía	105
Anexos	115

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
2.1.	Clasificación del transporte escolar	8
2.2.	Normativa Americana	15
2.3.	Normativa EURO	16
2.4.	Niveles de emisión Japón	17
2.5.	Limites máximas de emisiones diésel, ciclo americano	18
2.6.	Limites máximas de emisiones diésel, ciclo Europeo	18
2.7.	Porcentaje de opacidad para el Ecuador	19
2.8.	Modelados para la estimación de emisiones sector transporte	26
2.9.	Tecnologías EURO (motor diésel)	31
2.10.	Requisitos diésel Premium Ecuador	35
3.1.	Categorías vehiculares que usa IVE	38
3.2.	Contaminantes evaluados por el modelado IVE	39
3.3.	Requerimientos IVE	39
3.4.	Variables de corrección	40
3.6.	Unidades KÍA Pregio ciudad de Ibarra 2017	46
3.7.	Tecnología vehicular de la flota vehicular seleccionada	49
3.8.	Parroquias de Ibarra	50
3.9.	Unidades Educativas Ibarra	56
3.10.	Unidades Educativas seleccionadas	58
3.11.	Rutas Transporte Escolar e institucional	60
3.12.	Horas de inicio y fin de los recorridos	60
3.13.	Promedio de transporte de estudiantes en el día	61
3.14.	Tiempo de para del motor (mañana-tarde)	62
3.15.	Tiempo de para del motor (tarde-otro día)	63
3.16.	Datos requeridos en IVE	64
3.17.	Rutas seleccionadas para el estudio	66
3.18.	Bins calculados por cada ruta	71
3.19.	Parámetros emitidos por GPS ruta 1 mañana	75
3.20.	Emisiones obtenidas mediante IVE ruta 1 (mañana – tarde)	76
3.21.	Parámetros emitidos por GPS ruta 2 (mañana – tarde)	78
3.22.	Emisiones obtenidas mediante IVE ruta 2 (mañana – tarde)	79
3.23.	Parámetros emitidos por GPS ruta 3 (mañana – tarde)	81
3.24.	Emisiones obtenidas mediante IVE ruta 3 (mañana – tarde)	82
3.25.	Emisiones finales de todas las rutas/vehículo	83
3.26.	Emisiones transporte escolar e institucional de Ibarra año base 2017	83
4.1.	Emisiones de CO ₂	90
4.2.	Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles	91
4.3.	Categorías de cada compuesto identificado	92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1.1.	Ubicación de la zona de estudio	4
2.1.	Furgoneta Escolar	9
2.2.	Composición de los gases de los motores diésel	10
2.3.	Emision de contaminantes ciudad de Ibarra	11
2.4.	Emisiones de CO ₂ en la Tierra (kt)	12
2.5.	Factores que influyen en las emisiones de un vehículo	14
2.6.	Emisiones de CO ₂ en Ecuador (kt)	14
2.7.	Test FTP - 75	16
2.8.	Emisiones determinantes de los vehículos	20
2.9.	Medición de opacidad	22
2.10.	Configuración del sistema CVS	23
2.11.	Equipo de medición de gases mediante sensores remotos	24
2.12.	Prueba a bordo Vehicular	25
2.13.	Ciudades en las que se ha usado IVE	28
2.14.	Ciclo termodinámico motor diésel	30
2.15.	Evolución de sistemas anticontaminantes diésel EURO	31
2.16.	Refinación del diésel	33
2.17.	Contenido de ppm de Azufre en diésel mundial	34
3.1.	Arquitectura de IVE	37
3.2.	Metodología para la estimación de emisiones en el transporte Escolar e Institucional de la ciudad de Ibarra – Ecuador	42
3.3.	Proceso empleado para la estimación de emisiones contaminantes vehiculares	43
3.4.	Transporte Escolar e Institucional Ibarra 2016 - 2017	44
3.5.	Porcentaje de marcas en vehículos	45
3.6.	Sistema de admisión	47
3.7.	Ficha técnica Kía Pregio 1996-2013	48
3.8.	Sistema de escape	49
3.9.	Parroquias Urbanas Ibarra	51
3.10.	Ubicación Socioeconómica de la ciudad	53
3.11.	Rutas de buses Ibarra	54
3.12.	Unidades Educativas de Ibarra.	55
3.13.	Ubicación de Las U.E. Seleccionadas	57
3.14.	Formato de ruta transporte escolar	58
3.15.	Recorridos escolares encuestados	63
3.16.	App GPS Speed	65
3.17.	Ciclo de conducción ruta U.E. “Juan Diego”	67
3.18.	Ciclo de conducción ruta U.E. “La Salle – Fátima”	68
3.19.	Ciclo de conducción ruta U.E. “T.G.T”	69
3.20.	Ventana flota	72
3.21.	Ventana localidad	73
3.22.	Ventana cálculo	74

3.23.	Ruta U.E. Juan Diego (mañana-tarde)	75
3.24.	Ruta U.E. La Salle - Fátima (mañana – tarde)	77
3.25.	Ruta U.E. Teodoro Gómez De La Torre (mañana - tarde)	80
4.1.	Comportamiento de bins en rutas de la mañana	85
4.2.	Comportamiento de bins en rutas de la tarde	86
4.3.	Comparativa CO vs normativas vigentes	88
4.4.	Comparativa del NOx vs normativas vigentes	89
4.5.	Comparativa del PM vs normativas vigentes	90
4.6.	Predicción de emisiones a corto plazo	95
4.7.	Predicción de emisiones a mediano plazo	98
4.8.	Predicción de emisiones a largo plazo	100
A.1.1.	Oficio dirigido a los presidentes de cada compañía	115
A.2.1.	Encuesta realizada a los transportistas	116
A.3.1.	Mapa de rutas IBARRA - ECUADOR	117
A.4.1.	Fotografía de encuesta realizada a una Compañía	118
A.4.2.	Fotografía de encuesta realizada a una Compañía	118
A.5.1.	Oficio dirigido a la ARCH - Ecuador	119
A.6.1.	Cálculo de bins de potencia ruta 1 (mañana)	120
A.6.2.	Cálculo de bins de potencia ruta 1 (tarde)	120
A.6.3.	Cálculo de bins de potencia ruta 2 (mañana)	121
A.6.4.	Cálculo de bins de potencia ruta 2 (tarde)	121
A.6.5.	Cálculo de bins de potencia ruta 3 (mañana)	122
A.6.6.	Cálculo de bins de potencia ruta 3 (tarde)	122

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
3.1	Ajuste factor de emisión	40
3.2	Ajuste factor de emisión en ruta	41
3.3	Ajuste factor de emisión en partida	41
3.4	Cálculo de VSP	70
3.5	Cálculo de pendiente	70
3.6	Estrés del motor	70
3.7	Potencia promedio	70
3.8	Indice de RPM	70

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO

NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1.	Oficio 1 por parte de la Universidad dirigido a los transportistas	115
2.	Formato de encuesta	116
3.	Mapa de rutas IBARRA – ECUADOR	117
4.	Evidencia fotografica	118
5.	Oficio 2 por parte de la Universidad dirigido a la ARCH	119
6.	Obtención de bins de potencia mediante (IVE)	120

GLOSARIO DE TÉRMINOS

PM:	Material particulado
HAP:	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
NO_x:	Óxidos de nitrógeno
CO:	Monóxido de carbono
CO₂:	Dióxido de carbono
NH₃:	Amoniaco
SO₂:	Dióxido de azufre
CH₄:	Metano
COV:	Compuesto Orgánicos Volátiles
COP:	Contaminantes Orgánicos Persistentes
Pb:	Plomo
Cd:	Cadmio
Cr:	Cromo
Ni:	Níquel
Se:	Selenio
Zn:	Zinc
PM₁₀:	Material particulado de 10 micras
PM_{2.5}:	Material particulado de 2.5 micras
GLP:	Gas licuado de petróleo
Msnm:	Metros sobre el nivel del mar
IVE:	Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares
COPERT:	Computer Program to Calculate Emissions from Road Transport
MOBILE:	Motor Vehicle Emission Simulator (primera generación)
MOVES:	Motor Vehicle Emission Simulator (segunda generación)
ECU:	Unidad de Control del motor
EPA:	Agencia de protección medio ambiental estadounidense
EEA:	Agencia Europea del medio ambiente
CAN:	Comunidad Andina de Naciones
OMS:	Organización mundial de la salud
MCI:	Motor de Combustión Interna
ANT:	Agencia Nacional de Transito
LOTTTSV:	Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial
CORPAIRE:	Corporación Municipal de Mejoramiento de la calidad de Aire de Quito
ARCH:	Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero

MOVIDELNOR E.P.	Empresa Pública de movilidad del Norte
VSP:	Potencia específica vehicular
Bin:	Compartimientos de energía dependiendo del stress del motor y vsp
Soak:	Tiempo de para en un vehículo antes de iniciar un recorrido
Kt:	Kilo-toneladas
CVS:	Constant Volume Sampler (Muestreo de volumen constante)
FTP-75:	Federal Test Procedure (Procedimiento Federal de Prueba)
U.E:	Unidades Educativas
PMS:	Punto muerto superior
PMI:	Punto muerto inferior
CRDI:	Sistema de inyección electrónica diésel por riel común
DOC:	Catalizador de oxidación diésel
NSR:	Sistema de reducción de almacenamiento de NO _x
DPF:	Filtro de partículas diésel
SCR:	Reducción catalítica selectiva
EGR:	Recirculación de gases de escape
CEGR:	Recirculación de gases de escape refrigerado
GEI:	Gases efecto invernadero

RESUMEN

La investigación se enfocó a estimar emisiones contaminantes en el motor diésel mediante un modelado matemático computacional. El primer capítulo define la problemática de emisiones en el transporte escolar e institucional, identificando los principales agentes tóxicos y gases de efecto invernadero como: Dióxido de carbono (CO_2), Dióxido de Nitrógeno (N_2O), Metano (CH_4), responsables del calentamiento global, compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos no combustionados (HC), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y material particulado de 10 micras (PM_{10}), que afectan la calidad del aire, la naturaleza y la salud de la población. El segundo capítulo hace una recopilación de fuentes primarias y secundarias, información requerida para la selección de flota a evaluar, se hace un análisis de modelados computacionales para estimar emisiones vehiculares utilizados a nivel mundial en ciudades con problemas de tráfico vehicular y emisiones, se opta por utilizar el modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE), desarrollado en conjunto por el Centro para la Investigación y Tecnología Ambiental (CE-CERT), la Escuela de Ingeniería de la Universidad de California en Riverside (UCR), Investigación de Sistemas Sustentables Globales (GSSR) y el Centro de Investigación de Sistemas Sustentables Internacionales (ISSRC). En el tercer capítulo se eligió la flota a evaluar, en este caso el transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra. Se investiga el contenido de ppm de azufre en el diésel de la zona, se define la tecnología que cuenta la flota vehicular, así como, un análisis geográfico, socioeconómico, rutas de buses y ubicación de Unidades Educativas de la ciudad de Ibarra, se recopiló datos de ruta mediante GPS, se filtró esta información y se procedió a calcular las emisiones de cada ruta mediante el modelado (IVE). En el cuarto capítulo se registró las emisiones de las rutas con un promedio día/unidad de: CO 7,2 g/km, NO_x 1.1 g/km, PM 0,87 g/km y CO_2 192,02 g/km. Una vez finalizada la investigación se pudo registrar que el mayor compuesto emitido por la flota evaluada es el material particulado PM conocido comúnmente como (humo) con un valor de sobre el 300 % exigido en la normativa nacional. Y un 16 % más el CO que exige la normativa. Se establece varias propuestas pero las más significativas son: implementación de programas retrofit al escape (filtros DPF) en toda la flota vehicular ya que este método reduce hasta un 90 % las emisiones de PM y CO a la atmosfera. Reducción del contenido de ppm de Azufre de 200 ppm actualmente a 50 ppm pudiendo así reducir entre un 95% emisiones de PM y CO.

ABSTRACT

The research is focused on estimating pollutant emissions in the diesel engine through mathematical computational modeling. The first chapter defines the issue of emissions in scholar and institutional vehicles, identifying the main toxic agents and greenhouse gases such as: Carbon dioxide (CO_2), Nitrogen dioxide (N_2O), Methane (CH_4), responsible of global warming, volatile organic compounds (VOC), unburned hydrocarbons (HC), carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x), sulfur oxides (SO_x) and particulate matter of 10 microns (PM10), which affect the air quality, nature and health of the population. The second chapter makes a compilation of the data required for the selection of the fleet to be evaluated; an analysis of worldwide used computational models, choosing the International Model of Vehicle Emissions (IVE) developed by the Center for Environmental Research and Technology (CE-CERT) and the School of Engineering at the University of California at Riverside (UCR). In the third chapter the fleet to be assessed was evaluated; the content of sulfur ppm in the diesel is investigated, the technology of the vehicle fleet is determined, as well as a geographical, socioeconomic analysis, bus routes, location of Educational Units of the city called Ibarra. The GPS data of the routes was filtered and proceeded to calculate the emissions of each route through modeling (IVE). In the fourth chapter the emissions of the routes were estimated with an average day / unit of: CO 7, 2 g / km, NO_x 1, 1 g / km, PM 0, 87 g / km and CO_2 192, 02 g / km. Once the research was completed, it was possible to evaluate that the largest compound emitted by the evaluated fleet is the PM particulate matter commonly known as smoke with a value of over 300 % required by national regulations, The emission of estimated CO were 16 % more than the regulation demands. Several proposals are established to reduce the emission of pollutants and greenhouse gases, the most significant are: implementation of exhaust retrofit programs (DPF filters) throughout the vehicle fleet as this method reduces PM and CO emissions to the atmosphere by up to 90 %. Reduction of the diesel's sulfur ppm content of 200 ppm currently to 50 ppm, thus reducing emissions of PM and CO by 95 %.

INTRODUCCIÓN

En la provincia de Imbabura el transporte escolar e institucional es muy importante para el desarrollo socioeconómico y educativo de la población, el presente proyecto investigativo identifica, evalúa las emisiones provenientes del motor diésel obtiene valores por cada compuesto y finalmente propone una reducción de emisiones, por lo que, surge la necesidad de tener una línea base de un factor de emisión de cada compuesto generado por el tráfico vehicular, ya que así podremos tener una idea de los compuestos que más son emitidos por un sector del transporte en la ciudad de Ibarra.

El tráfico vehicular en las ciudades es un problema lo que conlleva a que se emita mayor cantidad de gases contaminantes a la atmosfera por los motores en especial a diésel, de ahí identificar que gases son emitidos en las urbes es trascendental, para establecer alternativas de reducción de emisiones. En la presente investigación se aplica el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), usado a nivel mundial con una gran aceptación en países en vías de desarrollo como: Brasil, Chile, Colombia, México, y países desarrollados como China, India y Pakistán

Mediante el uso de el modelado (IVE) se hace la evaluación de emisiones a la flota del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra identificando los siguientes compuestos emitidos: CO, VOC, NO_x, SO_x y PM. Se les atribuye el nombre de contaminantes criterio, estos afectan la salud de la población en las ciudades ocasionando enfermedades respiratorias y finalmente el cáncer al pulmón y la sangre. También se obtuvo un factor de emisión de en compuestos como: CO₂, N₂O, y CH₄, gases responsables del calentamiento global, el efecto invernadero y la lluvia ácida.

Los valores obtenidos al finalizar el presente estudio arroja datos de cada compuesto muy significativos definiendo al CO, y el PM por sobre los límites establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002, mientras que con el NO_x ocurre que se encuentra dentro del rango exigido por esta normativa.

Finalmente se plantea un propuesta de reducción a corto, mediano y largo plazo de emisiones contaminantes ocasionados por la flota vehicular evaluada pudiendo así ajustarse a las exigencias de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002, y cumpliendo también con normativas internacionales Tier 2 y Euro 2.

CAPÍTULO I

1. Problema de Investigación

Según (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 77) las emisiones en Ibarra, ascienden a 2 869 ton/año de NO_x, atribuyendo un 97 % de emisiones al tráfico vehicular, el CO con 9 857 ton/año correspondiendo al 99 % al tráfico vehicular, el VOC con 2 708 ton/año correspondiendo el 59 % al tráfico vehicular. En emisiones de PM₁₀ suman 1 880 ton/año con el 11 % por tráfico vehicular y en PM_{2.5} ascienden a 548 ton/año atribuido el 29 % al tráfico vehicular.

Los porcentajes definidos son altos en el sector transporte, debido a que no existe regulación de emisiones en el proceso de revisión técnica vehicular hecha por el municipio. Por lo que se pretende obtener un primer inventario de emisiones vehiculares en un sector del transporte público, logrando así tener una línea base de emisiones vehiculares en la capital Imbabureña.

1.1. Antecedentes

La contaminación ambiental producida por el parque automotor es muy alta según (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 78) emisiones de CO, NO_x, VOC y PM en Ibarra se ven fuertemente afectadas por la alta circulación en las vías de vehículos de pasajeros, representando un 85 % de emisiones de estos compuestos, generadas por el sector transporte de la ciudad. Esto generalmente se ocasiona en horas pico debido a la aglomeración de personas y vehículos en la zona urbana de la ciudad. Según (Cremades & Lázaro, 2017) una exposición prolongada de NO_x puede afectar al sistema inmune y al pulmón, dando lugar a una menor resistencia a infecciones y causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar, así como enfermedades pulmonares como el asma. Con el material particulado existe mucha más inquietud, es de especial preocupación para la salud las partículas de 10 micrómetros de diámetro o menos (PM₁₀) porque estas pequeñas partículas alcanzan la zona más profunda del pulmón, las que incluso pueden alcanzar directamente la sangre (MP_{2.5}) (Caballero Morales, 2011), lo que conlleva finalmente al cáncer en sangre y pulmones.

Para el 2010 se tomó como año base de emisiones en varias ciudades del Ecuador y dentro de ellas Ibarra, se hizo un estudio para evaluar las emisiones atmosféricas generadas por todo tipo de actividad como: las industrias, las canteras, tráfico vehicular, gasolineras, GLP doméstico, rellenos sanitarios, vegetación. Para la ciudad de Ibarra se generó valores generales pero la principal fuente de emisiones contaminantes es por el tráfico vehicular (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 77).

La situación actual de la ciudad respecto a las emisiones contaminantes producidas por los vehículos sigue siendo la misma, sin que haya una normativa vehicular más exigente para su reducción. En este aspecto, cabe mencionar que en países como Colombia, Estados Unidos, China se ha hecho investigaciones muy significativas lo que ha ayudado a fomentar leyes en procura de la preservación del aire en las ciudades, proponiendo diferentes alternativas ya sea de movilidad o energías alternativas para la automoción, mejorando así el bienestar de la población y el ambiente.

1.2. Planteamiento del problema

Debido a que no existe una línea base del nivel de emisiones en el transporte escolar e institucional de la ciudad, se conoce las principales causas que aumentan las emisiones como son: la tecnología vehicular, combustible, conducción, según el (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 77) el 87,7 % de emisiones de CO₂ corresponde al tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra. Afectando la salud de la población y el medio ambiente, infringiendo el derecho constitucional de vivir en un ambiente sano.

En Ibarra el transporte escolar e institucional es muy importante para el traslado de personas desde su casa hacia una institución educativa o empresa y viceversa, pero los efectos de la combustión de los motores diésel, ocasiona resultados adversos tanto al ecosistema como afecciones respiratorias directas a la población.

Según estudios realizados en varias ciudades del Ecuador por parte del Ministerio del Ambiente, en la ciudad de Ibarra el 97 % de las emisiones de NO_x, además del 99 % de CO y el 59 % de COV corresponden al tráfico vehicular (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 77). Además, existe contaminación por otros compuestos volátiles tales como: PM₁₀, PM_{2.5}, Bióxido de Carbono (CO₂), Óxido Nitroso (N₂O), Metano (CH₄). Considerando que este estudio presenta valores globales de las principales emisiones por tráfico vehicular de la

ciudad, el presente trabajo pretende analizar las emisiones de estos gases producidos por el transporte escolar e institucional, además proponer alternativas para la reducción de emisiones y mejorar la calidad del aire de la ciudad.

La industria automotriz ha dado grandes avances tecnológicos en muchos sistemas del automóvil, pero el motor de combustión interna no tan significativamente, pues, siempre va ocasionar emisiones de compuestos tóxicos por la quema de un combustible fósil obteniendo: monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos responsables del efecto invernadero lo que también conlleva a que de una u otra forma se vea afectada la flora y fauna, también los óxidos de nitrógeno actores de daños al ecosistema, afecciones respiratorias a las personas por ende el cáncer y problemas congénitos en las nuevas generaciones.

1.3. Formulación del problema

¿Cómo estimar emisiones contaminantes de vehículos de transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra mediante modelado computacional?

Existen varias técnicas al momento de evaluar emisiones, pero, los más adaptables en una flota vehicular son los modelados matemáticos computacionales, que se ajustan a condiciones locales de una ciudad obteniendo un panorama general de emisiones en un sector del transporte en particular.

1.4. Delimitación

1.4.1. Temporal

Este proyecto de investigación se llevará a cabo desde el mes de Noviembre del 2016 hasta el mes de mayo del 2018, según el cronograma establecido.

1.4.2. Espacial

Este proyecto se desarrollará en la Universidad Técnica del Norte; la zona de incidencia del proyecto será el centro, hiper centro y periferia de la ciudad de Ibarra, contemplado todas las parroquias urbanas que conforman la capital Imbabureña.

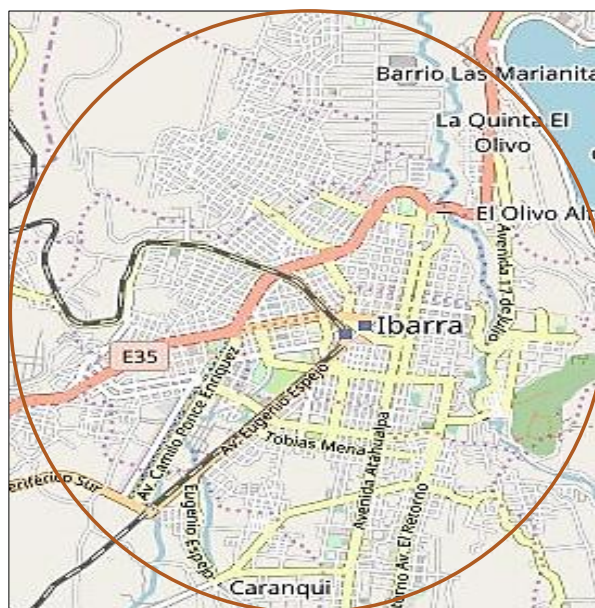


Figura. 1.1. Ubicación de la zona de estudio

Fuente: (Autor – Vía openstreetmap.org, 2017)

1.5. Alcance

El este estudio se realizará una estimación de emisiones contaminantes en vehículos de transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, identificando los compuestos que se generan en la combustión del motor diésel, se tomará como año base el 2017, para ello se usará un modelado matemático que calcule un factor de emisión de cada compuesto en una unidad vehicular, pudiendo así aplicar este método a toda la flota.

Las herramientas con las que hará este estudio son un modelado computacional (software) capaz de hacer cálculos de acuerdo a condicionantes requeridas por este, se hará un formato de encuestas o entrevistas para poder recopilar información sustancial para el estudio, se hará una medición por GPS a cada unidad vehicular pudiendo así recopilar información de cada vehículo durante un trayecto en la ciudad.

Para poder tener un estudio bien estructurado de emisiones contaminantes de la flota elegida se hará la indagación en vehículos de transporte escolar e institucional a través de entes de control como es MOVIDELNOR E.P. Obteniendo una base de datos de vehículos que están debidamente matriculados en la Agencia Nacional de Tránsito, esto para obtener una información adicional para seleccionar una flota homogénea. De esta flota vehicular seleccionada se hará un cálculo de elementos contaminantes expulsados al momento de su funcionamiento en ruta, identificando la problemática que estas representan a la población y su efecto al ecosistema.

Una vez hecho el inventario de emisiones vehiculares de la flota seleccionada se hará una comparativa con los niveles permisibles de emisiones de cada compuesto que exigen la normativa vehicular ambiental nacional e internacional, pudiendo así plantear una propuesta de reducción de emisiones contaminantes en la flota de acuerdo al estudio realizado.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Estimar las emisiones contaminantes de vehículos de transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra mediante modelado computacional.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Identificar los principales contaminantes derivados de las emisiones de escape mediante el modelado computacional, así como sus efectos adversos para con el medio ambiente y el ser humano.
- Obtener un inventario de emisiones de gases de escape y evaporativas producidas por vehículos de transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra.
- Establecer una propuesta de reducción de emisiones basada en el análisis de los principales contaminantes identificados en el estudio.

1.7. Justificación

Con este estudio se pretende contribuir en la mejora de la calidad del aire en la ciudad de Ibarra, ya que la conservación de este es un deber del Estado y Gobiernos seccionales, contribuyendo así con el objetivo tres del Plan Nacional de Desarrollo. Hacer un inventario de emisiones vehiculares en el transporte escolar e institucional ayuda a tener un primer factor de emisión vehicular como línea base para estudios posteriores. La contaminación ambiental es un grave problema en la ciudad ya que existe gran concentración de vehículos lo que ha ocasionado daños ambientales y enfermedades respiratorias a la población de Ibarra. Según la (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2017) en el código orgánico ambiental, Artículo 245, en obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable, manifiesta, todas las personas naturales o jurídicas están obligadas según corresponda, a fomentar procesos de mejoramiento continuo que disminuyan las emisiones. Dando cumplimiento a este código se pretende hacer una evaluación de emisiones mediante un modelado matemático por medio de un software computacional a la flota de transporte escolar e institucional de la ciudad, pudiendo así estimar un factor de emisión por cada unidad vehicular. La Ley orgánica de transporte terrestre tránsito y seguridad vial promueve la reducción de gases emanados por los vehículos en los espacios de la vía pública. En este aspecto, mediante esta investigación resultara beneficiada la población de la ciudad de Ibarra; al establecer una propuesta de reducción de emisiones pudiendo así mejorar la calidad del aire en el sector urbano de la ciudad.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1. Transporte Escolar e Institucional

En el Ecuador se lo conoce como transporte Escolar e Institucional a la movilidad que, “consiste en el traslado de estudiantes desde sus domicilios hasta la institución educativa y viceversa y en las mismas condiciones al personal de una empresa pública o privada” (Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, 2008, pág. 15).

El control de emisiones vehiculares del transporte público es competencia de los municipios en el Ecuador y cada uno de ellos establece ordenanzas para sancionar a los conductores si rebasan los límites establecidos según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207:2002, 2002 así por ejemplo en la ciudad de Quito se sanciona de la siguiente manera. “Si un vehículo seleccionado en la vía pública para que se le realice el control aleatorio, sobrepasare los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes o de opacidad, será multado con 10 % de una Remuneración Básica Unificada” (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2018, pág. 7). Además, este será citado a un centro de revisión técnica vehicular y si el caso lo amerita se retiene la unidad.

Este medio de transporte es muy importante en nuestro país pues debe prestar la seguridad a los estudiantes que en la mayoría de los casos son niños, para que un vehículo este homologado por la Agencia Nacional de tránsito de cumplir varios aspectos de seguridad tales como. Llevar cinturones de seguridad en todos los asientos de la unidad, portar el disco PARE electrónico en la parte izquierda a la altura del chofer (RTE INEN 041, 2013, pág. 18). Esto permite recoger y dejar estudiantes, además de estar en excelentes condiciones mecánicas cada unidad y en buen estado el labrado de las llantas.

En la provincia de Imbabura el ente regulador del transporte público escolar e institucional es la Empresa Pública de Movilidad del Norte (MOVIDELNOR E.P.), quien lleva un control de base de datos de las unidades, inspecciona que las compañías cumplan todos los requerimientos estipulados en la ley, a la vez matricula anualmente y fiscalizan cada unidad semestralmente, permitiendo tener un control de cada vehículo.

2.1.1. Características transporte escolar e institucional

Para la república del Ecuador existe la normativa NTE INEN 041 del transporte escolar e institucional, que tiene por objeto. “Establecer los requisitos que deben cumplir los vehículos para el transporte escolar de pasajeros, con la finalidad de proteger la vida y la seguridad de las personas, el ambiente y la propiedad” (RTE INEN 041, 2013, pág. 3). También esta norma habla sobre datos técnicos que deben conocer los fabricantes y usuarios.

La norma da a conocer todos los requerimientos técnicos necesarios como: carrocería, motor, chasis, sistemas del vehículo, denominaciones designadas para cada unidad, así como la conservación del medio ambiente. A continuación, se detalla la denominación de cada unidad por pasajeros. Ver Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Clasificación del transporte escolar

Denominación	Número de ocupantes incluido el conductor
Furgoneta	Desde 12 a 18
Microbús	Desde 19 a 26
Minibús	Desde 27 a 35
Bus	A partir de 36

(RTE INEN 041, 2013, pág. 7)

Para el transporte escolar e institucional del Ecuador existe la Resolución No. 112 DIR año 2014 que tiene por objeto. “Establecer las condiciones y requisitos para la prestación del servicio de transporte terrestre comercial e institucional a nivel nacional” (Resolución No. 112-DIR-2014-ANT, 2014, pág. 3).

En la resolución se indica los requerimientos legales para la creación de una compañía, permisos operacionales, obligaciones de la operadora, obligaciones de los conductores, obligaciones y especificaciones de los vehículos, prohibiciones y sanciones y finalmente disposiciones generales.

En la ciudad de Ibarra se utiliza el vehículo tipo furgoneta para el transporte de pasajeros esta debe ser homologada por la (ANT) antes de prestar sus servicios, según (Resolución No. 112-DIR-2014-ANT, 2014, pág. 7) la furgoneta es un transporte de personas de 12 hasta 18 pasajeros incluido el conductor, se exige que sea de color amarillo con una franja negra en un 30% - 50%. Se debe tomar en cuenta el filo de la carrocería parte inferior hasta el tope

de la ventana, también otros aspectos como cintas reflectivas y letrero como se muestra en la Fig 2.1.

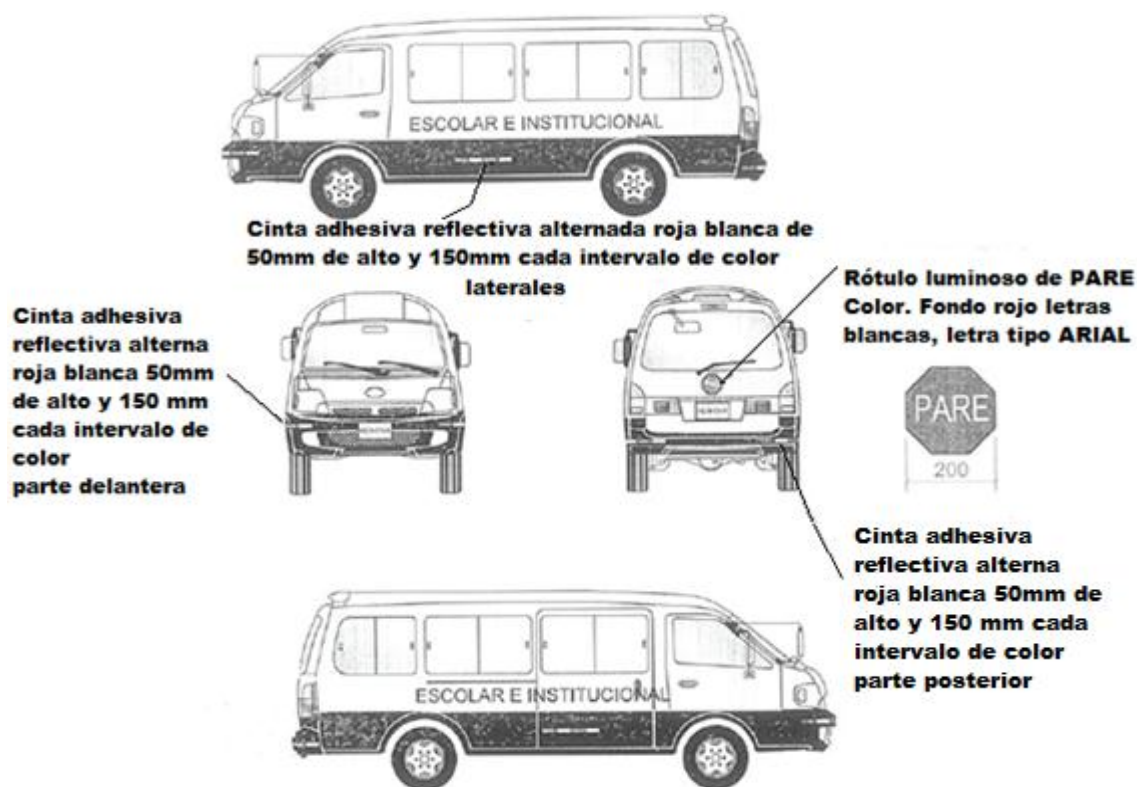


Figura. 2.1. Furgoneta Escolar
(Resolución No. 112-DIR-2014-ANT, 2014, pág. 11)

Este vehículo para la república del Ecuador según (Normativa INEN 2656, 2016, pág. 6) es Categoría M, vehículos automotores de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de pasajeros y sub categoría M2, tipo Van/furgoneta de pasajeros.

2.2. Composición de los gases de escape vehículos automotores

Emisiones contaminantes atmosféricas son todos aquellos compuestos que se encuentran suspendidos en el aire en forma de gas o micro partículas producto de la combustión de elementos fósiles ya sea por la industria, el transporte, quema de bosques, tormentas de viento, rellenos sanitarios, canteras, utilización de pesticidas para el agro.

Hay que destacar que cuando se discute sobre gases de efecto invernadero (GEI) se hace referencia al CO₂ equivalente (CO₂ eq). Que incluye los principales seis gases de efecto invernadero designados en el Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄),

óxido de nitrógeno (N_2O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6) (Generalitat de Catalunya, Comisión Interdepartamental del Cambio Climático, 2011, pág. 3).

En la industria automotriz se presentan emisiones en caliente, en frío y evaporativas producto de la evaporación en el tanque. Según, (Rojas Pérez, 2015, pág. 28) fuentes de emisiones en ruta son, principalmente en áreas urbanas, debido al gran número y variedad de vehículos involucrados y al impacto que tienen los patrones de conducción en las emisiones, estas emisiones son difíciles de cuantificar. Por tal razón se ha creado la necesidad de crear métodos, modelados, softwares para poder evaluar.

En el área automotriz el uso de combustibles tales como la gasolina y el diésel son importantes para que se produzca la energía mecánica que nos permitirá transportarnos a diferentes partes y con ello el traslado de mercaderías, la combustión de estos elementos provoca gases no combustiónados en el escape obteniendo valores como se demuestra en la Fig. 2.2. Estos gases son agentes producto del motor diésel.

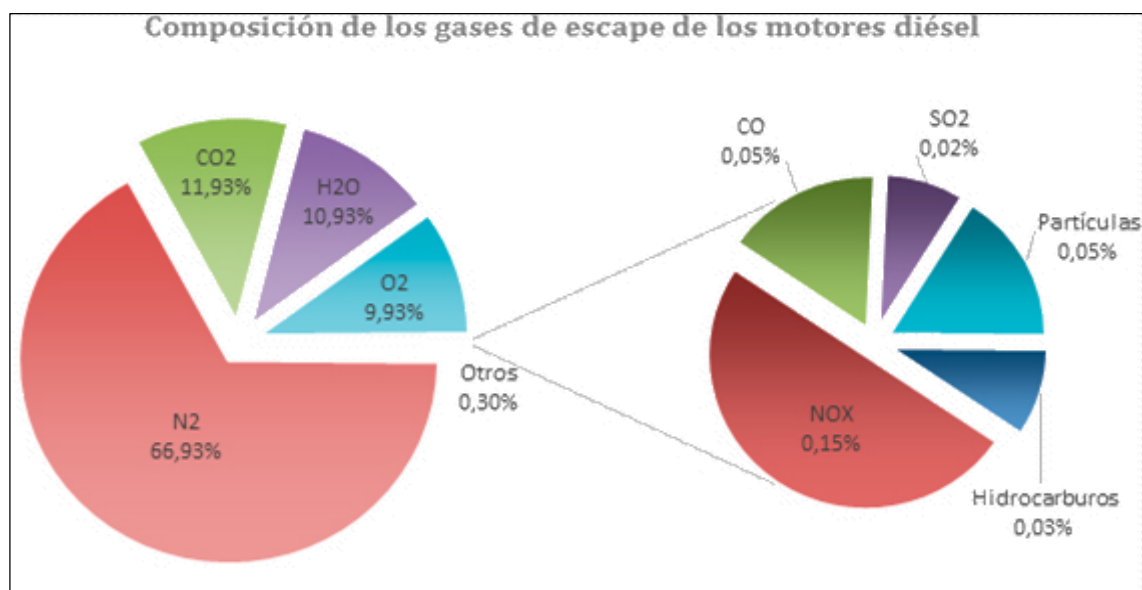


Figura. 2.2. Composición de los gases de los motores diésel
(Eadic, 2015)

En el Ecuador esta problemática se ha venido dando en gran medida a partir de la industrialización de los procesos de producción y con la revolución industrial europea iniciada en el siglo XX, según varios estudios hechos en nuestro país por parte de la CORPAIRE y Ministerio del Ambiente se detecta la mayor concentración de emisiones contaminantes por regiones, provincias y se clasifica cada elemento nocivo. En la Fig. 2.3

podemos ver que la mayor fuente de emisiones contaminantes se da por el tráfico vehicular ya sea a gasolina y diésel, también existe emisiones en otros sectores como es: la industria, rellenos sanitarios, canteras, ladrilleras, incendios forestales, industrias, tráfico aéreo, emisiones domésticas, vegetación, gasolineras. Esto para la ciudad de Ibarra.

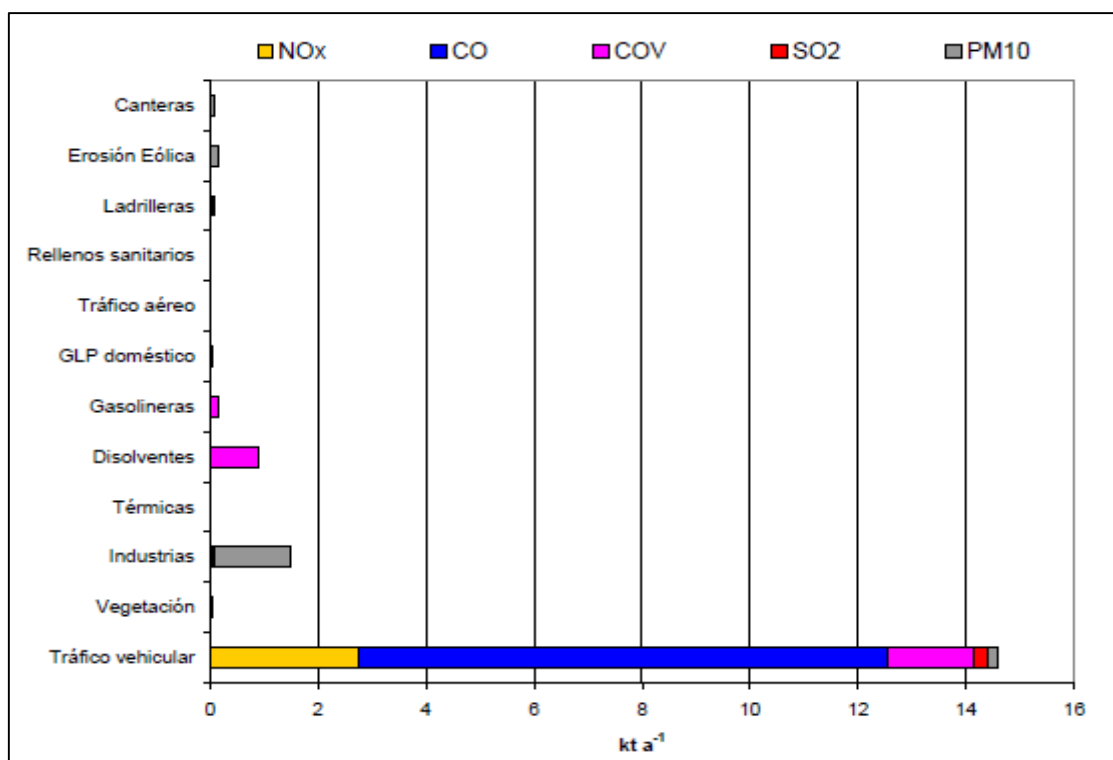


Figura. 2.3. Emisión de contaminantes ciudad de Ibarra
(Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 78)

Los tubos de escape en los vehículos son una de las principales fuentes de emisión a nivel mundial ya que emiten gases por efecto de la combustión en el motor. En el vehículo también tenemos emisiones abrasivas por acción del frenado y desgaste del neumático así como las evaporativas por efecto térmico de bombeo y fricción.

Las emisiones producto del uso del diésel en motores de combustión a bordo o estacionarios, industrias, pesticidas, y la deforestación a nivel mundial ocasionan grandes cantidades de emisiones de CO₂ a la capa de ozono, sobre todo en países industrializados como Estados Unidos, Rusia, China, Australia, Brasil y Japón mayormente generadores de CO₂, como se muestra en la Fig. 2.4, en menor medida esta Europa, Sudáfrica y América del sur, esto hace que se mire con gran preocupación las emisiones de CO₂ hacia la atmosfera, ya que en un

futuro cercano vamos a tener una irreversible degradación de la atmosfera, ocasionando enfermedades al ser humano por la mala calidad del aire.

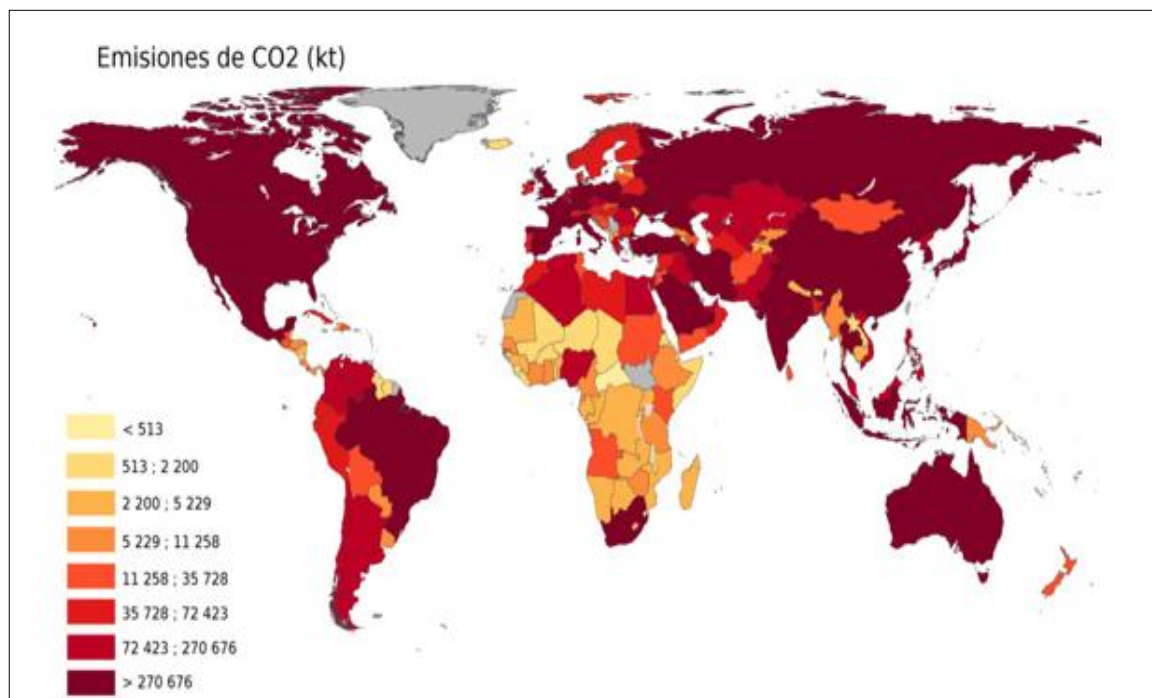


Figura. 2.4. Emisiones de CO₂ en la Tierra (kt)
(Banco Mundial 2011, pág. 1)

Los vehículos de combustión interna diésel son generadores de emisiones contaminantes tales como:

2.2.1. Material particulado (PM₁₀, PM_{2.5})

Son compuesto volátiles combinados de carbono suspendidos en el aire expulsados por el escape del vehículo producto de la combustión de hidrocarburos compuestos por NO_x y SO₂ en el motor diésel, generando partículas que se puede visualizar en forma de humo con una dimensión de 0,02 a 0,05 μm (1 micrómetro = 1 milésima parte de un milímetro). Por lo que las más considerables se la clasifica en: menor a 10 micras se denomina PM₁₀ y menor a 2,5 micras llamaremos PM_{2.5}.

Según investigaciones realizadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) la demasiada exposición al humo vehicular generado por los motores diésel puede causar enfermedades respiratorias y con ello el cáncer, sobre todo en PM_{2.5}, al ser emitida queda suspendida en el aire, mientras que la PM₁₀, cae al suelo.

2.2.2. Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Compuestos de Carbón ocasionados por procesos de combustión, también se generan por evaporación al almacenar combustibles, al usar disolventes químicos en la industria gráfica, textil y pintura.

Pueden verse afectados los ojos, nariz y garganta la demasiada exposición a estos compuestos, también afecta en gran medida al sistema nervioso central, hígado y riñones ocasionando en muchos casos vómito, dolor de cabeza, pérdida de coordinación y desmayo.

2.2.3. Gases efecto invernadero

Elementos en forma de gas responsables del calentamiento global por ende el cambio climático, generados en la gran mayoría de ciudades de los países por el tráfico vehicular y las industrias, los principales compuestos causantes de este factor son: Óxido Nitroso (N_2O), Bióxido de Carbono (CO_2), Metano (CH_4), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

Las emisiones varían considerablemente dependiendo de la aceleración del automóvil, el modo de conducir, el tipo de combustible, la temperatura, la presión y la eficiencia del dispositivo de control de emisiones, si lo hay (Área Metropolitana Del Valle de Aburrá, 2010, pág. 26).

2.2.4. Factores que influyen en las emisiones vehiculares

Existen cuatro factores que determinan un valor en las emisiones de escape vehiculares, haciendo referencia a la tecnología vehicular en el diésel la concentración de Azufre, la conducción y variables locales como msnm y pendiente. por lo que es necesario que los entes gubernamentales de cada país miren con preocupación la contaminación en el área urbana generada por el tráfico vehicular en las ciudades, las autoridades son los llamados a realizar estudios en este campo, para determinar un factor de emisión analizar y proponer alternativas de reducción de emisiones. Los principales que influyen en las emisiones vehiculares se detallan en la Fig. 2.5.

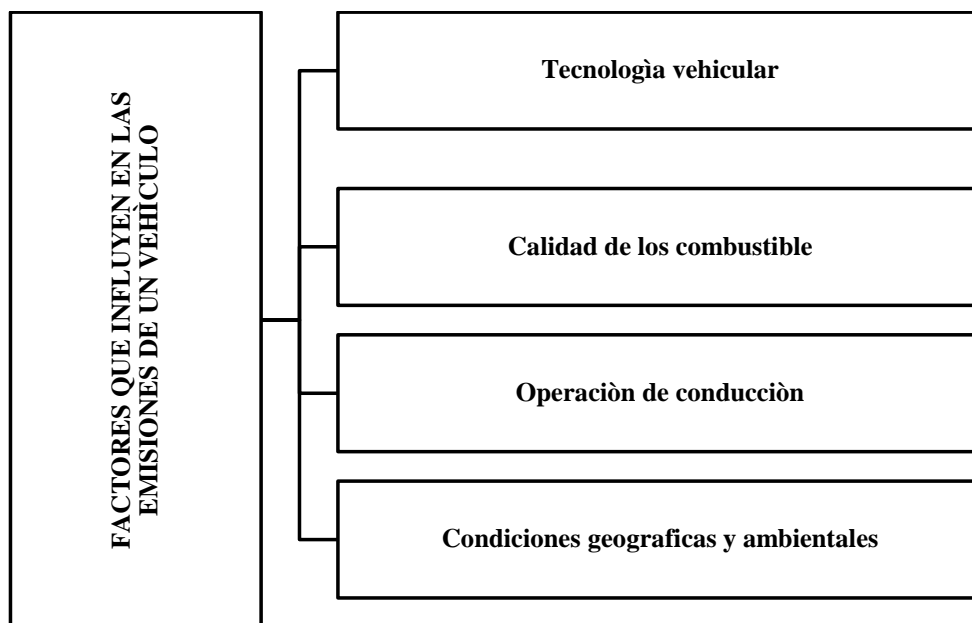


Figura. 2.5. Factores que influyen en las emisiones de un vehículo
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL)

En el Ecuador las emisiones contaminantes están ligadas a la deficiente calidad del combustible que se distribuye en las estaciones de servicio, ya que no cuentan con una normativa internacional de calidad del combustible, también incide el parque automotor debido a que no se ha dado una actualización de unidades en la mayoría de ciudades, por lo que aún existen unidades circulantes que han cumplido su vida útil lo que hace que sea otro factor para que se de en forma desmedida la contaminación ver. Fig. 2.6.

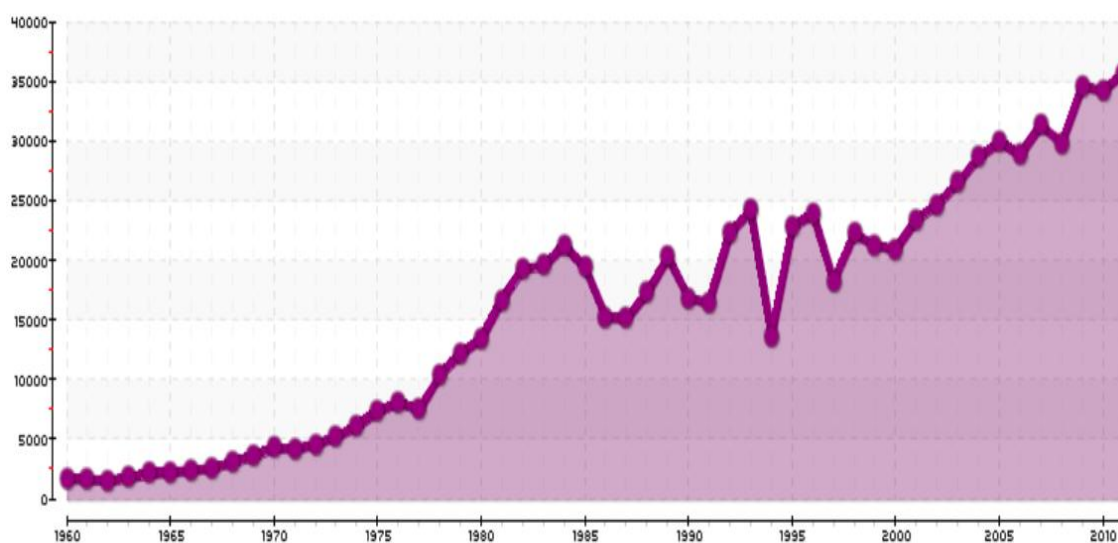


Figura. 2.6. Emisiones de CO₂ en Ecuador (kt)
(Banco mundial 2015, pág. 1)

La falta de actualización tecnológica juega otro papel importante en el factor de emisiones, debido al limitado acceso en partes y piezas que constituyen el tubo de escape disminuyen los gases contaminantes, en nuestro país, otro factor tiene que ver con los conductores ya que al realizar la conducción vehicular la hacen en forma tradicional mas no en forma técnica como demanda un manual vehicular o normativa establecida para cada tipo de vehículo.

También se considera el mantenimiento preventivo y predictivo que se da a las unidades vehiculares en mucho de los casos los talleres donde se hace esta actividad no son los más calificados y adecuados, existiendo mucha incertidumbre en este aspecto, lo que también incide de alguna manera el incremento de emisiones de gases contaminantes hacia la atmosfera.

2.3. Normativa de emisiones vehiculares

A nivel mundial la preocupación por las emisiones contaminantes ha sido una problemática en el sector transporte, es por eso que cada país del primer mundo ha establecido una serie de normativas ambientales las más importante son: TIER, EURO, JAPONESA.

2.3.1. Normativa de emisiones vehiculares Tier (USA)

Esta normativa está vigente para estados Unidos y Canadá en donde se muestra los valores máximos de emisión en g/millas en vehículos diésel y gasolina, conjuntamente a ello se muestra un ciclo homologado para realizar esta prueba con tiempos y a nivel del mar. Ver límites máximos de emisiones Tabla. 2.2

Tabla 2.2. Normativa Americana

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

(CESVIMAP, 2016, pág. 48)

Esta normativa es una guía con valores máximos de emisiones, para realizar el **Ensayo FTP-75** (Federal Test Procedure) “Consta de dos partes interurbanas, una al principio y otra al

final y, en el medio, una parte de conducción urbana. El recorrido total mide 17,77 km, con una duración aproximada de 31 minutos, a una velocidad media de 34,1 km/h. Entre la parte urbana y la última interurbana existe una parada de 10 minutos de duración” (CESVIMAP, 2016). Si se sobrepasa el valor que nos da la normativa el vehículo no aprueba debiendo hacer un chequeo centralizado vehicular. Ver Fig. 2.7 para entender sus ciclos de conducción y la certificación de emisiones los vehículos deben cumplir los estándares de emisión de FTP aplicables desde el año 2000.

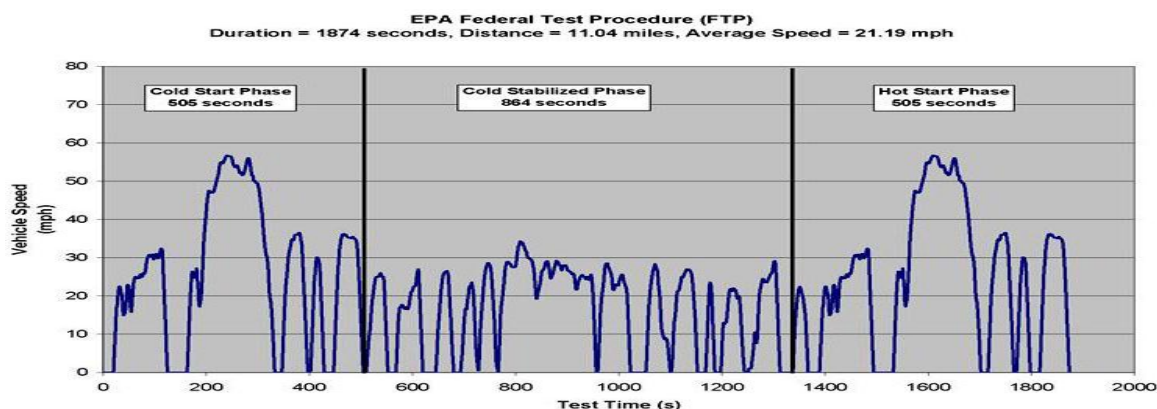


Figura. 2.7. Test FTP - 75

(The international council on clear transportation, 2014, pág.1)

2.3.2. Normativa de emisiones vehiculares Euro (Europa)

En la comunidad Europea esta vigente desde al año 1992 la normativa vehicular que muestra los límites permisibles de contaminación en el sector transporte por carretera y ciudad motor (diésel), se las denomina EURO que van desde: Euro I a Euro VI representando el valor límite de emisiones g/km. Ver Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Normativa EURO

Límites de emisiones por contaminante en la Unión Europea [g/km]						
Tipo	Fecha	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM [ppm]
Diésel						
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

(CESVIMAP, 2016, pág. 51)

Para evaluar emisiones de un vehículo europeo existe un ensayo llamado nuevo ciclo de conducción europeo (NEDC). “Tiene cuatro tramos de conducción urbana (ECE15) con uno extraurbano (EUDC) con un total de 11.027 m y una duración total de, aproximadamente, 20 minutos. Velocidad media de 33,6 km/h y tiempo a ralentí de 300 s (un 25% del total)” (CESVIMAP, 2016). Los vehículos que están equipados con Start&Stop consiguen disminuir en su totalidad las emisiones durante este ensayo.

2.3.3. Normativa de emisiones vehiculares Japonesa

Al igual que en Estados Unidos y la Comunidad Europea. En Japón existen normativas ambientales contra las emisiones vehiculares tanto en motores a gasolina como a diésel muy destacadas las más importantes se muestran en Tabla 2.4. Al igual que las normas americanas y Europeas tienen valores máximos por cada compuesto en unidades de g/km recorrido.

Tabla 2.4. Niveles de emisión Japón

JAPAN EMISSION STANDARDS - DIESEL VEHICLES

		Test Mode	Unit	CO	NMHC1	NO _x	PM	YEAR
New Short Term	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
New Long Term	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
Post New Long Term	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

(DELPHI, 2013, pág. 27)

2.3.4. Normativa Nacional

En Ecuador existen dos organismos de control y calificación automotriz que son: la Agencia Nacional de Tránsito (ANT), encargada en la matriculación de vehículos, y el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. Con la normativa ecuatoriana control de emisiones denominada. Gestión ambiental aire vehículos automotores "Límites permitidos de

emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel", esta prueba se la hace en un dinamómetro con la marcha lenta o ralentí encendido el vehículo, obteniendo valores para ciclos americanos y europeos. La Tabla. 2.5, indica los valores máximos de emisión de cada compuesto de g/km emitido hacia la atmosfera esta prueba es el ciclo americano hecho con el ciclo FTP-75. En el transporte escolar e institucional corresponde a la categoría vehículos medianos en el ciclo americano, $> 1\ 700\ \text{kg}$. $Y \leq a\ 3\ 800\ \text{kg}$.

Tabla 2.5. Limites máximas de emisiones diésel, ciclo americano

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NO _x g/km	Partículas g/km	CICLOS DE PRUEBA
Vehículos Livianos	Todos	Todos	2,1	0,25	0,62	0,12	FTP-75
Vehículos Medianos	≤ 3860	≤ 1700	6,2	0,5	0,75	0,16	
		$> 1700 \leq 3860$	6,2	0,5	1,1	0,28	
Vehículos pesados**	> 3860	Todos	15,5	1,3	5,0	0,10***	Transiente 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

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

En el transporte escolar en institucional de la ciudad de Ibarra se encuentra en la categoría M1², N1 es para vehículos mediante el ciclo europeo con un peso bruto del vehículo de $> 1\ 250\ \text{kg}$. $Y \leq a\ 3\ 500\ \text{kg}$, siendo así los valores de emisiones que se indica en cada ciclo se toma como referencia máxima de emisiones g/km recorrido por cada compuesto emitido hacia el medio ambiente. Como detalla la Tabla. 2.6.

Tabla 2.6. Limites máximas de emisiones diésel, ciclo europeo

Categoría	Peso bruto del vehículo kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NO _x g/km	Partículas g/km	CICLOS DE PRUEBA
M1 ⁽¹⁾	Todos	Todos	2,72	0,97 ⁽⁴⁾		0,14	ECE - 15 + EUDC
M1 ⁽²⁾ , N1	≤ 3860	≤ 1250	2,72	0,97 ⁽⁴⁾		0,14	
		$> 1700 \leq 3860$	5,17	1,4 ⁽⁴⁾		0,19	
			6,9	1,7 ⁽⁴⁾		0,25	
N2, N3, M2, M3 ⁽³⁾	> 3860	Todos	4,0	1,1	7	0,15	ECE - 49

* Prueba realizada a nivel del mar
⁽¹⁾ Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas
⁽²⁾ Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda 2,5 toneladas
⁽³⁾ Unidades g/kWh
⁽⁴⁾ HC + NO_x

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

En la Tabla. 2.7, está la tabla referencial que indica los límites máximos de opacidad de opacidad según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 207:2002, 2002, que debe arrojar una prueba realizada en el opacímetro de un vehículo diésel según el año de fabricación: según norma vehicular para vehículos diésel (aceleración libre).

Tabla 2.7. Porcentaje de opacidad para el Ecuador

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

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

2.4. Evaluación de emisiones vehiculares

Al evaluar la contaminación producto de la quema de combustibles en la ciudad de Ibarra en la flota establecida, tendremos valores que los vehículos emiten al medio ambiente, pudiendo así clasificarlos en forma de nivel de toxicidad y en porcentajes de acuerdo al estudio hecho por el modelado computacional que más se adapte en la flota de transporte.

Los compuestos a evaluar son los que un modelado matemático arrojará en valores establecidos tales como: compuestos volátiles, gases efecto invernadero y material particulado. De esta forma tendremos un primer inventario de emisiones vehiculares de vehículos de pasajeros realizado en la ciudad, pudiendo así establecer propuestas que sean amigables con el medio ambiente de esta forma el presente estudio servirá como herramienta para futuros estudios en la Provincia.

Se conoce que no se ha realizado un estudio enfocado a un sector específico del transporte, por lo que medir estas emisiones en toneladas anuales nos va a servir de ayuda a poder identificar la contaminación a la que se expone el lugar de las rutas establecidas por la empresa evaluada y las afecciones ocasionadas a la población.

En la actualidad existe una gran cantidad para evaluar las emisiones contaminantes de una flota vehicular las más importantes son: sensores remotos, pruebas o medición a bordo y modelados computacionales.

2.4.1. Vehículos automotores como fuente de emisión

El vehículo de combustión interna es generador de gases nocivos para el medio ambiente como para la salud de la población, por tal razón estudios realizados sobre eficiencia energética aprovechada en el parque automotor han dado resultados preocupantes.

“Solo alrededor del 12 % -30 % de la energía del combustible que coloca en un vehículo convencional se usa para moverlo por la carretera, dependiendo del ciclo de manejo . El resto de la energía se pierde por las ineficiencias del motor y la línea de transmisión o se usa para alimentar accesorios” (EPA. United States Environmental Protection Agency, 2016).

Por tal motivo se afirma que la energía producto de la quema de un combustible es emitida al medio ambiente en un 70 %. Siendo este un valor muy enorme al momento de hacerle frente a la eficiencia energética.

2.4.2. Emisiones en vehículos automotores

El lugar donde se generan en mayor cantidad la pérdida de energía es el motor, debido a la quema de un combustible gasolina/diésel, por lo general de origen fósil, también existen otros sectores del automóvil emisores de varios agentes nocivos como se muestra en la Fig. 2.8.

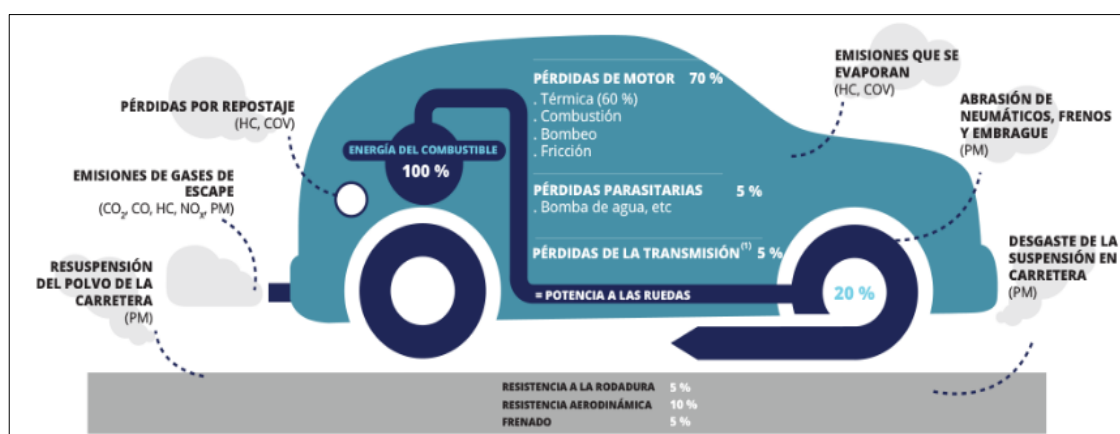


Figura. 2.8. Emisiones determinantes de los vehículos
(EEA, Agencia Europea del Medio Ambiente, 2016)

“El cambio climático es un fenómeno que está ocurriendo ahora y que afecta a los países y las personas” (Banco Mundial, 2015). Esta variación del clima se le atribuye en una gran

proporción al tráfico vehicular que se genera en las grandes metrópolis de países en vías de desarrollo.

Las emisiones son ocasionadas por la combustión de elementos fósiles derivados del petróleo como diésel y gasolina generadas mayormente por: el tráfico vehicular, tráfico aéreo, plantas industriales, rellenos sanitarios, canteras, presentes en toda la tierra, han ocasionado la mayoría de enfermedades respiratorias a la humanidad. Así como también la degradación del medio ambiente, por la no combustión total de gases en el motor de combustión interna, siendo estos responsables del efecto invernadero, conllevando a daños irreversibles al territorio global.

En las ciudades donde se desarrolla actividad diaria mediante la utilización del transporte, se genera contaminación por tráfico vehicular ya que es este el que más emite gases contaminantes, en ciudades como México DF. Según estudios realizados por entidades de salud los gases efecto de la combustión interna del motor ha creado graves afecciones cancerígenas en la población, daños congénitos a los recién nacidos y producción de grandes cantidades de gases efecto invernadero.

En lugares donde se crean gran cantidad de tráfico vehicular la contaminación es evidente sobre todo en ciudades del tercer mundo conllevando a que se desarrolle enfermedades crónicas respiratorias en su población, sin embargo, no son las que más contaminan, pues la contaminación mundial en grandes proporciones esta generada por países industrializados como: Estados Unidos, Japón, China, Rusia.

2.5. Métodos de evaluación de emisiones

Del crecimiento acelerado de tecnologías cada vez más limpias a nivel mundial ha surgido (Jiménes Fonseca, 2014, pág. 24) “la necesidad de crear, madurar o adaptar mecanismos de medición de contaminantes presentes en el aire, de acuerdo a los nacientes fenómenos de emisión no visible, puntualmente en el sector automotor”. Por lo que se han desarrollado diferentes metodologías y tecnologías para evaluar emisiones procedentes de los vehículos ya sea por combustibles como el diésel o la gasolina en diferentes condiciones, los más importante son: método por ensayo estático, método por ensayo dinámico, método por muestreo de volumen constante (CVS), método por sensores remotos, método por PEMS

(portable emissions measurement system) pruebas a bordo y finalmente métodos por modelados matemáticos computacionales existiendo una gran variedad de ellos.

2.5.1. Ensayo estático

El ensayo estático mide gases de escape principalmente el PM (humo). Estas pruebas sirven para medir la concentración de gases de combustión y determinar las emisiones vehiculares a distintos regímenes de revoluciones dada su rapidez de aplicación (Recalde Rojas & Revelo Argoti, 2015, pág. 33).

Se introduce una sonda en el escape del vehículo encendido, donde se acelera 2 veces para vaciar el escape, luego se vuelve acelerar 3 veces hasta el corte de inyección entre 2 500 y 3 000 rpm registrando un muestreo de gases de escape, el opacímetro está compuesto por una cámara de medición y una PC para procesar datos. La cámara de humo es el circuito por el cual pasa una muestra de gases de escape del motor, dispone de una fuente de luminosidad y un receptor, la iluminación de este receptor variara por la concentración de humo (Fondo Social Europeo, 1999). Si es muy negro llegara poca cantidad de luz al receptor, lo que determina el aumento de opacidad del motor evaluado.

En Ecuador el proceso de medición no debe sobrepasar el 50 % de opacidad en vehículos modelo 1999 hacia atrás y el 60 % de opacidad en vehículos modelo 2 000 hacia adelante (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002). Ver configuración del opacímetro en la Fig. 2.9.

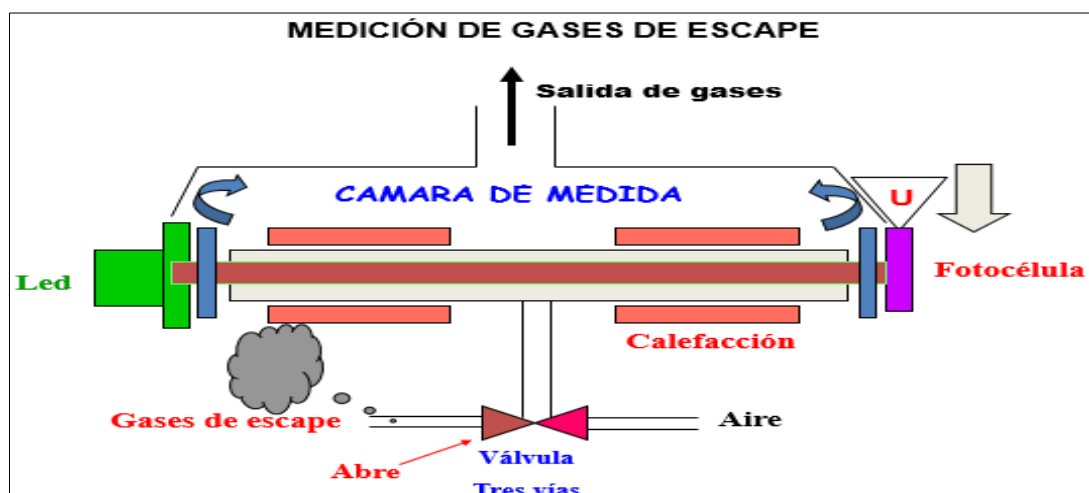


Figura. 2.9. Medición de opacidad
(Fondo Social Europeo, 1999)

2.5.2. Ensayo dinámico

Prueba que se lo hace en un dinamómetro usado en motores que funcionen a gasolina (Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204, 2002, págs. 1,2). El motor se mantiene en una velocidad específica por un tiempo determinado siendo las concentraciones de contaminantes (CO, HC y NO_x) medidos durante el ensayo (Recalde Rojas & Revelo Argoti, 2015, pág. 37). Existen 2 ciclos diferentes, europeo y americano, esta prueba se hace en base a datos referenciales de la normativa vehicular vigente para el Ecuador denominada. NTE INEN 2207:2002. “Gestión ambiental aire vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel”.

2.5.2.1. Método muestreo de volumen constante CVS

Por su nombre en inglés (Constant Volume Sampler) es un método de evaluación de gases como: CO, CO₂, NO_x, HC, Y CH₄, mediante ensayo dinámico implementado a nivel mundial, toma una muestra diluida en aire para su análisis. “El método CVS permite la medición masiva de emisiones de escape sin conocer la tasa de flujo real del gas de escape que ha sido difícil de medir con precisión, especialmente en una celda de prueba del dinamómetro del chasis” (Yoshinori, Hiroshi, Masataka, & Min, 2015, pág. 4).

Esta prueba arroja valores en (%) o (ppm) de cada compuesto. Debido a la infraestructura y equipamiento que demanda este método, los costos son extremadamente elevados, y no son aplicables a cualquier país (Estrella Guayasamín, 2014, pág. 3). Su configuración podemos apreciar en la Fig. 2.10.

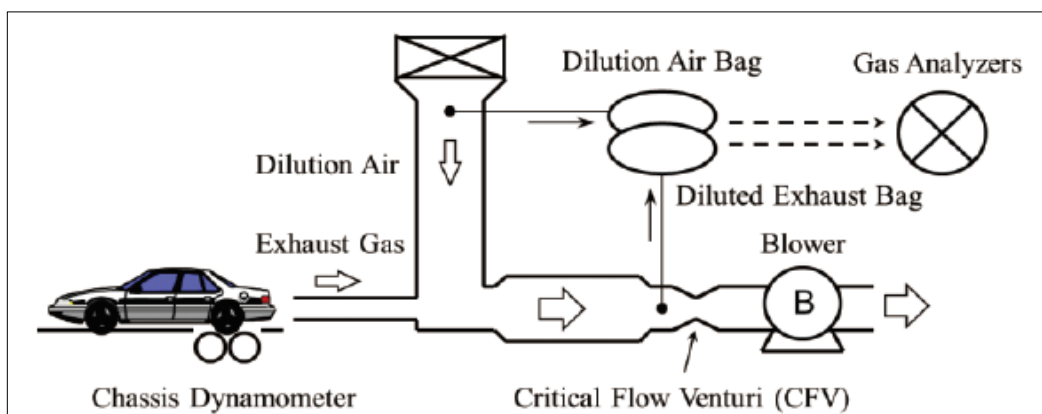


Figura. 2.10. Configuración del sistema CVS
(Kumagai, 2014, pág. 71)

2.5.3. Método por sensores remotos

Este método se aplicó en ciudades y vías interestatales de Estados Unidos, China y México. “Las pruebas con sensor remoto permiten conocer las emisiones contaminantes de los automotores ligeros que se encuentren circulando en cualquier vialidad” (ALBÁN MARTÍNEZ & LÓPEZ REVELO, 2010, pág. 37). Esta metodología evalúa NO_x, HC, CO, y en particular PM en motores a diésel.

“El equipo lanza un haz de luz infrarroja a lo largo de una trayectoria en una vía, a la altura del tubo de escape de gases de los vehículos, hacia una serie de detectores en donde se mide la relación HC y CO respecto al CO₂” (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2016, pág. 65). En tanto la medición de NO_x se mide utilizando una luz ultravioleta.

El sistema cuenta con un sensor para medir la velocidad de cada auto evaluado lo que permite estimar el esfuerzo que hace el vehículo al momento de una prueba de emisión (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2016, pág. 65). Finalmente, este equipo cuenta con una cámara fotográfica que toma una imagen a la placa del vehículo con la finalidad de obtener datos técnicos de automotor. Un equipo por sensores remotos puede medir hasta 7 mil vehículos diarios. Ver configuración Fig. 2.11.

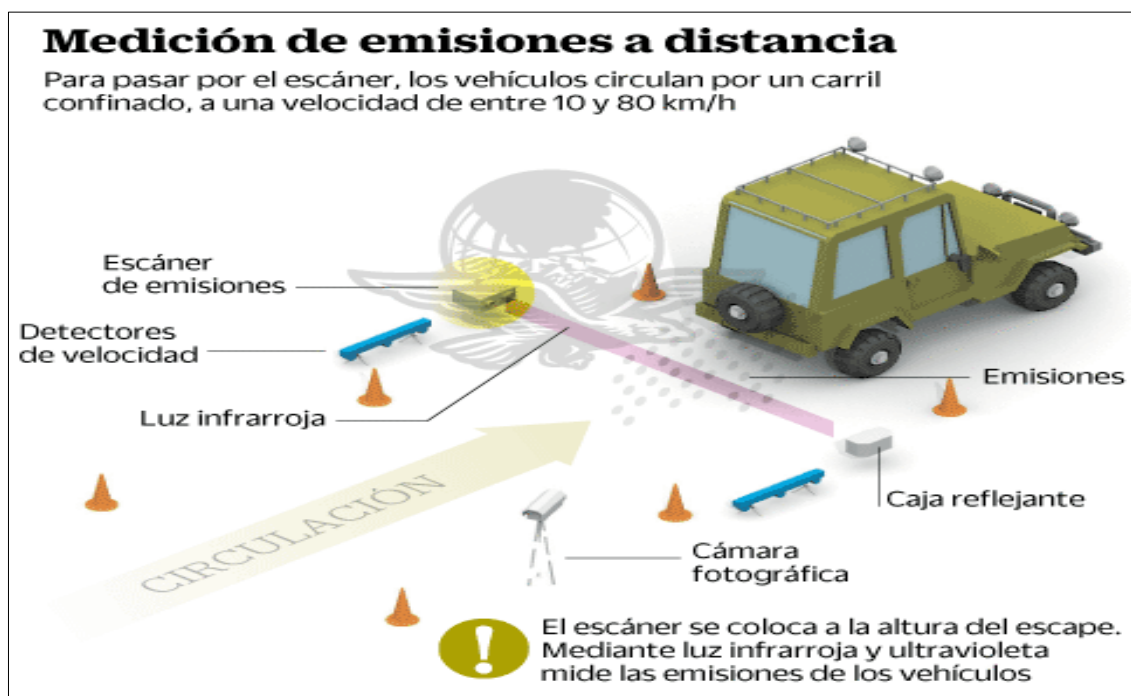


Figura. 2.11. Equipo de medición de gases mediante sensores remotos (Semarnat, 2016)

2.5.4. Método PEMS (portable emissions measurement system) o pruebas a bordo

El equipo PEMS, toma muestras de gases directamente del tubo de escape del vehículo en carretera, permitiendo obtener muestras en tiempo y condiciones reales del funcionamiento del automotor (Estrella Guayasamín , 2014, pág. 4). El equipo trae consigo un GPS, interfaz de comunicación entre la ECM y el analizador lo que permite almacenar datos de la ruta y condiciones geográficas de movimiento del automotor.

Este método puede medir concentraciones de. “CO, CO₂ empleando el método de detección Infrarrojo No Dispersivo – NDIR, este módulo también mide concentraciones de O₂ usando un sensor paramagnético, y con otro módulo (NO_x) determina NO y NO₂ utilizando el método de Detección Ultravioleta No Dispersivo – NDUV” (Estrella Guayasamín , 2014, pág. 65). La frecuencia de evaluación del equipo es de 1 (Hz).

La prueba es costosa ya que demanda de equipos de última tecnología y herramienta adecuada, los resultados que se obtienen son muy íntegros lo que hace que sea un estudio muy fiable, arrojando valores muy específicos de los elementos contaminantes producto de la combustión. En general esta prueba se hace en países del primer mundo por entidades del control de la calidad del aire que cuentan con el equipamiento adecuado. Su operación es mediante un equipo que se instala dentro del vehículo en el habitáculo o fuera de él como se muestra en la Fig. 2.12, tiene diferentes puertos de conexión uno en el puerto de encendido de cigarrillo y otro con un interfaz que conecta directamente a la ECM, su funcionamiento se basa en ciclos de conducción, por lo que el conductor debe hacerlo normalmente como la hiciera en un día cualquiera.



Figura. 2.12. Prueba a bordo Vehicular
(Wards auto, 2016)

2.5.5. Modelos matemáticos y computacionales

Son modelados computacionales desarrollados para predecir emisiones mediante un factor de emisión. El costo para evaluar emisiones con estos modelados son relativamente bajos en comparación a los demás métodos en el vehículo que son muy costosos y a su vez limitados en países en vías de desarrollo. Existen una gran variedad de modelados desarrollados principalmente en los Estados Unidos por la Agencia de protección del Medio Ambiente (EPA), que ha desarrollado una serie de modelados matemáticos como son: Mobile 6, Moves, Nonroad y en particular el IVE. De igual forma existen modelado desarrollados en Europa como son: Tremod, Copert, Ecogest. Y finalmente en América latina la Universidad de Chile ha aportado con la ingeniería de modelados, el más importante es el Modem, que calcula emisiones producidas por la actividad vehicular. En la Tabla 2.8. Se detalla los principales modelados matemáticos utilizados a nivel mundial en el sector transporte a nivel mundial.

Tabla 2.8. Modelados para la estimación de emisiones sector transporte

MODELO	DESARROLLADO POR	DESCRIPCIÓN
CMEN	UCR	Modela emisiones microscópicas del tubo de escape y el consumo de combustible de la flota vehicular.
COPERT	LAT-AUT	Modela emisiones vehiculares en base a factores de emisión hallados con la flota vehicular europea.
ECOGEST	Instituto Técnico, Portugal	Modela numéricamente la dinámica, el consumo y las emisiones del tubo de escape de los vehículos equipados que encienden con chispa (bujía).
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.
INTEGRATION	Michel van aerde & Hesham Rakha	Modela el impacto sobre la calidad del aire de los vehículos de carga pesada sobre vías urbanas y múltiples avenidas rápidas.
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.
NONROAD	EPA	Herramienta para predecir emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, material particulado y dióxido de azufre de vehículos grandes y pequeños, equipos y motores.
TREMOD	Heidelberg IEER	Modelo de emisión para el transporte, el cual está diseñado para evaluar el estudio de diferentes aspectos del transporte de vehículos a motor en Alemania.

(ALMEIDA, 2016, pág. 8)

Los modelos mencionados son softwares computacionales y procesos logarítmicos de cálculo, que ayudan a estimar las emisiones contaminantes emitidas por fuentes móviles, de esta manera tenemos una herramienta de excelente ayuda para esta actividad.

La mayoría de los modelados han sido desarrollados para evaluar los principales compuestos contaminantes emitidos al medio ambiente lo que ha obligado a muchos países a dar una mejora en el planteamiento de normativa vehicular y ambiental contribuyendo a reducir estos gases. El modelo más adaptable a nivel mundial es IVE.

2.5.5.1. Modelo IVE

Modelo internacional de emisiones vehiculares. (IVE) mejora la precisión de los resultados del inventario de las emisiones al aire toda vez que calcula factores de emisión compatibles con las costumbres locales de manejo, inspección y mantenimiento, tipos de ruta, condiciones climáticas predominante entre otros (Román & Lovera Dávila, 2011).

Modelado desarrollado por la Universidad de California – USA en lenguaje JAVA permite estimar emisiones contaminantes y gases efecto invernadero generadas por el parque automotor de una ciudad o localidad. La principal condición de IVE es proveer una herramienta fácil de manejar y rápida al momento de crear inventarios de emisiones vehiculares para el usuario, fue creado para ser utilizado en países desarrollados y también en vías de desarrollo, mejorando así los criterios de evaluación de emisiones en flotas extensas y grandes de vehículos.

El modelado IVE, ha sido utilizado para generar inventarios de emisiones vehiculares en ciudades como Buenos Aires (Argentina), Shanghái y Beijing (China), Bogotá (Colombia), Pune (India), Sao Paulo (Brasil), Lima (Perú), Santiago (Chile), Estambul (Turquía) y Los Ángeles (Estados Unidos) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, 2009, pág. 64). Por lo tanto, el uso de esta metodología para la estimación de emisiones contaminantes generadas por el tráfico vehicular a nivel mundial es muy aceptable en distintas ciudades. Podemos Ver la Fig. 2.13. El uso de este modelado a nivel mundial.



Figura. 2.13. Ciudades en las que se ha usado IVE
(Giraldo Amaya, 2005, pág. 7)

Este modelo está traducido en varios idiomas haciéndole muy versátil al momento de ser usado en la creación de un inventario de emisiones, así mismo es usado a nivel mundial sobre todo en ciudades de altura como Bogotá y Lima ciudades próximas a Ecuador.

La evaluación de emisiones contaminante ocasionadas por el tráfico vehicular mediante un modelado computacional es uno de los estudios más efectivos para saber cuánto es el nivel de elementos gaseosos nocivos se produce en determinados lugares de estudio, por el uso de la quema de combustible en el motor. “Actualmente vivimos en una sociedad cada vez más afectada por la contaminación y de igual forma se mentaliza por un cambio hacia las energías renovables y sostenibles” (Alba, Tecnología Sustentable, 2014). Sin lugar a duda la sostenibilidad del medio ambiente es importante en muchas naciones sus gobernantes se muestran preocupados ante esta situación. Por lo que, en muchos países europeos se estima que para el año 2030 se pondrá fin a la dependencia del petróleo y el resto de Europa lo hará paulatinamente.

El ministerio del ambiente del Ecuador hizo un estudio denominado “Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro, en el año 2010” (Ministerio del Ambiente, 2014). Esto se basó tomando en cuenta su densidad, humedad relativa, msnm, precipitaciones anuales, se aplica un modelado matemático para medirlos contaminantes en general producidos por diferentes actividades como: tráfico vehicular, canteras, estaciones de servicio, industrias, ladrilleras, rellenos sanitarios. Este

estudio también se lo realizó en la ciudad de Ibarra, lo cual se tomará como guía de referencia en el presente proyecto, ya que es un primer estudio que se lo ha realizado en la zona norte de país.

En el año 2016 se hizo un estudio denominado. “Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito, Ecuador” (ALMEIDA, 2016). Se usó el modelo computacional IVE para la estimación de gases contaminantes por lo que servirá como guía al momento de determinar: el modelo de selección de rutas, evaluar varios aspectos puntuales de la ciudad, como horas pico, características articulares de los vehículos, motos, taxis, buses, furgonetas, metro vía. También relaciona la conducción, tipología del suelo, nivel de azufre del diésel en los buses y la tecnología vehicular.

Desde el año 2002 se viene aplicando el modelo IVE a nivel mundial en mayor medida en Estados Unidos, Europa y China, ya que es una herramienta muy importante para crear inventarios de emisiones. “El software desarrollado por el modelo IVE calcula factores de corrección para los factores de corrección, dependiendo de las condiciones locales” (Valencia Arroyave, Muñoz Duque, Ramirez Muoz, Jaramillo, & Hoyos Restrepo, 2015). Muy complejo de usar en nuestro medio ya que los requerimientos que se necesita para que dé resultados puntuales se los debe recopilar mediante una investigación en la flota seleccionada, localidad, así como valores de su ruta establecida, tipo de combustible, encuestas a los conductores y análisis del combustible usado en la automoción.

En América Latina en países como Colombia Chile y Brasil se ha implementado el uso del (IVE) desde el año 2010 hasta la fecha, aplicando en sus principales ciudades, permitiendo establecer propuestas del uso energías renovables, mejoras en la tecnología vehicular, actualización de flotas, estudios profundos en la composición del diésel, avances investigaciones en el biodiésel y mejorar las leyes ambientales en sus artículos y ordenanzas.

2.6. Motor de encendido por compresión (MEC)

Su invención fue en el año de 1892 por el ingeniero alemán Rudolf Diésel de ahí su nombre de motor diésel, El motor diésel es un motor autoencendido, que aspira solamente aire, sometiéndolo a alta compresión, es una máquina motriz a combustión con máximo grado de eficiencia (BOSCH, 2015, pág. 2). A partir de la segunda guerra mundial se lo uso en tanques de guerra y camiones de equipo militar, el motor diésel ha tenido un crecimiento significativo

debido a su eficiencia mucho mejor que el motor a gasolina, , transcurrió el tiempo y las empresa alemanas como MAN y Mercedes Benz empezaron a usar estos motores en vehículos de carga obteniendo un excelente rendimiento, de ahí empezó el desarrollo de este motor llegando hasta nuestros días como el principal automotor de transporte masivo de personas y carga, debido a su bajo costo de combustible.

2.6.1. Ciclo diésel

El ciclo diésel opera a bajas rpm y presiones elevadas de trabajo. Ver proceso termodinamico en la Fig. 2.14. Vemos el movimiento del pistón en cada ciclo termodinámico sube al PMS y baja al PMI dependiendo de las condiciones de funcionamiento del motor. Los procesos termodinámicos son: **0-1** admision se da un proceso isobarico ingreso de aire a presion constante. **1-2** Compresión proceso adiabático compresion del aire y aumento de temperatura en el interior del cilindro. **2-3** Entrada de calor, proceso Isobarico autoencendido de la mezcla. **3-4** Expansión, proceso adiabático volumen constante, baja la presión. **4-1** Escape, proceso isocorico disminución de volumen.

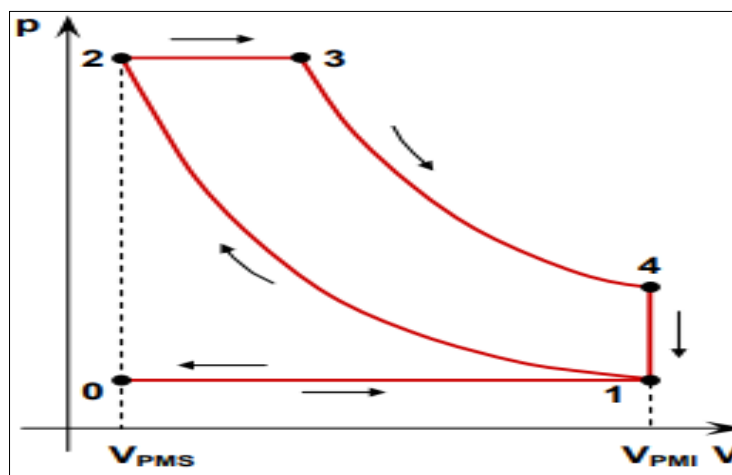


Figura. 2.14. Ciclo termodinámico motor diésel
(Motores Térmicos, 2016, pág. 19)

2.6.2. Tecnología para el control de emisiones motor diésel

Las emisiones producto de la combustión del motor diésel causan gran afección al medio ambiente ya que científicamente solo se aprovecha un 40 % de la energía producida en el

motor el resto se desperdicia hacia el ambiente, para evaluar esto hay normas EURO que limitan las emisiones diésel y con ello sus tecnologías en admisión y escape, ver Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Tecnologías EURO (motor diésel)

Tecnología diésel	Admisión	Escape
EURO 2	Filtro aire/combustible, Inyección directa	Catalizador
EURO 3	Filtro aire/combustible, Inyección directa	Catalizador, Sonda lambda
EURO 4	Filtro aire/combustible, Crdi (segunda generación), Turbo	EGR, SCR, DOC, Sonda lambda
EURO 5	Filtro aire/combustible, Crdi (tercera generación), Turbo	EGR, SCR, DOC, DFP
EURO 6	Filtro aire/combustible, Crdi (cuarta generación), Turbo	EGR, SCR, DFP, DOC, CEGR, Trampas de NOx

Fuente: (Autor – Vía CESVIMAP)

Para disminuir emisiones del motor diésel se ha fabricado equipos desde hace muchos años atrás estos han ido evolucionando de la mano con las normativas euro, americanas y japonesas se detalla su evolución en la Fig. 2.15, los sistemas de control de emisiones como son: EGR, sistema CRDI, DOC, NSR, DPF, SCR, CEGR.

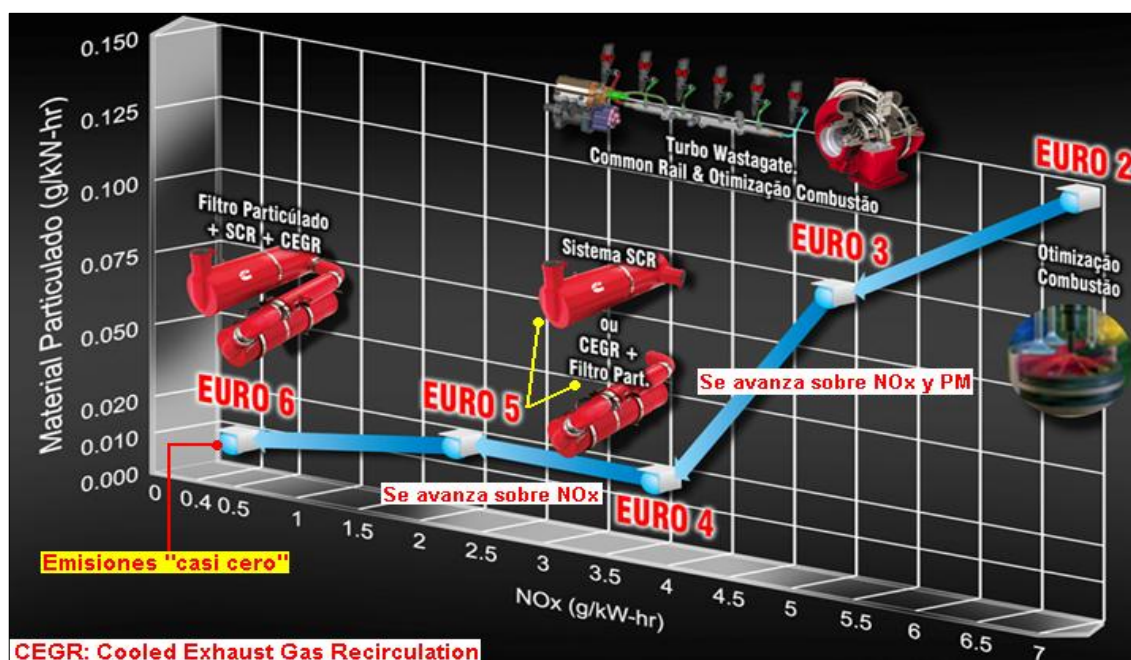


Figura. 2.15. Evolución de sistemas anticontaminantes diésel EURO (Auto Soporte, 2016)

2.7. Combustibles

Pueden ser derivados de elementos fósiles o de origen orgánico, son compuestos químicos en estado líquido necesarios para ignición e inflamación en campo de la automoción, se clasifican en varios grupos dependiendo su uso. En la actualidad, más del 80 % del suministro mundial de energía, es decir, más de cuatro quintas partes, proviene de los combustibles fósiles, es decir, el petróleo, el gas natural y el carbón (Marín Quemada & González , 2012). En el campo automotriz se usa por lo general dos tipos de combustible: gasolina y diésel fuente necesaria para poder cumplir los ciclos de trabajo del motor, la gasolina se usa en motores de paseo, motocicletas. Mientras que el diésel es fundamental para el transporte de carga, transporte de personas.

2.7.1. El diésel

Fuente de energía a nivel mundial en el sector transporte. “El diésel, también denominado gasóleo o gasoil, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre 850 kg/m³ (0,850 g/cm³), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diésel y en calefacción” (Ortiz Vallejo, 2014). Se denomina diésel cuando es obtenido de fuentes fósiles generalmente el crudo que se encuentra en el subsuelo alrededor de la tierra.

2.7.1.1. Refinación del diésel

El diésel que sale del crudo en los hornos tiene una cantidad de 9 000 ppm de azufre, y al no ser un crudo tan pesado se lo pasa directamente a la estación de desulfuración de diésel (Ortiz Vallejo, 2014). Por lo que se hace un proceso de refinación para disminuir el contenido de ppm de azufre. Existe un proceso después de la refinación del diésel denominado hHidrodesulfuración del diésel, que consiste en realizar un tratamiento para disminuir el contenido de ppm del Azufre. El diésel se obtiene mediante varios procesos ver Fig. 2.16.

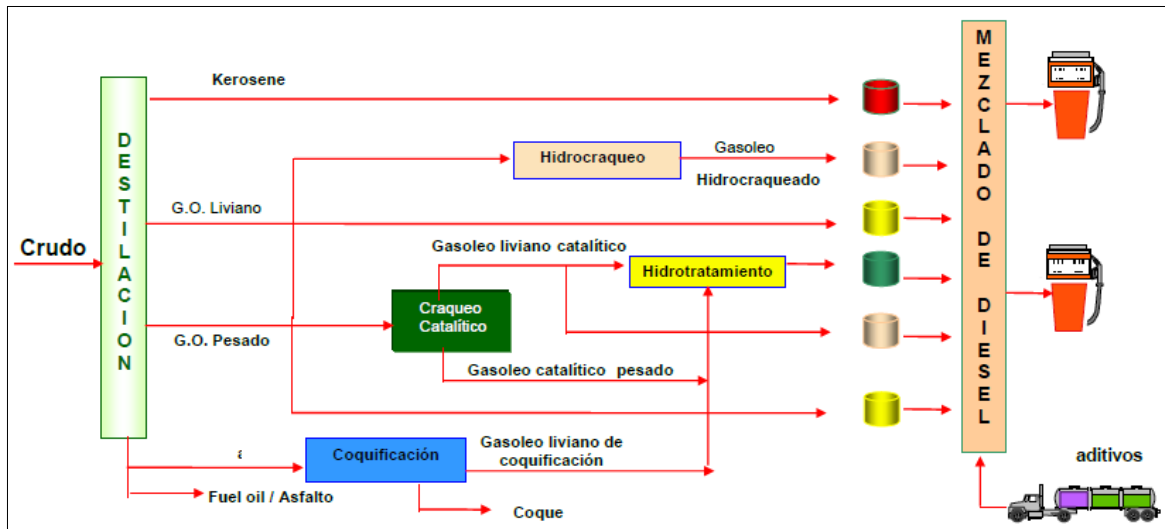


Figura. 2.16. Refinación del diésel
(POMA FLORES, 2004, pág. 14)

2.7.1.2. Contenido mundial de ppm de Azufre en el diésel

El contenido de ppm de Azufre en el diésel a nivel mundial podemos ver en la Fig. 2.17. Esto varía de acuerdo a su tecnología de refinación y procesos de refinación de este combustible, como podemos apreciar el de mejor calidad es el que se produce en Europa y Norte América con niveles de hasta 15 ppm de Azufre lo que se cataloga un excelente combustible.

En Brasil, México, Sudáfrica, India, Tailandia se produce un diésel de moderada calidad de entre las 50 – 500 ppm de Azufre. Mientras que en Ecuador, Venezuela, Bolivia, Argentina África occidental y Europa del este se observa que su contenido varía de entre 500 ppm y 2 000 ppm de Azufre lo que se asume que es de mala calidad.

Finalmente se observa el de color rojo en el mapa mundial el diésel con más ppm de Azufre que es producido en países como Haití, Cuba, República Dominicana en América. El Congo, Somalia y Egipto en África. Y en países de Asia del Sur Oeste como Irán, Irak, Afganistán, Siria, Palestina, Jordania. Por sobre las 5 000 ppm de Azufre.

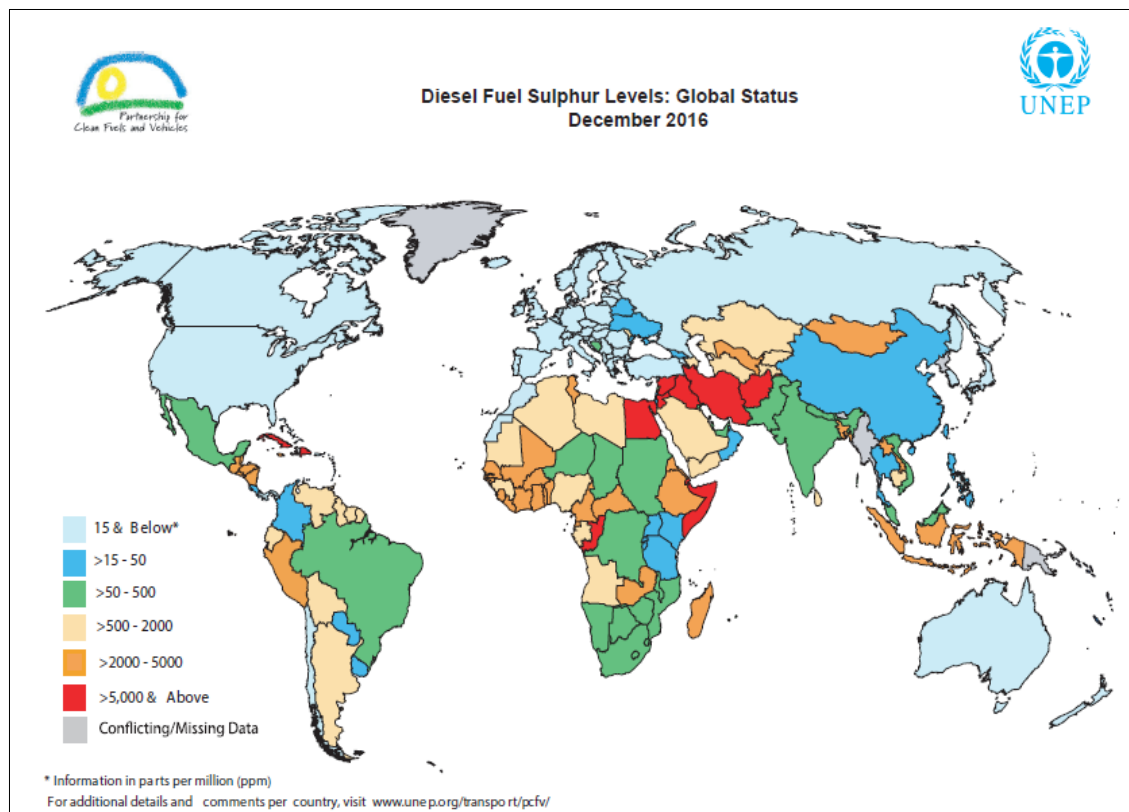


Figura. 2.17. Contenido de ppm de Azufre en diésel mundial (UNEP, 2016)

2.7.1.3. Índice de cetano

Es el número de cetano del diésel va a partir del 15 y como límite 100 lo que se dice, si el número de cetano es mayor existirá una mejor ignición de la mezcla lo que implica eficiencia en el motor, menos ruido y más potencia. “Así como el octano mide la calidad de ignición de la Gasolina, el número de cetano mide la calidad de ignición de un diésel, es una medida de la tendencia diésel a cascabelear en el motor” (POMA FLORES, 2004).

2.7.2. El diésel en el Ecuador

En nuestro país en diésel se lo refina en mayor cantidad en la refinera de Esmeraldas, siendo este un combustible muy importante en el sector del transporte. Existen 3 tipos de diésel que se produce en nuestro país. Diésel 1 combustible utilizado en aparatos de combustión externa industriales o domésticos, diésel 2 combustible que se utiliza en los siguientes sectores (industrial, pesquero, eléctrico, naviero, excepto para uso automotriz). Diésel Premium es el combustible utilizado en motores de autoignición para la propulsión de vehículos del sector automotriz a nivel nacional (NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA 1489:2012

Séptima revisión, 2013, pág. 1). En el presente estudio se omite el diésel 1 y 2 y se enfoca con el diésel Premium según. (Grijalva G, 2017) El Terminal, El Beaterio que abastece a la zona norte del país (incluye al cantón Ibarra), en el periodo de Enero - Diciembre, 2017 registra 194 ppm (Partes Por Millón de Azufre) del combustible en Diésel Premium. En la Tabla 2.10, podemos apreciar los requisitos del diésel Premium basados en la **NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA 1482:2012**.

Tabla 2.10. Requisitos diésel Premium Ecuador

REQUISITOS	Unidad	mínimo	máximo	Método de ensayo
φ Punto de Inflamación	°C	51,0	-	NTE INEN 1493 Procedimiento A
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 1494
Temperatura de destilación del 90%	°C	-	360	NTE INEN 926
Viscosidad cinemática a 40° C	mm/s	2,0	5,0	NTE INEN 810
Contenido de azufre	ppm	-	500	ASTM 4294 NTE INEN 1490
Corrosión a la lámina de cobre	Clasificación	-	No. 3	NTE INEN 927
Índice de Cetano		45,0	-	NTE INEN 1495
Contenido de biodiesel	%	5	10	EN 14078

* Se debe considerar este parámetro siempre y cuando el diésel esté adicionado con biodiesel
(NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA 1489:2012 Séptima revisión, 2013, pág. 1)

2.7.2.1. Particularidades del diésel en Ibarra.

“La Empresa Pública Petroecuador ejecuta desde el 15 de noviembre del 2011, reduce el contenido de azufre de 2 000 a 650 partes por millón (ppm) en las gasolinas y en el Diésel Premium” (EP PETROECUADOR, 2011).

Sin embargo, para el último trimestre del año 2017 el contenido de azufre desciende a 192 ppm en el diésel Premium que se distribuye para la zona Norte en especial la ciudad de Ibarra, valor que es evaluado y regulado por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH) del Ecuador. Con este valor de contenido de azufre en el diésel en Imbabura, podemos afirmar que es un combustible de moderada calidad, siendo este el valor a tomar en cuenta para el ingreso al software IVE.

CAPÍTULO III

3. Estimación de emisiones vehiculares mediante modelado computacional

De acuerdo al análisis hecho en el capítulo anterior, esta investigación implantará el uso del modelado IVE, ya que. “Fue diseñado para estimar las emisiones de vehículos motorizados y tiene como propósito el ser usado en países en vías de desarrollo, este predice contaminantes atmosféricos locales, gases del efecto invernadero y tóxicos” (IVE MODEL, 2008, pág. 1).

El modelo IVE ha demostrado ser una excelente plataforma desarrollada en Java, lo que hace que se entienda el proceso de cálculo que hace este modelado. IVE se ha usado en países como Estados Unidos, China, Afganistán, Brasil, Colombia, Perú Chile, México y Ecuador, por citar los más importantes. Demostrando sobre todo una excelente adaptación a cualquier tipología de ciudad sin importar sus condiciones.

Por su versatilidad está disponible al público de todo el mundo en todos los idiomas requeridos. Existe la versión IVE 2.0 disponible en plataforma java que se la que normalmente se ha usado en Latinoamérica, su instalación es muy rápida como cualquier otro programa y es compatible con cualquier computador tipo Core i3 o i5.

3.1. Arquitectura del modelado IVE

Es un software que funciona en plataforma JAVA, el proceso empieza con una base de factores de emisión y varios factores de corrección aplicables para la estimación de emisiones contaminantes en una variedad muy amplia de vehículos. IVE usa tres factores críticos para la creación de un inventario de emisiones muy fiable.

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

En la Fig. 3.1. Se muestra el proceso que realiza IVE, requiere de los datos de entrada se muestra en color amarillo , los calculos y ajustes que hace internamente en color azul, rojo

y naranja, finalmente se obtiene los datos de salida calculados como factores de emisión en cuadro de color verde.

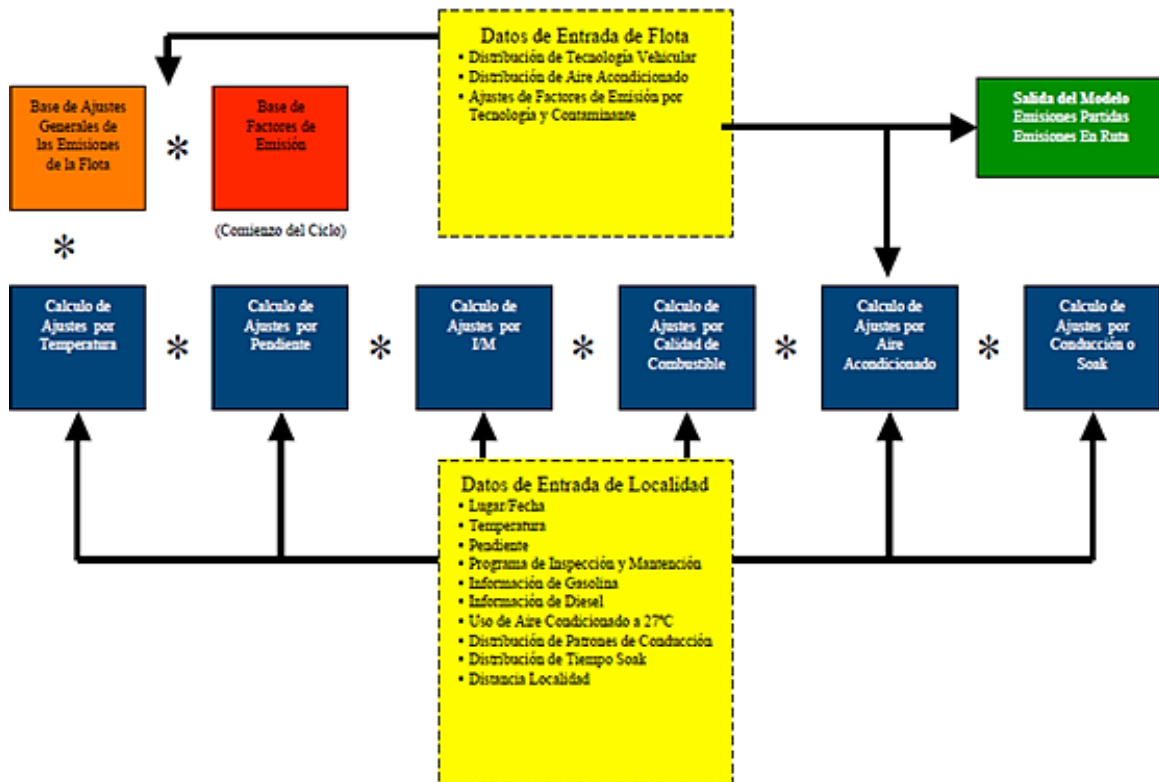


Figura. 3.1. Arquitectura de IVE
(IVE MODEL, 2008, pág. 9)

El modelado IVE, fue desarrollado para usar factores de emisión nuevos y existentes con datos locales que el investigador debe recolectar para cuantificar los factores críticos. Una vez recolectada toda la información se puede desarrollar a través de procesos minuciosos un inventario de emisiones vehiculares obteniendo así valores muy confiables y concisos de un elemento contaminante en particular.

3.1.1. Categorías vehiculares usadas por IVE

IVE estima emisiones contaminantes de un universo de vehículos de transporte como son: motocicletas, taxis, furgonetas, camiones pequeños, furgonetas, camiones grandes, buses. En lo particular IVE contempla un total de 7 categorías vehiculares, 1372 tecnologías predefinidas y 45 tecnologías no definidas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, 2009, pág. 64).

En la Tabla 3.1, podemos ver todas las categorías que evalúa IVE para la creación de un inventario de emisiones en una ciudad o localidad designada para un estudio designado por la o las personas.

Su capacidad evaluativa es muy amplia ya que calcula emisiones desde una motocicleta hasta un camión grande que circule en área destinada para el estudio. IVE también hace referencia a los sistemas de inyección empleados en cada vehículo, así como el combustible empleado para su automoción.

Tabla 3.1. Categorías vehiculares que usa IVE

Abreviatura	Descripción	Significado
Pt	Gasolina	Vehículo a gasolina
Ds	Diésel	Vehículo a diésel
Ng	Gas natural	Vehículo a gas natural (mayormente metano)
Ngrt	Gas natural retrofit	Vehículo originalmente hecho para funcionar a gasolina, modificado para funcionar a gas natural
Pr	Propano	Vehículo a propano
Prtr	Propane retrofit	Vehículo originalmente hecho para funcionar a gasolina, modificado para funcionar a propano
Et	Etanol	Vehículo a etanol
Etrt	Etanol retrofit	Vehículo originalmente hecho para funcionar a gasolina, modificado para funcionar a etanol
GLN/GLP	Gas natural comprimido/Gas licuado propano	Motocicleta o vehículos de tres ruedas a gas natural o propano
Carb	Carburador	Vehículo equipado con carburador
SgPt FI	Inyección Mono punto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico único al múltiple de admisión
MPFI	Inyección Multipunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico múltiple
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
2eye	2 tiempos	Motores de 2 tiempos de baja cilindrada que operan a gasolina (motocicletas o vehículos de 3 ruedas)

(IVE MODEL, 2008, pág. 34)

3.1.2. Gases que evalúa IVE

En la Tabla 3.2, se detalla los gases que puede evaluar, El modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), siendo estos los más nocivos para las personas y el medio ambiente, estos compuestos son producto de la quema de un combustible gasolina/diésel, fuente necesaria para la automoción.

Tabla 3.2. Contaminantes evaluados por el modelado IVE

Contaminante	Descripción
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
CO	Monóxido de carbono
NOx	Óxidos de nitrógeno
PM 10	Partículas con diámetro < a 10 micras
CO2	Bióxido de carbono
CH4	Metano
N2O	Óxido nitroso
NH3	Amoniaco
BENZ	Benceno
BUTA	1,3-Butadieno
ALD	Aldehídos

(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, 2009, pág. 67)

3.1.3. Requerimientos del modelado IVE

Son datos de entrada al modelado IVE por lo que se debe realizar para cada localidad que se desee evaluar emisiones en una ruta específica. Estos requerimientos deben ser muy bien detallados y tomados por las personas que hagan estudios con el uso de este modelado matemático computacional. Ver Tabla. 3.3.

Tabla 3.3. Requerimientos IVE

Insumo	Detalle 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 aspectos de la gasolina (azufre, plomo, benceno y oxigenantes)	Número de arranques por día, categoría vehicular y tiempo arranques consecutivos
Información sobre aspectos 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

(Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, 2009, pág. 67)

3.1.4. Proceso de cálculo IVE

El modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) realiza mediante ajustes y cálculos una estimación de emisiones contaminantes en una flota vehicular designada para el estudio, este modelado. Se basa en realizar multiplicaciones de la base de factores de emisión por cada factor de corrección y por la distancia, esto dependiendo de la tecnología vehicular

ingresada (IVE MODEL, 2008, pág. 10). Para este proceso de cálculo IVE usa una serie de ecuaciones que se detallan a continuación.

3.1.5. Proceso de estimación de emisiones en el modelado IVE

El proceso de cálculo para estimar factores de emisión representada en la ecuación 3.1. Multiplica la base de factores de emisión (B) por la serie de corrección (K) para estimar los ajustes de factor de emisión (Q) por cada tipo de vehículo (IVE MODEL, 2008, pág. 10). El factor de conducción no se calcula en la fórmula 3.1. Las variables locales, variables de localidad, variables de combustible y variables de potencia y conducción requeridas para la ecuación 3.1 podemos ver en la tabla 3.1.

$$Q[t] = B[t] * K(1)[t] * K(2)[t] * \dots * K(x)[t]$$

[3. 1]

Donde

Q = Ajuste de factor de emisión

B = Factores de emisión

K = Factores de corrección

Con esta fórmula el software Ive ajusta variables locales de una ciudad por donde circula la flota a ser estudiada, como es: la altura promedio, temperatura ambiental donde se desarrolló el estudio, también ajusta el valor del contenido de ppm del diésel ocupado en la flota, partidas en frío y caliente, aire acondicionado y potencia específica vehicular, ver Tabla. 3.4.

Tabla 3.4. Variables de corrección

Variabes locales	Variabes diésel	Variabes de potencia y conducción
Temperatura ambiental	Cantidad ppm de azufre	Potencia Específica Vehicular (VSP)
Humedad ambiente		Pendiente
Altitud		Partidas en frío
Programas de inspección y mantenimiento		Uso del aire acondicionado
Base de factores de corrección		

(IVE MODEL, 2008, pág. 10)

3.1.6. Factores de emisión

El software de modelado IVE calcula los factores de emisión mediante dos tipos de emisiones: emisiones en ruta y emisiones por partida. Las variables que toma en cuenta el software de modelado IVE para los factores de emisión son las siguientes ecuaciones

Ecuación para ajustes de emisión en ruta.

$$Q_{\text{en ruta}} = \sum_t \{ f[t] * \sum_d [Q[t] * \bar{U}_{\text{FTP}} * f[dt] * K[dt]] \} / \bar{U}_c \quad [3.2]$$

Ecuación para ajustes de emisión en partida

$$Q_{\text{partida}} = \sum_t \{ f[t] * Q[t] * \sum_d [f[dt] * K[dt]] \} \quad [3.3]$$

Donde

$f[dt]$ = Fracción de viaje usado en condición de VSP

$Q[t]$ = Factores de emisión

\bar{U}_{FTP} = Velocidad media de ciclo FTP 75

$(f[dt])$ = Fracción de tiempo para cada Bin

\bar{U}_c = Velocidad del ciclo evaluado

“Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmosfera en una unidad de actividad o consumo de combustible” (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología, 2009, pág. 49). Para saber qué valor de contaminación es emitida por una fuente móvil se mide en gramos /kilómetro recorrido.

3.1.7. Metodología para la estimación de emisiones vehiculares

En el presente estudio, se elaboró un diagrama metodológico de flujo detallando los procesos implementados para estimación de emisiones contaminantes de vehículos de transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra mediante modelado computacional. Ver el detalle del proceso en la Fig. 3.2.

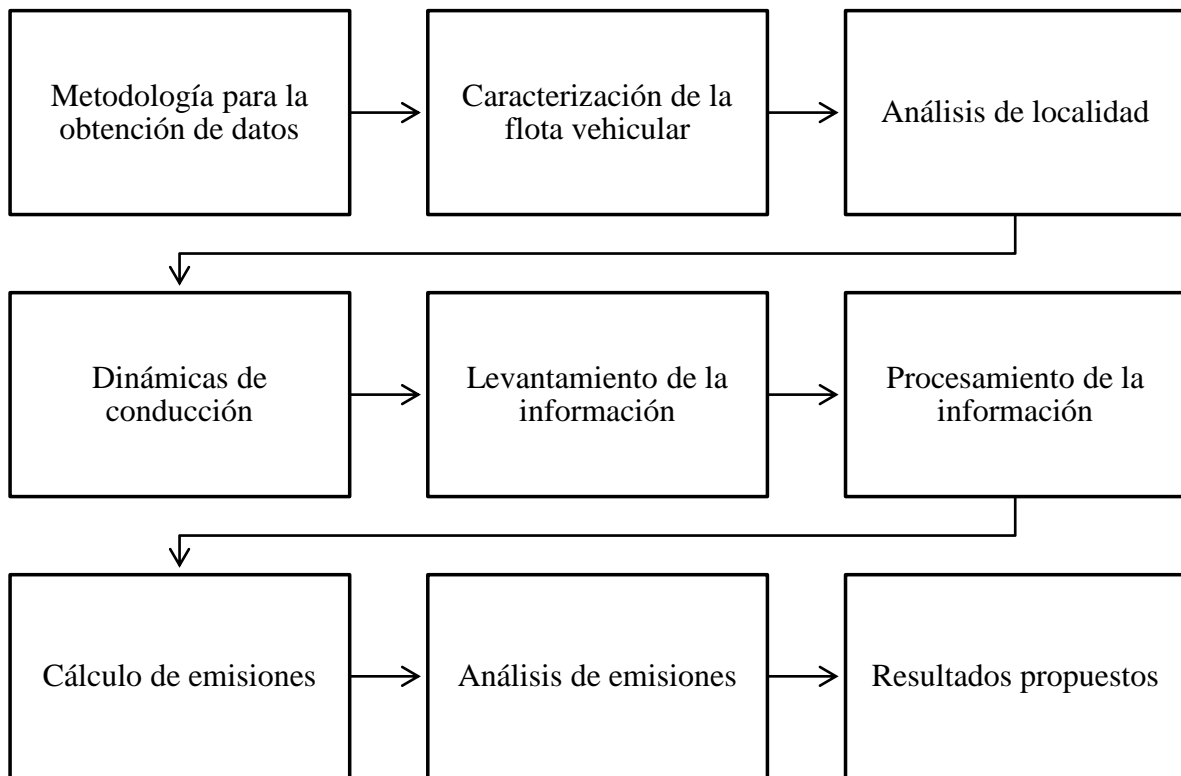


Figura. 3.2. Metodología para la estimación de emisiones en el transporte Escolar e Institucional de la ciudad de Ibarra – Ecuador
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL)

Esta metodología se realizó analizando aspectos relevantes, al momento de hacer este proyecto se analizó el transporte público, pudiendo así: determinar el transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, se investigó la cantidad de vehículos que prestan este servicio con información validada en MOVIDELNOR E.P. Se hizo un levantamiento de información de las parroquias urbanas y Unidades Educativas ubicadas en la capital Imbabureña. Para establecer las dinámicas de conducción se consideraron equipos de medición a bordo pudiendo así determinar la App. GPS speed, que mide datos segundos a segundo en cada unidad vehicular seleccionada para la medición.

Se realizó el levantamiento de información en un computador y se procesó en el mismo. Después con la ayuda del Modelado Internacional de Emisiones IVE se calculó los factores de emisión de cada ruta, para hacer un análisis de emisiones y finalmente establecer una propuesta de reducción de emisiones en este sector del transporte de la ciudad. El proceso hecho en este proyecto se puede apreciar en el siguiente flujo grama ver Fig.3.3.

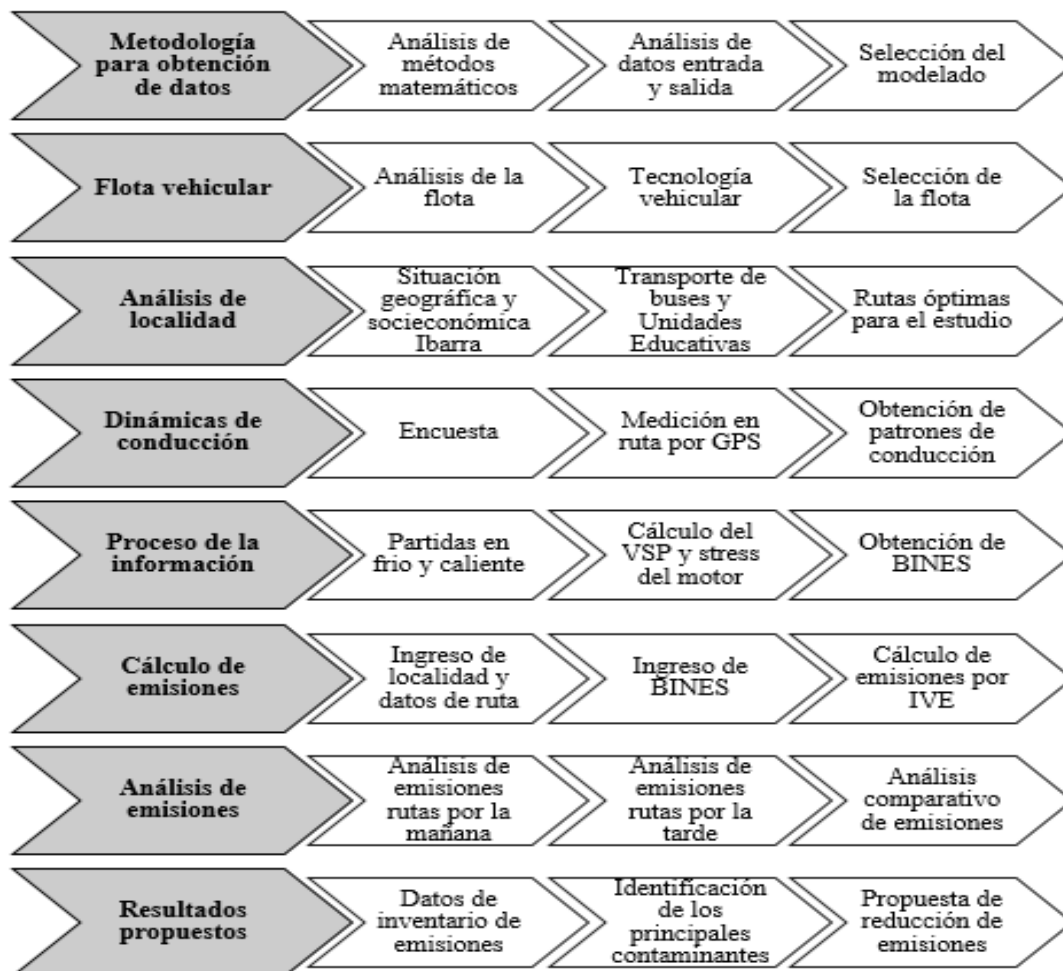


Figura. 3.3. Proceso empleado para la estimación de emisiones contaminantes vehiculares
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL)

3.2. Caracterización de la Flota vehicular

Grupo o conjunto de vehículo con diferentes tamaños, formas, tecnologías, con variedad de combustibles de operación destinada a un propósito en particular que debe ser legalmente reconocida y normalizada por un estado o país para su operación. En nuestro estudio 100% de la flota vehicular seleccionada es en vehículo tipo Van o conocida como furgoneta, ya que, según (IVE MODEL, 2008, pág. 35) la define en la categoría de vehículo mediano a diésel con un sistema de admisión (Pre-Chamber Inject), inyección indirecta, un motor de entre 1,5 litros y 3 litros y un peso bruto vehicular de entre (5 000 y 6 600 lb). El tipo de inyección se pudo investigar en la casa comercial KIA en la ciudad de Ibarra, pudiendo así definirla en las categorías que usa IVE.

3.2.1. Transporte Escolar e Institucional en Ibarra

Este transporte público es muy relevante en nuestra ciudad ya que permite transportar estudiantes desde sus casas hasta las instituciones educativas dentro del casco urbano de la ciudad. En la ciudad de Ibarra existen 9 cooperativas legalmente constituidas registradas en la Empresa de Movilidad del Norte (MOVIDELNOR EP), ente gubernamental encargado del control técnico operacional y legal del transporte público en la provincia. En la Fig. 3.4. Se detalla las cooperativas que tienen el permiso actualizado de funcionamiento con la cantidad de unidades disponibles y registradas para prestar el servicio.

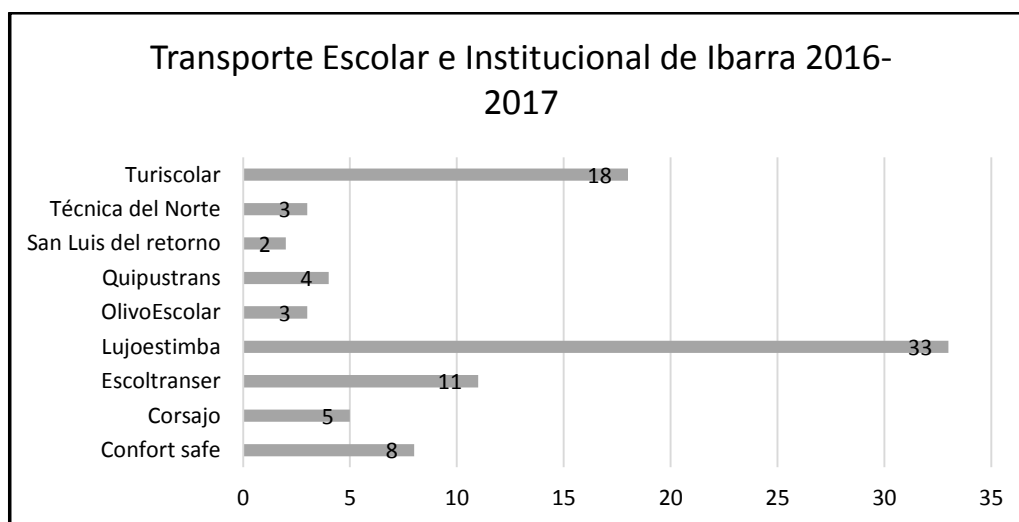


Figura. 3.4. Transporte Escolar e Institucional Ibarra 2016 - 2017
(MOVIDELNOR E.P. 2016- 2017)

3.2.2. Tipos de vehículo y marcas del transporte escolar e institucional

En nuestra ciudad existe una gran variedad de tipos de vehículos que realizan esta actividad como es: furgonetas, busetas, minibús, bus. Lo que conlleva hacer una clasificación de acuerdo al número de pasajeros, El transporte utilizado es muy variado, pero hace más relevancia la marca Kía.

Un total de 87 vehículos tipo furgonetas se encuentran distribuidos para el transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra, se registró que el 58% de unidades que prestan este servicio son KIA Pregio, un 15 % de unidades comprende la marca Hyundai en modelos H-

100 que a su vez es de la misma casa constructora KIA-HYUNDAI motors, y finalmente en menores cantidades varias marcas como se detalla en la Fig. 3.5.

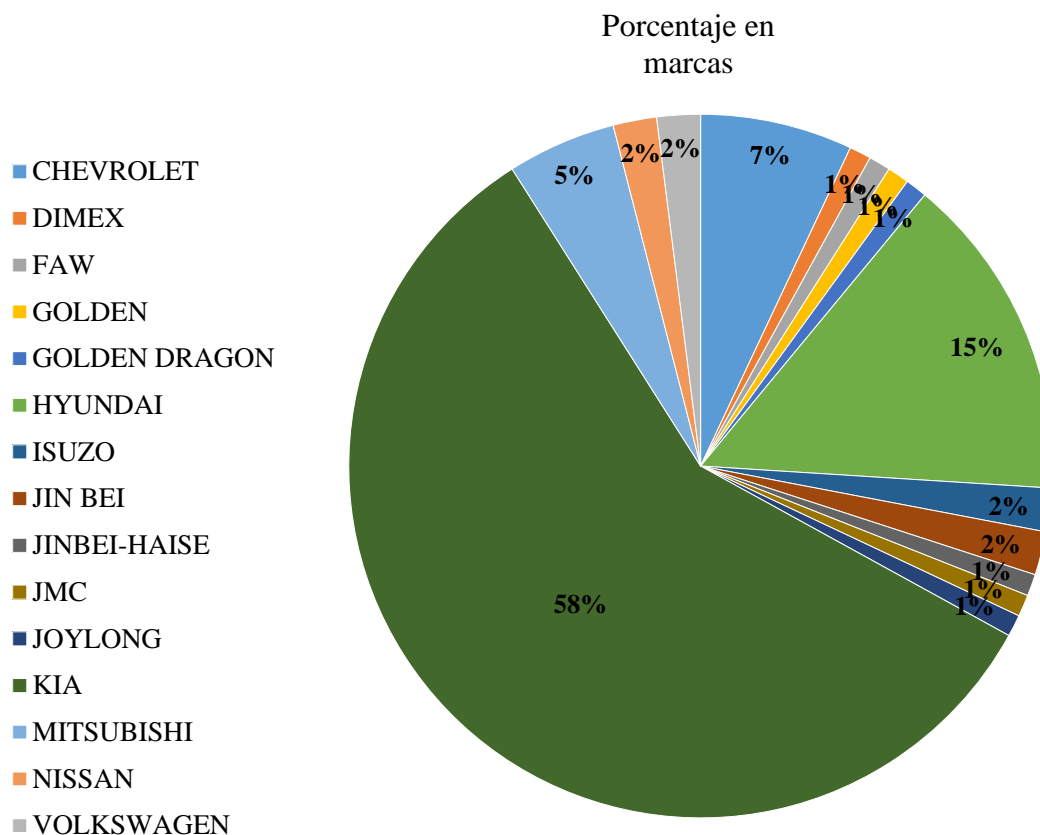


Figura. 3.5. Porcentaje de marcas en vehículos
Fuente (Autor – Vía MOVIDELNOR E.P. 2016-2017)

3.2.3. Selección de la flota a evaluar

Para realizar este estudio de emisiones vehiculares en el transporte escolar dentro de la ciudad de Ibarra se selecciona específicamente furgonetas marca KIA Pregio, ya que este vehículo representa el 58 % del total de furgonetas de transporte Escolar e Institucional teniendo gran relevancia en la ciudad debido a las excelentes prestaciones que esta presta para la adaptación a una ciudad de altura dentro del Ecuador y un ambiente muy confortable para el desempeño del motor de este modelo de vehículo.

Cabe señalar que este vehículo se encuentra en circulación desde el modelo del año 1996 con el nombre de Besta y a partir del 2012 hasta el 2012. Con el nombre del modelo Pregio. Finalmente podemos ver en la Tabla 3.6. Cuantas existen en la ciudad de Ibarra de acuerdo al año de fabricación.

Tabla 3.5. Unidades KÍA Pregio ciudad de Ibarra 2017

Vehículos KÍA PREGIO	
Modelo	Cantidad
Año 2002	3
Año 2003	11
Año 2004	12
Año 2005	9
Año 2008	1
Año 2009	5
Año 2010	2
Año 2011	3
Año 2012	5
Año 2013	4
Año 2014	2
TOTAL	57

Fuente: (Autor – Vía MOVIDELNOR E.P. 2016-2017)

3.2.4. Tecnología vehicular de la flota seleccionada

En la presente investigación, la tecnología vehicular hace referencia a los sistemas contra emisiones que está equipada cada unidad automotriz, esto varía considerablemente respecto a los diferentes subsistemas implementados por los fabricantes en los motores, como es: el turbo, válvula Egr, sistema CRDI con: DOC, NSR, DPF, SCR, CEGR. Sin estos sistemas dispuestos en los motores diremos que tecnología contra emisiones será limitada.

Al finalizar el ciclo de escape los motores nuevos dispuestos en un vehículo deben ser evaluados mediante un método en contra de las emisiones vehiculares, tomando como referencia la normativa vigente mundial (Euro, americanas, japonesas), hecho este proceso cada vehículo obtiene una certificación/homologación, para ser distribuido y comercializado en cada país. Posterior a esto cada vehículo tendrá que regirse a las normativas dispuestas por cada país o estado en el transcurso de los años de circulación.

Para el sistema de admisión este vehículo cuenta con un colector de admisión, un turbo y una válvula EGR en todos sus modelos (KIA Motors Corporation, 2004). Este motor según la clasificación de IVE se designó en la tipología de inyección indirecta. Ver Fig. 3.6.

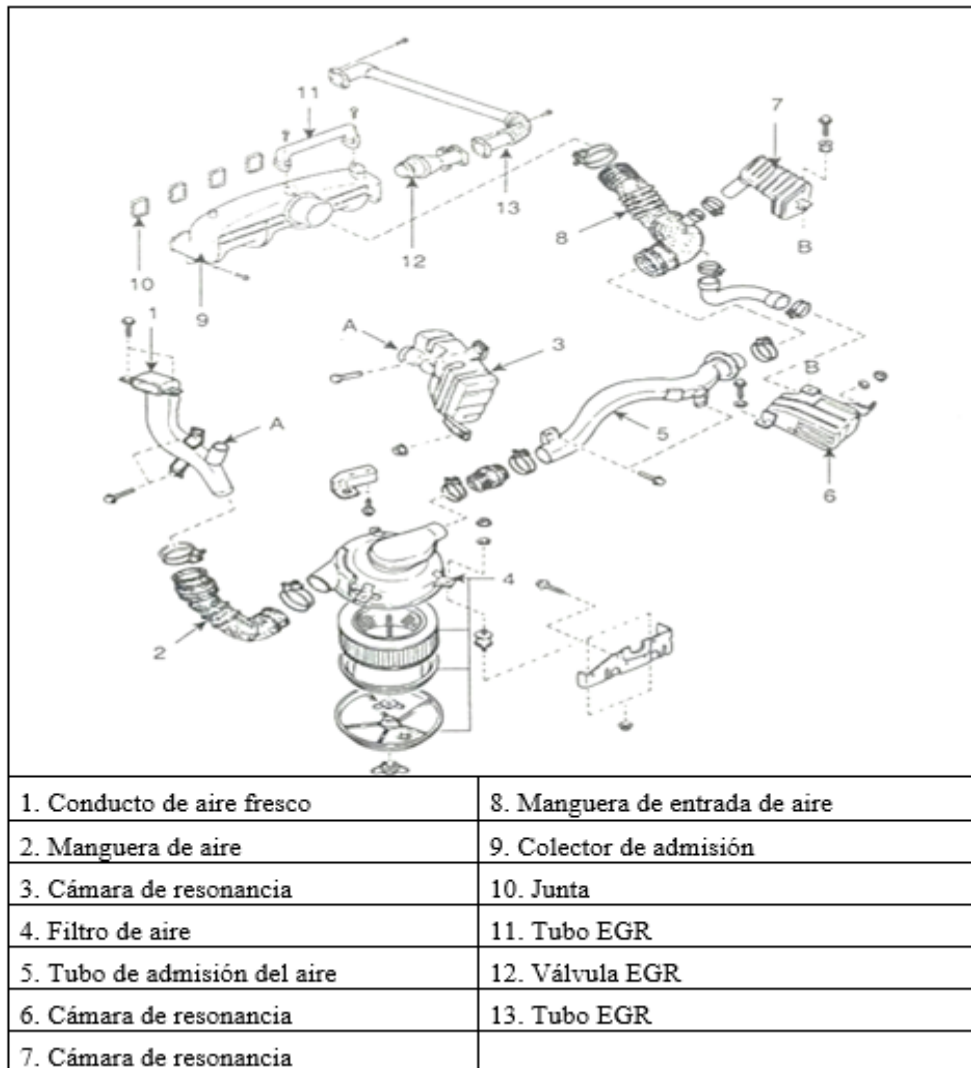


Figura. 3.6. Sistema de admisión
(KIA Motors Corporation, 2004)

Según (KIA Motors Corporation, 2004) los modelos de motor que se fabricó para las furgonetas Besta y Pregio fueron, D4BH, J2, JT, JTA, con un tipo de motor lineal de 4 cilindros y una bomba de inyección rotativa tipo VE. Los elementos de activación para la pre – inyección es mecánicamente.

Un 80 % de la flota del transporte escolar e institucional que circula dentro de la ciudad de Ibarra viene equipada con una tipología de motor JT, un 10 % con la J2 y otro 10 % la tipología D4BH según análisis de la tipología del motor. Detallamos las especificaciones de las unidades KIA Pregio comercializadas en años anteriores para la República del Ecuador. Ver Fig. 3.7.

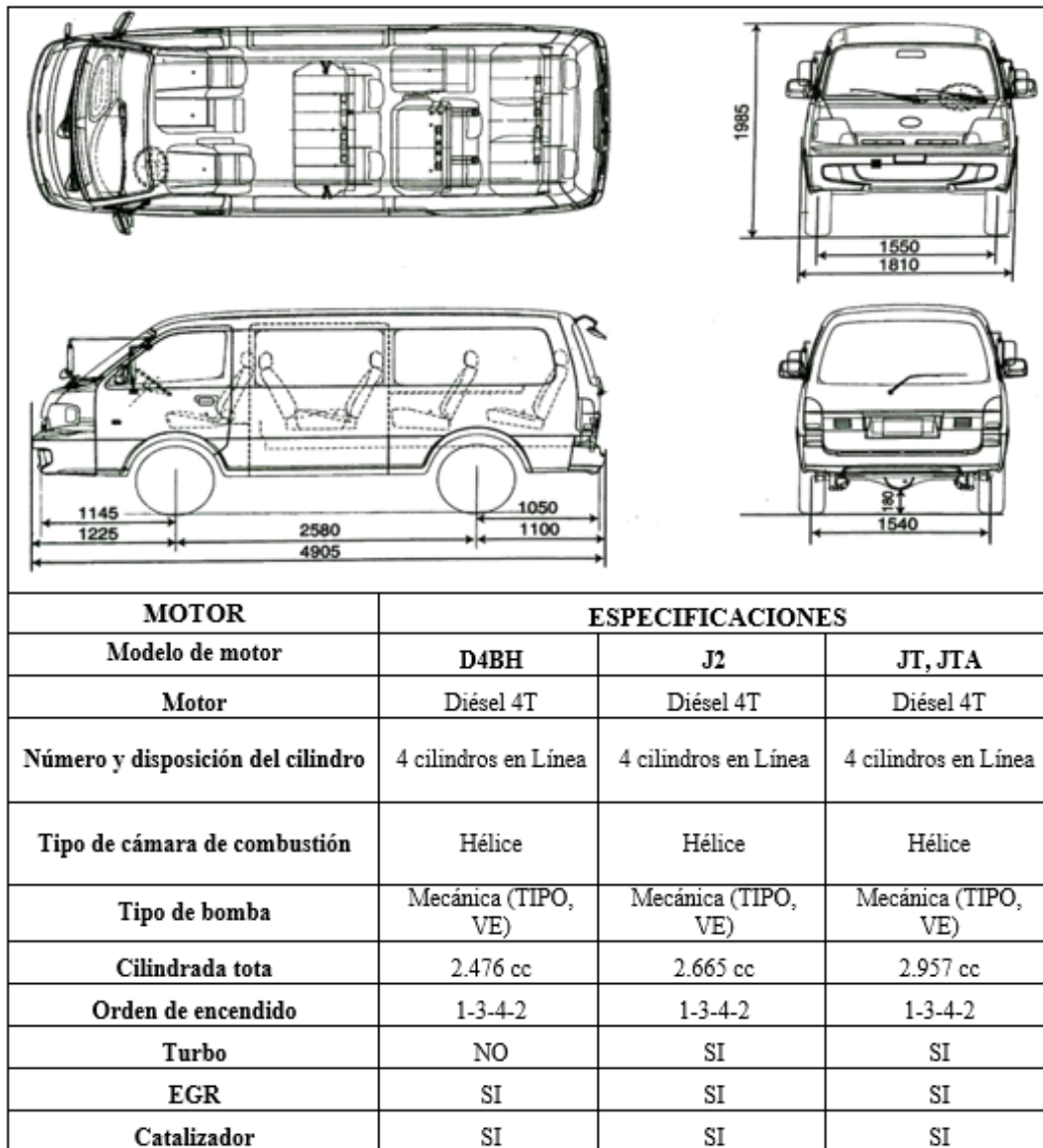


Figura. 3.7. Ficha técnica Kía Pregio 1996-2013
(KIA Motors Corporation, 2004)

En los sistemas de escape las furgonetas Besta y Pregio, según (KIA Motors Corporation, 2004) cuentan con un tubo de escape delantero una junta un catalizador un tubo de escape centran y finalmente un silenciador principal como último elemento del sistema. Ver Fig. 3.8. La configuración del sistema de escape y todos los elementos registrado en este tipo de vehículo, que presta el servicio de transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra, que es catalogado como de transporte público en la república del Ecuador.

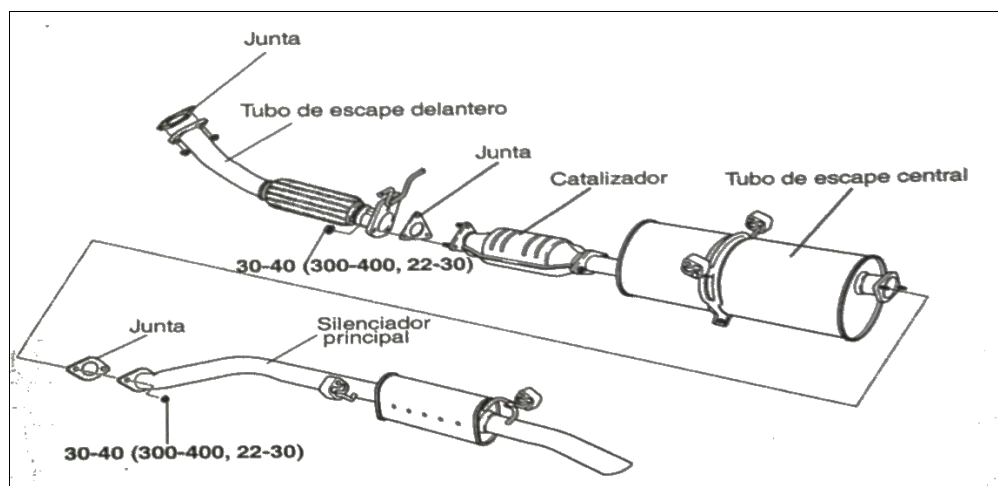


Figura. 3.8. Sistema de escape
(KIA Motors Corporation, 2004)

Para la ciudad de Ibarra se hace una caracterización de toda la flota vehicular del transporte escolar e institucional que circula actualmente, se elabora una tabla tomando en cuenta la tecnología en contra de las emisiones que dispone cada unidad, ajustándose a los requerimientos del Emisiones Vehiculares (IVE). Toda la flota en particular es marca KIA modelo PREGIO, ver Tabla 3.7. Con el detalle de cada unidad.

Tabla 3.6. Tecnología vehicular de la flota vehicular seleccionada

Modelo KIA Pregio	Descripción	Cantidad	EGR	Turbo	Combustible	Inyección	Peso	kilometraje
2002	Auto/Sml Truck	3	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2003	Auto/Sml Truck	11	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2004	Auto/Sml Truck	12	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2005	Auto/Sml Truck	9	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2008	Auto/Sml Truck	1	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2009	Auto/Sml Truck	5	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2010	Auto/Sml Truck	2	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2011	Auto/Sml Truck	3	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	>161000km
2012	Auto/Sml Truck	5	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	<161000km
2013	Auto/Sml Truck	4	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	<161000km
2014	Auto/Sml Truck	2	no	no	diésel	Pre-Chamber Inject	Med	<161000km
TOTAL		57						

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL)

3.3. Análisis de localidad

Se hizo un análisis exhaustivo de la ciudad con varios aspectos como es ubicación de las parroquias urbanas de la ciudad, ubicación de las líneas de buses, ubicación de las Unidades Educativas, y una optimización de rutas tomando en cuenta los aspectos mencionados.

3.3.1. Análisis geográfico de la ciudad de Ibarra

La ciudad de Ibarra capital de la provincia de Imbabura se encuentra ubicada en la parte norte de la serranía ecuatoriana, a 115 Km. de Quito capital del Ecuador. “La ciudad tiene los siguientes límites al Norte se encuentra ubicada la provincia del Carchi, al Sur la provincia de Pichincha, al Este el cantón Pimampiro y al oeste los cantones de Antonio Ante, Urcuquí y Otavalo” (SECRETARIA DE GESTION DE RIESGOS, 2013). Es una ciudad de altura, está por 1 800 m.s.n.m. en sectores de Ambuquí y salinas hasta los 2 400 (msnm) en la parroquia Caranqui y San Antonio, la ciudad se encuentra dividida en 5 parroquias urbanas y 6 parroquias rurales que son: ver Tabla 3.8.

Tabla 3.7. Parroquias de Ibarra

Parroquias Urbanas	Parroquias Rurales
Alpachaca	San Antonio
San Francisco	Angochagua
El Sagrario	La Esperanza
Priorato	La Carolina
Caranqui	Salinas y Ambuquí

(Plan de ordenamiento territorial Ibarra 2015-2023, pág. 60)

Su topografía es relativamente uniforme teniendo las principales elevaciones en los sectores de parroquias Alpachaca, San Francisco, y con menor grado de inclinación y mayor elevación en la parroquia de Caranqui y Priorato, esta bañada por el río Tahuando principal afluente de la ciudad.

Debido a estudio planteado se analiza tomar en cuenta solo las 5 parroquias urbanas de Ibarra. En la Fig. 3.9. Se puede ver la ubicación de parroquias urbanas en el mapa de Ibarra.

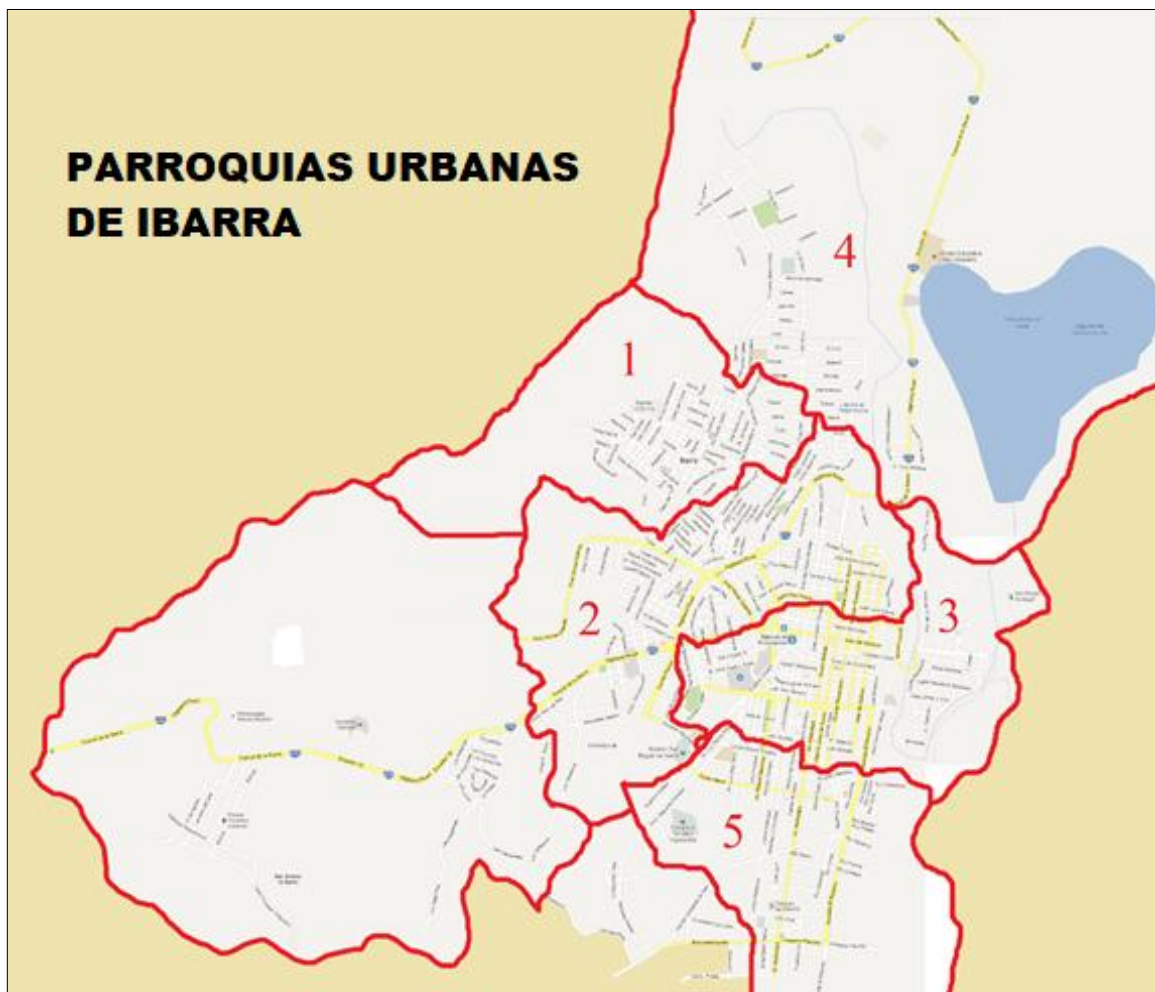


Figura. 3.9. Parroquias Urbanas Ibarra
(Plan de ordenamiento territorial Ibarra 2015-2023, pág. 66)

La parroquia de Alpachaca está ubicada en el sector noroeste de la ciudad sus principales sectores son: barrio Azaya adjunto al barrio Alpachaca con una altura promedio de 2 220 - 2 270 (msnm) sector urbano marginal de la ciudad, está representada por el número 1.

San Francisco es otra parroquia de Ibarra se encuentra en el sector centro oeste, lugar céntrico y de gran actividad económica de la ciudad su topografía es muy uniforme está a 2 220 (msnm) Existe una gran cantidad de bancos, Unidades Educativas y un amplio movimiento de personas en esta parroquia está representada por el número 2.

Otra parroquia con gran movimiento de personas y económico es la parroquia El Sagrario está ubicada en el centro de la ciudad contempla la mayor cantidad de Unidades Educativas, aquí se concentra el centro histórico de la ciudad como: parques, plazas, iglesias. Tiene una topografía muy regular por los 2 200 (msnm)

Al norte de Ibarra esta la parroquia de Priorato es la más grande de la ciudad, es un sector popular con una topografía muy regular por los 2 200 (msnm) posee un excelente acceso al centro de la ciudad ya que por aquí está la panamericana norte con dirección a la provincia del Carchi, se ve representada por el número 4.

Finalmente, en el número 5 tenemos la parroquia de Caranqui, ubicada al sur de la ciudad es un sector muy cotizado debido a su excelente terreno para la edificación de conjuntos habitacionales, es una de las parroquias más grandes. Su topografía varía desde los 2 220 (msnm) a los 2 400 (msnm).

3.3.2. Análisis socioeconómico de las parroquias urbanas de Ibarra

La población de la capital Imbabureña tiene el servicio de transporte escolar para los estudiantes de educación básica, teniendo en cuenta el costo por este servicio que va desde 30 a 35 dólares mensuales, los padres de familia de la ciudad optan por enviar a sus hijos menores de 12 años en este tipo de recorrido, por lo tanto, el transporte de taxis queda fuera de este estudio debido a elevados costos por movilidad.

Dependiendo el lugar donde residan los estudiantes, se especificará un sector que la ciudad establece en una escala de nivel económico, esto servirá de referencia para especificar la ruta de análisis en la presente investigación, se los clasifica según la parroquia que se encuentren. En una escala de referencia de 1 a 5.

Teniendo como resultado que las parroquias que más optan por hacer uso del transporte escolar son las de alto y bajo nivel económico. En la categoría alta la gente que vive en este lugar trabaja y no tiene tiempo de trasladar sus hijos personalmente hacia la Unidad Educativa asignada optando por pagar el servicio de transporte escolar. Por otro lado, el nivel económico bajo lo hace pagando este transporte por cuidar la integridad de los estudiantes sobre todo las niñas. Ver Fig. 3.10.

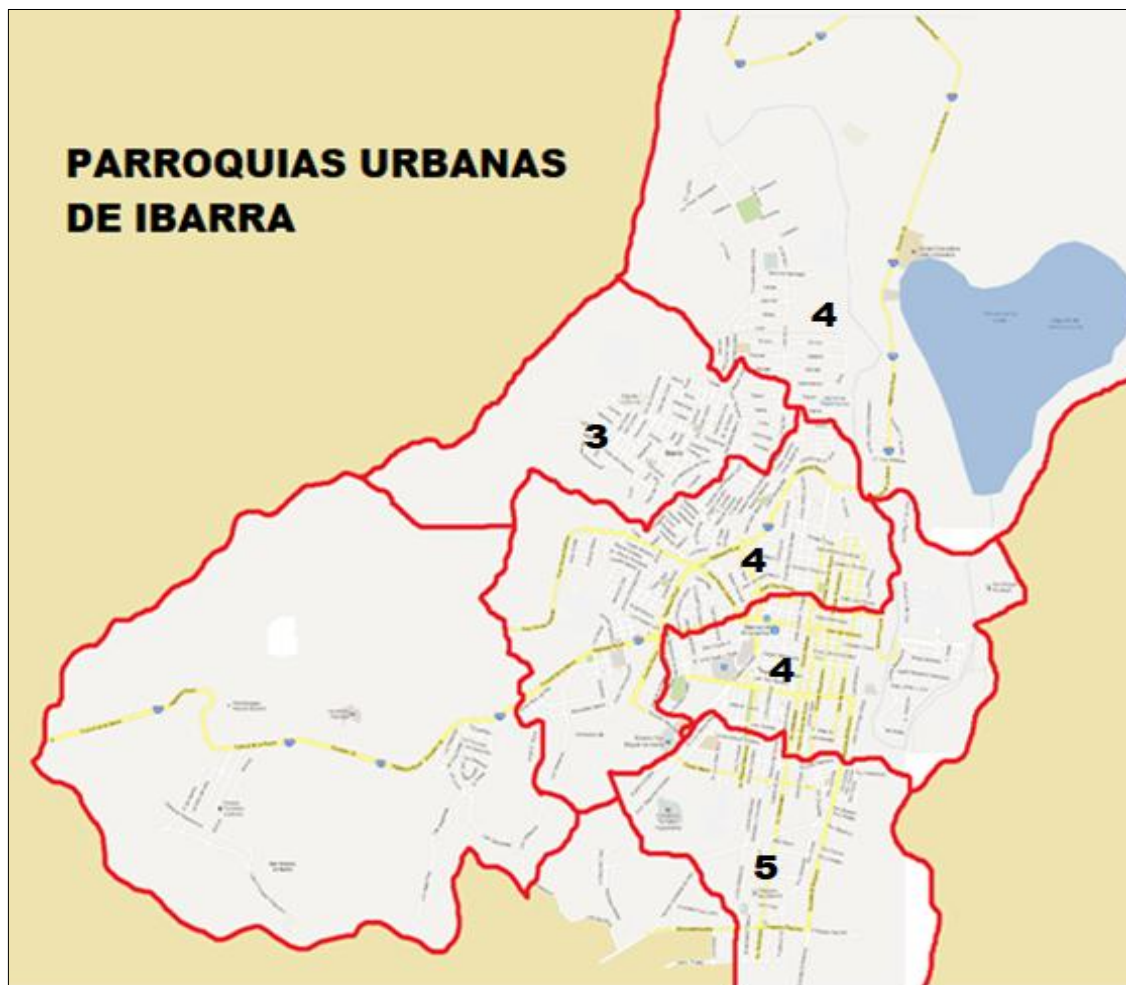


Figura. 3.10. Ubicación Socioeconómica de la ciudad
(Plan de ordenamiento territorial Ibarra 2015-2023, pág. 123)

3.3.3. Transporte de buses de Ibarra

Existe dos cooperativas de transporte público de buses en la ciudad, la Cooperativa 28 de Septiembre con 160 unidades y la Cooperativa San Miguel de Ibarra con 127 unidades, que hacen su recorrido a lo largo y ancho de la ciudad y sus periferias, con diferentes rutas establecidas por cada compañía y monitoreado por el ente de control MOVIDELNOR. EP, en gran medida estas unidades abastecen la movilidad de las personas en la ciudad con horarios de salida de unidades cada 5 minutos si la ruta es muy transitada y de 15 minutos si una ruta no es transitada. Ver Fig. 3.11.

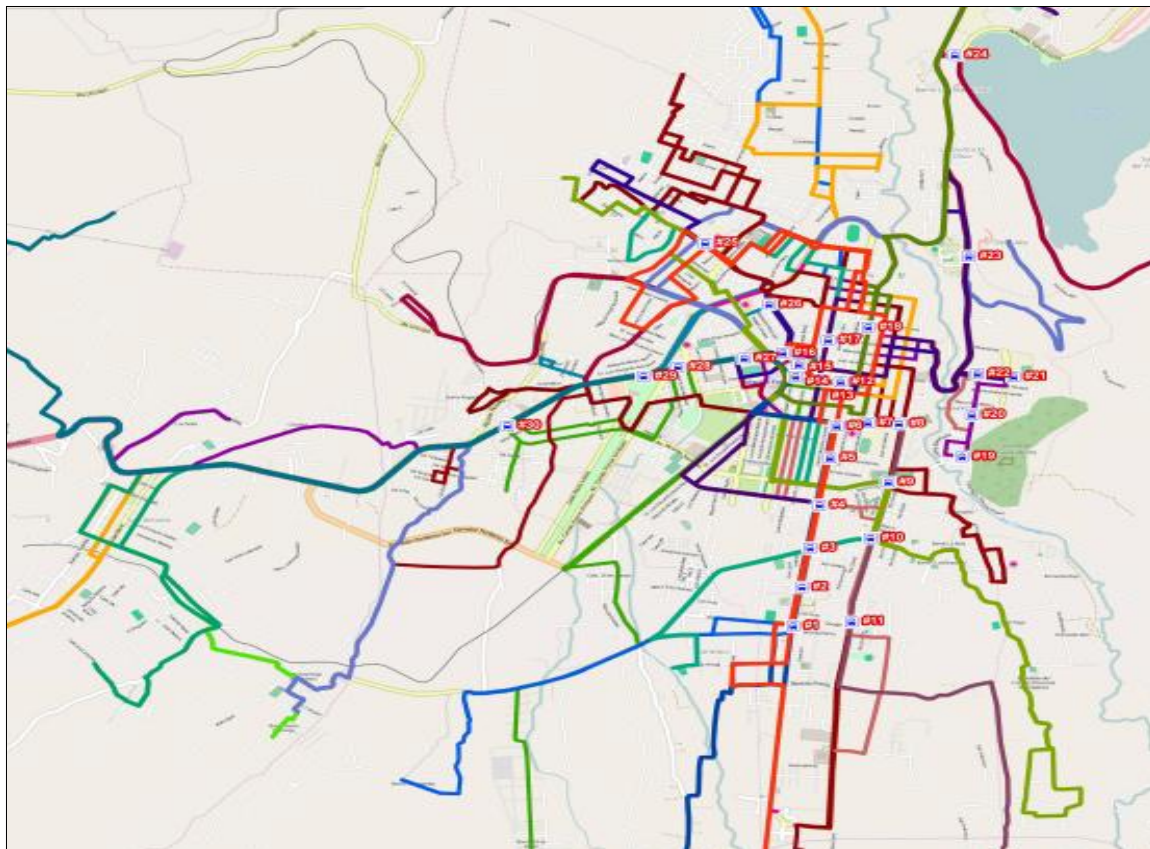


Figura. 3.11. Rutas de buses Ibarra
(MOVIDELNOR E.P. 2017)

La incidencia de este medio de transporte en la ciudad afecta indirectamente a los estudiantes debido a que los buses de la ciudad empiezan los recorridos a la 6:00 am y en otros casos a las 6:30 am la ruta seleccionada, siendo la hora de entrada a los establecimientos educativos a las 7.00 am y 7:15 am, motivo por el cual muchos chicos no hacen uso del transporte de buses, debido al retraso a sus instituciones y la gran aglomeración de pasajeros en estas horas. El transporte público es utilizado por la mayoría de los estudiantes que bordean los 13 años y 18 años, quedando sin transporte los más pequeños, es aquí donde prestan sus servicios las compañías de transporte escolar e institucional.

El transporte escolar e institucional es un medio muy seguro a la hora de movilizar estudiantes ya que este transporte público va de casa en casa retirándolos alumnos y son llevados a los centros educativos justo a la hora de entrada establecida en cada centro con un tiempo promedio de 5 minutos antes del ingreso a clases, de la misma forma a la hora de salida este transporte está en las afueras de los centros educativos esperando la salida de los estudiantes para ser llevados a sus respectivas viviendas.

Un padre de familia para hacer uso del transporte escolar generalmente cancela mensualidades de entre \$30 y \$35, dependiendo de la distancia entre su residencia y el establecimiento educativo. Esta cuota está ya establecida por el órgano de regulación y control del transporte de la ciudad de Ibarra MOVIDELNOR. E.P.

3.3.4. Ubicación de unidades educativas

Las unidades educativas representadas en este estudio se ven distribuidas en sus respectivas parroquias, de esta forma para ser analizadas dependiendo de la ruta de recorrido que mantenga relación con estudiantes procedentes de la misma.

Observamos que la mayor concentración de Unidades educativas tanto públicas fiscomisionales y privadas están ubicadas mayoritariamente en el centro de la ciudad, específicamente en las parroquias urbanas de: San Francisco y El Sagrario y en valores muy inferiores de una y dos Unidades Educativas en las parroquias de Priorato, Alpachaca y Caranqui. Por lo que estos sectores de Ibarra necesitan un servicio de movilidad para los estudiantes que viven en estos lugares, ver ubicación de U.E. en la Fig. 3.12.

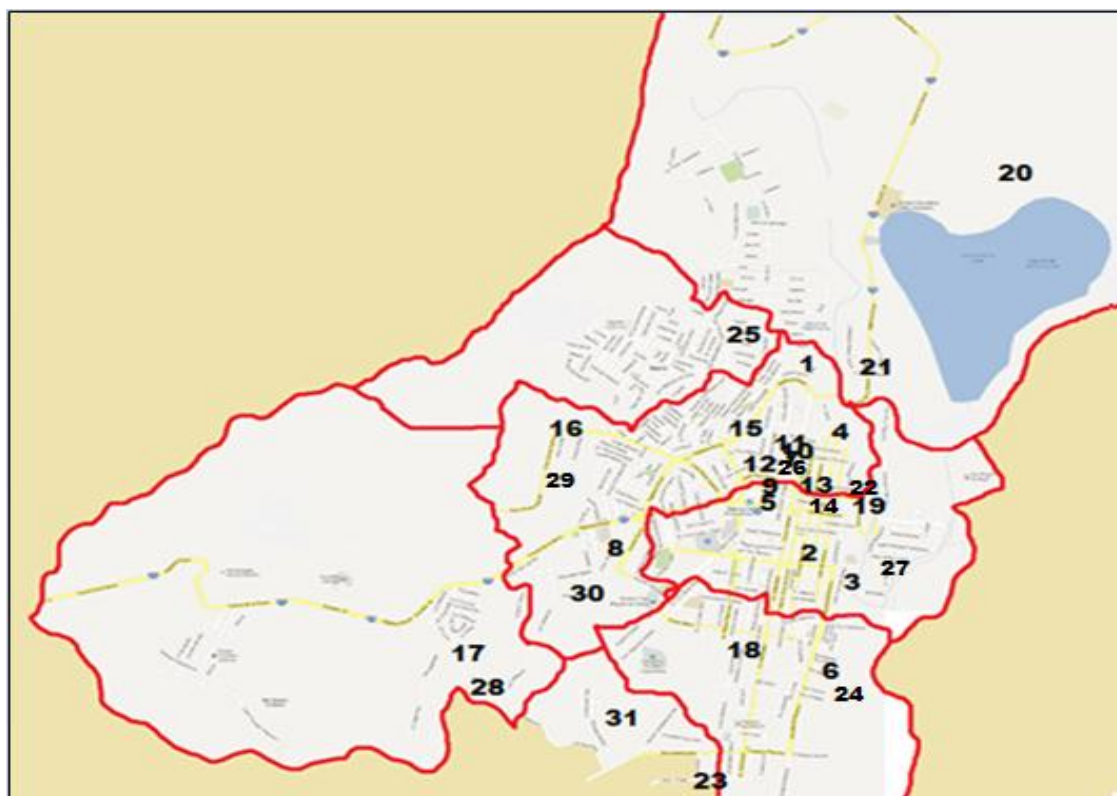


Figura. 3.12. Unidades Educativas de Ibarra.

Fuente: (Autor – Vía OpenStreetMap. Org)

Cada Unidad Educativa está representada por su ubicación en el mapa de la ciudad de Ibarra localizándose en su mayoría en el sector céntrico de la ciudad y en menor cantidad en los alrededores, cada centro de estudio se ubica en su respectiva parroquia y en la Tabla 3.9, se detalla cada U. E. Pública, privada y fisco misional.

Tabla 3.8. Unidades Educativas Ibarra

1.	Unidad Educativa Universitario "UTN"(pública)
2.	Unidad Educativa Salesiano "Sánchez y Cifuentes" (fisco misional)
3.	Unidad Educativa Experimental "Teodoro Gómez de La Torre"(TGT) (pública)
4.	Unidad Educativa San Francisco (fisco misional)
5.	Unidad Educativa Ibarra (UEI) (pública)
6.	Unidad Educativa Nacional Víctor Manuel Guzmán (pública)
7.	Unidad Educativa Sagrado Corazón de Jesús "Betlemitas" (privada)
8.	Unidad Educativa La Inmaculada Concepción (privada)
9.	Unidad Educativa La Salle (privada)
10.	Unidad Educativa Oviedo (privada)
11.	Unidad Educativa Virgen de Fátima (privada)
12.	Unidad Educativa Mercedario San Pedro Pascual (privada)
13.	Unidad Educativa Juan Pablo II (privada)
14.	Unidad Educativa Diocesano Bilingüe (privada)
15.	Unidad Educativa Técnico "17 de julio" (pública)
16.	Unidad Educativa Atahualpa (privada)
17.	Unidad Educativa de Bellas Artes (Daniel Reyes) (pública)
18.	Unidad Educativa La Victoria (privada)
19.	Unidad Educativa Los Arrayanes (privada)
20.	Unidad Educativa Los Álamos (privada)
21.	Unidad Educativa Aduanero (privada)
22.	Unidad Educativa San Vicente Ferrer (privada)
23.	Unidad Educativa Militar San Diego (privada)
24.	Unidad Educativa Bilingüe Christian Academy (privada)
25.	Unidad Educativa Nacional Yahuarcocha (pública)
26.	Unidad educativa San Pedro Pascual (fisco misional)
27.	Unidad Educativa Nacional Víctor Manuel Peñaherrera (pública)
28.	Unidad Educativa Nacional Mideros (pública)
29.	Unidad Educativa Nacional Atahualpa (pública)
30.	Unidad Educativa "Mariano Suárez Veintimilla (pública)
31.	Unidad Educativa Juan Diego (fisco misional)

(Ministerio de Educación del Ecuador, 2016)

3.3.5. Optimización de rutas para el estudio

Se optimizó cinco Unidades Educativas de la ciudad de Ibarra, como podemos apreciar en el mapa de la fig. 3.13. Esto para evaluar el movimiento vehicular hecho por el transporte Escolar e Institucional mediante GPS. Se designó estas rutas acuerdo a varios análisis hechos como son: el geográfico de localidad, líneas de buses, nivel socioeconómico de la ciudad, ubicación de la Unidades Educativas y predisposición de los transportistas de brindar la facilidad en la toma de datos en cada unidad ya que en algunos casos hubo poca cooperación de los socios de las compañías. Cabe señalar que después tenemos una final optimización de rutas, de acuerdo a la encuesta que se realizó a los transportistas.

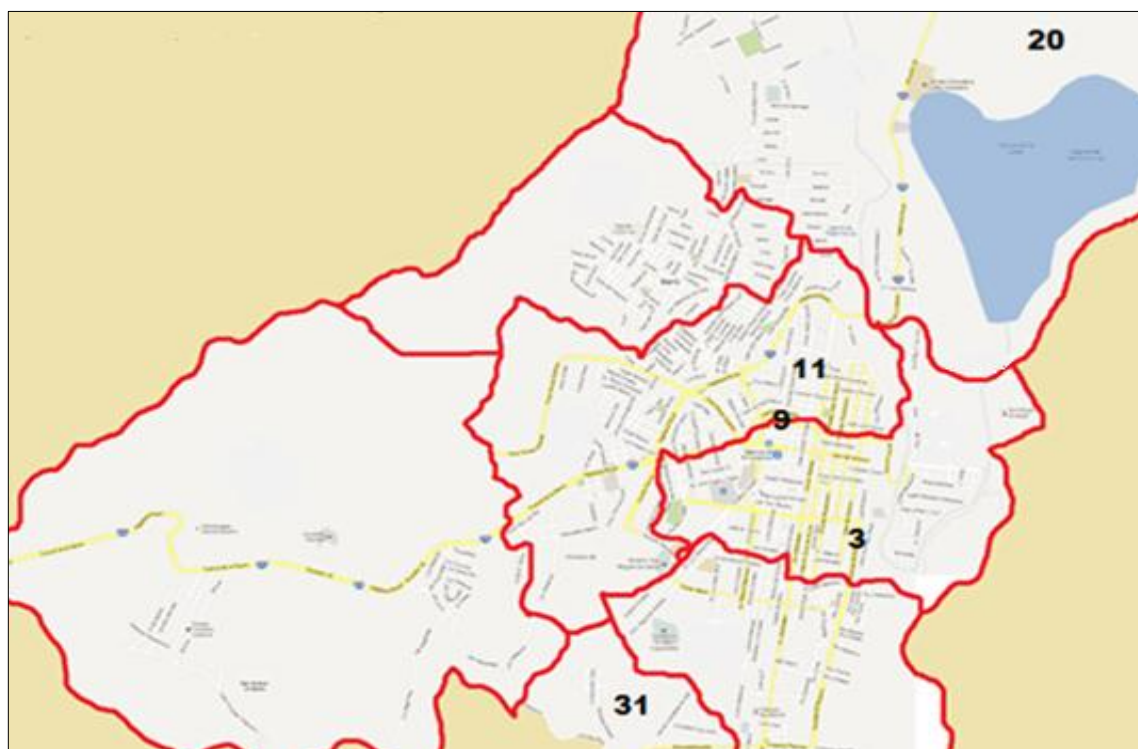


Figura. 3.13. Ubicación de Las U.E. Seleccionadas
Fuente: (Autor – Vía openstreetmap.org, 2017)

Se encuentran ubicadas en el sector céntrico de la capital Imbabureña, donde acuden estudiantes de todas las parroquias urbanas que se encuentran identificadas, en nombre de las Unidades Educativas se detalla en la Tabla 3.10. Se tiene un fisco misional, tres privadas y una pública.

Tabla 3.9. Unidades Educativas seleccionadas

Número	UNIDADES EDUCATIVAS DE LA CIUDAD DE IBARRA
1.	31- Unidad Educativa Juan Diego (fisco misional)
2.	9 - Unidad Educativa La Salle (privada)
3.	11 - Unidad Educativa Virgen de Fátima (privada)
4.	3 - Unidad Educativa Experimental "Teodoro Gómez de La Torre"(TGT) (pública)
5.	20 - Unidad Educativa Los álamos (privada)

Fuente: (Autor – Vía openstreetmap.org, 2017)

3.3.6. Esquema de rutas mediante GPS

La siguiente figura muestra una ruta seleccionada de un recorrido del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, en este caso mediante GPS de un vehículo seleccionado en este estudio perteneciente a la cooperativa Lujo Estimba modelo Kía Pregio año 2012. Ver. Fig 3.14.

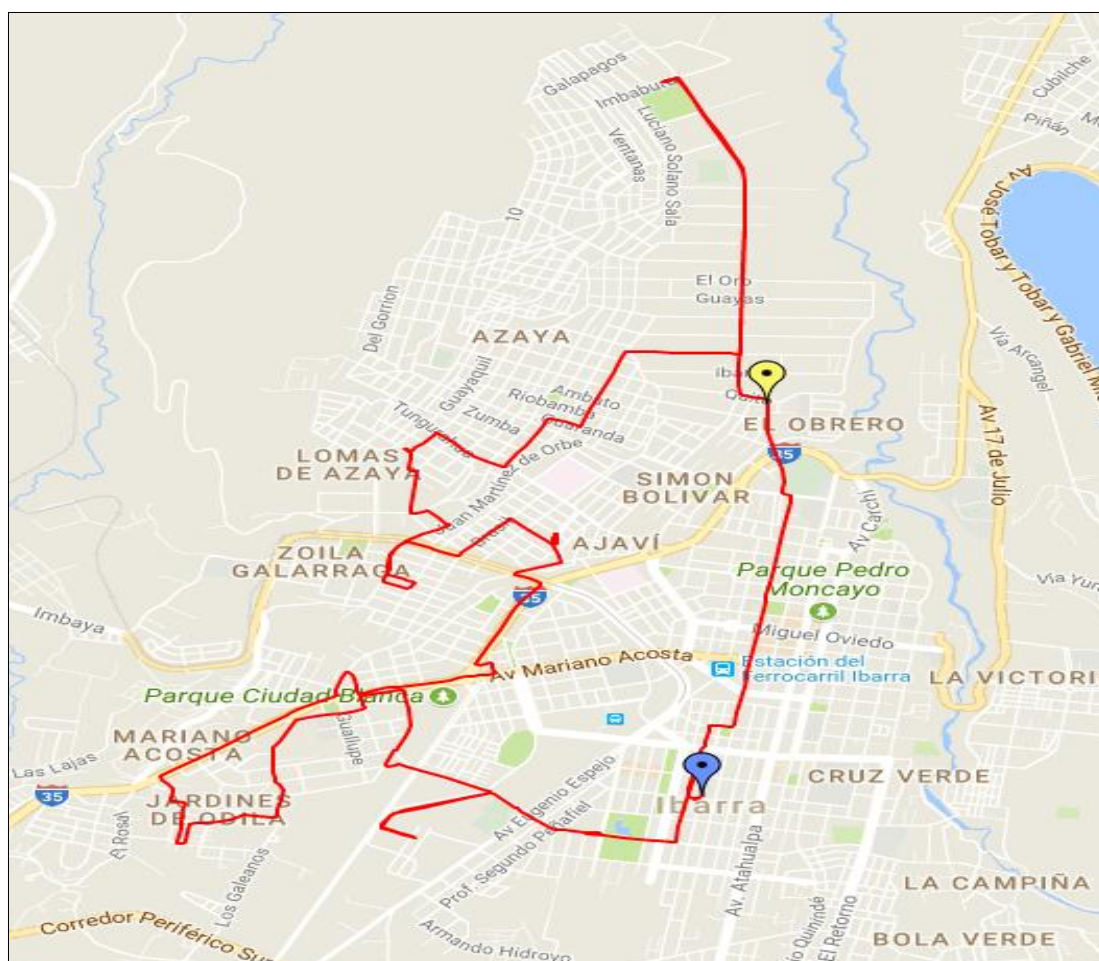


Figura. 3.14. Formato de ruta transporte escolar
Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.4. Dinámicas de conducción

Son procesos de comportamiento de cada unidad vehicular de la flota en una ruta de trabajo realizado, tales como: encendidos en frío, encendidos en caliente, tiempo de ralentí, tiempo de puesta en marcha del motor, tiempos de para durante un recorrido, hora de inicio y fin de un recorrido. Para poder registrar todos estos parámetros se realizó una encuesta a toda la flota seleccionada.

3.4.1. Encuesta al transporte Escolar e Institucional de Ibarra

Debido al momento complicado de establecer y evaluar las rutas del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, se opta por hacer un oficio dirigido a los presidentes de las compañías legalmente formadas que pertenecen a la Unión de transporte escolar de la provincia de Imbabura, en especial a las compañías que prestan sus servicios en la ciudad de Ibarra para que se autorice a los socios la realización de una encuesta pre establecida ya que se toma en cuenta un estudio piloto realizado con anterioridad por el autor, aquí se analiza muchos aspectos importantes para la adquisición de información determinada por. El modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), para el desarrollo del presente estudio investigativo.

El oficio se detalla en los anexos al final del estudio, hay una excelente acogida por la mayoría de los socios y una minoría se niega hacer esta encuesta, se lo hace en un tiempo de un mes en especial a unidades KIA PREGIO que es donde está enfocada la investigación.

En MOVIDELNOR E.P. se encuentran registradas 57 unidades, que prestan el servicio a la ciudad de Ibarra, vehículos marca KIA modelo Pregio, también se determinó de acuerdo a la tecnología vehicular y selección de la flota descrita anteriormente en el literal 3.2 de este estudio. Toda esta flota presta sus servicios en el área urbana de la ciudad, con las siguientes Compañías legalmente constituidas: LUJOESTIMBA, TURISCOLAR, CONFORSAFE, TÉCNICA DEL NORTE. Mientras que las compañías ESCOLTRANSER y QUIPUSTRANS se niegan a ser entrevistados con 14 unidades y se omite 4 unidades debido a que son de la ciudad de Otavalo, dando un total final de muestra de 39 unidades para la encuesta que se realizó detallando los comportamientos, cinemáticos y dinámicos de conducción que se requiere para crear la ventana localidad del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE).

3.4.2. Recorridos en el día y fin de semana de la flota

El 100 % de unidades encuestadas hacen recorridos en la mañana y tarde que contempla la ida a traer los estudiantes para el ingreso a las Unidades Educativas y el retorno de estos mismos estudiantes a sus casas luego de haber concluido la jornada académica, estos recorridos son durante los 5 días de la semana 3 vehículos hace recorridos en la noche a las Universidades lo que equivale al 7.6 % de toda la flota vehicular, y una unidad hace un recorrido los fines de semana. Ver detalle en la Tabla 3.11.

Tabla 3.10. Rutas Transporte Escolar e institucional

Recorridos Día - Noche - Fin de semana			
Periodos	Mañana - Tarde	Noche	Fin de semana
Unidades	39	3	1
Porcentaje de recorridos	100%	7,6%	2,5%

Fuente: (Autor – Vía Encuesta, 2017)

3.4.3. Hora promedio inicio y fin del recorrido

Estos valores son importantes ya que, obtenemos las horas de inicio y fin de cada recorrido pudiendo así definir la humedad relativa de la ruta en la mañana y tarde de acuerdo a los requerimientos de IVE, en la ventana localidad. Por la mañana EL 100 % del transporte escolar e institucional realizaron sus recorridos se dirigen a las casas de los estudiantes, se obtiene una hora promedio de inicio de la ruta a las 5:47 am de la mañana y como finalización de la ruta a las 7:43 am de la mañana, es decir terminan el recorrido donde empezaron, con la particularidad de que ya fueron desembarcados los estudiantes en sus respectivas Unidades Educativas. En el lapso de la mañana se obtiene un tiempo promedio que permanece el motor encendido por cada furgoneta y es de 1 hora con 55 minutos, según la encuesta, y se detalla en la Tabla 3.12, el comportamiento de este recorrido.

Tabla 3.11. Horas de inicio y fin de los recorridos

Tiempo promedio de duración de recorridos			
	Mañana	Tarde	Noche
Hora de inicio	5:47:00	12:12:00	20:06:00
Hora de finalización	7:43:00	14:37:00	21:43:00
Tiempo recorrido	1hora 55 min	2 horas 25 min	1 hora 37 min

Fuente: (Autor – Vía Encuesta, 2017)

En la tarde las 39 unidades de transporte escolar deben recoger al fin de la mañana e inicio de la tarde a los estudiantes que salen de la jornada escolar, por lo tanto, tenemos un promedio de inicio de ruta a las 12:12 pm del medio día de todas las unidades esto debido a que deben anticiparse a la salida de los chicos. Como fin de la ruta de todas las unidades de transporte tenemos un promedio de las 2:37 pm de la tarde, es decir a esta hora se desocupan los transportistas ya en sus respectivos domicilios dando un promedio de duración de la ruta de la tarde de 2 horas con 25 minutos. Ver Tabla 3.12.

En la noche se pudo definir una hora promedio de duración de recorridos, en pocas unidades de transporte, lo que se omite estas rutas para el presente estudio en vista de un 5 % de la flota hace este recorrido en la ciudad.

3.4.4. Estudiantes transportados en el día

La cantidad final definida de estudiantes que transporta la flota es un requerimiento del modelado IVE, ya que, se necesita para tener un total de partidas en caliente durante un recorrido en ruta, equivalente a las paradas que hace la flota de acuerdo a la cantidad de pasajeros transportados, este valor se necesitó para complementar la creación de la ventana localidad de la flota en el modelado matemático IVE, usado en este estudio.

Del total de la flota encuestada tenemos que: 25 unidades transportan 14 estudiantes, 6 unidades escolares transportan 16 estudiantes cada una, 6 unidades escolares transportando cada una a 15 chicos a las instituciones educativas, 2 unidades con 8 estudiantes. Por lo tanto, tenemos un margen de transporte de estudiantes entre 8 y 14 pasajeros a las Unidades Educativas de la ciudad de Ibarra, que se define finalmente un promedio de 14 estudiantes transportados tanto en la mañana como en la tarde. Ver Tabla 3.13.

Tabla 3.12. Promedio de transporte de estudiantes en el día

Transporte de estudiantes		
Número de Furgonetas	Número de pasajeros	Porcentaje
25	14	64,10%
6	16	15,38%
6	15	15,38%
2	8	5,13%

Fuente: (Autor – Vía Encuesta, 2017)

3.4.5. Tiempo que permanece apagado el vehículo

Hacemos referencia al valor en horas del tiempo que el vehículo permanece apagado al finalizar la ruta de trabajo esto se da a media mañana y en la tarde donde finaliza el recorrido por cada vehículo.

3.4.5.1. Por la mañana hasta la tarde

Esta información sirvió para determinar los bins de tiempo Soak para la distribución del porcentaje del tiempo que permanece apagado un vehículo, lo que corresponde a las partidas en frío y caliente de la flota, según requerimientos que hace IVE, en la ventana localidad, omitiendo los tiempos de para en intervalos de la noche ya que son muy pocos y no definidos. El recorrido de la mañana empieza a las 5:30 am en casa de casa socio donde o donde enciende el motor cada unidad finalizando el recorrido a las 7:30 am en la misma casa. De ahí se tomó el tiempo que permanece apagado cada vehículo, 4 furgonetas permanecen apagadas hasta las 10:30 am y encienden sus motores, 19 furgonetas encienden a las 11.30 am, 15 lo hacen a las 12:30 pm y una a las 14:30 pm. Lo que se muestra en la Tabla. 3.14. El tiempo de para de estas unidades antes de iniciar la puesta en marcha el motor para iniciar el recorrido de la tarde.

Tabla 3.13. Tiempo de para del motor (mañana-tarde)

Tiempo de para (mañana - tarde)	
Furgonetas	Tiempo (horas)
4	3
19	4
15	5
1	7

Fuente: (Autor – Vía Encuesta, 2017)

3.4.5.2. Por la tarde hasta el otro día

Equivale el tiempo apagado de cada vehículo al finalizar el recorrido de la tarde en casa de los socios o donde se guarda la furgoneta hasta volver encenderla la mañana del otro día, se detalla a continuación los tiempos que deben tener concordancia con los recorridos de la mañana, 4 furgonetas terminan a las 13:00 pm su recorrido, 18 furgonetas terminan sus recorridos a las 14:00 pm, 15 vehículos terminan los recorridos a las 15:00 pm, una unidad

termina a las 14:00 pm. Los tiempos que permanece apagada la flota se registra en la Tabla 3.15.

Tabla 3.14. Tiempo de para del motor (tarde-otro día)

Tiempo de para (tarde - otro día)	
Furgonetas	Tiempo (horas)
4	16 horas 30 min
18	15 horas 30 min
15	14 horas 30 min
1	12 horas 30 min

Fuente: (Autor – Vía Encuesta, 2017)

3.4.6. Recorridos en el mapa de la ciudad de Ibarra

Esta información es muy importante ya que sirvió para ver el movimiento de todas las rutas mediante las encuestas realizadas y definir las rutas finales de estudio a evaluar mediante el equipo GPS, como es la distancia y pendiente de cada ruta. Este es un requerimiento de el modelado Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE). Ya que, atravez de la encuesta realizada a los conductores del trasporte Escolar e Institucional de Ibarra podemos ver cuatro patrones de rutas en el casco urbano de la ciudad, tal como se muestra en la Fig 3.15.

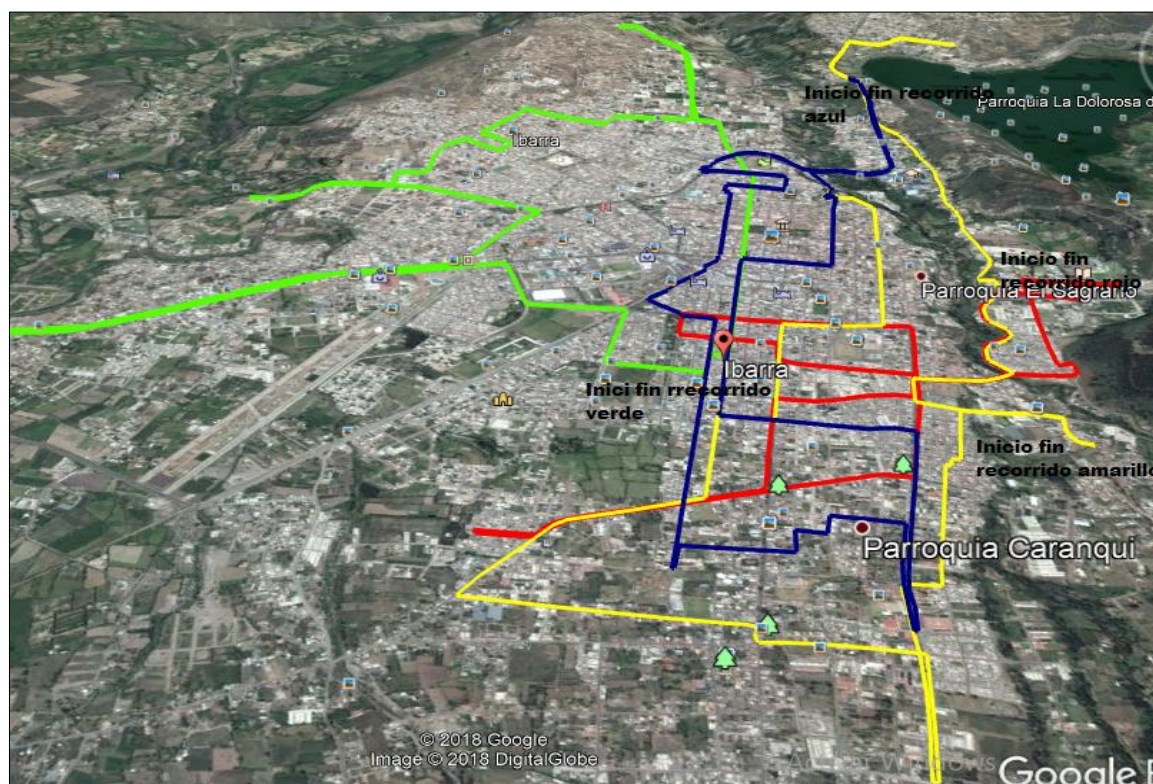


Figura. 3.15. Recorridos escolares encuestados

Fuente: (Autor – Vía Google Earth pro, 2017)

3.4.7. Análisis rutas seleccionadas por los conductores

Se observa la distribución de los recorridos por todas las parroquias urbanas distribuidas dentro del casco urbano de la ciudad de Ibarra, llegando a lugares donde mayoritariamente es dificultoso coger un bus para llegar a una Unidad Educativa. Las parroquias que más usan el transporte Escolar e institucional son Alpachaca, Priorato y Caranqui que se encuentran alejadas del sector céntrico de la ciudad, lugar donde están establecidas las Unidades Educativas.

3.5. Características cinemáticas de las rutas

3.5.1. Información requerida por IVE

Para crear los valores requeridos por IVE es necesario recopilar una serie de información requerida en el sector de estudio, en este caso nuestra investigación va direccionada específicamente al modelo de vehículo Kía Pregio, siendo el más relevante en la ciudad de Ibarra como se mencionó anteriormente. Ver requerimientos Tabla. 3.16. La información requerida por el software son los siguientes:

Tabla 3.15. Datos requeridos en IVE

Requerimientos IVE	Datos a medir
Tipo de conducción	Medir conducción
	Velocidad, aceleración, paradas
Partidas del motor	Número de partidas
	Soak
Particularidades del combustible	Contenido de ppm de Azufre en el diésel
	Cantidad de emisiones g/km

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL)

Para el proceso de recopilación de información se coordinó con las diferentes entidades de control del transporte escolar de la ciudad como es Movidelnor EP. Y la Unión de cooperativas del transporte escolar, teniendo acceso con los dirigentes de las compañías de transporte legalmente establecidas como son: Lujostimba, Turiscolar, Escoltranser, Conforsefe, Quipustras, Técnica del norte, para hacer una toma de datos en las unidades mediante una prueba GPS a bordo.

3.5.2. Equipo de medición a bordo (GPS)

Sistema de posicionamiento global, herramienta necesaria para trabajar en la toma de datos, este equipo me permite guardar datos en tiempo real el movimiento de cualquier objeto en la tierra, en este estudio se hizo pruebas con varias App de GPS pudiendo finalmente, seleccionar la App GPS speed disponible en el Google Play para teléfonos Android ver Fig. 3.16.



Figura. 3.16. App GPS Speed
(Play store, 2017)

3.6. Selección de rutas a evaluar mediante equipo GPS

Para la selección de las rutas de estudio que se evaluó en el presente estudio se clasifica mediante el análisis de las 5 parroquias urbanas de Ibarra que se representa en la información: geo referencial, socioeconómica, la movilidad de las cooperativas de transporte urbano de la ciudad, la ubicación de las diferentes unidades educativas que se encuentran

presentes dentro del casco urbano y las encuestas a los conductores de transporte escolar e institucional de Ibarra como dato relevante y determinante al momento de establecer las rutas finales.

La elección de la ruta se basa en el periodo de estudio que presentan las entidades educativas y que deben regirse para su funcionamiento. Los datos para el análisis de rutas se los realizó durante el mes de noviembre del 2017. Resaltando la Tabla 3.17, rutas finales por nombres de las Unidades Educativas a las que prestan sus servicios los transportistas

Tabla 3.16. Rutas seleccionadas para el estudio

Rutas seleccionadas	
1	Ruta U.E. Juan diego (mañana)
2	Ruta U.E. Juan diego (tarde)
3	Ruta U.E. La Salle – Fátima (mañana)
4	Ruta U.E. La Salle – Fátima (mañana)
5	Ruta U.E. Teodoro Gómez de la Torre (mañana)
6	Ruta U.E. Teodoro Gómez de la Torre (tarde)

Fuente: (Autor – Vía Análisis de localidad)

Se coordinó con los Señores conductores para la toma de datos a bordo mediante GPS, en el móvil, evaluando 2 días cada ruta para una mejor exactitud al momento de analizar el comportamiento vehicular, durante su inicio al salir de casa y finalizar el recorrido en casa se mide tanto en la mañana (inicio – fin), en la tarde (inicio – fin). De esta manera se procede a realizar la toma de datos en cada ruta y dependiendo del modelo de unidad que se encuentre registrada, en un patrón de ruta ya estudiada en la encuesta realizada con anterioridad. Se hace la toma de datos en las rutas seleccionadas segundo a segundo de las 7 rutas seleccionadas para la presente investigación.

3.6.1. Ciclos de conducción

Tiene que ver con la velocidad y elevación durante un trayecto en una unidad de tiempo. Estos tres aspectos varían dependiendo de las condiciones de pendiente, tráfico vehicular, aceleración y desaceleración de cada unidad de transporte en una ruta realizada dentro de la ciudad de Ibarra. Estos aspectos son determinantes para la emisión de gases de escape en el

vehículo. A continuación, detallamos los ciclos de conducción registrados mediante GPS en cuatro rutas de las Unidades Educativas con recorridos en la mañana y tarde.

3.6.1.1. Ciclos de conducción ruta U. E. “Juan Diego”

El ciclo de conducción de la mañana de la ruta evaluada se ve un comportamiento uniforme ya que tienen un horario definido, el vehículo está en movimiento durante todo el trayecto. Se puede ver que la elevación va desde los 2 200 (msnm) hasta los 2 320 (msnm) el vehículo tiene varias paradas debido a los semáforos, intersecciones de calles y al recoger los estudiantes. Las velocidades varían según las condiciones requeridas se tiene como velocidad promedio 20,4 km/h, llegando hasta los 65 km/h como valor máximo en movimiento. El tiempo de este ciclo fue de 1 hora 13 minutos con un recorrido de 24 km.

En el ciclo de la tarde existe variación con respecto al de la mañana ya que el vehículo debe llegar con un tiempo promedio de 40 a 60 minutos antes a estacionarse a la salida de cada Unidad Educativa esto con la finalidad ganar un espacio de parqueo lo que podemos ver un tramo del ciclo sin movimiento. Va en una elevación de los 2200 (msnm) hasta los 2320 (msnm). La velocidad promedio es de 14,34 km/h llegando hasta los 70 km/h máxima en movimiento por cada vehículo. La duración de este ciclo fue de 1 hora 37 minutos con un recorrido total de 23,1 km. Ver Fig. 3.17 el comportamiento de cada ciclos de conducción de esta ruta tanto por la mañana y en la tarde.

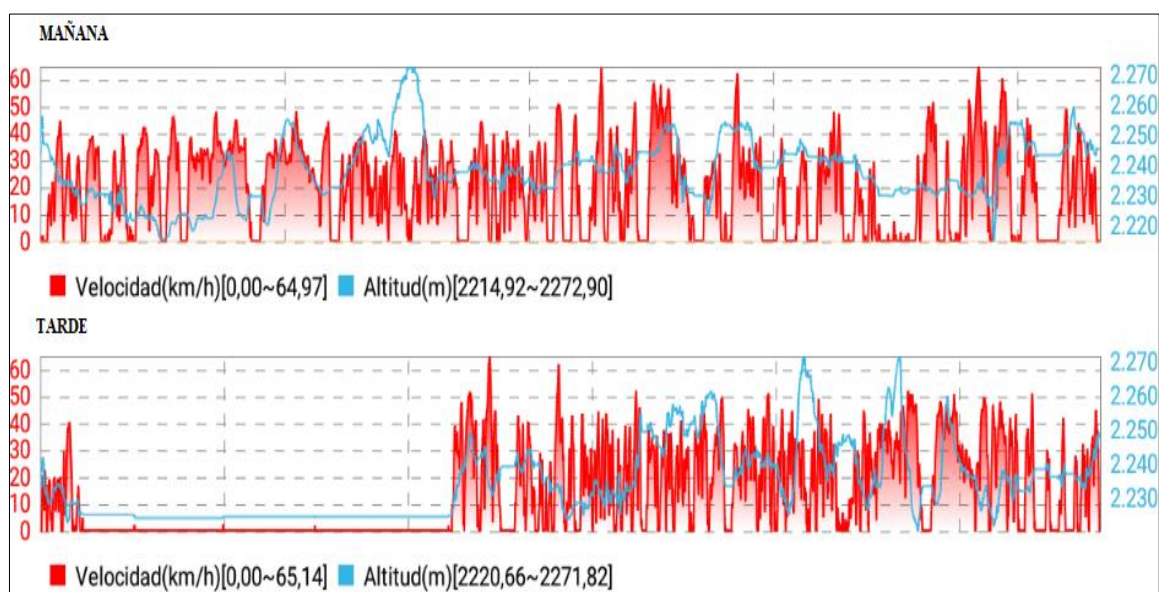


Figura. 3.17. Ciclo de conducción ruta U.E. “Juan Diego”

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.1.2. Ciclos de conducción ruta U. E. “La Salle – Fátima”

En esta ruta el ciclo de conducción vehicular en la mañana es uniforme esto debido a que debe llegar a una hora establecida de inicio de clases a las Unidades Educativas. El comportamiento de velocidades varia debido a las paradas que se realizó en esta ruta comprende una velocidad promedio de 19,69 km/h y máxima de 68,6 km/h, la elevación del terreno varía desde los 2 200 (msnm) hasta los 2 360 (msnm), el tiempo de ruta fue de 1 hora 13 minutos recorriendo 23,1 km.

Por la tarde el ciclo de conducción empieza en la casa del conductor se dirige a la Unidad Educativa donde espera un promedio de 50 minutos con el vehículo estacionado como podemos apreciar en la Fig. 3.18 en el recorrido de la tarde. Con la anticipación de parqueo el conductor se estaciona junto al portan de salida en la Unidad Educativa que presta sus servicios evitando el tráfico vehicular en horas pico.

La elevación del terreno va desde los 2 100 (msnm) hasta los 2 400 (msnm) con una velocidad promedio de recorrido en 10 km/h por las paradas y tráfico vehicular, llegando a una velocidad máxima de movimiento de 60 km/h, el tiempo de recorrido en esta ruta se registró de 2 horas 24 minutos y una distancia recorrida de 23,3 km. Ver detalles de los ciclos en la Fig. 3.18.

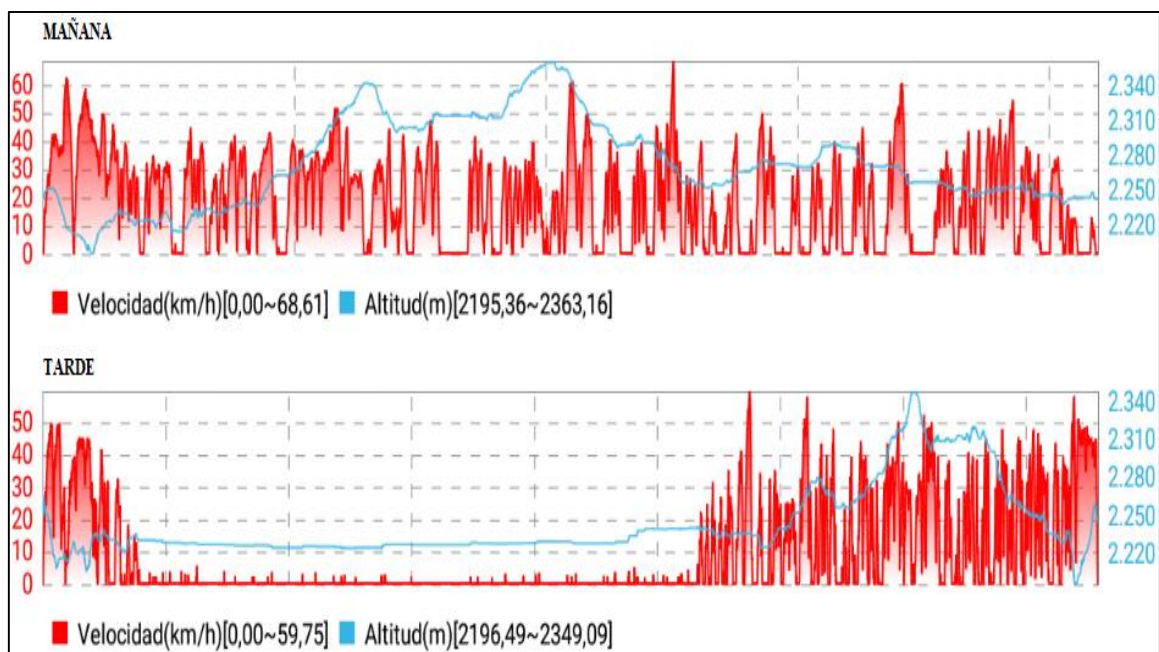


Figura. 3.18. Ciclo de conducción ruta U.E. “La Salle – Fátima”

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.1.3. Ciclos de conducción ruta U. E. “T.G.T.”

El ciclo de la mañana se aprecia que en toda la ruta el vehículo se encuentra en movimiento y tiene una uniformidad de desplazamiento. Se registró una elevación de trayecto entre los 2 200 (msnm) hasta los 2 450 (msnm) la velocidad promedio es de 19,9 km/h debido a las paradas que hace el vehículo y va aumentando moderadamente hasta los 65 km/h en movimiento. El tiempo de duración de ruta es de 1 hora 13 minutos, con un total de 24,4 km de recorrido

El trayecto de la tarde en esta ruta se hace un recorrido con estudiantes de inicial que van estudiar en la misma Unidad educativa durante la jornada vespertina deja los estudiantes y se dirige a otro bloque de la Unidad Educativa a esperar a los estudiantes. Al igual que las demás rutas de la tarde se registra un tiempo de para de 25 y 30 minutos del vehículo, previo a la salida de los estudiantes de la jornada laboral de clases.

La elevación del trayecto varia de entre los 2 200 (msnm) y los 2 600 (msnm), se registra una velocidad promedio de 13,18 km/h debido a las paradas al momento de dejar los estudiantes semáforos y tráfico vehicular, y como velocidad máxima tenemos 70 km/h. El recorrido se registró de 36,8 km con un tiempo de duración de 2 horas 47 minutos. Ver el comportamiento de los ciclos de esta ruta en la Fig. 3.19.

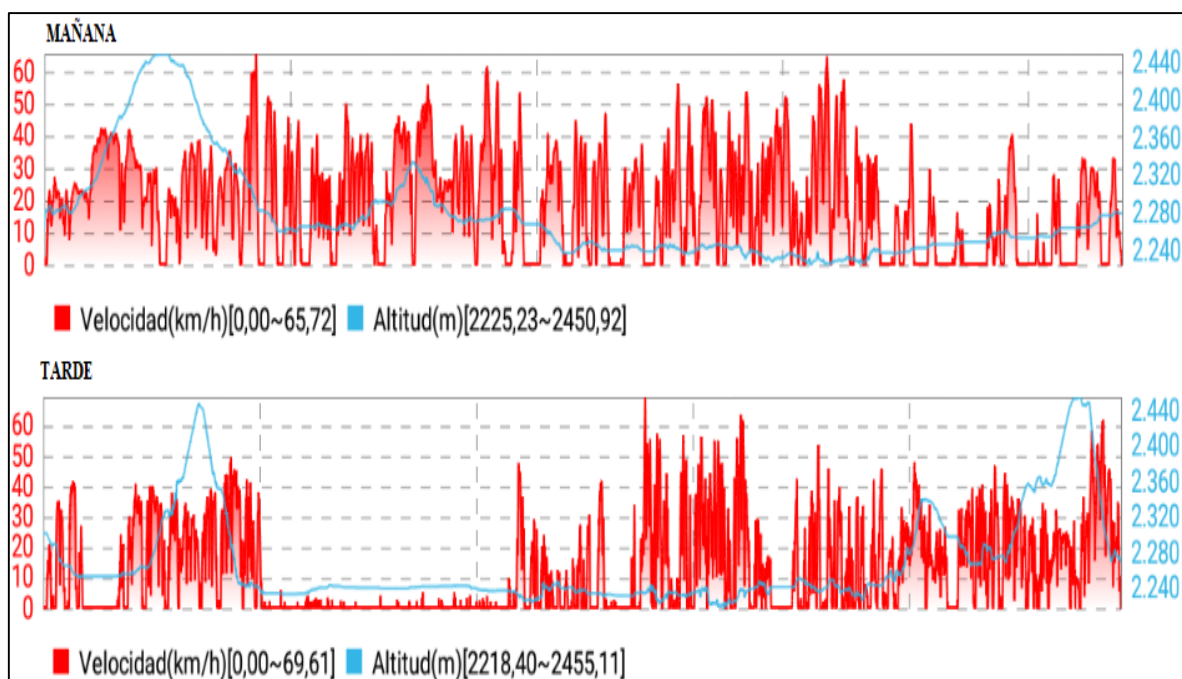


Figura. 3.19. Ciclo de conducción ruta U.E “T.G.T”

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.2. Ecuaciones para el cálculo de BINs de potencia

Para el cálculo de VSP, stress del motor, pendiente, potencia e índice de rpm IVE usa las siguientes ecuaciones que se aplicó en cada ruta evaluada mediante GPS.

$$\mathbf{VSP} = v [1.1a + 9,8 (\arctang (\sin (\text{pendiente}))) + 0.123] + 0.000302v^3 \quad [3.4]$$

$$\mathbf{Pendiente} = (ht = 0 - ht = -1) /v (t = -1 \text{ a } 0 \text{ sg.}) \quad [3.5]$$

Donde

v = velocidad (m/sg)

a = aceleración (m/sg²)

h = altura (m)

g = gravedad (9.8m/sg²)

$$\mathbf{Stress \ del \ motor} = \text{RPM} + (0,08\text{ton/kW}) * \text{Potencia promedio} \quad [3.6]$$

$$\mathbf{Potencia \ promedio} = \text{promedio (VSPt} = -5\text{seg a } -2\text{seg) (kW/ton)} \quad [3.7]$$

$$\mathbf{Indice \ RPM} = \text{velocidad } t = 0 / \text{Divisor velocidad (no tiene unidades)} \quad [3.8]$$

$$\mathbf{Valor \ m\u00ednimo \ de \ RPM} = 0,9$$

3.6.3. Bins de potencia calculados en cada ruta

Utilizando las mediciones de GPS, se procedió a realizar los cálculos de los bins en todas las rutas, estos valores son requeridos por IVE para el cálculo de los bins de potencia por cada recorrido tanto de la mañana y la tarde en cada ruta seleccionada para el estudio de emisiones del transporte escolar e institucional, en la ciudad de Ibarra. Se obtiene un total de 60 bins por cada ruta evaluada mediante GPS en donde cada número indica una condición del vehículo como: potencia negativa, aceleración, desaceleración, Los bins informan el tipo de estrés que sufre el vehículo, se distribuyen en 60 valores indicando que del bin 0 – 20 es bajo del bin 21 – 40 es medio y del bin 41 – 60 es alto. Los bins 1-11, 21-31,41-51 indica que el vehículo está descendiendo una pendiente por lo tanto su potencia será negativa 0, ya que a

su vez pasa a un estado de ralentí constantemente. Ver Tabla 3.18. Se detalla un ejemplo de los bins que se calculó en cada ruta.

Tabla 3.17. Bins calculados por cada ruta

Driving Bin (in location file)	# Seconds in Each Bin	Fraction in Each Bin	Final bins	Driving Bin (in location file)	# Seconds in Each Bin	Fraction in Each Bin	Final bins
0	0	0	0	30	0	0	0
1	0	0	0	31	0	0	0
2	0	0	0	32	0	0	0
3	0	0	0	33	0	0	0
4	1	0	0,023	34	0	0	0
5	1	0	0,023	35	1	0	0,023
6	4	0,001	0,0922	36	1	0	0,023
7	12	0,003	0,2765	37	1	0	0,023
8	60	0,014	1,3825	38	1	0	0,023
9	174	0,04	4,0092	39	0	0	0
10	402	0,093	9,2627	40	0	0	0
11	2021	0,466	46,5668	41	0	0	0
12	880	0,203	20,2765	42	0	0	0
13	465	0,107	10,7143	43	0	0	0
14	219	0,05	5,0461	44	0	0	0
15	75	0,017	1,7281	45	0	0	0
16	16	0,004	0,3687	46	0	0	0
17	5	0,001	0,1152	47	0	0	0
18	0	0	0	48	0	0	0
19	1	0	0,023	49	0	0	0
20	0	0	0	50	0	0	0
21	0	0	0	51	0	0	0
22	0	0	0	52	0	0	0
23	0	0	0	53	0	0	0
24	0	0	0	54	0	0	0
25	0	0	0	55	0	0	0
26	0	0	0	56	0	0	0
27	0	0	0	57	0	0	0
28	0	0	0	58	0	0	0
29	0	0	0	59	0	0	0

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.6.4. Archivo flota

El en modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) existen 4 ventanas, una pestaña denominada flota, donde, se ingresó la tecnología de toda la flota vehicular que dispone en transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, se la clasifico de acuerdo a la Tabla

3.7 de este capítulo, por lo que, IVE hace ajustes de porcentaje de acuerdo a la tecnología de cada flota usada. En nuestro estudio se obtuvo que 80,7 % de la flota tiene un sistema de inyección indirecta con un kilometraje de recorrido mayor a los 16 1000 km, mientras que 19.3 % de la flota tiene el mismo sistema de inyección con un kilometraje menor a los 160 000 km, este archivo se usó en todas las rutas seleccionadas para ser evaluadas por IVE. Ver Fig. 3.20.

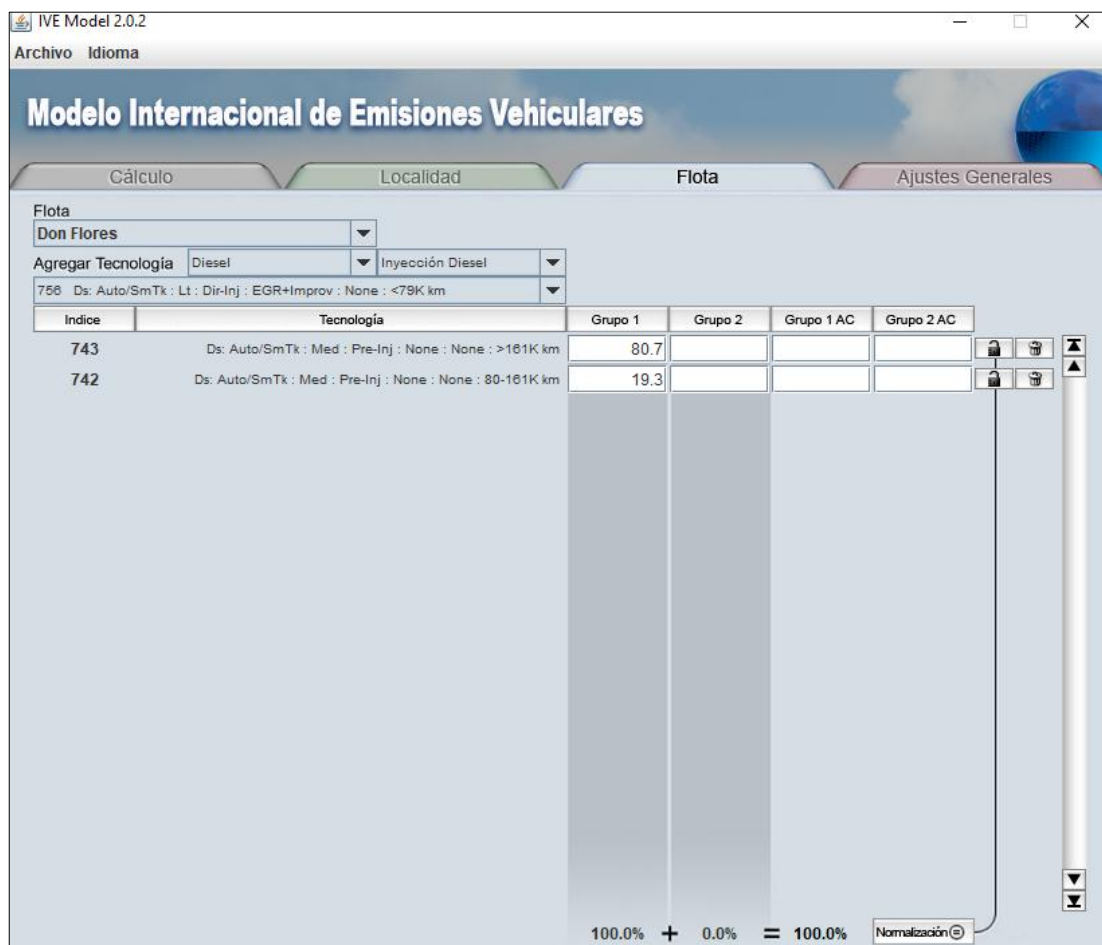


Figura. 3.20. Ventana flota
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.6.5. Archivo localidad

Una vez creada la pestaña de flota se procedió a crear el archivo localidad, en cada ruta a ser evaluada, donde se investigó consideraciones locales tales como: Día, mes y año de la ruta evaluada, tecnología vehicular de la flota, uso del aire acondicionado de la flota, porcentaje de pendiente en cada ruta, contenido de ppm de Azufre en el diesel distribuido en la ciudad, hora de inicio de la ruta, distancia total recorrida de toda la flota, número de arranques o

partidas en caliente de toda la flota, bins de potencia calculados en esa ruta, bins de distribución soak para esa ruta y la velocidad promedio en movimiento en ruta. Todos estos requerimientos podemos ver en la Fig. 3.21, detallada específicamente.

IVE Model 2.0.2
Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo
Localidad
Flota
Ajustes Generales

Localidad: **Ruta 4 (Sra Lorena)** Flota: **Don Flores** Ajustes Generales: **- ninguno -**

Día: **18** Mes: **Marzo** Año: **2018** Día de la Semana: **Domingo** Altitud: **2315.0 metros** Tipo de I/M: **ninguno**

Aire Acondicionado a 27°C: **8.4 %** Pendiente Terreno: **0.6 %**

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: **50.0 %** Distancia/Tiempo: **2040.0 kilómetros** Partidas: **1026.0**

Temperatura: **14.0 °Celsius**

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		
			0.04	0.1	0.13	0.39	1.15	1.99	4.0		
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		
7.63	50.81	12.42	9.71	6.99	2.9	0.89	0.13	0.04	0.03		
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29		
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39		
					0.3	0.2	0.05	0.1			
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49		
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59		
15 min				30 min		1 hora		2 horas		3 horas	
				13.0		12.0					
										75.0	
										Total	Distribucion Potencia Especifica Vehicular
										100.0	%
										Total	Distribucion Tiempo Soak
										100.0	%

Velocidad Promedio

18.4 km/hr

Figura. 3.21. Ventana localidad
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.6.6. Archivo cálculo

Esta pestaña es una herramienta donde se hizo los cálculos de un factor de emisión según los datos ingresados en las pestañas localidad y flota por cada ruta, aquí se pudo obtener los valores finales de un contaminante criterio, contaminante tóxico, contaminante global y se puede promediar los resultados de una hora a un día completo.

Además, permite manipular cada ruta evaluada agregando y removiendo una ruta creada, los compuestos evaluados son CO, VOC, NO_x, SO_x, PM (contaminantes criterio). CO₂, N₂O, y CH₄ (calentamiento global), lead, 1.3 Butano, acetaldehídos, formaldehídos, NH₃, y

Benceno (contaminantes tóxicos). Estos compuestos se los puede obtener en unidades de mg/km, g/km, kg/km, ton métricas, libras y ton imperiales con resultados en partidas hora, en ruta hora, partidas día, en ruta día y un total de todos los compuestos como se muestra en la Fig. 3.22.

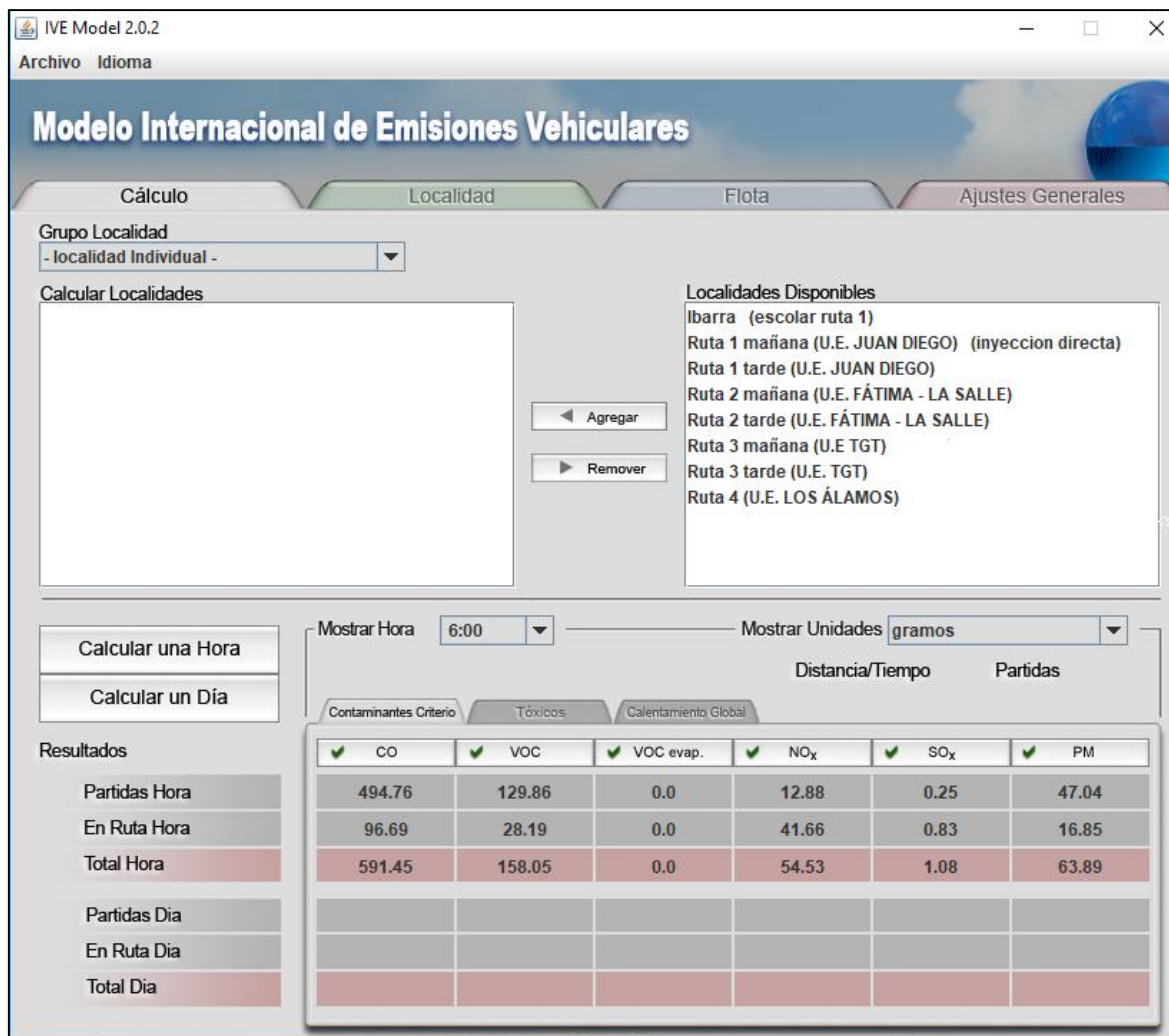


Figura. 3.22. Ventana cálculo
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.6.7. Ruta Unidad Educativa “Juan Diego” (mañana – tarde)

La ruta tiene un perfil de desplazamiento similar a los trazados en las encuestas atraviesa toda la ciudad, desde el centro hasta el norte pasando por las parroquias de Alpachaca, San Francisco y Priorato, los datos de GPS se pudo medir mediante un teléfono inteligente, los recorridos se los hace en la mañana y medio día respectivamente, durante el mes de noviembre del 2017, la imagen es satelital. La ruta de la tarde varía con respecto a la mañana ya que inicia desde la Unidad Educativa Juan Diego ubicada en Yacucalle, empieza a dejar

al estudiante que se subió al final de la ruta de la mañana ver en la Fig. 3.23. Los recorridos de la mañana y tarde.



Figura. 3.23. Ruta U.E. Juan Diego (mañana-tarde)

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.7.1. Datos de GPS ruta 1 mañana y tarde

Se tomó valores con el GPS, haciendo una importación a Excel, analizando la información requerida por IVE para crear los 60 bins y calcular el factor de emisión de cada compuesto, el recorrido empezó el 01/12/2017 a las 5:50 am y duró 01h: 13 min: 01 sg, en la tarde se enciende el GPS a las 12:48 pm cuando la furgoneta sale de su domicilio hacia la Unidad Educativa Juan Diego, llega 30 minutos antes a parquarse en un lugar cercano al portón de salida de los niños. Los datos podemos ver en la Tabla. 3.19.

Tabla 3.18. Parámetros emitidos por GPS ruta 1 mañana

Parámetros de medición GPS	Valores de la mañana	Valores de la tarde
Distancia total	24,83 km	23,173 km
Tiempo total	01h:13m:01s	01h:37m
Elevación total	2243,91 msnm	2246,24 msnm
Velocidad máxima	64,97 km/h	65,14 km/h
Velocidad promedio	20,41 km/h	14,34 km/h
Velocidad de movimiento promedio	20,41 km/h	14,34 km/h
Grado de elevación	-5,69 – 25,74	-4,04 – 5,45
Mínima elevación	2214,92 msnm	2220,66 msnm
Máxima elevación	2272,90 msnm	2271,82 msnm
Hora Inicial	31/10/2017 - 5:50am	31/10/2017 - 12:48pm
Inicio/Fin Recorrido Ruta	Calle: Juana Atabalipa, Ibarra, Ecuador	Calle: Juana Atabalipa, Ibarra, Ecuador
Hora Final	31/10/2017 - 7:03am	31/10/2017 - 14:25pm

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.7.2. Emisiones obtenidas ruta 1 (mañana – tarde)

Se hace, la creación del archivo mediante archivo Excel contemplando valores del porcentaje Soak definiendo de la siguiente manera: el 75 % un arranque en frío 13 % en arranques en caliente en 3 horas y 12 % otros arranques en caliente con 4 horas completando el 100 % de la distribución, este proceso se realizó en el recorrido de la mañana y tarde, calculamos el VSP y stress del motor de toda la ruta evaluada, se ingresa los datos de localidad segundo a segundo.

Se aplica las fórmulas detalladas anteriormente para el cálculo de los bins de potencia valores necesarios para que el modelado IVE haga el ajuste y proceda a obtener las emisiones de esa ruta, tenemos datos en g/km de contaminantes criterio y contaminantes global como se muestra en la Tabla 3.20.

Tabla 3.19. Emisiones obtenidas mediante IVE ruta 1 (mañana – tarde)

Contaminantes criterio								Contaminantes global		
	Gases	CO	VOC	VOC evap	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Mañana	Partidas hora	15663,9	4111,3	0	272,9	7,1	1489,1	52354,1	2,8	0
	En ruta hora	7376,0	3086,1	0	3211,5	61,19	1285,7	604825,3	3,4	0
	Total hora	23039,9	7197,4	0	3484,4	68,2	2774,8	657179,4	6,2	0
	km	1415,7	1415,7	1415,7	1415,7	1415,7	1415,7	1415,7	1415,7	1415,7
	gr/km	16,27	5,08	0,00	2,46	0,05	1,96	464,21	0,00	0
	Furgonetas	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	km-furgoneta	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8
	gr/km-furgoneta	7,09	2,22	0,00	1,07	0,02	0,85	202,27	0,00	0,00
Tarde	Gases	CO	VOC	VOC evap	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
	Partidas hora	15663,9	4111,3	0,00	272,9	7,1	1489,1	52354,1	2,87	0,00
	En ruta hora	7371,16	3790,8	0,00	3223,4	54,1	1285,0	535017,2	3,01	0,00
	Total hora	23035,1	7902,1	0,00	3496,4	61,23	2774,1	587371,4	5,88	0,00
	km	1219,00	1219,0	1219,0	1219,0	1219,0	1219,0	1219,0	1219,0	1219,0
	gr/km	18,90	6,48	0,00	2,87	0,05	2,28	481,85	0,00	0,00
	Furgonetas	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	km-furgoneta	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36
	g/km-furgoneta	7,74	2,66	0,00	1,18	0,02	0,93	197,47	0,00	0,00

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.6.8. Ruta Unidades Educativas “La Salle” – “Fátima” (mañana – tarde)

Se mide dos días normales de clases lunes y martes en noviembre del 2017, a las Unidades de transporte Escolar e Institucional, modelo 2005 2012, KIA PREGIO. El recorrido atraviesa las parroquias de Priorato, El Sagrario y Caranqui lugar de donde proceden la mayoría de estudiantes, empieza en el sector de la Loma de Yahuarcocha, panamericana estatal E35, el conductor se desplaza de Norte a Sur a la parroquia de Caranqui, ahí suben varios estudiantes, baja por los sectores de los Ceibos, Av. Atahualpa después cruza a la Av. El retorno al sector de Yuyucocha, recogiendo en total 16 estudiantes finalmente avanza por la calle Sánchez y Cifuentes hasta la calle Juan de Velazco gira a la derecha y llega a la intersección de la Calle Simón Bolívar finalizando el recorrido, aquí están ubicadas las Unidades Educativas “La Salle” y “La Inmaculada” lugares de destino de los estudiantes.

En la tarde el recorrido se lo realiza al salir de clases las Unidades Educativas La Salle y La Inmaculada hacia los lugares de vivienda de los chicos que viajaron en la ruta de la mañana la hora de salida está entre las 12:30 pm y 12:55pm horas de mucho tráfico vehicular en el centro de la ciudad, por lo que la furgoneta de recorrido debe estar una hora antes en las afueras de las dos Instituciones. Ver detalle del recorrido de la ruta en la mañana y la tarde en la Fig. 3.24.

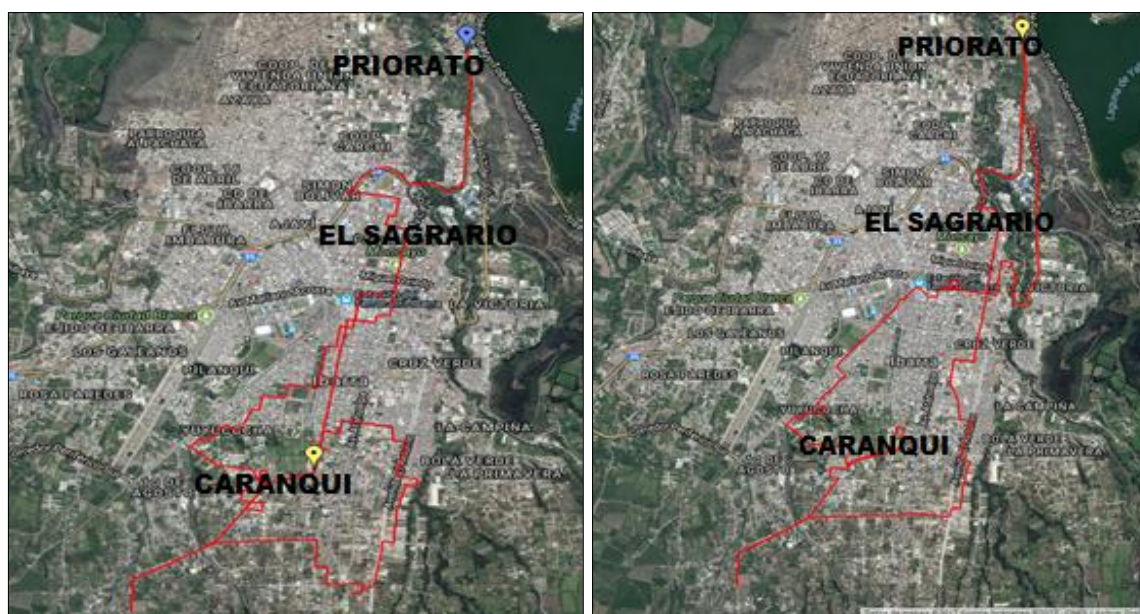


Figura. 3.24. Ruta U.E. La Salle - Fátima (mañana – tarde)

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.8.1. Datos de GPS ruta 2 (mañana – tarde)

Se enciende el GPS en el domicilio de la unidad que hace este recorrido a las 5:35 am esta avanza hasta la parroquia de Caranqui, variando los msnm de la ruta todo el transcurso permanece encendida la unidad llegando a las 6:50 am a las Unidades Educativas. Se descarga los pasajeros y se dirige hasta el domicilio del socio de la compañía donde se apaga el GPS y se guarda los valores.

En la tarde en trayecto empieza en el mismo lugar del recorrido de la mañana con la particularidad que este trayecto debe estar 30 minutos antes en las unidades Educativas Inmaculada y La Salle, el GPS esta encendido todo el momento desde su inicio de ruta, salen los estudiantes y se los deja es sus domicilios finalizando la ruta en el domicilio del socio todos los valores registrados están en la Tabla que podemos ver en la Tabla 3.21.

Tabla 3.20. Parámetros emitidos por GPS ruta 2 (mañana – tarde)

Parámetros de medición	Valores de la mañana	Valores de la tarde
Distancia total	23,26 km	23,368km
Tiempo total	01h:10m	02h:24m
Elevación total	2279,59 msnm	2372,79 msnm
Velocidad máxima	68,61 km/h	59,75 km/h
Velocidad promedio	19,69 km/h	09,70 km/h
Velocidad de movimiento promedio	19,69 km/h	09,70 km/h
Grado de elevación	-5,6 – 4,03	-4,87 – 3,88
Mínima elevación	2195,36 msnm	2196,49 msnm
Máxima elevación	2363,82 msnm	2349,09 msnm
Hora Inicial	07/11/2017 - 05:39am	08/11/2017 - 11:56am
Inicio/Fin Recorrido Ruta	Sector loma de Yahuarcocha, Ibarra, Ecuador	Sector loma de Yahuarcocha, Ibarra, Ecuador
Hora Final	07/11/2017 - 06:50:04am	08/11/2017 - 14:21:32pm

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.2.2. Emisiones obtenidas ruta 2 (mañana – tarde)

Previo a realizar los cálculos de un compuesto en unidades de g/km de esta ruta, se obtiene los bins de potencia y se ingresa a la ventana localidad, del IVE. La distribución del tiempo Soak se distribuye con los siguientes porcentajes 75 % un arranque en frío 13 % un arranque en caliente en 3 horas y 12 % otro arranque en caliente con 4 horas.

En la tarde Se calcula mediante las fórmulas de VSP y estrés del motor los bins respectivos para esta ruta, ingresamos los bins a la ventana localidad obteniendo un ajuste del 100 % de los bins, el tiempo Soak se distribuye con los siguientes porcentajes 75 % un arranque en frío 13 % un arranque en caliente en 3 horas y 12 % otro arranque en caliente con 4 horas, obteniendo un 100 % de tiempo.

Una vez finalizado este recorrido empieza otro en la misma Unidad Educativa con los chicos de educación básica que salen más tarde, para ser trasladados a sus respectivas casas y finalizando la ruta en el domicilio del socio de las compañías prestadora de este servicio Ver promedio de emisiones de esta ruta en la Tabla. 3.22.

Tabla 3.21. Emisiones obtenidas mediante IVE ruta 2 (mañana – tarde)

Contaminantes criterio								Contaminantes global		
	Gases	CO	VOC	VOC evap	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Mañana	Partidas hora	15663,9	4111,3	0	272,9	7,1	1489,1	52354,1	2,87	0
	En ruta hora	6550,1	2991,0	0	2812,5	51,7	1141,7	510949	2,88	0
	total hora	22214,1	7102,3	0	3085,4	58,8	2630,9	563303,1	5,75	0
	km	1325,8	1325,8	1325,8	1325,8	1325,8	1325,8	1325,8	132 5,8	1325,8
	gr/km	16,7	5,36	0,00	2,3	0,04	1,98	424,88	0,00	0,00
	Furgonetas	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	km-furgoneta	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	23,26	23,2 6	23,26
	g/km-furgoneta	6,84	2,19	0,00	0,95	0,02	0,81	173,38	0,00	0,00
Tarde	Gases	CO	VOC	VOC evap	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
	Partidas hora	15663,9	4111,3	0	272,9	7,1	1489,1	52354,1	2,87	0
	En ruta hora	4765,6	2534,2	0	2076,0	34,2	830,7	338622,6	1,91	0
	Total hora	20429,5	6645,5	0	2348,9	41,3	2319,8	390976,7	4,78	0
	km	1332	1332	1332	1332	1332	1332	1332	133 2	1332
	gr/km	15,34	4,99	0,00	1,76	0,03	1,74	293,53	0,00	0,00
	Furgonetas	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	km-furgoneta	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,36	23,3 6	23,36
g/km-furgoneta	6,29	2,04	0,00	0,72	0,01	0,71	120,29	0,00	0,00	

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.6.3. Ruta Unidad Educativa “T. G. T.” (Mañana – tarde)

Unidad Educativa pública, tradicional de Ibarra ubicado en la Av. Teodoro Gómez de la Torre entre las calles Vicente Rocafuerte y Juan de Salinas parroquia El sagrario, la mayor cantidad de estudiantes proviene de la Parroquia Caranqui, El Sagrario y San Francisco.

Se evalúa dos días normales de clase miércoles y jueves del mes de noviembre del 2017, esta ruta inicia en el sector de Los Ceibos hacia el Sur de la ciudad avanzando por el sector del Tejar, luego regresa hasta la altura de la Av. El Retorno para subir hasta los límites de la Parroquia la Esperanza aquí realiza un recorrido en forma rectangular subiendo al transporte escolar un 50 % de estudiantes, finalmente se desplaza al sector de Yacucalle y Pílanquí recogiendo un total de 18 niños de Educación Básica. De la Unidad Educativa “Teodoro Gómez de la Torre, lugar a donde son trasladados, finalizando el recorrido en Los Ceibos. En la tarde el recorrido es muy diferente al de la mañana ya que la unidad de transporte debe ir a esperar la salida de los estudiantes al finalizar el periodo de clases de los niños de primero de inicial de entre las 11:30 am hasta 12:15 tiempo en recoger a los niños en las afueras de la Unidad Educativa luego se los traslada a sus respectivos hogares. Ver Figura 3.25.

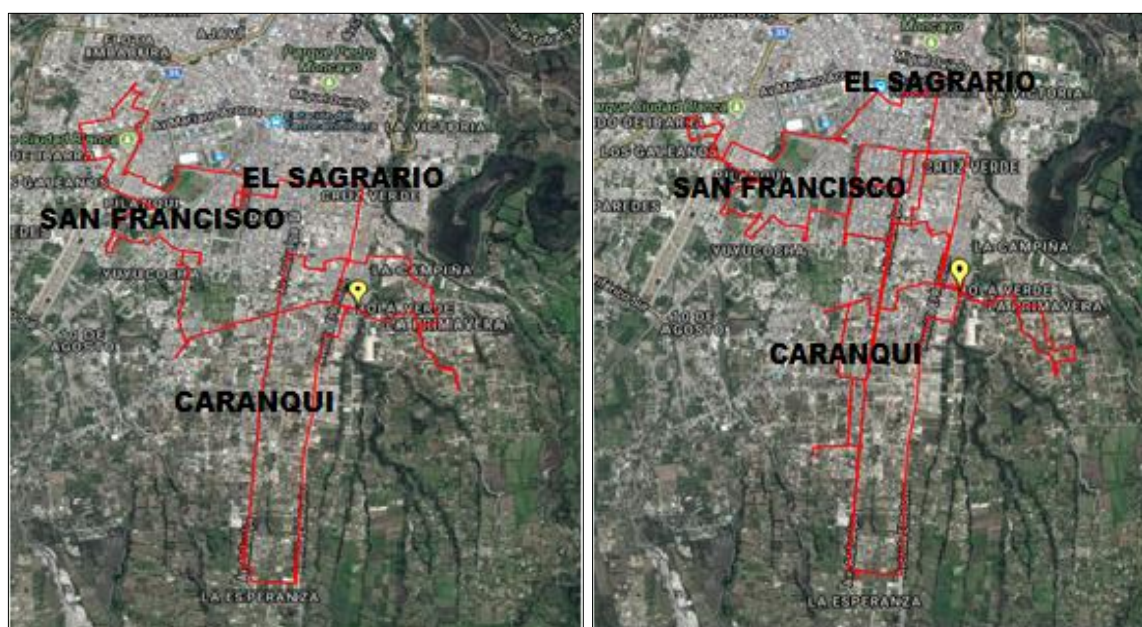


Figura. 3.25. Ruta U.E. Teodoro Gómez De La Torre (mañana - tarde)

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.3.1. Datos de GPS ruta 3 (mañana – tarde)

Se procede con la misma estrategia de medición en rutas anteriores, esta ruta se enciende el GPS en el domicilio del socio al encender el vehículo a las 6:08 am al poner en marcha el vehículo, existe una variación en msnm por que el vehículo sube y luego baja hasta la U. E. Teodoro Gómez de la Torre, todos los parámetros registrados en GPS.

Con respecto a los valores obtenidos en la mañana existe una diferencia considerable debido a que el conductor hace dos recorridos en la tarde El GPS se enciende en la casa del socio de compañía de transporte y se dirige a retirar los niños del inicial esperando un lapso de tiempo considerable a la salida de la jornada de clases, después se vuelve a retirar los chicos más grandes. Los valores medidos podemos apreciar en la Tabla. 3.23.

Tabla 3.22. Parámetros emitidos por GPS ruta 3 (mañana – tarde)

Parámetros de medición	Valores de la mañana	Valores de la tarde
Distancia total	24,447km	36,820km
Tiempo total	01h: 13:48m	02h: 47:37m
Elevación total	2338,07msnm	2336,75msnm
Velocidad máxima	65,72 km/h	69,61 km/h
Velocidad promedio	19,88 km/h	13,18 km/h
Velocidad de movimiento promedio	19,88 km/h	13,18 km/h
Grado de elevación	-4,27 – 16,39	-7,22 – 5,72
Mínima elevación	2225,23 msnm	2218,4 msnm
Máxima elevación	2450,92 msnm	2455,11 msnm
Hora Inicial	05/12/2017 - 05:57:07am	05/12/2017 - 11:22:07am
Inicio/Fin Recorrido Ruta	Sector Los Ceibos, Ibarra, Ecuador	Sector Los Ceibos, Ibarra, Ecuador
Hora Final	05/12/2017 - 06:10:55am	05/12/2017 - 02:09:44pm

Fuente: (Autor – Vía GPS speed)

3.6.3.2. Emisiones obtenidas ruta 3 (mañana – tarde)

Se calculó los VSP y conjuntamente el estrés del motor en esta ruta, para así obtener los bins de potencia, en su 100 % para el ingreso al IVE, el porcentaje Soak se lo define de la siguiente manera: el 75 % un arranque en frío 13 % en arranques en caliente en 3 horas y 12 % otros arranques en caliente con 4 horas completando el 100 % de la distribución. Finalmente se calculó los gases emitidos en g/km por cada furgoneta.

Igualmente, en la tarde se calculó los VSP y stress de la ruta con datos segundo a segundo obtenidos por el GPS, así mismo se procedió a calcular los bins de potencia e ingresarlos al IVE, el tiempo de distribución Soak de distribuye al igual que las demás rutas de la siguiente manera.

Un 75 % un arranque en frío 13% en arranques en caliente en 3 horas y 12 % otros arranques en caliente con 4 horas completando el 100 % de la distribución. Obteniendo emisiones finales registradas en la Tabla Ver tabla 3.24.

Tabla 3.23. Emisiones obtenidas mediante IVE ruta 3 (mañana – tarde)

Contaminantes criterio								Contaminantes global		
	Gases	CO	VOC	VOC evap	NOx	SOx	PM	CO2	N2O	CH4
Mañana	Partidas hora	15670	4113,1	0	272,8	7,1	1489,8	52354,1	2,8	0
	En ruta hora	5224,0	2530,3	0	2284,1	39,8	910,6	393820	2,2	0
	total hora	20894	6643,4	0	2556,9	46,9	2400,4	446174	5,09	0
	km	1390,8	1390,8	1390,8	1390,8	1390,8	1390,8	1390,8	1390,8	1390,8
	gr/km	15,024	4,777	0,000	1,838	0,034	1,726	320,804	0,004	0,000
	Furgoneta	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	km-furgoneta	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4	24,4
	g/km-furgoneta	6,43	2,04	0,00	0,79	0,01	0,74	137,33	0,00	0,00
Tarde	Gases	CO	VOC	VOC evap	NOx	SOx	PM	CO2	N2O	CH4
	Partidas hora	15663,9	4111,3	0	272,97	7,1	1489,1	52354,1	2,87	0
	En ruta hora	13720	7071,4	0	6007,3	100,3	2391,7	991823	5,5	0
	Total hora	29384	11182	0	6280,2	107,4	3880,8	1044177	8,45	0
	km	2098,7	2098,7	2098,7	2098,7	2098,7	2098,7	2098,7	2098,7	2098,7
	gr/km	14,00	5,33	0,00	2,99	0,05	1,85	497,54	0,00	0,00
	Furgonetas	57	57	57	57	57	57	57	57	57
	km-furgoneta	36,82	36,82	36,82	36,82	36,82	36,82	36,82	36,82	36,82
g/km-furgoneta	9,04	3,44	0,00	1,93	0,03	1,19	321,39	0,00	0,00	

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.7. Datos de emisiones de todas las rutas

Para poder tener una línea base de emisiones causadas por la flota del transporte escolar e institucional en la ciudad de Ibarra, se realizó un inventario de emisiones por cada ruta evaluada tanto en la mañana como en la tarde, esto con la finalidad de analizar los valores diarios de cada contaminante criterio emitido y contaminante global identificado para el mes de Noviembre del año 2017, en este sector del transporte público podemos ver valores promedio de emisiones de cada compuesto registrado en la Tabla 3.25.

Tabla 3.24. Emisiones finales de todas las rutas/vehículo

Promedio de emisiones diarias de la flota evaluada							
GASES	CO	VOC	VOC evap	NOx	SOx	PM	CO2
Mañana	22049,36	6981,04	0,00	3042,26	58,00	2602,06	555552,17
Tarde	24282,87	8576,53	0,00	4041,83	69,98	2991,57	674175,03
Promedio - flota (g/día)	23166,12	7778,79	0,00	3542,05	63,99	2796,82	614863,60

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

3.8. Promedio de emisiones año base 2017

Se obtuvo emisiones promedio tanto diarias de cada compuesto como emisiones en ton/año de toda la flota del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra tal, como año base el 2017 como se muestra en la Tabla 3.26. Cabe mencionar para el cálculo de datos finales de emisiones en ton/año no se toma en cuenta los 365 días del año, solo se toma como referencia a los 200 días laborables del calendario escolar designado por el ministerio de educación del Ecuador.

Tabla 3.25. Emisiones transporte escolar e institucional de Ibarra año base 2017

Promedio de emisiones año base 2017 mes de noviembre en (ton/año)							
GASES	CO	VOC	VOC evap	NOx	SOx	PM	CO2
Mañana	22049,36	6981,04	0,00	3042,26	58,00	2602,06	555552,17
Tarde	24282,87	8576,53	0,00	4041,83	69,98	2991,57	674175,03
Promedio (g/día) Flota	23166,12	7778,79	0,00	3542,05	63,99	2796,82	614863,60
Promedio (ton/año)	4,6332	1,5558	0,0000	0,7084	0,0128	0,5594	122,9727

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

CAPÍTULO IV

4. Análisis de resultados

El presente capítulo trata del análisis de emisiones obtenidas en este estudio, en el transcurso se identifica muchas variables para el proceso de estimación de emisiones vehiculares, los resultados se obtienen mediante varias guías metodológicas realizadas en el país, pero, definidas puntualmente por el investigador.

Finalmente se hace una comparativa de valores obtenidos con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207:2002, denominada “Gestión ambiental. Aire vehículos automotores. Límites permitidas de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel.” Mediante la realización del ciclo americano FTP 75.

El modelado IVE requiere datos de entrada para su uso como son los bins que determinan el comportamiento vehicular. La tecnología vehicular influye en las emisiones en la flota seleccionada se usa dos tipologías: Auto/Sml Truck diésel Pre-Chamber Inject > 161 000 Kkm y la tipología Auto/Sml Truck diésel Pre-Chamber Inject 80 000 – 161 000 Kkm, identificadas mediante una encuesta, así como las partidas en frío y caliente.

Otros aspectos que se toman en cuenta son: el diésel comercializado en la ciudad, temperatura, humedad y altura de localidad. Finalmente se obtiene datos de cada ruta segundo a segundo, mediante medición por GPS.

4.1. Proceso de comportamiento de BINS

Los bins informan el tipo de estrés que sufre el vehículo en un trayecto, IVE, los distribuye en 60 bins indicando que el bin 0-20 es bajo del 21-40 es medio y del 41-60 es alto.

Los BINS de potencia del 1 al 11, del 21 al 31 y del 41 al 51 representan el caso de potencia negativa, como por ejemplo, cuando el vehículo desacelera o está bajando por una calle de pendiente negativa (ALMEIDA, 2016, pág. 70). Los bins 12, 32,52 significan que el vehículo tuvo paradas ya sea por semáforos, intersecciones o parar para subir o bajar a un pasajero a la furgoneta.

4.1.1. Bins de comportamiento en rutas de la mañana

Por lo tanto, se hace un análisis de comportamiento de bins de 3 rutas evaluadas en la mañana al transporte escolar e institucional ver Fig. 4.1. El comportamiento para la flota vehicular evaluada es muy homogénea por lo que el comportamiento vehicular del transporte va desde el Bin 9 al 15 con mayor incidencia en los bins 11,12 y 13. Esto se da por la uniformidad de la flota. Diremos que este comportamiento se da por las constantes paradas en el recorrido debido a semáforos, subida de estudiantes e intersección de avenidas, dando como resultado, una potencia 0, que altera al comportamiento de los bins.

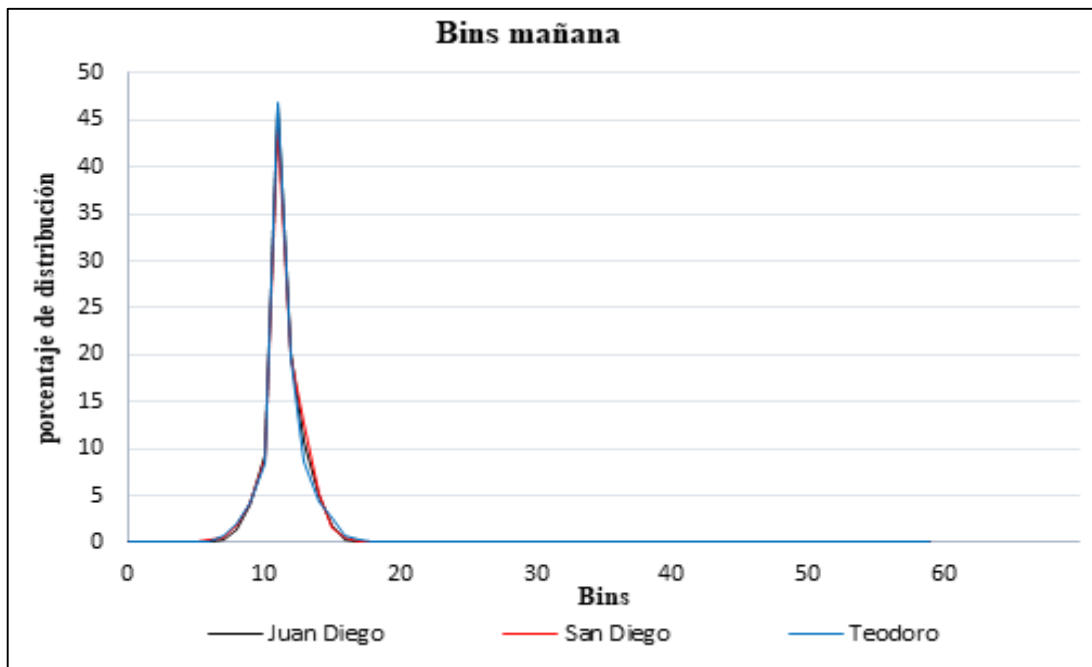


Figura. 4.1. Comportamiento de bins en rutas de la mañana

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

El trayecto de las tres rutas se asemeja, por lo que el comportamiento vehicular se concentra en los bins 9-19, a una velocidad muy baja con varias paradas debido a variabilidad de la ruta por el horario, por ejemplo, al momento de coger los estudiantes, tráfico vehicular en la mañana y semáforos por donde se desplaza la flota.

4.1.2. Bins de comportamiento en rutas de la tarde

Los BINs 11, 12, 13, 14 representan poca potencia vehicular, en las tres rutas evaluadas en la tarde ver fig. 4.2, vemos que proceso de potencia vehicular es similar a los bins de la mañana, el trayecto de esta ruta los bins se ubican en el 11-19. Muy similar en al de la mañana ya que hace constantes paradas en toda su ruta. Ver Fig. 4.2. El comportamiento de bins.

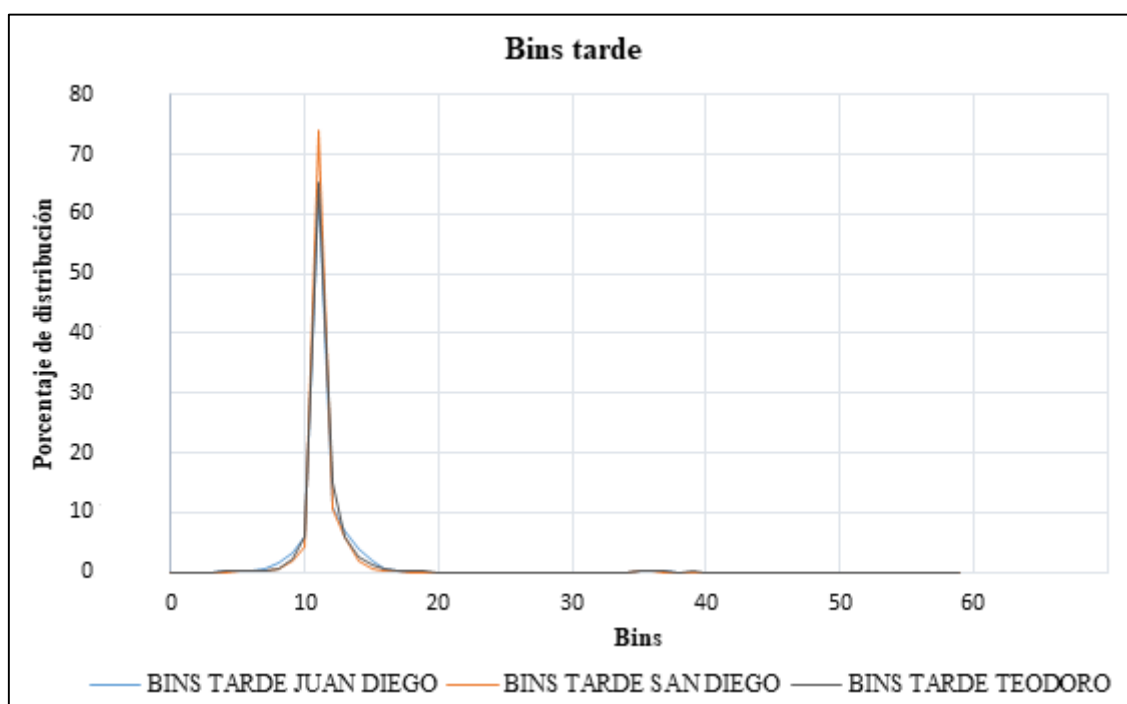


Figura. 4.2. Comportamiento de bins en rutas de la tarde

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

4.2. Análisis de emisiones finales

Un inventario de emisiones vehiculares es necesario realizarlo periódicamente para así tener actualizada la información de cómo se encuentra la calidad del aire en una ciudad o zona en particular, estudiar los impactos de las emisiones es importante para el ambiente de una localidad, finalmente proponer alternativas de reducción de compuestos nocivos promoviendo un ambiente sano de convivencia para generaciones venideras.

Para hacer un inventario de emisiones del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra fue necesario seleccionar un transporte homogéneo en este caso enfocado a la

tecnología vehicular usada en las furgonetas que prestan este servicio público, cada unidad cuenta con un motor a diésel para su funcionamiento, por existe la presencia de emisiones debido al uso del combustible como es el diésel.

El modelado internacional de emisiones IVE se ajusta al ciclo americano FTP-75 ya que, este software que fue desarrollado en USA, por tal motivo se debe hacer una comparativa de valores de emisiones obtenidas en el presente estudio con el ciclo americano designado por la normativa Ecuatoriana. De igual manera es necesario hacer una comparativa con las principales normas vigentes como son Euro II y Tier 2. En compuestos normados como el monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y el material particulado (PM).

4.2.1. Comparativa de emisiones con la normativa vigente nacional e internacional

Se hizo un análisis comparativo de emisiones entre los factores de emisión obtenidos en el estudio con las normativas contra emisiones vehiculares como son: normativa Ecuatoriana INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75, normativa americana (Tier 2), normativa europea (Euro II) y valores obtenidos mediante calculo por. El modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE). Hace referencia los siguientes compuestos: Monóxido de carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y material particulado (PM) debidamente normalizados como contaminantes criterios altamente nocivos para la población a corto mediano y largo plazo.

4.2.1.1. Monóxido de Carbono (CO)

Según la normativa Euro II que se ajusta a esta tipología de vehículo en contra de las emisiones se tiene un valor limite es de 1 g/km, la normativa americana Tier 2 que corresponde a esta tecnología los limites son 2,13 g/km, la normativa nacional ciclo americano FTP-75 señala los limites en 6,2 g/km en este compuesto. Los valores registrados en este estudio por cada unidad vehicular según IVE arroja un valor promedio de 7,2 g/km.

Lo que al hacer una compartiva de todas las normativas contra emisiones vehiculares vemos que existe un valor muy alto con respecto a las Euro II y americana Tier 2. En tanto con la normativa nacional ciclo americano FTP-75 existe 1 g/km mas de el límite equivalente al 16 % de incremento en este compuesto, definiendo finalmente que existe una moderada emision con respecto al CO. Ver detalle de comparativa en la Fig. 4.3.

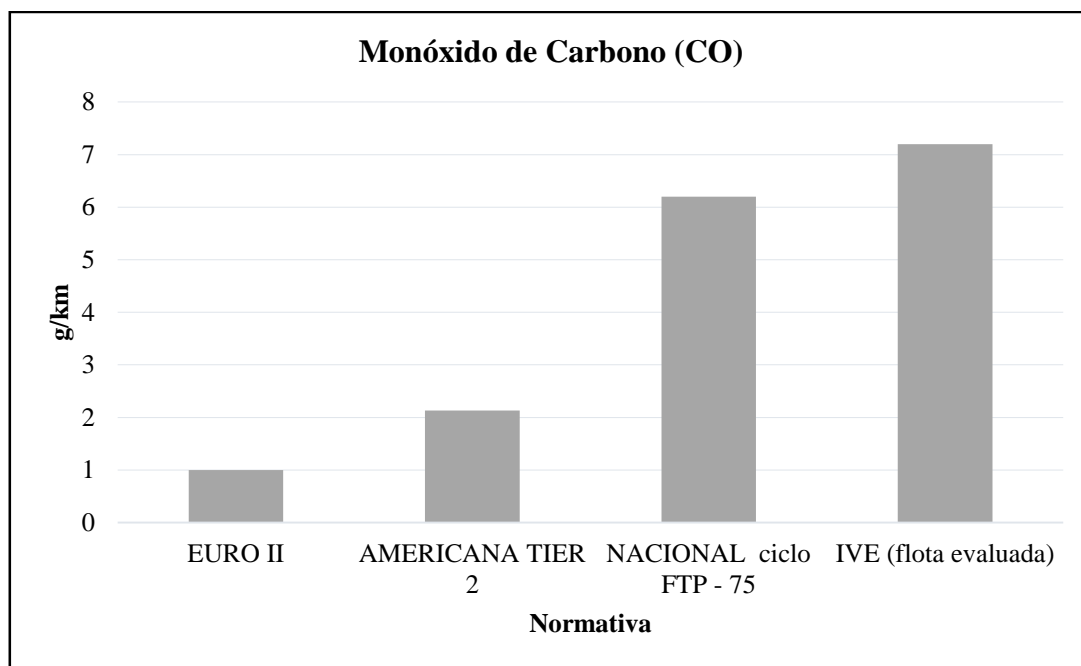


Figura. 4.3. Comparativa CO vs normativas vigentes
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

4.2.1.2. Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

La normativa Euro II, para este compuesto en vehículos ciclo diésel establece no sobrepasar 0,8 g/km, la americana Tier 2, da un valor límite de 0,32 g/km, mientras que la normativa nacional ciclo americano FTP-75 exige no rebasar los 1,1 g/km, esto en cada unidad vehicular evaluada contemplando la metodología técnica en cada normativa.

Los valores registrados según el cálculo hecho mediante el modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) se registró un valor de 1,1 g/km de (NO_x), lo que se asegura que los niveles de emisión con respecto a la normativa Euro II y americana Tier 2 no se da cumplimiento, pero si se ajusta a los valores de la normativa nacional ciclo americano FTP-75.

Por lo tanto, con relación a este gas emitido se concluye que si se cumple con la normativa nacional ciclo americano FTP-75 para este compuesto emitido cada unidad vehicular evaluada en este estudio. Ver comparativa Fig. 4.4.

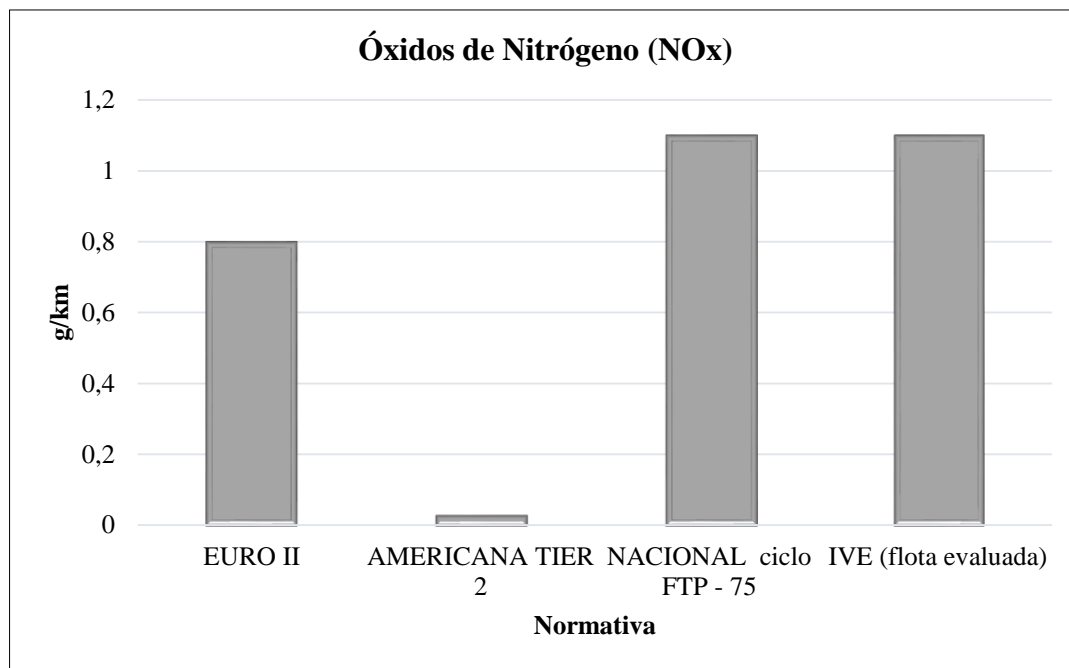


Figura. 4.4. Comparativa del NO_x vs normativas vigentes
Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

4.2.1.3. Material particulado (PM)

Comúnmente conocido como (humo), según la normativa Euro II exige no pasar niveles de 0,08 g/km para las furgonetas (tipo van, minivan). La normativa americana no tiene un valor definido en este compuesto. La normativa nacional exige en este tipo de vehículos 0,28 g/km mediante la prueba FTP-75 ciclo americano.

Finalmente, el valor calculado por IVE en cada unidad vehicular es de 0.87 g/km, lo que implica un valor excesivo en este agente contaminante incumpliendo los valores permisibles exigidos en la normativa Euro II, Tier2 y Nacional FTP-75, con respecto a este compuesto emitido.

Se concluye que existe gran cantidad de emisiones de (PM) hacia el medio ambiente, según datos calculados por el modelado (IVE) este compuesto es el que más se emite por cada unidad vehicular que circula en la ciudad de Ibarra, sobrepasando un 300 % más sobre el nivel permisible en la normativa Ecuatoriana INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75 (diésel). Ver comparativa de este compuesto en la Fig. 4.5.

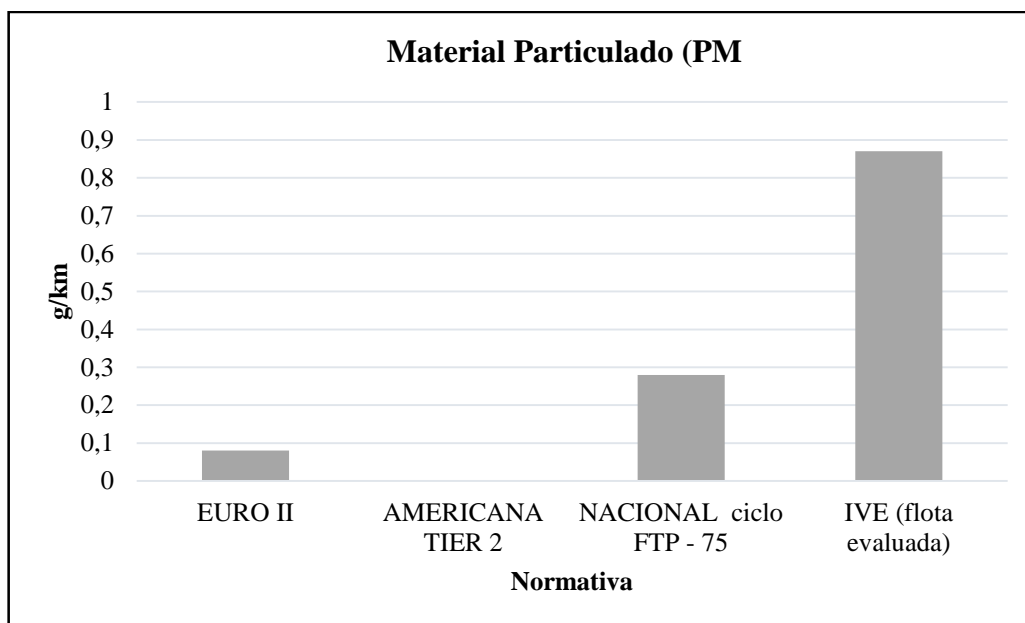


Figura 4.5. Comparativa del PM vs normativas vigentes

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

4.2.2. Análisis de emisiones del CO₂

El CO₂ es un contaminante global efecto invernadero producto de la quema de cualquier elemento de la naturaleza ya sea de origen fósil o de la biomasa, su valor de emisión en g/km, aumenta o disminuye de acuerdo a la cantidad combustionada, en el presente estudio realizado a la flota del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, se pudo registrar el valor promedio día de este compuesto emitido hacia el medio ambiente. Ver Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Emisiones de CO₂

Unidad g/km		
Contaminante global	Valor g/km	Promedios
CO ₂	192,02	Promedio día

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

Según investigaciones hechas no existe una normativa vigente en el Ecuador que regule al CO₂ pero si hay un valor registrado. Según (Ministerio del Ambiente, 2014, pág. 78) las emisiones de CO₂ por tráfico vehicular en la ciudad de Ibarra llegan a 238 172,3 ton /año para el año 2010. Este dato frente a 122,97 ton/año registrado en el sector transporte escolar

e institucional de la ciudad de Ibarra. Este compuesto se genera necesariamente por la quema de un combustible (diesel), es decir si la ruta tendría más kilómetros recorridos existirían más emisiones de CO₂. Los valores obtenidos en la Tabla 4.6, quedan como referenciales para estudios posteriores que se realicen en la ciudad de Ibarra en el sector transporte.

Lo que sí podemos afirmar es que su contenido a nivel mundial ha ido avanzando tal como hacemos referencia en el capítulo II del presente estudio en la fig. 2.5 emisiones de CO₂ en la tierra.

4.2.3. Análisis de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC)

Los compuestos orgánicos volátiles (VOC) están en el grupo de los contaminantes criterio es decir afectan a la salud de las personas y el medio ambiente. Mediante el uso del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), en la presente investigación se pudo registrar un factor de emisión con respecto a este compuesto. Que además no es normado de acuerdo a las normativas vigentes a nivel mundial. Por lo que podemos ver en la Tabla 4.1 el valor emitido por cada vehículo como año base el 2017.

Tabla 4.2. Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles

Unidad g/km		
Contaminante global	Valor g/km	Promedios
VOC	2,43	Promedio día

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

4.3. Propuesta de reducción de emisiones

De acuerdo a los valores obtenidos en el presente estudio de emisiones vehiculares de toda la flota vehicular del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, que se evaluó utilizando el modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), mediante ajustes mediante ecuaciones matemáticas se pudo determinar lo siguiente.

Los principales contaminantes calculados fueron clasificados en dos grupos:

- ✓ Los contaminantes globales como: CO, NO_x, y PM emitidos por cada unidad vehicular.

- ✓ El contaminante criterio es decir los que afectan al medio ambiente y la población como es el CO₂.

Se detalló una tabla compuesta por 4 categorías de acuerdo al factor de emisión evaluado y al porcentaje de valor según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, ciclo americano FTP-75 para vehículos diésel los criterios según el análisis de emisiones realizado son los siguientes: alto, bajo, sin norma de comparación y cumple con la normativa vigente. Ver Tabla 4.2. Las categorías designadas por cada compuesto.

Tabla 4.3. Categorías de cada compuesto identificado

Compuesto	Categorías
CO₂	No tiene normativa de comparación
CO	Bajo
NO_x	Cumple con la normativa vigente
PM	Alto

Fuente: (Autor – Vía IVE MODEL, 2.0.2)

Previo a proponer alternativas de reducción en los compuestos que no se ajustan a la normativa nacional, se analizó los factores internos de la flota en general evaluada y factores externos como contenido de ppm de Azufre en el diésel, localidad y condiciones de conducción, tecnología vehicular. Que intervienen para que cada compuesto sea alto o no se ajuste a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207.

4.3.1. Análisis de factores Internos

Existen varios factores internos para que estos valores sean altos con respecto al compuesto material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀) valor alto, y el Monóxido de carbono (CO) con un valor bajo. Los factores internos tienen que ver con el funcionamiento del motor y en conjunto la flota vehicular examinada.

Un factor interno importante es que toda flota vehicular del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, posee un sistema de inyección indirecta con pre-cámaras, por cada cilindro lo que se entiende que es muy básico en relación a otros sistemas de inyección a diésel como el de inyección directa (ID) o riel común de inyección (CRDI).

El Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) para la tipología VAN que corresponde a furgonetas considera que cuando una unidad vehicular viene equipada con un sistema de inyección indirecta los valores de emisión serán los mismos sin importar la implementación de una válvula EGR y un turbo al sistema de admisión. Por lo que, se pudo evidenciar mediante visitas técnicas a talleres de KIA motors, que ninguna furgoneta del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra posee este kit de válvula EGR y turbo en sus motores. Pero según (KIA Motors Corporation, 2004) todas las unidades Pregio con motor D4BH, J2, JT, JTA fabricadas en Corea poseen una válvula EGR y un turbo. Como se muestra en la Tabla 3.4 Ficha técnica KIA Pregio. Se conoce que este modelo de vehículo se ensambla en el Ecuador por AYMESA y se comercializo hasta el año 2013.

Otro factor es el funcionamiento del sistema de Inyección Indirecta ya que la función en este sistema es atomizar el diésel con el aire obteniendo mínimas gotas de mezcla aire/combustible que no logran oxidarse eficientemente dentro de la cámara de combustión del motor, adquiriendo al finalizar el ciclo de escape exceso de humo (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y NO_x , lo que se asume que es normal en este tipo de inyección diésel. Frente al sistema CRDI donde la mezcla aire/combustible logra atomizar pudiendo así oxidarse toda la mezcla en el interior de la cámara de combustión

4.3.2. Análisis de factores externos

Un factor externo para tener altos índices de (PM) se debe a la calidad del diésel, comercializado en la zona Norte del Ecuador ya que según la ARCH el diésel que se comercializo el último trimestre del año 2017 en la ciudad de Ibarra tuvo un contenido de Azufre promedio de 200 ppm.

Un alto contenido de Azufre en el diésel hace que no logre mezclarse el diésel con el aire teniendo en cuenta que el sistema de inyección usado en toda la flota de transporte escolar e institucional en un sistema de inyección indirecta conllevando a una mala combustión de la mezcla dentro de las cámaras aumentando el contenido de (PM) en el escape. A más de esto el Azufre provoca un desgaste prematuro de los elementos de bombeo de la bomba de inyección debido que este se concentra en holgura cañerías ya que es un elemento pesado y finalmente ocasiona el deterioro de los inyectores consigo el taponamiento de estos ocasionando una mala dosificación.

Otro factor externo a tener en cuenta son las paradas obligatorias de la flota que debe hacer al recoger los pasajeros, aquí se genera un constante tiempo de ralentí, es decir, (se emite más gases al medio ambiente), existen desaceleradas a altas rpm tal como se aprecia en el perfil de conducción descritos en los anexos y en el análisis de comportamiento de bins.

Ibarra es una ciudad de altura que está por los 2 200 msnm y 2 300 msnm. En su punto más alto con un porcentaje de pendiente de entre -2 % y 2 %. Por lo que se debe tener en cuenta que las pruebas que se hacen con diferentes normativas a nivel mundial y nacional son a nivel del mar, este es otro factor externo a tomar en cuenta.

Los recorridos del transporte escolar e institucional durante la mañana en la ciudad de Ibarra se pudo constatar que durante el trayecto existe poco tráfico vehicular ya que se los hace a partir de las 5:30 y 7:30 am a una temperatura ambiental de entre 11 y 12 grados centígrados, mientras que en la tarde que vas desde las 11:30 hasta las 14:30 pm en algunos casos se presenta tráfico vehicular y la temperatura ambiental aumenta de entre 25 y 30 grados centígrado interviniendo al aumento de emisiones en recorridos de la tarde.

Considerando todos estos factores internos y externos de análisis surge la necesidad de establecer una propuesta de reducción de emisiones de escape de acuerdo a cada compuesto que sobrepasa los valores establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207. Se propone hacer 3 tipos de propuesta.

- ✓ Propuesta a corto plazo
- ✓ Propuesta a mediano plazo
- ✓ Propuesta a largo plazo

4.3.3. Propuesta de reducción de emisiones vehiculares a corto plazo

Tomando en cuenta los factores internos y externos analizados que intervienen en los altos índices de emisiones en PM y moderada cantidad en CO, se propone, la realización de un mantenimiento correctivo que consiste en inspeccionar la presión de funcionamiento de la bomba de inyección rotativa, tipo VE y proceder a la calibrada dependiendo las condiciones en arranque, a ralentí y plena carga cada 250 000 km. De acuerdo a lo se exige en el manual de reparación (KIA Motors Corporation, 2004). Además, conjuntamente con esto limpiar los inyectores en un banco de simulación, cambiar si están defectuosos, para así tener un óptimo funcionamiento de la parte mecánica del motor. Al hacer este mantenimiento esto podemos reducir los problemas de mezclas (ricas y pobres) causantes de altas emisiones de CO. Si

logramos que la parte mecánica esté en óptimo funcionando se reducirá un 25 % de este compuesto logrando así ajustarse a los parámetros de emisión con la normativa Ecuatoriana. Otra propuesta es hacer investigaciones locales en “conducción eficiente” para así establecer programas de capacitación con los conductores de todo el transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra y a su vez a todo el transporte público. En conducción eficiente es un nuevo modo de conducir el vehículo que tiene como objetivo lograr un bajo consumo de carburante a la vez que reducir la contaminación ambiental (Ministerio del Interior dirección general de tráfico subdirección general de intervención y políticas viales unidad de intervención educativa, 2014, pág. 8). Según (Comisión Europea, 2005, pág. 7) con la conducción eficiente se obtienen unos ahorros medios de carburante del orden del 15 % y una reducción de emisiones de en la misma proporción.

Finalmente, una propuesta a corto plazo muy viable es que en la revisión técnica vehicular que se hace cada año en todo el transporte público de la ciudad de Ibarra por parte de MOVIDELNOR E.P. Se haga obligatoriamente la prueba por ensayo estático (opacidad), aplicando la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207, 2002, en donde se estipula el porcentaje de opacidad permitido en vehículos diésel para la república del Ecuador. A toda la flota de transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra. Esto con la finalidad de tener un porcentaje de emisión en el material particulado (PM) por cada unidad vehicular evaluada. Y en caso de no estar en los límites exigidos por la normativa Ecuatoriana proceder a realizar los ajustes mecánicos de calibración de bomba e inyectores o pensar en la renovación de la unidad que no apruebe el ensayo requerido. Detallamos las propuestas de este literal en la Fig. 4.6.

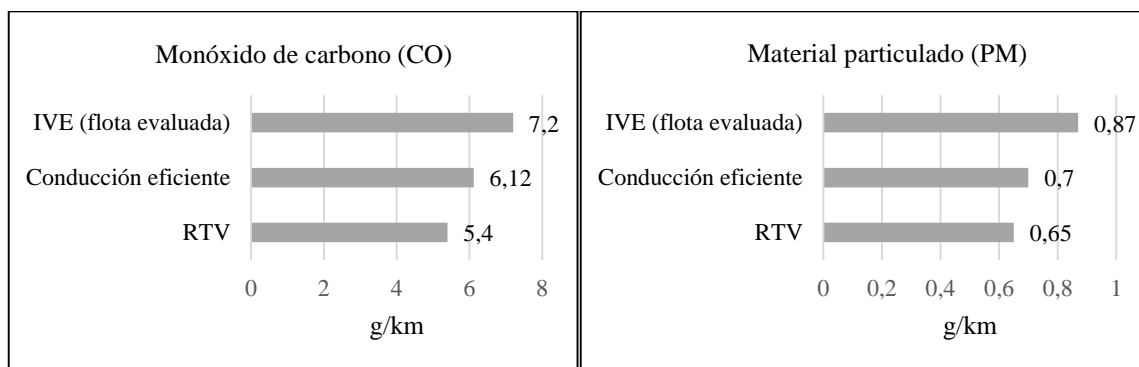


Figura. 4.6. Predicción de emisiones a corto plazo

En promedio de reducción del monóxido de carbono (CO) haciendo las propuestas a corto plazo es de 14,4 % frente al valor registrado en el presente estudio, y con un factor de emisión de 6,16 g/km de (CO) en cada unidad. Cumpliendo así la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel), que requiere 6,2 g/km. en el material particulado (PM) se registra un porcentaje de reducción del 23 % en este compuesto y un factor de reducción de 0,67 g/km recorrido por cada unidad vehicular, por lo tanto no se da cumplimiento con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel) que exige 0,28 g/km.

4.3.4. Propuesta de reducción de emisiones vehiculares a mediano plazo

Se pudo evidenciar que la flota vehicular del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra donde se hizo la evaluación en ruta no posee dispositivos de admisión y escape en favor de cumplir la normativa vehicular vigente en la República del Ecuador, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel), por lo que se propone readecuar cada unidad vehicular con un dispositivo válvula EGR y turbo.

Según pruebas de cálculos hechas mediante el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), con la tecnología de inyección directa (DI) y dispositivos en contra de emisiones de monóxido de Carbono (CO), como es (EGR, turbo), se obtiene un valor promedio de 1,36 g/km diario de emisiones en este compuesto. Frente a un valor de 7,23 g/km diario promedio registrado en la presente investigación en toda la flota vehicular, que no cuentan con dispositivos como (EGR, turbo).

Así mediante el uso de estos dos dispositivos podemos disminuir un porcentaje del 81,18 % de los 7,23 g/km del monóxido de carbono (CO) registrado en la flota evaluada, pudiendo así cumplir con la normativa internacional americana Tier II que exige como límite 2,13 g/km en el (CO). Y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel) que exige 7,2 g/km.

Con respecto al material particulado (PM) prueba hecha con el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares IVE usando la misma tecnología de evaluación que se hizo para el monóxido de carbono (CO), se obtiene un valor promedio de emisiones/día de 0,34 g/km. Frente a 0,28 g/km que exige Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel), reduciendo un valor de 0,53 g/km de emisiones/día con respecto a este contaminante

criterio. Lo cual aun no se ajusta al valor exigido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel). Proponiendo hacer lo siguiente al sistema de escape.

Implementación de programas retrofit en motores a diésel es una solución a mediano plazo estos programas han dado un excelente resultado en reducción de emisiones. En la ciudad de Bogotá – Colombia se ha implementado este tipo de equipos que consiste en hacer la instalación de un catalizador con (DPF) filtro de partículas tipo panal de abejas al sistema de escape en cada unidad vehicular.

Para contrarrestar el material particulado de los gases de escape en toda la flota del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, ya que. “Cada kilómetro que un bus-furgoneta recorre empleando un DPF significa una reducción de por lo menos el 90 % de las emisiones de material particulado” (SECRETARÍA DITRITAL DE AMBIENTE, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2014, pág. 44).

Lo que significa que se reducirá de 0,87 g/km promedio emitido por cada unidad, a 0.087 g/km. de material particulado (PM), teniendo emisiones finales de 0.089 g/km en cada furgoneta, pudiendo así, ajustarse a los límites de la normativa Ecuatoriana de 0.25 g/km en cada vehículo de la categoría furgonetas. Y además se tendría una nueva fuente de trabajo en talleres automotrices en la implementación de fabricación de catalizadores con (DPF).

Al igual que el material particulado (PM). Según (CCICEV, 2016, pág. 7) con el uso de un sistema DPF reduce entre 58 % y 82 % en emisiones de CO y HC con un combustible menor a 10 ppm de contenido de Azufre.

Con las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) se realizó la evaluación con la misma metodología hecha al monóxido de carbono (CO) y al material particulado (PM) usando una (EGR, turbo), obteniendo un valor promedio de emisiones/día de: 95,9 g/km. frente al promedio calculado en la flota vehicular designada de 192,02 g/km, reduciendo un 50 % aproximadamente en este compuesto. Ver detalle de las propuestas a mediano plazo. En la Fig. 4.7.

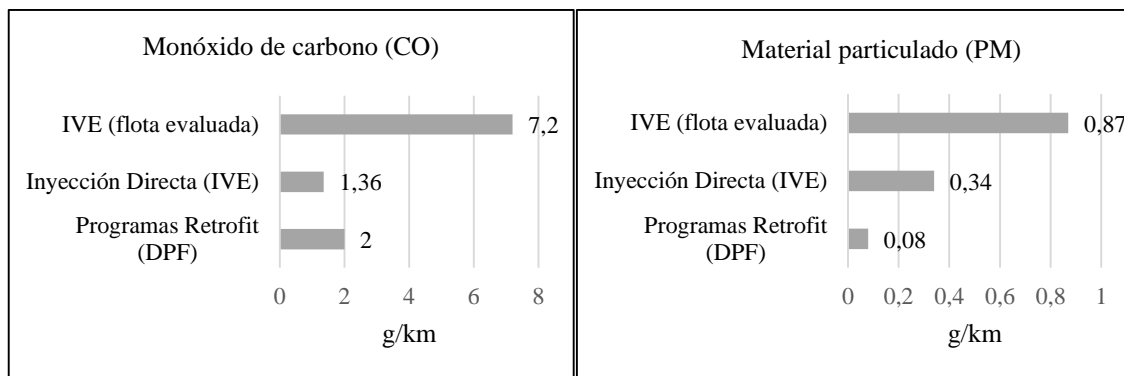


Figura. 4.7. Predicción de emisiones a mediano plazo

Al hacer un promedio de reducción por los dos tipos de propuestas establecidas se obtiene un valor promedio de porcentaje de reducción en el monóxido de carbono (CO) del 76,6 % con respecto al valor registrado en la evaluación por cada unidad vehicular, se obtiene un factor de emisión de 1,68 g/km en este compuesto, cumpliendo con el valor de 6,2 g/km exigido por Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel).

Con el material particulado existe una reducción en un porcentaje del 75,8 % con un factor de emisión de 0,21 g/km cumpliendo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel) que exige los 0,28 g/km en cada vehículo evaluado.

4.3.5. Propuesta de reducción de emisiones vehiculares a largo plazo

Según la Agencia de Regulación y Control Hidrocarbúrico (ARCH), el contenido de ppm de azufre promedio que se distribuyó en la zona norte del Ecuador en el último trimestre del año 2017 es de un promedio de 200 ppm. Valor alto con respecto a países como Colombia y Uruguay que manejan un combustible diésel entre 15-30 ppm de Azufre. Según el (Ministerio del Ambiente Perú, 2014) habrá reducciones de 90-99 % de (PM) usando diésel de menos de 15 ppm, reducciones de 58-82 % de (HC) y 90-99 % para (CO). Con este tipo de combustible implementado en el Ecuador la flota de transporte escolar e institucional reduciría el CO de 7,2 g/km a 0,48 g/km en cada unidad cumpliendo todas las normativas existentes contra las emisiones vehiculares en este compuesto.

En el material particulado (PM) sucede algo similar ya que en la presente investigación se obtuvo un valor de 0,87 g/km en cada unidad vehicular evaluada, haciendo una comparativa con el uso de este combustible tendríamos un valor de reducción promedio en este compuesto de 0,05g/km valor muy determinante en este compuesto pudiendo dar

cumplimiento a la normativa Euro II de 0.08 y la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel) que es de 0,28 g/km en este compuesto.

La propuesta es muy concreta con respecto a la reducción del contenido de ppm de Azufre en el diésel que se produce y comercializa en el Ecuador con el nombre de diésel Premium. Esto conllevaría a la implementación de motores con tecnología muy sofisticada en el sistema de control de emisiones homologadas de acuerdo a las exigencias de las normativas americanas, Euro y japonesas.

Hacer una reforma a la normativa (NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA 1489:2012 Séptima revisión, 2013) que manifiesta que el diésel Premium que se produce y se distribuye en el Ecuador contiene un valor de contenido de 500 ppm de Azufre. Por lo que la propuesta de reducción recomendada sería de entre 50 - 80 ppm de Azufre para mitigar las emisiones contaminantes en el material particulado (PM) y monóxido de carbono (CO). Y así poder cumplir al menos con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel). Se plantea Renovar toda la flota del transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra ya que no poseen ninguna tecnología de admisión y escape en favor del medio ambiente, de la mano con la reducción del contenido de ppm en el diésel que se distribuye en el Ecuador. Ya que de nada servirá si se va a renovar la flota vehicular en la ciudad si el diésel es de mala calidad.

Esta renovación se haría una vez que el estado adopte medidas en el proceso de reducción del contenido de ppm de Azufre en el diésel. Se lo podría realizar en un tiempo promedio de 5 a 7 años. Con unidades nuevas homologadas que están a disposición de la república de Ecuador, en la “Resolución No 097 DIR 2016 ANT”, (Agencia Nacional de Tránsito, 2018). Todas estas unidades cumplen con normativas ambientales EURO III Y EURO IV y dispositivos de control y seguridad. Se muestran los valores estimados de la propuesta a largo plazo en la Fig. 4.8.

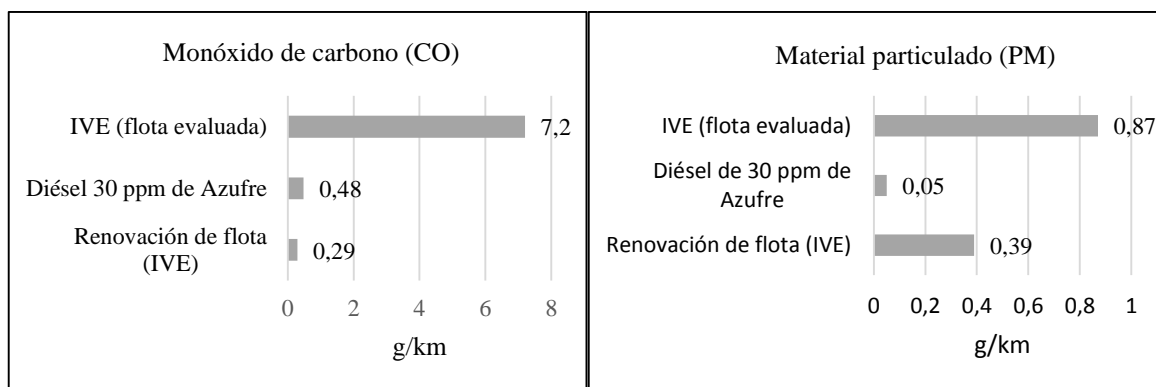


Figura. 4.8. Predicción de emisiones a largo plazo

Como valor promedio de reducción de emisiones vehiculares en el monóxido de carbono (CO) aplicando las diferentes propuestas de reducción de emisiones a largo plazo se obtiene un porcentaje de emisión del 93,8 % de reducción en este compuesto con respecto al valor registrado en este estudio, se registró un factor de emisión de 0,38 g/km en este compuesto dando cumplimiento a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel) que exige un valor de 6,2 g/km por cada vehículo tipo furgoneta.

Con el material particulado (PM) se registró un porcentaje de reducción del 74,71 % del valor registrado en el presente estudio, se registra un factor de emisión de 0,22 g/km en este compuesto dando cumplimiento a los 0,28 g/km exigido por Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 (diesel), por lo que se da cumplimiento a la normativa ambiental exigida al (PM).

CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- En el transporte escolar e institucional de la ciudad de Ibarra, se identificó mediante el modelado IVE contaminantes criterio: CO, VOC, NO_x, SO_x y PM, los mismos que afectan directamente a la salud, responsables de enfermedades cardiorrespiratorias, además de cáncer de pulmón y sangre. También se identificó compuestos relacionados con el calentamiento global como: CO₂, NO₂ CH₄, responsables del efecto invernadero.
- Se obtuvo un valor de 614,86 kg/km de CO₂ de emisiones diarias de toda la flota siendo este compuesto es el más alto en comparación a los demás compuestos emitidos, sin embargo, este no se encuentra regulado, siendo un producto natural de la combustión.
- Se obtuvo un inventario de emisiones contaminantes en vehículos de transporte escolar e institucional de Ibarra, como año base el 2017. Se estiman valores de los siguientes compuestos normalizados. **CO** 7,2 g/km, **NO_x** 1,1 g/km y **PM₁₀** 0,87 g/km.
- Se registra al material particulado (PM₁₀) normalizado como el compuesto que más se emite hacia el medio ambiente por parte de la flota evaluada en Ibarra , obteniendo valores de un 300 % más en comparación a lo establecido por la normativa Ecuatoriana NTE INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75.
- Se registró un total de emisiones diario de óxidos de nitrógeno (NO_x) un valor de 1,1 g/km emitido en ruta frente al 1.1 g/km permitido la normativa Ecuatoriana INEN 2207:2002 ciclo americano FTP-75, lo que significa que este compuesto cumple la normativa. Con respecto al CO 7,2 g/km frente a la normativa que exige 6,2 g/km lo que su pone un incremento del 16 % con respecto a lo establecido en la normativa.

- Se estableció un escenario de mejora a corto plazo donde se determina que mediante conducción eficiente se reduce los contaminantes criterios y los contaminantes globales en un 15 %. De la misma manera con la revisión técnica vehicular una reducción del mismo valor de emisiones, lo que se cumpliría con los valores estipulados en la normativa
- Mediante pruebas con el modelado IVE usando (EGR-turbo) se reduce un 81,18 % el monóxido de carbono (CO) registrado en la flota evaluada, cumpliendo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75 que exige 6,2 g/km. Con respecto al material particulado (PM) usando la misma tecnología de evaluación se reduce un 60% por cada unidad vehicular.
- Utilizando la tecnología de inyección directa y combustible diésel de 15 ppm en una flota de furgonetas de 14 y 18 pasajeros mediante la simulación con el modelado IVE se obtuvo una reducción del 90 % de los contaminantes criterios y calentamiento global cumpliendo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207 ciclo FTP-75.

5.2. Recomendaciones

- Para realizar un inventario de emisiones vehiculares mediante modelados matemáticos, es necesario hacer un análisis de modelados que se adapten a las condiciones geográficas de la ciudad asignada, y que se pueda evaluar contaminantes criterio y contaminantes global.
- Debido al complicado proceso de evaluar gases cuando un vehículo está en movimiento. Una estimación de emisiones vehiculares mediante modelados matemáticos predice emisiones de una flota de transporte en ruta de acuerdo a su categoría vehicular, por lo que, se recomienda usar este tipo de estudios en el transporte público de: taxis, camionetas, buses urbanos, buses Interprovinciales, buses Intraprovinciales.
- Para la caracterización de la flota vehicular se recomienda tomar en cuenta que cada vehículo se ajuste a las 1372 tecnologías que maneja IVE. Como es: tecnología en el sistema de admisión, edad del vehículo por km recorrido, tipo de combustible que usa, peso vehicular, ciclos de operación del motor.
- Para la obtención de los Bins de potencia los datos deben ser exactos, por lo tanto, para registrar valores de comportamiento vehicular en un recorrido por una ruta se debe utilizar equipos de posicionamiento global (GPS), con frecuencia mínima de 1 Hz.
- Se recomienda realizar en la flota un mantenimiento preventivo y correctivo de calibración de la bomba de inyección rotativa e inyectores para eliminar variaciones de presión y caudal. Logrando así una mezcla heterogénea y un óptimo funcionamiento del sistema de admisión en cada unidad vehicular.

- Se propone instalar un (DPF) filtro de partículas en toda la flota de transporte ya que así se eliminaría hasta un 90 % de g/km de material particulado (PM) por cada unidad vehicular.
- Se recomienda realizar el cambio de unidades vehiculares gradualmente entre 5-7 años en todo el sector transporte escolar e institucional de la ciudad, con vehículos que posean un sistema de Inyección Directa y dispositivos de post combustión. Conjuntamente una mejora en la refinación del diésel con una reducción a 50 ppm de azufre.

Bibliografía

1. Agencia Nacional de Tránsito. (18 de Enero de 2018). HOMOLOGACIÓN VEHICULAR. Obtenido de Reglamento General de Homologación Vehicular y Dispositivos de Medición, Control y Seguridad:
file:///E:/Usuario%20Omar/Downloads/homologacin_vehicular__inactivos_en_18_enero_2018.pdf

2. Alba, Tecnología Sustentable. (2014). Revista Iberoamericana de Producción Académica y Gestión Educativa. Publicación # 02, 3-5.

3. ALBÁN MARTÍNEZ, E. E., & LÓPEZ REVELO, J. (22 de Octubre de 2010).
Desarrollo y validación de un metodo para la determinación de factores de emisión vehicular mediante pruebas a bordo en la ciudad de Quito. Obtenido de
<http://biddigital.epn.edu.ec/handle/15000/2514>

4. ALMEIDA, G. J. (2016). “MODELACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES EN QUITO ECUADOR”. Chile.

5. Área Metropolitana Del Valle de Aburrá. (Agosto de 2010). ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS. Obtenido de
<http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/IsdocPlannedescontaminacion/Inventario%20de%20emisiones.pdf>

6. Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (abril de 2017). Código Orgánico Ambiental. Obtenido de <https://www.propiedadintelectual.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/micrositio/normativa/codigo-organico-ambiental.pdf>

7. Auto Soporte. (1 de Junio de 2016). Control de emisiones de los gases de escape motores diesel. Obtenido de <http://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/408-control-de-emisiones-de-los-gases-de-escape-motores-diesel>

8. Banco Mundial. (23 de Octubre de 2015). Cambio Climatico: Panorama general. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/topic/climatechange/overview#1>

9. BOSCH. (2015). Sistemas Modernos de Inyección a Diesel Unidades Completas y su Despiece. Obtenido de [http://www.boschautopartes.mx/Cat%C3%A1logos/Documents/Cat%20Diesel%202015%20OK_Final\(%20Anexos%20Catalogo\)Parte2.pdf](http://www.boschautopartes.mx/Cat%C3%A1logos/Documents/Cat%20Diesel%202015%20OK_Final(%20Anexos%20Catalogo)Parte2.pdf)

10. Caballero Morales, M. A. (Enero de 2011). ANÁLISIS DE EMISIONES DE VEHÍCULOS LIVIANOS SEGÚN CICLOS DE CONDUCCIÓN ESPECÍFICOS PARA LA REGIÓN METROPOLITANA. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/104333>

11. CCICEV. (Octubre de 2016). EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE COLOCACIÓN DE DISPOSITIVOS REDUCTORES DE EMISIONES EN EL PARQUE AUTOMOTOR DE TRANSPORTE URBANO A DIESEL EN EL DMQ”. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Sesiones%20del%20Concejo/2017/Sesi%C3%B3n%20Extraordinaria%202017-06-27/Continuaci%C3%B3n%20Primer%20debate/Informe%20Producto%20II%20-%20Secretar%C3%ADa%20de%20Ambiente.pdf

12. CESVIMAP. (2016). Control de emisiones contaminantes en Europa y Estados Unidos. CESVIMAP.

13. CESVIMAP. (26 de Enero de 2016). Control de emisiones contaminantes en Europa y Estados Unidos. Obtenido de <http://www.revistacesvimap.com/control-de-emisiones-contaminantes-en-europa-y-estados-unidos/>
14. Comisión Europea. (2005). "Ecodriving: Smart, efficient driving techniques". Obtenido de http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10297_TREATISE_ConduccionEficiente_A2005_A_f3817bad.pdf
15. Cremades, O., & Lázaro, V. (15 de Junio de 2017). Estudio del impacto atmosférico del cambio del parque vehicular en Barcelona. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/111310/TFG_RoserMedina.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. DELPHI. (28 de Noviembre de 2013). Worldwide Emissions Standards Passenger Cars and Light Duty. Obtenido de <https://www.delphi.com/sites/default/files/inline-files/delphi-worldwide-emissions-standards-passenger-cars-light-duty-2016-7.pdf>
17. EP PETROECUADOR. (2011). Confirman calidad de combustible que distribuye EP PETROECUADOR al país. Obtenido de <http://www.hidrocarburos.gob.ec/confirman-calidad-de-combustible-que-distribuye-ep-petroecuador-al-pais/>
18. EPA. United States Environmental Protection Agency. (2016). Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles. Obtenido de <https://www.fueleconomy.gov/feg/atv.shtml>

19. Estrella Guayasamín , M. X. (Diciembre de 2014). MODELO PARA ESTIMAR EMISIONES MÁNICAS INSTANTÁNEAS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS CON BASE EN LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL MOTOR EN VEHÍCULOS DIÉSEL. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1681/1/T-SENESCYT-00799.pdf>

20. Fondo Social Europeo. (1999). Diagnósis y Mantenimiento De Sistemas Anticontaminación. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/10564916/>

21. Generalitat de Catalunya, Comisión Interdepartamental del Cambio Climático. (Marzo de 2011). GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. Obtenido de <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

22. Giraldo Amaya, L. A. (2005). Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. Obtenido de http://oab2.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Inventarioemisiones_fuentesm%F3viles.pdf

23. Grijalva G, B. (Diciembre de 2017). Contenido de partes por millón de Azufre en el Diesel que se se distribuye pa la ciudad de Ibarra-Ecuador. (O. L. Arciniegas Mejía, Entrevistador)

24. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2016). Estudios ambientales de las emisiones vehiculares, producción de ladrillo, exposición personal monitoreo de la calidad del aire, hidrocarburos y partículas, en la ciudad Victoria de Durango, Durango. Obtenido de

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/255490/InformeFinalDurango170416.pdf>

25. IVE MODEL. (Mayo de 2008). Manual del Usuario del Modelo IVE Versión 2.0 Mayo, 2008. Obtenido de <http://www.issrc.org/ive/downloads/manuals/UsersManual%28sp%29.pdf>

26. Jiménez Fonseca, J. C. (Julio de 2014). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES VEHICULARES EN MOTORES DIESEL CON TECNOLOGÍAS EURO IV Y SUPERIORES EN COLOMBIA. Obtenido de <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/10642>

27. KIA Motors Corporation. (2004). Manual de Servicio. Gwangju: KIA Motors Corporations.

28. Kumagai, T. (Julio de 2014). Improving the accuracy of Fuel Consumption Measurement in CVS system. Obtenido de <file:///E:/Usuario%20Omar/Desktop/CVS%20METODO.pdf>

29. Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. (Agosto de 2008). REGLAMENTO GENERAL PARA LA APLICACIÓN DE LA LEY ORGÁNICA DE TRANSPORTE TERRESTRE, TRÁNSITO Y SEGURIDAD VIAL. Obtenido de http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC_Reglamento_Ley_Organica_Transporte.pdf

30. Marín Quemada , J. M., & González , E. S. (2012). El futuro de los combustibles fósiles. Obtenido de <https://canal.uned.es/uploads/materials/resources/pdf/4/1/1319025174814.pdf>
31. Ministerio del Ambiente. (2014). Inventario Preliminar de las Emisiones de Emisiones Contaminantes del Aire, de los cantones Amnato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/ibarra-la-segunda-ciudad-en-latinoamerica-donde-se-respira-el-aire-mas-puro>
32. Ministerio del Ambiente Perú. (2014). ESTRATEGIA NACIONAL PARA COMBUSTIBLES Y VEHÍCULOS MÁS LIMPIOS Y EFICIENTES EN EL PERÚ. Obtenido de http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2014/06/Presentaci%C3%B3n_estrategia_transporte_limpio_Peru_final-MINAM-2.pdf
33. Ministerio del Interior dirección general de tráfico subdirección general de intervención y políticas viales unidad de intervención educativa. (2014). Conducción Eficiente. Obtenido de http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/Conduccion_eficiente.pdf
34. Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (Enero de 2018). Ordenanza Metropolitana No. 0189. Obtenido de http://www7.quito.gob.ec/mdmq_ordenanzas/Ordenanzas/ORDENANZAS%20MUNICIPALES%202017/ORDM%20-%20189-Ord.%20Reformatoria%20a%20la%20Ord.%20213-Medio%20Ambiente%20Ref.159-2011.pdf

35. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204. (2002). GESTIÓN AMBIENTAL. AIRE. VEHÍCULOS AUTOMOTORES. LÍMITES PERMITIDOS DE EMISIONES PRODUCIDAS POR FUENTES MÓVILES TERRESTRES QUE UTILIZAN GASOLINA. Obtenido de <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/PROYECTO-A2-NTE-INEN-2204.pdf>

36. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2207. (2002). Gestión ambiental aire vehículos automotores "Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel". Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2207.2002.pdf>

37. Normativa INEN 2656. (Septiembre de 2016). Clasificación vehicular, NTE INEN 2656 Primera revisión. Obtenido de http://181.112.149.203/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf

38. NORMATIVA TÉCNICA ECUATORIANA 1489:2012 Séptima revisión. (14 de Junio de 2013). ENMIENDA, PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO DIÉSEL. Obtenido de <http://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/NTE-INEN-1489-7-ENMIENDA-1.pdf>

39. Ortiz Vallejo, M. A. (2014). Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador Utilizado para Motores de Vehículos. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>

40. POMA FLORES, K. L. (2004). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL DIESEL 2 BASADO EN SUS PROPIEDADES CETÁNICAS. Obtenido de http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/970/1/poma_fk.pdf

41. Recalde Rojas, M. N., & Revelo Argoti, R. V. (Abril de 2015). Anàlisis de emisiones en vehículos a gasolina utilizando pruebas estacionaria y dinàmica mediante ciclo IM-240. Obtenido de bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11925/1/CD-6584.pdf

42. Resolución No. 112-DIR-2014-ANT. (2014). REGLAMENTO PARA EL SERVICIO DE TRANSPORTE COMERCIAL ESCOLAR E INSTITUCIONAL. Obtenido de <http://www.ant.gob.ec/index.php/transito-7/resoluciones-2014/file/2656-resolucion-no-112-dir-2014-ant-reglamento-para-el-servicio-de-transporte-escolar-e-institucional>

43. Rojas Pérez, A. L. (2015). ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES EN LA JURISDICCIÓN CAR. Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/52666/7/AuraRojas.2015.pdf>

44. Román, N. H., & Lovera Dávila, D. (15 de JULIO de 2011). ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE LAS FUENTES MÓVILES EN LA CIUDAD MINERA DE PASCO EMPLEANDO EL MODELO IVE. Obtenido de <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/692>

45. RTE INEN 041. (2013). Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 041:2013, Segunda Revisiòn. Obtenido de http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/11/rte_041_2r.pdf


46. SECRETARIA DE GESTION DE RIESGOS. (2013). “PROYECTO ANALISIS DE VULNERABILIDADES A NIVEL MUNICIPAL” PERFIL TERRITORIAL CANTON SAN MIGUEL DE IBARRA. Obtenido de <http://repositorio.cedia.org.ec/bitstream/123456789/848/1/Perfil%20territorial%20IBARRA.pdf>

47. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Instituto Nacional de Ecología. (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. Tlalpan, México, D.F., México.
48. SECRETARÍA DITRITAL DE AMBIENTE, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (26 de 12 de 2014). PROGRAMA DE FILTROS DE PARTÍCULAS DIÉSEL PARA BOGOTÁ BDPF. Obtenido de http://www.ambientebogota.gov.co/es/c/document_library/get_file?uuid=3e670f03-cbda-48cd-8c20-ed03eb69feb4&groupId=586236
49. UNEP. (Diciembre de 2016). Diésel Fuel Sulphur Levels: Global Status. Obtenido de http://staging.unep.org/Transport/New/PCFV/pdf/Maps_Matrices/world/sulphur/MapWorldSulphur_December2016.pdf
50. Valencia Arroyave, D., Muñoz Duque, M. A., Ramirez Muoz, A. B., Jaramillo, L. A., & Hoyos Restrepo, C. A. (2015). Modelo Para la estimacion de Emisiones vehiculares Como Herramienta Para La Gestión Ambiental Institucional. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttxt&pid=S1909-04552015000100003&Ing=en&tlng=
51. Yoshinori, O., Hiroshi, N., Masataka, A., & Min, X. (13 de Agosto de 2015). The methodologies and instruments of vehicle particulate emission measurement for current and future legislative regulations . Obtenido de <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0957-0233/26/9/092002/meta>

ANEXOS

Anexos

Anexo. 1. Oficio 1 por parte de la Universidad dirigido a los transportistas




UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



Oficio 146- CIAUT-FICA-UTN
Ibarra, 11 enero 2017

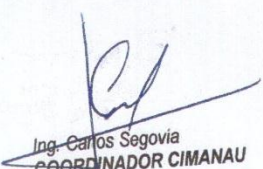
SEÑORES DIRIGENTES TRANSPORTE ESCOLAR
Sr. Daniel Narváez – ESCOLTRANSE
Sra Lorena Játiva- TURISCOLAR
Sr. Jorge Bolaños –CONFORSAFE
Sr. Fabian Cervantes- QUIPUSTRANS
Sr. Carlos Arciniega-TECNICA DEL NORTE

Cordial Saludo:

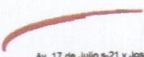
Reciba un cordial y atento saludo y deseándole éxito en sus funciones diarias, el motivo de la presente es para solicitarle de la manera más comedida la autorización pertinente para que el señor Omar Arciniegas estudiante de la carrera de Ing. en Mantenimiento Automotriz pueda realizar un muestreo de datos mediante GPS con una prueba a bordo en la empresa que usted a bien dirige; la misma que ayudará en el desarrollo del Trabajo de Grado titulado "Estimación de emisiones contaminantes de vehículos de transporte escolar e institucional en la provincia de Imbabura mediante modelado computacional.

Por la favorable atención que se digne atender a mi pedido, le agradezco.

Atentamente,
"CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO"


 Ing. Carlos Segovia
 COORDINADOR CIMANAU

Carmelo Ca.



Av. 17 de Julio s-21 y José María Córdova
 Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo
 Teléfono: (08)2997800 Casilla 199
 E-mail: info@uta.edu.ec
www.uta.edu.ec
 Ibarra - Ecuador

A.1. 1. Oficio dirigido a los presidentes de cada compañía

Anexo. 2. Formato de encuesta



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ ENCUESTA TRANSPORTE ESCOLAR E INSTITUCIONAL

1.- ¿CUANTOS RECORRIDOS HACE EN EL DÍA Y FIN DE SEMANA?

2.- SEÑALE UN TIEMPO PROMEDIO QUE DURAN SUS RECORRIDOS

HORAS	MAÑANA	TARDE	NOCHE
1			
1 Y 15			
1 Y 30			

3.- ¿CUALES ES LA HORA DE INICIO Y FIN DE LOS RECORRIDOS AL SALIR Y LLEGAR A SU CASA?

	MAÑANA	TARDE	NOCHE
HORA DE INICIO			
HORA FINAL			

4.- ¿A QUÉ INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRESTA SUS SERVICIOS?

PÚBLICA	FISCOMISIONAL	PRIVADA

5.- ¿CUÁLES SON LOS NIVELES DE LOS ESTUDIANTES QUE USTED PRESTA SERVICIO?

1-5 NIVEL	6-10 NIVEL	1-3 BACHILLERATO

6.- ¿INDIQUE QUE DÍAS HAY MAYOR AUSENCIA DE ESTUDIANTES?

LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES

7.- ¿CUANTOS ESTUDIANTES TRANSPORTA EN SU RECORRIDO DIARIO Y EN VACACIONES?

	MAÑANA	TARDE	NOCHE
DIARIO			
VACACIONES			

8.- ¿QUÉ TIEMPO PERMANECE APAGADO EL VEHICULO AL TERMINAR EL RECORRIDO DE LA MAÑANA Y EMPEZAR EL DE LA TARDE?

	MAÑANA-TARDE	TARDE-NOCHE
TIEMPO (HORAS)		

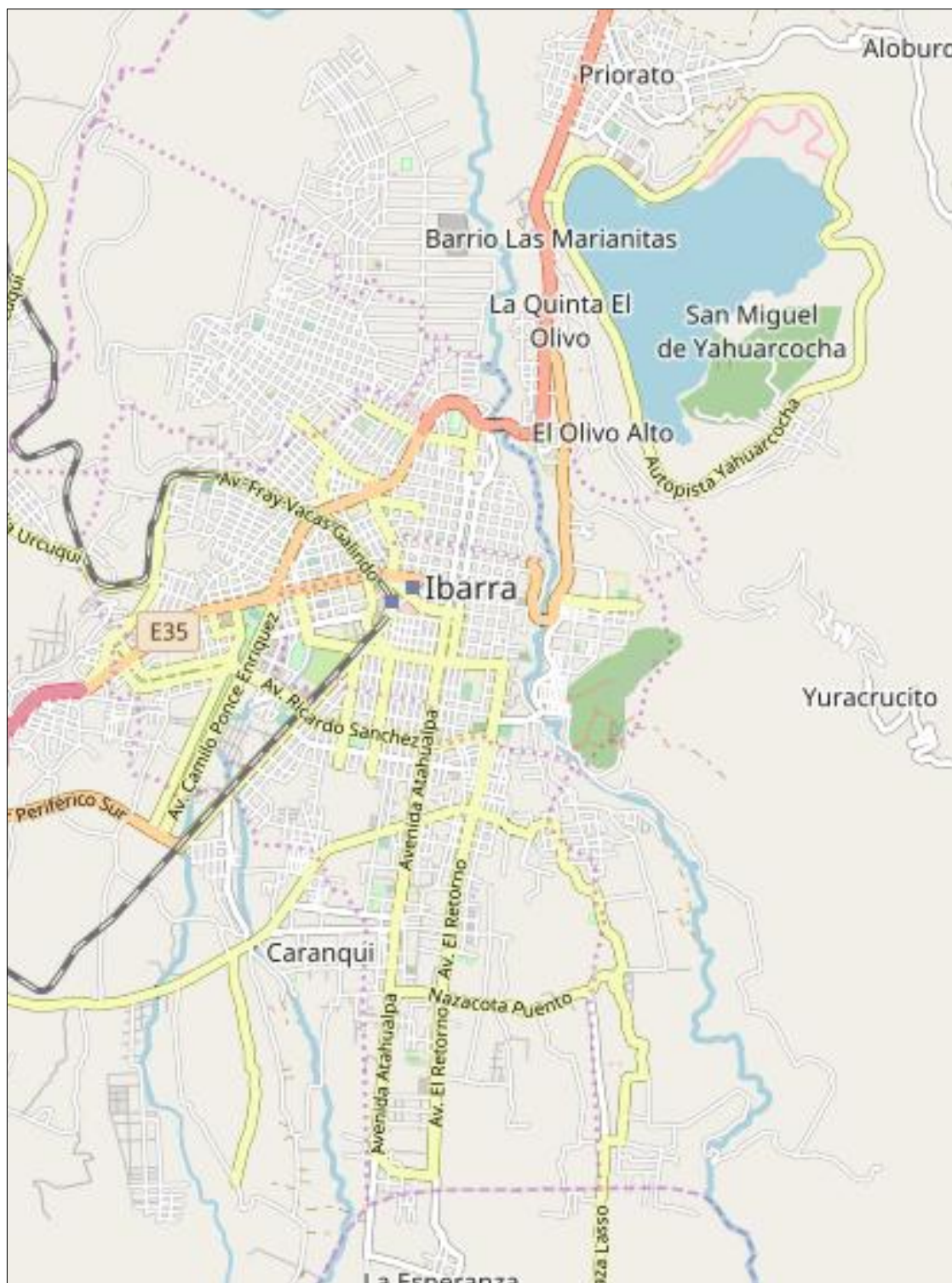
9.- ¿CUAL ES TIEMPO PROMEDIO DE ESPERA EN RECOGER A CADA ESTUDIANTE DURANTE EL RECORRIDO?

15 SEGUNDOS	30 SEGUNDOS	1 MINUTO

10.- SEÑALE SU RECORRIDO EN EL MAPA DE LA CIUDAD DE IBARRA DETALLADO EN LA HOJA.

A.2. 1. Encuesta realizada a los transportistas

Anexo. 3. Mapa de rutas IBARRA – ECUADOR



A.3. 1. Mapa de Ibarra para identificar las rutas

Anexo. 4. Evidencia fotografica




A.4. 1. Fotografía de encuesta realizada a una Compañia



A.4. 2. Fotografía de encuesta realizada a una Compañia

Anexo. 5. Oficio 2 por parte de la Universidad dirigido a la ARCH



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Resolución No. 001-073 CEAACES-2013-13
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ



Oficio 020- CIMANAU-FICA-UTN
Ibarra, 22 noviembre 2017

Ingeniero
Raúl Baldeón
DIRECTOR EJECUTIVO DE LA AGENCIA REGULADORA Y CONTROL
HIDROCARBURÍFERO (ARCH)
Quito.-

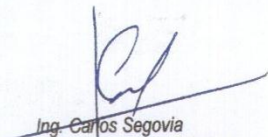
De mi consideración:

La Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte, expresa un atento y cordial saludo, y a la vez deseándole muchos éxitos en sus delicadas funciones que desempeña diariamente en beneficio de la sociedad.

Esta facultad cuenta con la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz y se ha planteado el tema de grado, titulado: **ESTIMACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE VEHÍCULOS DEL TRANSPORTE ESCOLAR E INSTITUCIONAL EN LA CIUDAD DE IBARRA MEDIANTE MODELADO COMPUTACIONAL**, razón por la cual me permito solicitar a usted de la manera más comedida, a que se autorice la entrega de información sustancial con la siguiente detalle: Datos específicos del contenido de partes por millón de azufre en el diésel (ppm) que se comercializa en la ciudad de Ibarra, para que el señor estudiante ARCINIEGAS MEJÍA OMAR LEONEL continúe con el desarrollo del tema de investigación para la culminación de su carrera.


Es grato poder contar con su apoyo y colaboración, hago extenso mi más sincero agradecimiento.

Atentamente,
CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO



Ing. Carlos Segovia
COORDINADOR CIMANAU

Carmine Ck.



Av. 17 de Julio 9-21 y José María Córdova
Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo
Teléfono: (06)997800 Casilla 190
E-mail: info@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

A.5. 1. Oficio dirigido a la ARCH - Ecuador

Anexo. 6. Obtención de bins de potencia mediante cálculo

STRESS	STRESS	BIN #	BIN #	BIN #	CO	CO2	THC	Nox	Average Emission Rate in Bin								
									Driving Bin (in location file)	# Seconds in Each Bin	Fraction in Each Bin	CO	CO2	THC	Nox	BINS FINAL	
Ppreavg	stress	VSP Bin Number (0-19)	Stress Bin Number (1-3)	Bin Number (0-59)	g/s	g/s	g/s	g/s									
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	0	0,000						0,0000
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	1	0,000						0,0000
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	2	0,000						0,0000
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	3	0,000						0,0000
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	4	0,000						0,0000
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	5	0,000						0,0000
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	6	0,000						0,0000
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	7	2	0,000	0,0660	0,6729	0,0003	0,0004	0,0461
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	8	2	0,000	0,2019	3,4664	0,0561	0,0546	0,0461
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	9	29	0,007	0,0509	1,4532	0,0054	0,0039	0,6682
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	10	162	0,037	0,0436	1,1151	0,0061	0,0039	3,7327
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	11	777	0,179	0,0409	1,0862	0,0040	0,0023	17,9032
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	12	1603	0,369	0,0342	0,9581	0,0026	0,0014	36,9355
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	13	1204	0,277	0,0073	0,2347	0,0005	0,0004	27,7419
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	14	399	0,092	0,0042	0,1594	0,0004	0,0003	9,1935
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	15	60	0,014	0,0110	0,2251	0,0008	0,0007	1,3825
0,0	11	1	11	0	0	0	0	0	0	16	1	0,000	0,1276	0,7607	0,0002	0,0000	0,0230
0,0	11	1	11	0,003653	0,06226	0,000153	1,52E-05			17	1	0,000	0,0313	1,3908	0,0012	0,0003	0,0230
0,0	11	1	11	0,115777	0,657623	0,00699	0,000338			18	0	0,000					0,0000
0,0	11	1	11	0,241271	0,647815	0,016787	0,000742			19	0	0,000					0,0000
0,0	11	1	11	0,311001	0,665197	0,027878	0,000909			20	0	0,000					0,0000
0,0	11	1	11	0,337836	0,739681	0,03292	0,000869			21	0	0,000					0,0000
0,0	11	1	11	0,33208	0,792165	0,032508	0,000805			22	0	0,000					0,0000
0,0	11	1	11	0,321116	0,81105	0,030312	0,000777			23	0	0,000					0,0000
0,0	11	1	11	0,309347	0,810647	0,028289	0,000757			24	0	0,000					0,0000

A.6. 1. Cálculo de bins de potencia ruta 1 (mañana)

STRESS	STRESS	BIN #	BIN #	BIN #	CO	CO2	THC	Nox	time	Average Emission Rate in Bin								
										Driving Bin (in location file)	# Seconds in Each Bin	Fraction in Each Bin	CO	CO2	THC	Nox	BINS FINAL	
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:00	0	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:01	1	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:02	2	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:03	3	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:04	4	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0158
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:05	5	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0158
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:06	6	13	0,002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2052
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:07	7	46	0,007	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7262
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:08	8	90	0,014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		1,4209
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:09	9	216	0,034	0,0018	0,0352	0,0004	0,0003		3,4102
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:10	10	390	0,062	0,0112	0,1381	0,0024	0,0013		6,1572
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:11	11	4038	0,638	0,0236	0,7006	0,0018	0,0011		63,7512
0,0	0,0	13	1	13	0	0	0	0	0:00:12	12	647	0,102	0,0089	0,1097	0,0016	0,0008		10,2147
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:13	13	449	0,071	0,0023	0,0249	0,0004	0,0001		7,0887
0,0	0,0	14	1	14	0	0	0	0	0:00:14	14	255	0,040	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000		4,0259
0,0	0,0	13	1	13	0	0	0	0	0:00:15	15	121	0,019	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		1,9103
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:16	16	38	0,006	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,5999
0,0	0,0	14	1	14	0,003653	0,06226	0,000153	1,52E-05	0:00:17	17	12	0,002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1895
0,0	0,0	12	1	12	0,115777	0,657623	0,00699	0,000338	0:00:18	18	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0158
0,0	0,0	12	1	12	0,241271	0,647815	0,016787	0,000742	0:00:19	19	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0158
0,0	0,0	10	1	10	0,311001	0,665197	0,027878	0,000909	0:00:20	20	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	10	1	10	0,337836	0,739681	0,03292	0,000869	0:00:21	21	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	10	1	10	0,33208	0,792165	0,032508	0,000805	0:00:22	22	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0,321116	0,81105	0,030312	0,000777	0:00:23	23	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	10	1	10	0,309347	0,810647	0,028289	0,000757	0:00:24	24	0	0,000						0,0000
1,010	1,0	11	1	11	0,295359	0,818265	0,027177	0,000743	0:00:25	25	0	0,000						0,0000
0,794	1,0	11	1	11	0,272022	0,828422	0,026342	0,000739	0:00:26	26	0	0,000						0,0000
0,050	1,1	12	1	12	0,251176	0,853616	0,026319	0,000766	0:00:27	27	0	0,000						0,0000

A.6.2. Cálculo de bins de potencia ruta 1 (tarde)

STRESS	STRESS	BIN #	BIN #	BIN #	CO	CO2	THC	Nox	time	Average Emission Rate in Bin								
										Driving Bin (in location file)	# Seconds in Each Bin	Fraction in Each Bin	CO	CO2	THC	Nox	BINS FINAL	
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:00	0	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:01	1	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0238
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:02	2	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0238
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:04	3	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0238
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:05	4	2	0,000	0,0023	0,1865	0,0008	0,0000		0,0477
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:06	5	5	0,001	0,0562	0,7486	0,0065	0,0001		0,1192
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:07	6	12	0,003	0,0001	0,0509	0,0000	0,0000		0,2860
0,0	0,0	13	1	13	0	0	0	0	0:00:08	7	31	0,007	0,0177	0,6028	0,0012	0,0004		0,7388
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:09	8	81	0,019	0,0096	0,5018	0,0011	0,0009		1,9304
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:10	9	188	0,045	0,0256	0,8723	0,0028	0,0013		4,4805
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:11	10	370	0,088	0,0236	0,7338	0,0032	0,0020		8,8179
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:12	11	1787	0,426	0,0226	0,6956	0,0017	0,0012		42,5882
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:13	12	763	0,182	0,0327	0,7067	0,0029	0,0011		18,1840
0,0	0,0	12	1	12	0	0	0	0	0:00:14	13	597	0,142	0,0323	0,7814	0,0025	0,0017		14,2278
0,0	0,0	13	1	13	0	0	0	0	0:00:15	14	246	0,059	0,0208	0,6281	0,0021	0,0014		5,8627
0,0	0,0	13	1	13	0	0	0	0	0:00:16	15	72	0,017	0,0159	0,6266	0,0019	0,0010		1,7159
0,0	0,0	11	1	11	0	0	0	0	0:00:17	16	26	0,006	0,0302	0,8005	0,0021	0,0009		0,6196
0,0	0,0	12	1	12	0,003653	0,06226	0,000153	1,52E-05	0:00:18	17	3	0,001	0,0011	0,1507	0,0002	0,0000		0,0715
0,0	0,0	12	1	12	0,115777	0,657623	0,00699	0,000338	0:00:19	18	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,0238
0,0	0,0	12	1	12	0,241271	0,647815	0,016787	0,000742	0:00:20	19	2	0,000	0,0170	0,4358	0,0012	0,0005		0,0477
0,0	0,0	13	1	13	0,311001	0,665197	0,027878	0,000909	0:00:21	20	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	13	1	13	0,337836	0,739681	0,03292	0,000869	0:00:22	21	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	12	1	12	0,33208	0,792165	0,032508	0,000805	0:00:23	22	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	12	1	12	0,321116	0,81105	0,030312	0,000777	0:00:24	23	0	0,000						0,0000
0,0	0,0	11	1	11	0,309347	0,810647	0,028289	0,000757	0:00:25	24	0	0,000						0,0000
1,284	1,4	10	1	10	0,295359	0,818265	0,027177	0,000743	0:00:26	25	0	0,000						0,0000
1,644	1,6	13	1	13	0,272022	0,828422	0,026342	0,000739	0:00:27	26	0	0,000						0,0000
2,249	1,7	12	1	12	0,251176	0,853616	0,026319	0,000766	0:00:28	27	0	0,000						0,0000

A.6.3. Cálculo de bins de potencia ruta 2 (mañana)

STRESS	STRESS	BIN #	BIN #	BIN #	CO	CO2	THC	Nox	time	Average Emission Rate in Bin				BINS FINAL			
										Driving Bin (in file)	# Seconds in Each Bin	Fraction in Each Bin	CO		CO2	THC	Nox
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:00	0	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:01	1	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:02	2	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:03	3	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:04	4	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:05	5	4	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0466
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:06	6	7	0,001	0,0048	0,1434	0,0018	0,0006	0,0815
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:07	7	22	0,003	0,0027	0,0736	0,0008	0,0003	0,2561
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:08	8	76	0,009	0,0098	0,2862	0,0020	0,0015	0,8849
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:09	9	169	0,020	0,0076	0,2061	0,0014	0,0009	1,9676
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:10	10	355	0,041	0,0140	0,2715	0,0023	0,0012	4,1332
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:11	11	6302	0,734	0,0131	0,3749	0,0009	0,0005	73,3729
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:12	12	803	0,093	0,0128	0,3044	0,0015	0,0009	9,3492
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:13	13	523	0,061	0,0115	0,3139	0,0021	0,0010	6,0892
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:14	14	239	0,028	0,0032	0,1210	0,0004	0,0003	2,7826
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:15	15	70	0,008	0,0065	0,1645	0,0014	0,0015	0,8150
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:16	16	11	0,001	0,0083	0,3724	0,0009	0,0002	0,1281
	0,0	12	1	12	0,003653	0,06226	0,000153	1,52325E-05	00:00:17	17	3	0,000	0,0021	0,5171	0,0003	0,0034	0,0349
	0,0	12	1	12	0,115777	0,657623	0,00699	0,000337654	00:00:18	18	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0116
	0,0	12	1	12	0,241271	0,647815	0,016787	0,000742262	00:00:19	19	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0116
	0,0	12	1	12	0,311001	0,665197	0,027878	0,000908549	00:00:20	20	0	0,000					0,0000
	0,0	12	1	12	0,337836	0,739681	0,03292	0,000869289	00:00:21	21	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,33208	0,792165	0,032508	0,000804787	00:00:22	22	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,321116	0,81105	0,030312	0,000776569	00:00:23	23	0	0,000					0,0000
	0,0	12	1	12	0,309347	0,810647	0,028289	0,000756878	00:00:24	24	0	0,000					0,0000
0,443	1,6	11	1	11	0,295359	0,818265	0,027177	0,000742992	00:00:25	25	0	0,000					0,0000
0,747	1,6	10	1	10	0,272022	0,828422	0,026342	0,00073869	00:00:27	26	0	0,000					0,0000
0,985	1,4	9	1	9	0,251476	0,853646	0,02619	0,000765721	00:00:28	27	0	0,000					0,0000

A.6.4. Cálculo de bins de potencia ruta 2 (tarde)

STRESS	STRESS	BIN #	BIN #	BIN #	CO	CO2	THC	Nox	time	Average Emission Rate in Bin				BINS FINAL			
										CO	CO2	THC	Nox				
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:00	0	0	0,000			0,0000		
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:01	1	1	0,000	0,1367	3,6618	0,0061	0,0003	0,0228
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:02	2	1	0,000	0,0726	2,2317	0,0027	0,0001	0,0228
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:03	3	1	0,000	0,1581	3,3594	0,0104	0,0003	0,0228
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:05	4	1	0,000	0,0587	2,2799	0,0019	0,0002	0,0228
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:06	5	5	0,001	0,0132	0,8742	0,0003	0,0004	0,1141
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:07	6	12	0,003	0,0227	0,9168	0,0011	0,0008	0,2737
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:08	7	36	0,008	0,0627	1,1489	0,0021	0,0010	0,8212
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:09	8	95	0,022	0,0302	0,9125	0,0021	0,0011	2,1670
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:10	9	233	0,053	0,0270	0,7490	0,0016	0,0009	5,3148
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:11	10	395	0,090	0,0310	0,8945	0,0026	0,0019	9,0100
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:12	11	1959	0,447	0,0195	0,5480	0,0016	0,0009	44,6852
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:13	12	724	0,165	0,0340	0,8066	0,0039	0,0023	16,5146
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:14	13	457	0,104	0,0241	0,8151	0,0022	0,0016	10,4243
	0,0	10	1	10	0	0	0	0	00:00:15	14	250	0,057	0,0157	0,5806	0,0011	0,0008	5,7026
	0,0	12	1	12	0	0	0	0	00:00:16	15	114	0,026	0,0173	0,5011	0,0011	0,0006	2,6004
	0,0	13	1	13	0	0	0	0	00:00:17	16	44	0,010	0,0268	0,6145	0,0014	0,0013	1,0036
	0,0	11	1	11	0,003653	0,06226	0,000153	1,52325E-05	00:00:18	17	25	0,006	0,0174	0,3127	0,0009	0,0001	0,5703
	0,0	11	1	11	0,115777	0,657623	0,00699	0,000337654	00:00:19	18	4	0,001	0,1264	1,3288	0,0101	0,0005	0,0912
	0,0	12	1	12	0,241271	0,647815	0,016787	0,000742262	00:00:20	19	4	0,001	0,0057	0,3345	0,0005	0,0000	0,0912
	0,0	12	1	12	0,311001	0,665197	0,027878	0,000908549	00:00:21	20	0	0,000					0,0000
	0,0	12	1	12	0,337836	0,739681	0,03292	0,000869289	00:00:22	21	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,33208	0,792165	0,032508	0,000804787	00:00:23	22	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,321116	0,81105	0,030312	0,000776569	00:00:24	23	0	0,000					0,0000
	0,0	10	1	10	0,309347	0,810647	0,028289	0,000756878	00:00:25	24	0	0,000					0,0000
0,049	1,6	10	1	10	0,295359	0,818265	0,027177	0,000742992	00:00:26	25	0	0,000					0,0000
0,047	1,3	10	1	10	0,272022	0,828422	0,026342	0,00073869	00:00:27	26	0	0,000					0,0000
0,009	1,2	10	1	10	0,251476	0,853646	0,02619	0,000766721	00:00:28	27	0	0,000					0,0000

A.6.5. Calculo de bins de potencia ruta 3 (mañana)

STRESS	STRESS	BIN #	BIN #	BIN #	CO	CO2	THC	Nox	time	Average Emission Rate in Bin				BINS FINAL			
										CO	CO2	THC	Nox				
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:00	0	0	0,000				0,0000	
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:01	1	0	0,000				0,0000	
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:02	2	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:03	3	1	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0100
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:04	4	3	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0301
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:05	5	11	0,001	0,0001	0,0910	0,0000	0,0000	0,1105
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:06	6	27	0,003	0,0098	0,3337	0,0008	0,0016	0,2711
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:07	7	41	0,004	0,0044	0,4591	0,0005	0,0009	0,4117
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:08	8	87	0,009	0,0082	0,2658	0,0005	0,0007	0,8737
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:09	9	211	0,021	0,0089	0,4114	0,0012	0,0010	2,1189
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:10	10	639	0,064	0,0220	0,4878	0,0021	0,0015	6,4170
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:11	11	6406	0,643	0,0095	0,2816	0,0009	0,0005	64,3302
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:12	12	1283	0,129	0,0131	0,3207	0,0009	0,0006	12,8841
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:13	13	719	0,072	0,0117	0,2763	0,0008	0,0003	7,2203
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:14	14	268	0,027	0,0099	0,2796	0,0009	0,0005	2,6913
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:15	15	147	0,015	0,0072	0,1690	0,0005	0,0006	1,4762
	0,0	11	1	11	0	0	0	0	00:00:16	16	44	0,004	0,0032	0,0989	0,0002	0,0001	0,4419
	0,0	11	1	11	0,003653	0,06226	0,000153	1,52325E-05	00:00:17	17	18	0,002	0,0000	0,1168	0,0000	0,0018	0,1808
	0,0	11	1	11	0,115777	0,657623	0,00699	0,000337654	00:00:18	18	7	0,001	0,0071	0,1564	0,0003	0,0001	0,0703
	0,0	11	1	11	0,241271	0,647815	0,016787	0,000742262	00:00:19	19	4	0,000	0,0000	0,2137	0,0001	0,0002	0,0402
	0,0	11	1	11	0,311001	0,665197	0,027878	0,000908549	00:00:20	20	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,337836	0,739681	0,03292	0,000869289	00:00:21	21	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,33208	0,792165	0,032508	0,000804787	00:00:22	22	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,321116	0,81105	0,030312	0,000776569	00:00:24	23	0	0,000					0,0000
	0,0	11	1	11	0,309347	0,810647	0,028289	0,000756878	00:00:25	24	0	0,000					0,0000
0,000	0,9	11	1	11	0,295359	0,818265	0,027177	0,000742992	00:00:26	25	0	0,000					0,0000
0,000	0,9	11	1	11	0,272022	0,828422	0,026342	0,00073869	00:00:27	26	0	0,000					0,0000
0,000	0,9	11	1	11	0,251476	0,853646	0,02619	0,000766721	00:00:28	27	0	0,000					0,0000

A.6.6. Cálculo de bins de potencia ruta 3 (tarde)