



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DEL TRÁFICO
VEHICULAR EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: GREEN ALEXANDER GAIBOR INTRIAGO

DIRECTORA: Ing. MARÍA RAFAELA VITERI UZCÁTEGUI MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Green Alexander Gaibor Intriago

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Green Alexander Gaibor Intriago, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 23 de noviembre de 2021.



Green Alexander Gaibor Intriago

085005893-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS DEL TRÁFICO VEHICULAR EN LA CIUDAD DE ESMERALDAS**, realizado por el señor **GREEN ALEXANDER GAIBOR INTRIAGO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Soledad Nuñez Moreno MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2021-11-25
Ing. María Rafaela Viteri Uzcátegui MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-11-25
Ing. Juan Carlos González García, Ph.D. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-11-25

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, Gren y Laura, por su apoyo incondicional a través de todos estos años de estudio, a mi hermano, Diego, y a toda mi familia por ser fuente de motivación para siempre salir adelante y a cada persona que influyó positivamente en mi vida durante estos últimos 5 años.

Agradezco a mis compañeros de universidad y amigos Julie (Jaep315), Rony (rorireha777), Nathaly (Nathy) y Cinthya (Cin), por contribuir a superar cada uno de los problemas que nos tocó afrontar con éxito.

Finalmente, agradezco también a mi tutora Rafaela Viteri por brindar sus conocimientos y consejos en el desarrollo de esta tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	4
OBJETIVOS.....	6

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	7
1.1. Contaminación Atmosférica.....	7
1.1.1. Fuentes de Contaminación Atmosférica.....	7
1.1.2. Contaminación Atmosférica Urbana.....	7
1.2. Motor de Combustión Interna.....	8
1.2.1. Motor con ciclo de Otto (Gasolina).....	8
1.2.2. Motor de Encendido por Compresión (Diésel).....	9
1.3. Contaminación Atmosférica producto del parque automotor.....	9
1.3.1. Tipos de Emisiones.....	9
1.3.1.1. Emisiones del Tubo de Escape.....	10
1.3.1.2. Emisiones Evaporativas.....	10
1.3.1.3. Emisiones por Desgaste.....	10
1.3.2. Principales Contaminantes Emitidos a la Atmósfera.....	11
1.4. Factores que influyen en la emisión de contaminantes.....	12
1.4.1. Combustibles.....	12
1.4.2. Sistemas de Inyección de Combustible.....	13
1.4.3. Dispositivos destinados al control de emisiones vehiculares.....	14
1.4.4. Ciclo de conducción.....	16
1.5. Inventario de Emisiones Atmosféricas.....	17
1.5.1. Factor de Emisión.....	18
1.5.2. Kilómetros Vehículo Recorridos (KVR).....	18
1.6. Modelos de Emisión.....	19

1.6.1.	<i>Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE)</i>	20
1.6.1.1.	<i>Patrones de conducción</i>	23
1.6.1.2.	<i>Patrones de partidas</i>	24
1.6.1.3.	<i>Parámetros ambientales</i>	25
1.6.1.4.	<i>Características del combustible</i>	25
1.7.	Desagregación espacial y temporal	25
1.7.1.	<i>Desagregación espacial</i>	25
1.7.2.	<i>Desagregación temporal</i>	26

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	27
2.1.	Descripción de la Zona de Estudio	27
2.1.1.	<i>Características del combustible</i>	27
2.1.2.	<i>Temperatura y Humedad Relativa</i>	28
2.2.	Selección de Categorías Vehiculares	28
2.3.	Recolección de Datos de Entrada del Modelo IVE	29
2.3.1.	<i>Determinación del Estilo de Conducción</i>	29
2.3.1.1.	<i>Vehículos a utilizar</i>	29
2.3.1.2.	<i>Selección de las rutas</i>	30
2.3.1.3.	<i>Selección del Instrumento</i>	31
2.3.1.4.	<i>Obtención de Bines de Potencia</i>	32
2.3.2.	<i>Aplicación de Encuestas</i>	32
2.4.	Ejecución del Modelo IVE	33
2.4.1.	<i>Composición de la Flota Vehicular</i>	33
2.4.2.	<i>Ingreso de características de la Localidad</i>	34
2.4.3.	<i>Cálculo de emisiones vehiculares</i>	34
2.5.	Determinación del KVR de la zona	34
2.6.	Desagregación Espacial y Temporal	36
2.6.1.	<i>Mapa de vías de la ciudad de Esmeraldas</i>	36
2.6.2.	<i>Desagregación Espacial</i>	37
2.6.3.	<i>Desagregación Temporal</i>	38

CAPITULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1.	Determinación del Estilo de Conducción	39

3.1.1.	<i>Rango Altitudinal</i>	39
3.1.2.	<i>Ciclos de Conducción</i>	39
3.1.3.	<i>Bines de Potencia</i>	42
3.2.	Resultado de la campaña de Encuesta	43
3.2.1.	<i>Uso de combustible</i>	43
3.2.2.	<i>Kilometraje de los vehículos</i>	44
3.2.3.	<i>Sistema de alimentación de combustible</i>	45
3.2.4.	<i>Tecnologías de control de emisiones</i>	45
3.2.5.	<i>Sistema de ventilación positiva</i>	46
3.2.6.	<i>Patrones de partidas</i>	47
3.2.7.	<i>Tiempo SOAK</i>	47
3.2.8.	<i>Velocidad promedio</i>	48
3.2.9.	<i>Uso de aire acondicionado</i>	49
3.3.	Emisiones Resultado de Aplicar el Modelo IVE	49
3.4.	Cálculo del KVR	50
3.5.	Composición del Parque Automotor	52
3.6.	Inventario de Emisiones para la Ciudad de Esmeraldas	52
3.7.	Desagregación espacial y temporal	56
3.7.1.	<i>Desagregación espacial</i>	56
3.7.1.1.	<i>Mapa de Vías</i>	56
3.7.1.2.	<i>Mapas de Desagregación Espacial de las emisiones vehiculares</i>	56
3.7.2.	<i>Desagregación temporal</i>	60
	CONCLUSIONES	61
	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Información de entrada requerida por el modelo IVE.	21
Tabla 2-1.	Factores de corrección utilizados en el modelo IVE.	22
Tabla 1-2.	Características de la gasolina empleada en la ciudad de Esmeraldas.	28
Tabla 2-2.	Temperatura media y humedad relativa en la ciudad de Esmeraldas en el año 2019.	28
Tabla 3-2.	Características de los vehículos a utilizar en los recorridos.	29
Tabla 4-2.	Ubicación de cámaras para conteo vehicular.	34
Tabla 1-3.	Patrones de partidas y kilómetros al día recorridos.	47
Tabla 2-3.	Emisiones vehiculares resultantes del modelo IVE.	50
Tabla 3-3.	Flujo diario vehicular por tipo de vía.	50
Tabla 4-3.	KVR al día por categoría vehicular para el año 2019.	51
Tabla 5-3.	Inventario de emisiones vehiculares en la ciudad de Esmeraldas para el año 2019.	53
Tabla 6-3.	Comparación de emisiones vehiculares.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Sistema de recirculación de gases (EGR) en motor a diésel.....	15
Figura 2-1.	Metodologías de cálculo para el KVR.	19
Figura 3-1.	Funcionamiento del Modelo IVE.....	21
Figura 4-1.	Influencia del estrés del motor sobre las emisiones vehiculares.....	23
Figura 1-2.	Ubicación de la zona de estudio.....	27
Figura 2-2.	Ruta seleccionada para el recorrido.	31
Figura 3-2.	Ubicación de las cámaras para conteo vehicular.	35
Figura 4-2.	Mapa de Red Vial de la Ciudad de Esmeraldas.	37
Figura 1-3.	Desagregación espacial de las emisiones vehiculares en la ciudad de Esmeraldas.	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3.	Rango altitudinal del recorrido.	39
Gráfico 2-3.	Patrones de conducción para vehículo particular, camioneta y moto.	40
Gráfico 3-3.	Patrones de conducción para camión, buseta y bus.	41
Gráfico 4-3.	Distribución de los bins de potencia de cada categoría vehicular.	42
Gráfico 5-3.	Tipo de combustible utilizado.	43
Gráfico 6-3.	Combustible empleado por categoría vehicular.	43
Gráfico 7-3.	Kilometraje de vehículos encuestados.	44
Gráfico 8-3.	Sistema de alimentación de combustible.	45
Gráfico 9-3.	Tecnologías de control de emisiones.	45
Gráfico 10-3.	Sistema de ventilación positiva.	46
Gráfico 11-3.	Tiempo SOAK por categoría vehicular.	47
Gráfico 12-3.	Velocidad promedio por categoría vehicular.	48
Gráfico 13-3.	Uso de aire acondicionado por categoría vehicular.	49
Gráfico 14-3.	Composición del parque automotor de la ciudad de Esmeraldas.	52
Gráfico 15-3.	Emisión por categoría vehicular para la Ciudad de Esmeraldas del año 2019...54	
Gráfico 16-3.	Distribución temporal de emisiones vehiculares en la ciudad de Esmeraldas....60	

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MODELO DE ENCUESTA.

ANEXO B: MAPA DE DESAGREGACIÓN ESPACIAL DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló un inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes móviles en la ciudad de Esmeraldas para el año 2019 a través de la aplicación del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), además se realizó una desagregación espacial y temporal de dichas emisiones. En una primera fase se realizó una recolección de información en campo a través de encuestas respecto a las características y composición del parque automotor, así como aspectos propios de la zona (meteorología, geografía y patrones de conducción). La siguiente fase consistió en ingresar la información recolectada de la muestra de vehículos encuestados en el Modelo IVE para así calcular las emisiones de los principales contaminantes criterio (CO, NOx, SOx, PM y COVs) y gases de efecto invernadero (CO₂), que fueron extrapoladas para toda la ciudad mediante el parámetro denominado KVR, el cual es resultado de un conteo de flujo vehicular en distintas zonas de la ciudad. Se obtuvo que la emisión por cada contaminante en ton/año fue: 13,069.85 de CO, 396.52 de PM, 10.43 de SOx, 1,097.87 de NOx, 1,750.67 de COVs, y 87,482.87 de CO₂, dando un total de 103,808.20. En cuanto a la desagregación espacial y temporal se determinó que las principales áreas de contaminación corresponden al centro de la ciudad y el Malecón de “Las Palmas”, mientras que los horarios de mayor emisión vehicular fueron entre las 10 y 11 am y las 5 pm. Se concluyó que los taxis, motos y automóviles producen la mayoría de las emisiones atmosféricas, además de que la ciudad aporta con un 61% de las emisiones totales del cantón respecto al 2010. Se recomienda que se desarrolle una base de datos referente a la información de entrada del modelo IVE que facilite el cálculo de las emisiones vehiculares en investigaciones futuras.

Palabras clave: <EMISIONES VEHICULARES>, <INVENTARIO DE EMISIONES>, <PARQUE AUTOMOTOR>, <MODELO INTERNACIONAL DE EMISIONES VEHICULARES (IVE)>, <ESMERALDAS (CANTÓN)>.



1935-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The aim of the current research was to implement an inventory of atmospheric emissions generated by mobile sources from Esmeraldas city by 2019, this was carried out through the application of the International Vehicle Emissions Model (IVE); in addition, a spatial and temporal disintegration of such emissions was carried out. In the first stage, it was necessary to collect information through a field trip and applying surveys regarding the characteristics and composition of the automotive fleet, as well as the aspects of the area (meteorology, geography and driving patterns). In the next stage, it was necessary to register the information collected from the sample of surveyed vehicles in the IVE Model in order to calculate the emissions of the main criteria pollutants (CO, NO_x, SO_x, PM and VOCs) as well as greenhouse gases (CO₂), the ones which were extrapolated for the whole city with the use of KVR parameter, which is the result of a vehicle flow count in different areas of the city. The results revealed that the emission for each pollutant in terms of tons per year was: 13,069.85 CO, 396.52 PM, 10.43 SO_x, 1,097.87 NO_x, 1,750.67 VOCs, and 87,482.87 CO₂, resulting a total of 103,808.20 tons per year. Regarding the spatial and temporal disintegration, it was determined that the main polluted areas are the downtown and "Las Palmas" pier, while the highest vehicular emission hours were between 10 and 11 am and 5 pm. It was concluded that cabs, motorcycles and automobiles produce most of the atmospheric emissions, in addition to the fact that the city produces a 61% of the total emissions of the county compared to the emissions obtained in 2010. It is recommended to develop an input information database of the IVE model to facilitate the calculation of vehicle emissions in future research.

Keywords: <VEHICULAR EMISSIONS>, <EMISSIONS INVENTORY>, <AUTOMOTIVE FLEET>, <INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS MODEL (IVE)>, <ESMERALDAS (COUNTY)>.

INTRODUCCIÓN

Durante las últimas décadas, el aumento de la contaminación atmosférica se ha vuelto un tema cotidiano en la vida del ser humano. La Organización Mundial de la Salud (OMS) expone un total de 4.2 millones de defunciones prematuras al año en zonas urbanas y rurales debido a una deplorable calidad del aire, además de que cerca del 91% de los casos ocurren en países en vías de desarrollo (OMS, 2018, párr.5).

Es innegable el efecto de las actividades humanas en el deterioro de la calidad de aire, siendo el transporte una de las más influyentes en el aumento de las emisiones de compuestos nocivos, los cuales alteran la composición normal del aire y causan serios problemas en la salud de los seres vivos y al ambiente en general (Sánchez et al., 2019, p.1). Entre los principales contaminantes que son emitidos por las actividades de transporte se tiene los siguientes: Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO₂), Óxidos de Azufre (SO_x), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Material Particulado (PM_x), los cuales producen diversas complicaciones al sistema respiratorio, a la sangre, entre otras (Peñañiel, 2019, p.3).

Datos a nivel mundial indican que para el año 2015 se contaba con un parque automotor de alrededor de mil cien millones de vehículos en circulación, y para el año 2025 se espera un total de dos mil millones. Por otra parte, de acuerdo a información de la Organización Internacional de Conductores Automotrices, la tasa de crecimiento del parque automotor mundial es de un 4%. En cuanto al territorio ecuatoriano, se cuenta con una tasa de crecimiento del parque automotor del 15.5%, y en el año 2017 se llegó a la cifra de dos millones de vehículos matriculados (Lara, 2019, p.2).

Particularmente, la ciudad de Esmeraldas ha sido muy afectada por la contaminación atmosférica, ya que, además de contar con complejos industriales, también recibe aportes de contaminación debido al sector de transporte, pues contaba con alrededor de 30,000 vehículos matriculados a nivel cantonal en el año 2010 (Parra, 2014, p.36), junto a un aporte vehicular debido a su popularidad turística, la cual aumenta la densidad del parque automotor de la zona.

Dentro de la ciudad existe poco control sobre las emisiones vehiculares, causando que los contaminantes provenientes de la combustión de combustibles fósiles (CO₂, CO, NO_x, SO_x y COVs) no sean monitoreados e influyan en el aumento del número de casos de enfermedades cardiovasculares y respiratorias en la población (OMS, 2018, párr.10); así como en la generación de smog fotoquímico y ozono troposférico, los cuales tienen graves repercusiones sobre el ambiente. Como consecuencia, se reduce el valor turístico de la ciudad, afectando a la economía.

Finalmente, la ciudad cuenta con escasa información actualizada sobre la calidad del aire, además de un limitado acceso a la misma, lo cual hace difícil conocer datos como la dispersión, comportamiento y concentración de las emisiones vehiculares (Gonzalez, 2017, p.22), lo que

provoca que las antiguas estrategias para el control y monitoreo de la calidad del aire sean actualmente obsoletas.

Es así que para conocer la influencia que tiene el parque automotor sobre la calidad del aire de una zona determinada se utilizan los denominados modelos de emisión, los cuales, a través de cierta información de entrada se encargan de estimar la cantidad de contaminante que es emitido en un tiempo específico, siendo uno de estos el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) (Albornoz y Guerrero, 2019, pp.12-13).

El modelo IVE es ampliamente recomendado debido a que no necesita una gran cantidad o especificidad de información para su ejecución, simplemente requiere información relacionada a factores de emisión, la composición del parque automotor y datos de actividad vehicular (Gonzalez, 2017, p.16), es por esto que es altamente utilizado en zonas donde no se realizan estudios específicos de emisiones vehiculares, siendo especialmente países en vías de desarrollo (Albornoz y Guerrero, 2019, p.1).

JUSTIFICACIÓN

Durante los últimos años, en las ciudades de América Latina se ha presentado un aumento de la población media, y como resultado de eso, el parque automotor también ha sufrido un crecimiento considerable. Es así que al existir una gran cantidad de vehículos transitando por una ciudad, se empieza a generar una problemática ambiental debido al aumento de la concentración los gases contaminantes que se emiten a la atmósfera (Chavez y Cubides, 2018, p.23).

La ciudad de Esmeraldas no cuenta con mucha información actualizada sobre el efecto del parque automotor en la calidad del aire; es un inventario de emisiones realizado por el Ministerio del Ambiente en el año 2010 en el cantón Esmeraldas (Parra, 2014, pp.71-76) uno de los pocos antecedentes que se tiene sobre el aporte de emisiones del tráfico vehicular. Además de que dentro de la zona se evidencia cierta falta de información referente al número total de vehículos matriculados dentro de sus límites, desconocimiento de la tecnología vehicular, pobre mapeo de la red vial, entre otros, por lo que es muy difícil el implementar modelos complejos con el fin de estimar las emisiones de la zona.

Es así que se plantea el uso del software IVE, el cual es un modelo que se acopla a las necesidades de la ciudad de Esmeraldas, ya que no requiere de una gran cantidad de datos de entrada, aunque siendo alguno de ellos parte de la información faltante en la actualidad, por lo que también al elaborar de este trabajo se obtendrán datos que sentarán las bases para futuras investigaciones relacionadas a problemas de contaminación atmosférica que ocurran en la ciudad.

Por último, la presente investigación tiene como propósito elaborar un inventario de emisiones actualizado que permita informar a la población sobre la calidad del aire de la zona, además de elaborar y presentar la distribución espacial y temporal de los contaminantes lo que permitirá entender de mejor manera el comportamiento de los mismos y que las autoridades se planteen la implementación de mejores estrategias para el control y mitigación de las emisiones provenientes del parque automotor de la ciudad de Esmeraldas.

ANTECEDENTES

A nivel mundial, el modelo IVE ha sido ampliamente utilizado en la estimación de la concentración de cierto grupo de compuestos contaminantes; por ejemplo en Estambul en el año 2011 se llevó a cabo un estudio con el fin de determinar el impacto del denominado “Marmaray Project”, el cual era un nuevo sistema de transporte ferroviario submarino desde Europa hasta Asia, lo cual causó un decrecimiento en el uso de automóviles en la ciudad y, por tanto, una menor cantidad en las emisiones, el estudio buscó determinar el porcentaje de disminución de 3 tipos de categorías: los contaminantes criterio, tóxicos y gases de efecto invernadero para los años 2015 y 2030. La investigación concluyó que para el año 2015 se disminuirá un 12.4% y en 2030 un 11.6% para todas las categorías antes mencionadas (Saatcioglu et al., 2011, p.23-40).

Dentro del territorio ecuatoriano también se han llevado a cabo múltiples estudios con el modelo IVE, Guadalupe en el año 2016 se encargó de estudiar y cuantificar la cantidad de contaminantes móviles para la ciudad de Quito haciendo uso del modelo IVE. En su estudio se clasificó al área de interés en sectores socioeconómicos, siendo estos: comercial, de bajo y alto ingreso financiero. La metodología empleada consistió en 2 etapas, en la primera obtuvo toda la información de entrada requerida por el modelo y una segunda donde se realizó el procesado de los datos para finalmente ejecutar el programa. Los resultados obtenidos en este estudio expresados en ton/año y ya extrapolados a toda la ciudad de Quito fueron de 354,988.11 de CO, 30,363.13 de COV, 31,492.01 de NO_x, 540.66 de SO_x, 7,650.68 de PM y 3,361,969 de CO₂ (Guadalupe, 2016, p.131).

Es en Azuay que Romero en el 2017 buscó desarrollar una alternativa para la obtención de los bins de potencia, y con el fin de probar el correcto funcionamiento de su nueva aplicación ejecutó el modelo IVE para un vehículo liviano en la ciudad de Cuenca; a la par de la investigación también realizó una metodología On Board. Los resultados obtenidos de este estudio se enfocaron en observar la diferencia de los resultados obtenidos por cada una de las metodologías, los cuales discreparon en un 34%, concluyendo que las emisiones que generaron por el modelo IVE fueron generalmente 7 veces más altas que las obtenidas On Board. Sin embargo, el autor estipula que dicha variación se debe a que el modelo IVE no debe ejecutarse para un solo vehículo, ya que sus resultados corresponden a un promedio dentro de una categoría vehicular específica y recomienda la implementación de dicho modelo debido a su fácil aplicación y bajo costo (Romero, 2017, p.85).

En el año 2019, Lara planteó estimar las emisiones de CO₂ de la flota de taxis con una cilindrada de 1,600 cc de la ciudad de Cuenca bajo parámetros eco-eficientes, el autor expone que el principal problema a la hora de llevar a cabo su investigación fue el no contar con una línea base sobre la emisión de CO₂ de la flota evaluada. El procedimiento que usó el autor fue, en primer lugar, obtener toda la información de entrada del modelo, las cuales fueron los bins,

detalles de los combustibles, características de la flota y de la zona de estudio. Finalmente, se ejecutó el modelo IVE y los resultados se presentaron en dos escenarios, el primero fue el “mejor escenario” el cual contaba con bajo tráfico vehicular obteniendo un total de 15.96 t/año; mientras que el “peor escenario” contaba con mayor tráfico y obtuvo un total de 21.17 t/año de CO₂ (Lara, 2019, p.10).

De la misma forma, Parra en 2019 estimó las emisiones de CO₂ de la flota de taxis con cilindrada menor a 1,500 cc bajo los mismos parámetros de conducción eco-eficiente en la ciudad de Cuenca con el modelo IVE, el autor también se planteó el uso de dos escenarios, uno con bajo tráfico vehicular (mejor escenario) y otro con mayor tráfico (peor escenario), donde una vez calculados los factores de emisión de cada escenario y proyectando para 3,553 unidades vehiculares se obtuvieron resultados de 64.76 kt/año de CO₂ para el mejor escenario y 59.16 kt/año para el peor escenario (Parra, 2019, p.5).

Particularmente, en la ciudad de Esmeraldas no se cuenta con estudios que empleen el modelo IVE, lo más próximo a un inventario de emisiones surge en el año 2014, cuando el Ministerio del Ambiente publica su Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire con base al año 2010; la metodología se basó en el empleo de ecuaciones que tomaban variables como: emisión de gas, categoría vehicular, características del combustible y factores de emisión. Los resultados obtenidos de este estudio en t/año fueron de 1,886.7 de NO_x; 7,764 de CO; 1,191.9 de COV; 171.3 de SO₂; 126.6 de PM₁₀; 102 de PM_{2,5}; 168,612 de CO₂; 42.1 de CH₄ y 14.2 de N₂O. Concluyendo que el parque automotor es la segunda fuente de emisión de contaminantes atmosféricos más elevada con alrededor de 179,910.8 ton/año solo superada por las actividades industriales (Parra, 2014, pp.71-72).

OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar un Inventario de Emisiones Atmosféricas de fuentes móviles en la ciudad de Esmeraldas del año 2019.

Objetivos Específicos

- Realizar el levantamiento de línea base sobre flota vehicular y estilos de conducción de la zona de estudio.
- Estimar la concentración de los principales contaminantes atmosféricos a través del software IVE.
- Elaborar la desagregación espacial y temporal de las emisiones obtenidas para la ciudad de Esmeraldas.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Contaminación Atmosférica

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, la contaminación del aire se genera cuando existen uno o varios compuestos externos a la composición normal del aire, los mismos que dependiendo de su concentración pueden ser tóxicos o nocivos para los seres vivos y el medio ambiente (Saavedra, 2014, p.6).

1.1.1. Fuentes de Contaminación Atmosférica

La contaminación del aire tiene su origen de dos fuentes, las cuales son (Mcgraw, 2009, pp.234-235):

- **Fuentes Antropogénicas:** Proviene de las actividades humanas, principalmente por el uso de combustibles fósiles; dentro de este grupo se encuentran actividades del hogar como el uso de calefactores, además de actividades de transporte como el uso del automóvil y aviones, la industria siendo la actividad que más emisiones aporta, procesos de incineración y la ganadería debido a la elevada cantidad de emisión de metano, entre otros.
- **Fuentes Naturales:** Estas se refieren a procesos naturales que producen compuestos contaminantes, entre estos se tiene a los incendios forestales, erupciones volcánicas, la actividad y metabolismo de ciertos seres vivos, vientos muy fuertes, entre otras.

1.1.2. Contaminación Atmosférica Urbana

Usualmente en las zonas urbanas solo existe contaminación por fuentes antropogénicas, por lo que estas pueden ser sub-clasificadas en fuentes puntuales, móviles y de área, las cuales se describen a continuación:

- **Fuentes móviles:** Se incluye a las distintas maneras de transporte con motores de combustión o similares, los cuales son responsables de emitir la mayor cantidad de CO, COVs, SO₂, NO_x, ejemplo son los automóviles, motos y buses (Sánchez et al., 2014, p.22).
- **Fuentes de área:** Estas no se encuentran en zonas específicas, suelen ser conjuntos de pequeñas y abundantes fuentes, que individualmente no generan enormes cantidades de contaminación, pero sumadas son capaces de influir en la concentración normal del aire de la zona (Sánchez et al., 2014, p.21).
- **Fuentes puntuales:** Son plantas o instalaciones estacionarias, como por ejemplo, las actividades industriales o de generación de energía (Sánchez et al., 2014, p.21).

Es importante mencionar que las fuentes naturales causan emisiones en mayor cantidad, llegando a escala global, mientras que las de origen antropogénico suelen ser a nivel local; en contraparte, las fuentes naturales poseen sus propios mecanismos para eliminar los contaminantes, mientras que en zonas industriales o urbanas no suelen contar con dichos mecanismos de eliminación, por lo que los contaminantes se acumulan y reaccionan entre sí, agravando el problema ambiental (Saavedra, 2014, p.8).

1.2. Motor de Combustión Interna

Un Motor de Combustión Interna se denomina como una máquina térmica, la cual genera energía mecánica a través de la transformación de energía química producto de la quema de combustibles (Román, 2020, p.20). Los motores han sufrido múltiples cambios, siendo hoy en día los más comunes los que se presentan en las siguientes secciones.

1.2.1. Motor con ciclo de Otto (Gasolina)

En la actualidad, la mayor parte de los vehículos con este tipo de motor operan en ciclos a cuatro tiempos (Ávila y Ayala, 2013, pp.11-12):

- **Tiempo de Admisión:** Inicia con la apertura de la válvula de admisión, el cigüeñal dará media vuelta causando el descenso del pistón, debido a esto último, dentro del cilindro se genera una depresión, lo cual permite el ingreso de la mezcla aire-combustible. Finalmente, se cierra la válvula de admisión.
- **Tiempo de Compresión:** El cigüeñal dará otro medio giro causando la subida del pistón, lo cual causa que se comprima la mezcla aire-combustible, pasando a la cámara de compresión. En esta etapa, la válvula de admisión y de escape se encuentran cerradas.
- **Tiempo de Explosión:** En este tiempo, la bujía generará la chispa necesaria para causar la explosión de la mezcla, causando que se eleve la temperatura y, por tanto, la presión dentro de la cámara. Esto causa que el pistón descienda nuevamente mientras los gases producto de la explosión pierden temperatura y presión, en este momento el cigüeñal ha dado otro giro, dando la energía para que el motor trabaje.
- **Tiempo de Escape:** Concluido el paso anterior, se abre la válvula de escape, el pistón sube y se expulsan los residuos del proceso al exterior, completando así el ciclo del motor de Otto, donde el cigüeñal termina girando dos veces.

1.2.2. Motor de Encendido por Compresión (Diésel)

Estos motores funcionan de igual manera a 4 tiempos, la diferencia con el anterior radica en que, en estos últimos, la explosión se da debido a la implementación de la bujía, además de que inyectan una mezcla de aire-combustible, mientras que en los motores a Diesel únicamente se inyecta aire, el cual será comprimido y causará que se eleve la presión y la temperatura, así, una vez ingresa el combustible, se dará la ignición producto de las condiciones presentes en la cámara de combustión (Román, 2020, p.21).

Los motores a diésel han tenido un aumento en su uso debido a su elevada eficiencia térmica; en los años 2000, estos presentaban un máximo de 48% de eficiencia en comparación al 35% que otorgaban los motores a gasolina. En contraparte, se tiene que los motores a diesel tienden a ser más contaminantes, especialmente en cuanto al material particulado y óxidos de nitrógeno, además de que suelen causar problemas de ruido (Ortiz, 2014, p.26).

A continuación se resumen las etapas del motor a diésel (Gunza y Urrestra, 2018, pp.18-19):

- **Tiempo de Admisión:** Se abre la válvula de admisión, el pistón baja y el aire ingresa al interior del cilindro, finalmente se cierra la válvula de admisión.
- **Tiempo de Compresión:** El pistón sube y comprime el aire dentro de la cámara de combustión, aumentando su temperatura hasta los 700 °C.
- **Tiempo de Expansión:** El combustible es atomizado dentro del cilindro y, debido a las condiciones de presión y temperatura presentes en la cámara de combustión, se genera la quema y explosión del combustible, causando el descenso del pistón, dando el movimiento necesario para el motor.
- **Tiempo de Escape:** Finalmente, el pistón vuelve a subir y los compuestos residuales son direccionados al colector, se abre la válvula de escape y los gases son expulsados.

1.3. Contaminación Atmosférica producto del parque automotor

1.3.1. Tipos de Emisiones

Las emisiones resultantes del parque automotor tienen múltiples fuentes; la cantidad de dichos compuestos depende en su mayoría de la eficiencia en la quema del combustible, ya que de ser completa los resultados serían CO₂ y H₂O. El factor lambda (λ) se refiere a la relación de la mezcla aire-combustible real y estequiométrica, es dicha relación la que determina la emisión de los contaminantes, si su valor es menor a 1 la mezcla tendrá un exceso de combustible y será considerada como rica, en este caso se tendrá una mayor emisión de contaminantes; en cambio, si es mayor a 1, la mezcla no tendrá suficiente combustible y será denominada pobre, con menos emisiones pero menor potencia (Vega, 2015, p.28).

De acuerdo a la anterior se puede clasificar a las emisiones vehiculares como las siguientes:

1.3.1.1. Emisiones del Tubo de Escape

Son producto de la operación del motor a la hora de quemar el combustible, los contaminantes emitidos generalmente son NO_x, SO_x, CO y MP; la cantidad de estos dependerá del tipo de motor, características del combustible, edad del vehículo, etc (Ferrer, 2012, pp.25).

Este tipo de emisiones pueden ser de dos tipos (Ferrer, 2012, pp.25-26):

- **Emisiones en Frío:** Ocurren cuando el motor del vehículo está en una etapa de calentamiento después de estar apagado por un período prolongado. Se producen por una combustión incompleta hasta alcanzar una temperatura adecuada.
- **Emisiones en Caliente:** Se producen cuando el motor del vehículo ya se encuentra en su funcionamiento normal, donde suele alcanzar una temperatura de unos 70 °C.

1.3.1.2. Emisiones Evaporativas

Su origen es resultado de la evaporación o fuga del combustible en la cámara de depósito, estas ocurren únicamente en vehículos a gasolina y deriva en la emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles. Su clasificación es la siguiente (Ferrer, 2012, p.27):

- **Emisiones Diurnas:** Son producto del aumento de la temperatura debido a la luz solar que causa la expansión del vapor de combustible del depósito, que, de no haber un sistema de control, escapará al ambiente.
- **Emisiones por Detención:** Ocurren cuando el vehículo es apagado y dentro del motor aún existe una temperatura elevada, es en estas condiciones que el combustible es parcialmente quemado, pudiendo distinguirse las emisiones por detención en caliente (Hot Soak Emissions) y por detención templada (Warm Soak Emissions).
- **Emisiones por Recorrido:** Son producto del funcionamiento del vehículo debido a la generación de vapores al interior del depósito de combustible. Estas poseen la misma clasificación que las emisiones por detención.

1.3.1.3. Emisiones por Desgaste

Estas son el resultado del desgaste de los neumáticos al recorrer las carreteras, además de incluir al uso de los frenos y la abrasión del pavimento debido a la fricción (Ferrer, 2012, p.30).

1.3.2. Principales Contaminantes Emitidos a la Atmósfera

El parque automotor es uno de los principales responsables de las elevadas concentraciones de compuestos contaminantes y tóxicos como lo son los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros, los cuales se producen debido a la mala calidad de los combustibles, generando así una combustión incompleta, ya que, de ser completa, solo se generaría nitrógeno, dióxido de carbono, vapor de agua y oxígeno (González, 2018, p.4).

Los principales compuestos contaminantes resultantes de los procesos de transporte vehicular se detallan:

- **Monóxido de Carbono (CO):** Este es un gas inodoro y no posee color, el cual se produce en situaciones de déficit de oxígeno, por lo que no se da la combustión completa del combustible a dióxido de carbono, es decir en relaciones aire-combustible ricas. Al relacionarlo con el valor lambda se tiene que, si existe un excedente de combustible, el contenido de CO aumenta a la par que el valor de lambda disminuye de manera lineal; en contraparte, si lo que existe es un excedente de aire, el contenido de CO será bajo e independiente del valor lambda (Sarkan et al., 2017, p.776).

Es el compuesto más emitido después del CO₂ y se estima que cerca del 90% de todo el CO emitido por actividades humanas es resultado de los procesos de combustión por el parque automotor. En cuanto a sus efectos a la salud, se lo considera peligroso debido a que posee una alta afinidad por la hemoglobina, reduciendo la capacidad de la misma de transportar el oxígeno al organismo (Subramani, 2012, p.1756).

- **Dióxido de Carbono (CO₂):** Normalmente este compuesto no es considerado como un contaminante atmosférico, además de que es de vital importancia para el desarrollo de la vida vegetal. En cuanto a la actividad humana se refiere, el CO₂ proviene de los procesos de combustión de combustibles fósiles o carbón (Subramani, 2012, p.1756).

En cuanto a su relación en el transporte, este es un producto no tóxico de la combustión dentro de los motores, el principal problema con este compuesto es que debido al incremento de su concentración en la atmósfera se ha vuelto uno de los principales responsables del denominado efecto invernadero. Conocer las emisiones de CO₂ permite también determinar el estado del motor de un vehículo debido a que valores bajos de CO₂, así como de CO e hidrocarburos, podrían deberse a fugas del sistema de escape (Sarkan et al., 2017, p.776).

- **Óxidos de Nitrógeno (NO_x):** El nombre “Óxidos de Nitrógeno” se refiere a un grupo de compuestos que cuentan con el Nitrógeno en su estructura y son conocidos en conjunto como NO_x (Torres, 2020, p.18). Los NO_x resultantes del parque automotor no son peligrosos para la salud, el problema surge cuando estos se oxidan en la atmósfera, formando Dióxido de Nitrógeno (NO₂) el cual sí es un compuesto altamente tóxico, capaz de afectar a la vías respiratorias (Torrez y Aruquipa, 2017, p.9).

En cuanto a la relación que guardan los NO_x con el factor lambda, se tiene que esta es opuesta a la que tenía con el CO, por lo que si existe una alta cantidad de oxígeno los valores de lambda y NO_x decrecerán, mientras que si existe excedente de combustible ambos valores aumentarán (Sarkan et al., 2017, p.776).

Finalmente, estos compuestos participan en fenómenos ambientales como la lluvia ácida y la generación del smog al reaccionar con la luz solar, lo que causa problemas de reducción de la visibilidad (Subramani, 2012, p.1756).

- **Óxidos de Azufre (SO_x):** Este grupo comprende a 2 compuestos: el Trióxido de Azufre (SO_3) y al Dióxido de Azufre (SO_2) (Echarri, 2007, p.3), siendo este último peligroso en temas de la salud, causando diversas complicaciones respiratorias e irritaciones. La emisión de estos compuestos a través de los tubos de escape no es muy elevada, además de que depende exclusivamente de la cantidad de azufre presente en los combustibles (Ccaccya, 2019, p.27).

En cuanto al daño hacia el medio ambiente, se tiene que cuando los SO_x reaccionan con la luz solar llegan a formar partículas secundarias como el ácido sulfúrico, el cual es responsable de la lluvia ácida que produce daños a la vegetación, a los suelos, a los cuerpos de agua y edificaciones (Hilario, 2017, p.32).

- **Material Particulado (PM):** Son aquellas partículas con un diámetro de entre 5 y 10 micrómetros, las cuales poseen composición variada, son básicamente partículas líquidas y sólidas que permanecen suspendidas en el aire. Estas pueden generarse en procesos de combustión incompleta, incluso en motores a diésel. Pueden tener graves efectos en la salud, principalmente afectando al sistema respiratorio y cardiovascular (González, 2018, p.8).
- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs):** En este grupo se tiene a todos aquellos compuestos que posean en su estructura al Carbono, donde se tiene al metano (CH_4), los clorofluoro-carbonos (CFC) y otros hidrocarburos (Echarri, 2007, p.5). Entre sus principales efectos se tiene que a nivel ambiental son causantes del smog fotoquímico debido a que son precursores del ozono troposférico. Además, producen diversos efectos en la salud humana como complicaciones en el sistema nervioso central, así como problemas en el sistema respiratorio, renal y hepático si existe una exposición prolongada (Riveros, 2017, pp.9-10).

1.4. Factores que influyen en la emisión de contaminantes

1.4.1. Combustibles

De forma general, los principales combustibles utilizados para el transporte son los siguientes:

- **Diésel:** Es también conocido como “gasoil”, es un producto derivado de petróleo que se compone básicamente de parafinas, se usa comúnmente para el funcionamiento de vehículos con motor a diésel y en calefacción. En cuanto a emisiones se refiere, la cantidad de estas

están definidas por su contenido de azufre y el denominado “número de centenos”, el cual hace referencia a la calidad de ignición de este combustible (Aimacaña, 2017, p.16).

- **Gasolina:** Mezcla de diversos compuestos volátiles obtenidos a partir del refinamiento del petróleo crudo, su calidad se basa en un parámetro denominado “octanaje”, el cual mide su capacidad para quemarse sin resultar en la detonación dentro del motor (Pérez, 2018, p.24).
- **Otros combustibles:** Estos se han presentado como nuevas opciones al uso de los combustibles fósiles, dentro de este grupo se tiene a biocombustibles como el biogás, etanol y biodiesel (Fletes, 2016, p.22).

Ecuador cuenta desde 1975 con ciertos complejos capaces de realizar los procesos de refinación y obtener combustibles, mismos que se enlistan (Cabezas y Vélez, 2020, pp.37-47):

- **Gasolina Súper:** Tiene su producción en la refinería ubicada en Esmeraldas, este producto es utilizado para vehículos actuales de gama baja y media que cuenten con mejores mecanismos de combustión, su octanaje es de 92 octanos en la actualidad.
- **Gasolina Extra:** Proviene de la refinería de Esmeraldas, posee menos octanaje (85 octanos) que la opción anterior, es utilizada en vehículos de gama media o baja no tan actuales.
- **Gasolina Eco País:** Su comercialización empezó en el año 2010, tiene producción en la refinería de Esmeraldas, surgió como el reemplazo de la gasolina Extra debido a que se compone básicamente de gasolina Extra y etanol, por lo que disminuye su emisión de compuestos aromáticos. Posee un octanaje de 85 octanos, se plantea también que en un futuro esta desplace al Diésel como el segundo más utilizado en el país.
- **Diésel:** Esta es una opción para vehículos pesados y maquinarias, los cuales se encargan del transporte en masas o industria, este puede ser comercializado como Premium (Gasóleo A), siendo hasta 12 veces menos contaminante que el tradicional, teniendo una opción más renovable con el biodiésel.
- **Gas Licuado de Petróleo:** Es la combinación de diferentes gases que pertenecen al gas natural con una serie de disueltos de petróleo, es utilizado en ciertas actividades de transporte, principalmente en taxis. Suele ser considerado como alternativa a la gasolina.

1.4.2. Sistemas de Inyección de Combustible

Uno de los componentes más importantes para el funcionamiento de un vehículo es la mezcla aire-combustible; para que esta mezcla sea la adecuada y pueda ingresar al motor para ser aprovechada, en un inicio, se ocupaba al Carburador, pero a partir de los años 90 este ha sido reemplazado por los sistemas de inyección, ya que evitan que se den mezclas demasiado ricas o pobres que deriven en problemas de contaminación, además de que estos nuevos sistemas cumplen con las nuevas normativas medio ambientales (Armas y Vallejo, 2013, p.21).

Los sistemas de inyección han ido evolucionando con el tiempo, en un principio estos eran de

acción mecánica, posteriormente fueron electromecánicos y finalmente sistemas completamente electrónicos, es decir, la inyección se realiza por un dispositivo automatizado (inyector) que suministra cantidad exacta de combustible que necesita cada cilindro, lo que permite que se aproveche de mejor manera el combustible y se reduzcan la emisiones contaminantes (Armas y Vallejo, 2013, p.64).

Los sistemas de inyección tienen distintos grados de clasificación, siendo una de las primeras:

- **Inyección Directa:** En los vehículos con este sistema, el combustible se suministra de forma directa en la cámara de combustión para posteriormente mezclarse con el aire, este sistema es el mismo para motores a gasolina o diésel (Gago, 2017, pp.13-14).
- **Inyección Indirecta:** En este caso, el combustible debe pasar por una sección antes de entrar a la cámara de combustión; para los motores a gasolina se pasa primero por el colector de admisión (Armas y Vallejo, 2013, p.68), mientras en el motor a diésel debe pasar a una cámara que puede ser de dos tipos: de turbulencia o precombustión (Rizzo, 2018, p.9).

En el caso de los motores a gasolina se pueden encontrar clasificaciones más específicas a partir de la anterior, teniendo que se pueden dividir de acuerdo al número de inyectores del sistema como se observa a continuación:

- **Inyección Multipunto:** Estos son los sistemas más utilizados en la actualidad, cuentan con dosificaciones más precisas de aire-combustible y funcionan con un inyector por cilindro, los cuales se encuentran junto a la válvula de admisión (Gallego, 2012, p.20).
- **Inyección Monopunto:** A principios de los 90, se buscaba eliminar a los sistemas de carburación debido al surgimiento de nuevas normas ambientales, pero el implementar un sistema multipunto llegaba a tener costos muy elevados, es por dichos motivos que surgió el Sistema Monopunto, cuya función es inyectar combustible de manera intermitente a medida que ingresa el aire, cuentan con un único inyector y presentan una estructura similar a los carburadores convencionales (Pillco et al., 2012, p.58).

1.4.3. Dispositivos destinados al control de emisiones vehiculares

Con el objetivo de disminuir la contaminación atmosférica ocasionada por los vehículos, se han desarrollado distintas tecnologías que modifican el diseño base del motor y el sistema de mezcla en la cámara de combustión, así como diversos sistemas para el tratamiento de las emisiones del tubo de escape con el fin de disminuir la concentración de los gases contaminantes (Querol, 2018, p.82). Así, se tienen dispositivos como:

- **Sistema *common rail*:** Eleva la precisión de la inyección del combustible en los motores a diésel respecto a la presión ejercida, contribuyendo a reducir la producción de material particulado (Querol, 2018, p.82).

- **Sistema de recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation – EGR):** Permite reducir las emisiones de NOx debido a que disminuye la temperatura del proceso de combustión en motores a gasolina y diésel (Querol, 2018, p.82).

Para dicho propósito, este sistema reduce la cantidad de aire que ingresa al motor con el fin de sustituir parte del aire externo por gases residuales provenientes del tubo de escape; con ello, disminuye el flujo másico de aire y al realizarse la combustión, la temperatura es más baja y así se genera menor cantidad de NOx (Tanicuchi, 2020, p.13).

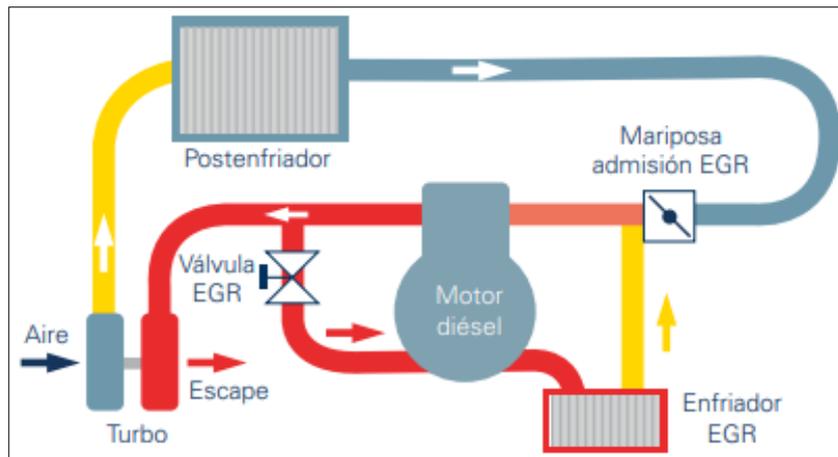
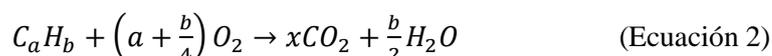


Figura 1-1. Sistema de recirculación de gases (EGR) en motor a diésel.

Fuente: (Querol, 2018, p.82).

- **Catalizador:** Es un dispositivo que permite convertir los contaminantes como el CO, hidrocarburos y óxidos de nitrógeno provenientes del tubo de escape en componentes menos nocivos como el vapor de agua, N₂ y CO₂, a través de reacciones químicas de reducción y oxidación (Mena, 2020, p.10). Este dispositivo se instala en el tubo de escape y consta de diversas aleaciones con soluciones de metales preciosos, mientras que otros poseen en su estructura Paladio (Pd), Rodio (Rh) y Platino (Pt). Los catalizadores de dos vías o de oxidación están constituidos por platino y paladio; por otro lado, los catalizadores de tres vías o de reducción contiene los tres elementos (Rojas et al., 2020, p.24).

Las reacciones químicas que se dan en un catalizador de reducción son (Rojas et al., 2020, p.24):



Para un catalizador de oxidación se tiene (Rojas et al., 2020, p.24):



- **Válvula de Ventilación Positiva del Cáster:** En inglés Positive Crankcase Ventilation (PCV), se ubica en el cárter del motor y su función es recircular los gases tóxicos hacia la cámara de combustión para ser quemados e impedir su salida directa a la atmósfera (Loaiza, 2016, p.14).

Existen dos formas de ventilación, siendo abierta o cerrada. El sistema abierto consiste en un tubo ubicado en la tapa de balancines que conecta el motor con el aire externo, donde los vapores son expulsados a la atmósfera. Mientras que el sistema cerrado captura los gases tóxicos, mismos que se llevan mediante un tubo nuevamente a la cámara de combustión. Este último es el más utilizado en casi todos los vehículos y se implementó desde los años 60 (Tanicuchi, 2020, p.11).

Por otra parte, durante los últimos años del siglo XX se empezaron a visualizar los efectos del uso de combustibles fósiles sobre el medio ambiente, así es como surge la normativa europea para el control de emisiones generadas por los vehículos, estableciendo los límites permisibles de los contaminantes. La primera norma (EURO I) apareció en 1992 y a partir de ella, fueron incrementando su rigor con el paso de los años (Redondo, 2015, p.8).

Las normas euro controlan las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y material particulado mediante pruebas realizadas en el motor del vehículo bajo varios regímenes del ciclo de conducción europeo (bajo, medio, alto y muy alto). Para cumplir las normativas, se han propuesto soluciones activas (evitan la formación de gases contaminantes) y pasivas (postratamiento). Las estrategias activas son las más trascendentales y consisten en modificaciones del sistema de inyección (incremento de la presión, disminución del diámetro de los orificios de los inyectores, inyección posterior) y sistemas de recirculación de gases del tubo de escape (Redondo, 2015, pp.10-11).

1.4.4. Ciclo de conducción

Un ciclo de conducción es una representación gráfica de los datos de velocidad de un vehículo con respecto al tiempo durante un recorrido. Se utiliza para evaluar la variación de las emisiones y el combustible consumido por el vehículo, siendo un método de estandarización dentro de una zona de estudio (Quinchimbla y Solís, 2017, p.1).

Existen dos tipos de ciclos de conducción, los estacionarios o modales y los transitorios.

Los ciclos de conducción estacionarios contienen secciones de velocidad y aceleración que se mantienen constantes dentro de su gráfica de velocidad vs. tiempo (Astudillo, 2016, p.15). Tanto la velocidad como aceleración establecidas en forma lineal hacen que este ciclo no represente la realidad del comportamiento del conductor en la vía (Quinchimbla y Solís, 2017, p.1).

Mientras que los ciclos de conducción transitorios poseen un perfil de velocidad que varía en cada segundo del tiempo total de un recorrido, lo cual permite que se acerque más a la realidad del estilo de conducción (Astudillo, 2016, p.16).

Por otra parte, de acuerdo a los ciclos de conducción se puede determinar si un vehículo es operado de forma agresiva o pasiva. El estilo es agresivo cuando existen arranques muy bruscos y se exceden ocasionalmente los límites de velocidad permitidos en el área de interés. El estilo es pasivo cuando la velocidad permanece debajo de los límites permitidos y el conductor evita forzar el motor mediante una conducción más lenta, tratando de mantener una velocidad constante (Narváez y Ordoñez, 2019, p.23).

1.5. Inventario de Emisiones Atmosféricas

Un inventario de emisiones hace referencia a un instrumento que permite conocer el estado de la calidad del aire a través de la cuantificación de determinados contaminantes de cualquier fuente (puntual, de área, móvil), en una zona determinada en un tiempo específico. La implementación de estas herramientas permite un mejor estudio del aire por parte de las autoridades con el fin del desarrollo de mejores estrategias para la proyección y control de la contaminación atmosférica (Dávila, 2015, p.23).

En el caso de un inventario de emisiones por fuentes móviles, el objetivo es obtener la cantidad de cada tipo de contaminante clasificado por categoría vehicular. Para la obtención de dicho valor se requieren de dos variables: el factor de emisión y el KVR (el cual es la relación de la actividad vehicular con el número de vehículos). La ecuación 8 es utilizada para obtener la emisión de un contaminante determinado para una categoría vehicular específica (Quiñones, 2012, p.17):

$$E_{ji} = F_{ej} * F_{ai} * N_{vi} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde,

- E_j se refiere a la emisión total del contaminante j para la categoría i.
- F_{ej} se refiere al factor de emisión en g/km del contaminante j.
- F_{ai} es el factor de actividad (km recorridos) de la categoría i.
- N_{vi} se refiere al número de vehículos de la categoría i.

1.5.1. Factor de Emisión

Se denomina factor de emisión a la cantidad de un contaminante determinado emitido en relación a una variable de actividad vehicular, siendo en la mayoría de casos de inventarios vehiculares los kilómetros recorridos en promedio. Este valor se presenta como una unidad de masa por unidad de distancia, siendo frecuentemente g/km. Para la obtención de esta variable se pueden usar las siguientes metodologías (Urbina, 2016, p.16):

- **Métodos Directos:** Estos tienen costos elevados, pero permiten realizar mediciones a bordo del vehículo, tomando datos cuando este se encuentra funcionando a tiempo real.
- **Métodos Indirectos:** Se basan en el uso de programas, los cuales hacen uso de información obtenida anteriormente a través de métodos directos, y permiten ajustarlas a las condiciones de nuevas zonas de estudio.

1.5.2. Kilómetros Vehículo Recorridos (KVR)

El KVR como su nombre indica es un promedio diario, semanal, mensual o anual del kilometraje promedio que recorre una determinada flota vehicular dentro de los límites de la zona de estudio. Este indicador es muy importante para estudios de tráfico y tiene repercusiones en temas ambientales, es por dicha razón que desde hace muchos años lleva establecido en países como Canadá, EE.UU y ciertas zonas de Europa (Sarango y Moncayo, 2016, p.1).

Dentro de las actividades en las que se utiliza a este parámetro se tiene conocer la densidad y volumen de tráfico con la finalidad de proyectar y prevenir accidentes en las vías, así como generar datos respecto al uso de energías. En temas ambientales, el KVR permite estimar los contaminantes emitidos por el parque automotor debido a que, en conjunto con los factores de emisión, son las bases de cualquier modelo de emisiones vehiculares (Góngora, 2012, p.9).

Existen distintos métodos para determinar el valor del KVR de una región, los cuales se dividen de acuerdo a si hacen uso o no de mediciones del tráfico, teniendo así la figura 2-1.

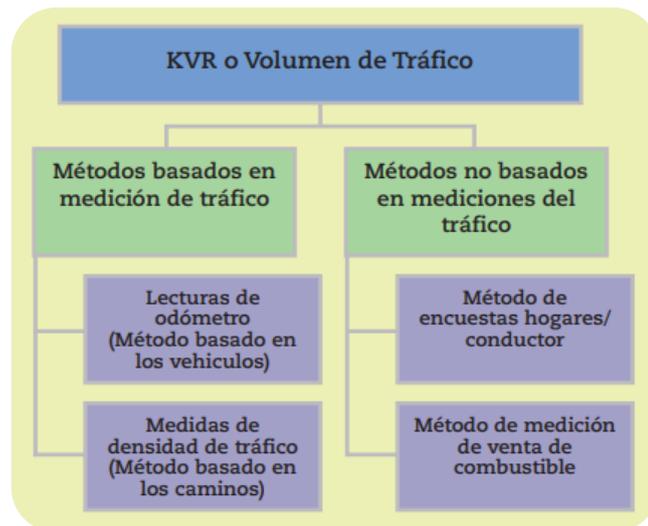


Figura 2-1. Metodologías de cálculo para el KVR.

Fuente: (Góngora, 2012, p.13).

Cada uno de los métodos es diferente en cuanto a la información utilizada para estimar el kilometraje promedio de los vehículos, teniendo la siguiente metodología para cada uno de ellos (Cadengo et al., 2018, p.6-7):

- **Basado en la Densidad de Tráfico:** Hace uso del número de vehículos que pasan por cierta sección de vía y lo multiplica por la longitud de dicha sección para luego extrapolarla al resto de vías de la misma categoría, el resultado de este método ha sido bastante fiable.
- **Basado en la Lectura de Odómetros:** Se basa en recolectar información del kilometraje de una flota específica a través del registro de sus odómetros. Posee una buena exactitud, aunque en desventaja no se toman en cuenta a la geografía de la zona.
- **Basado en Encuestas:** Este método hace uso de la estadística a través de una campaña de encuesta a la población sobre los kilómetros que recorren en un tiempo determinado, este método posee un costo elevado, además de presentar posibles inconsistencias en las respuestas.
- **Basado en Ventas de Combustible:** Este método es adecuado si se cuenta con datos referentes al combustible vendido en la zona de estudio, ya que partiendo de dicho dato es posible obtener un estimado del kilometraje promedio de la flota si se determina también la eficiencia de consumo de los vehículos.

1.6. Modelos de Emisión

Los modelos de emisión son herramientas computacionales que permiten obtener el valor de los factores de emisión o, a su vez, la emisión total de un contaminante; estos requieren de ciertos datos de entrada referentes a las características de la zona de estudio, actividad de la flota

vehicular y tamaño del parque automotor. Los resultados obtenidos pueden expresarse en varias unidades de tiempo, además de que pueden estar en función de todo el parque automotor o bien ser específicos para cada modelo o año. A continuación, se presentan los modelos más utilizados a nivel mundial (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012, p.53):

- Modelo Mobile.
- Modelo Moves.
- Modelo Copert.
- Modelo IVE.

La diferencia en la operación de dichos modelos radica en la manera en la que caracterizan al parque automotor y la actividad del mismo. En cuanto a confiabilidad, los 3 últimos modelos obtienen inventarios más fiables que los desarrollados a través del Modelo Mobile, aunque todo depende de la calidad de la información de entrada (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012, p71).

1.6.1. Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE)

Desarrollado por la Universidad de California, el Centro de Investigación en Sistemas Globales Sustentables, el Centro Internacional de Investigación en Sistemas Sustentables y el Colegio de Ingeniería del Centro para la Investigación Ambiental y Tecnología, gracias a los fondos dados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Se encuentra disponible en varios idiomas como español, inglés, ruso y francés (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012, p.63).

Ha sido creado para la estimación de emisiones atmosféricas de los vehículos y diseñado para su uso dentro de países en vías de desarrollo. Para su ejecución, requiere de dos archivos base: el primero describe la tecnología de la flota vehicular y el segundo indica la actividad vehicular (patrones de conducción); además, requiere información acerca de las condiciones climáticas de la zona de estudio y las características del combustible (ISSRC, 2008, pp.1-6).

Para estimar las emisiones, el modelo IVE toma como base los factores de emisión de acuerdo a distintas categorías vehiculares, la actividad vehicular respectiva y la distribución de la flota vehicular, como se observa en la figura 3-1 (ISSRC, 2008, p.9):

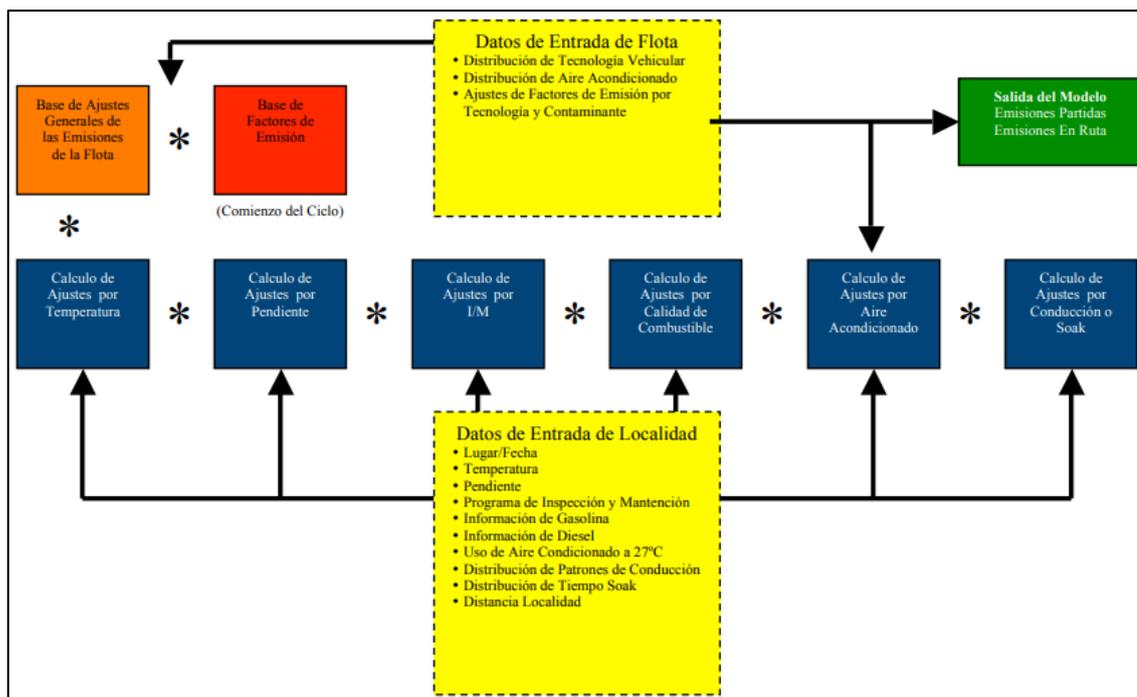


Figura 3-1. Funcionamiento del Modelo IVE.

Fuente: (ISSRC, 2008, p.9).

El modelo requiere de diversos datos de entrada, los cuales se presentan en la tabla 1-1:

Tabla 1-1. Información de entrada requerida por el modelo IVE.

Características del combustible	Información meteorológica	Información de vehículos	Información geográfica
Tipo de combustible (gasolina / diésel). Contenido de plomo, benceno, azufre, oxigenados en la gasolina. Contenido de azufre en el diésel.	Temperatura ambiente. Humedad relativa.	Tasa de empleo del aire acondicionado. Número de partidas al día y por categoría vehicular. Distancia total recorrida (KVR por categoría vehicular). Tecnologías de control de emisiones. Distribución de la Potencia Específica (bins de potencia). Velocidad promedio.	Altitud promedio. Pendiente de la zona.

Fuente: (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012, p.67); (Aguilar, 2016, p.42).

Elaborado por: Gaibor, Green, 2021.

El modelo IVE calcula las emisiones mediante la multiplicación entre los factores de emisión, los factores de corrección y la distancia que recorre cada vehículo para cada una de las categorías vehiculares (ISSRC, 2008, p.10). Los factores de corrección incluyen variables como la

humedad, temperatura, altitud, calidad y tipo de combustible, patrones de conducción, tecnologías de control de emisiones en los vehículos, entre otras; permitiendo que este modelo sea aplicable para ciudades muy distintas entre sí (Herrera, 2007, p.38).

Además, este modelo permite calcular dos tipos de emisiones: en ruta y por partida, las cuales se obtienen al implementar las ecuaciones 9, 10 y 11 (Aguilar, 2016, p.43):

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{(Alt)[t]} * K_{(Im)[t]} * K_{(Fuel)[t]} * K_{(Cntry)[t]} * K_{[dt]} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$Q_{en\ partida} = \sum_t \{ F_{[t]} * Q_{[t]} * \sum_d [F_{[dt]} * K_{[dt]}] \} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$Q_{en\ ruta} = U_{FTP} * D / U_C * \sum_t \{ f_{[t]} * Q_{[t]} * \sum_d [f_{[dt]} * K_{[dt]}] \} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

$B_{[t]}$: Base del factor de emisión en ruta (g/km).

$F_{[t]}$: Fracción de viaje para una tecnología específica.

$Q_{[t]}$: Factor de emisión para cada tecnología (g/km).

$F_{[dt]}$: Fracción de tiempo por tipo de conducción o Tiempo SOAK.

U_{FTP} : Velocidad promedio en kph (constante del ciclo de conducción LA4).

U_C : Velocidad promedio específico para la zona de estudio (kph).

D : Distancia recorrida (km).

Los factores de corrección se observan en la tabla 2-1:

Tabla 2-1. Factores de corrección utilizados en el modelo IVE.

Variables locales	Variables para calidad de combustible ($K_{(Fuel)[t]}$)	Variables para potencia y patrón de conducción ($K_{[dt]}$)
Altitud ($K_{(Alt)[t]}$)	Gasolina total	Potencia Específica del Vehículo (VSP)
Tecnologías de control de emisiones ($K_{(Im)[t]}$)	Gasolina con porcentaje de azufre	Uso de aire acondicionado
Temperatura	Gasolina con porcentaje de plomo	Partidas en frío
	Diésel total	
	Diésel con porcentaje de azufre	

Fuente: (Quinde, 2019, p.5); (Aguilar, 2016, p.43).

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Cada uno de los aspectos que intervienen en la obtención de las emisiones del parque automotor se describirán en las siguientes secciones.

1.6.1.1. Patrones de conducción

Estos indican la forma de conducir dentro de una localidad en base a la velocidad, la aceleración y la pendiente del terreno, siendo un factor clave para la estimación de las emisiones vehiculares (Quinchimbla y Solís, 2017, p.1).

Con dichos patrones se puede establecer el estrés del motor en el vehículo que se representa en términos de bins, mismos que están asociados a la potencia del motor. Los bins se numeran del 0 al 59, de los cuales del 1 al 11 muestran una potencia negativa (disminución de la velocidad), el 12 muestran una potencia baja o nula (vehículo sin movimiento) y los mayores a 13 muestran aceleración en el vehículo o velocidad constante (Gonzalez, 2017, p.33).

El estrés del motor afecta directamente a la calidad/cantidad de emisiones presentes en el tubo de escape, tal como se muestra en la figura 4-1.

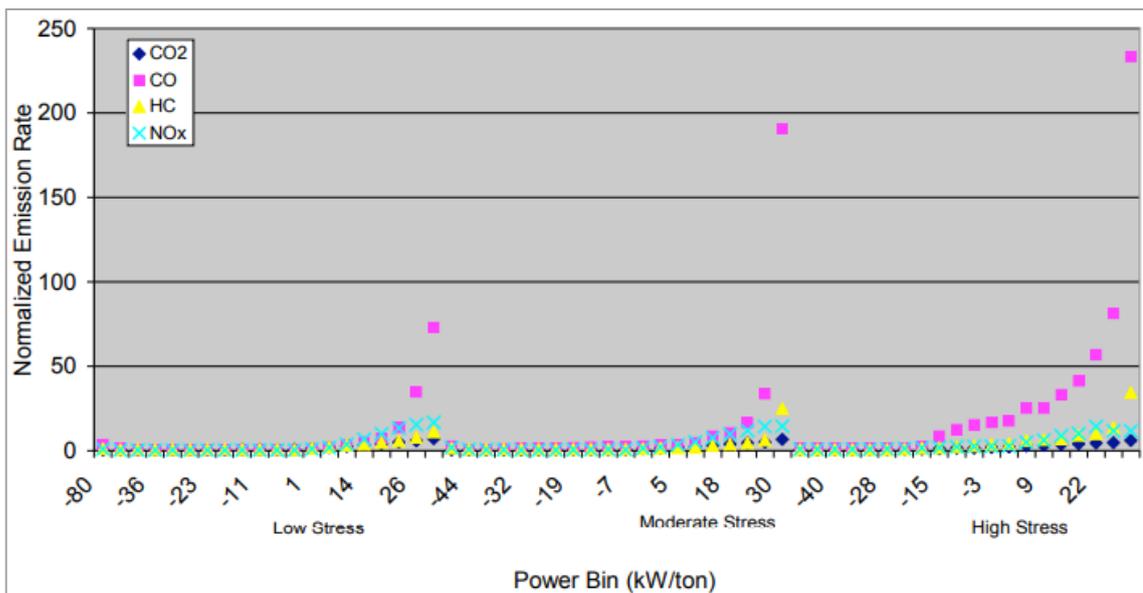


Figura 4-1. Influencia del estrés del motor sobre las emisiones vehiculares.

Fuente: (ISSRC, 2008, p.19).

Los patrones de conducción se caracterizan en base a dos parámetros: la potencia específica vehicular (VSP, por sus siglas en inglés) y el estrés del motor. Estos se obtienen conociendo la velocidad del vehículo segundo a segundo y su tipo o categoría. La información se recolecta al colocar Dispositivos de Posicionamiento Global Satelital (GPS) en distintos vehículos que pueden clasificarse de acuerdo al criterio del investigador (por categoría, por vía, por nivel de tráfico, entre otros) (ISSRC, 2008, pp.18-19).

La velocidad es convertida a VSP y estrés del motor a través de un software, obteniéndose así la fracción de tiempo que el vehículo recorre dentro de cada tipo de VSP y estrés de motor. Existen 20 tipos de VSP y 3 categorías de estrés. Todas las fracciones deben sumar 1 (o 100%) (ISSRC, 2008, p.20).

La potencia específica vehicular (VSP) hace referencia a la potencia que requiere el motor para movilizar una unidad de masa del objeto, se expresa en kW/ton. Su cálculo se enfoca en las fuerzas de oposición a las que se enfrenta un vehículo durante su movimiento como la gravedad debida a la pendiente, aceleración, resistencia de los neumáticos, y otras (Aguilar, 2016, p.47).

Su fórmula se observa en la ecuación 12 (Aguilar, 2016, p.47):

$$VSP = v \left[1,1a + 9,81 \left(\text{atan}(\text{sen}(\text{pendiente})) \right) + 0,132 \right] + 0,000302v^3 \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

- v es la velocidad (m/s).
- pendiente es equivalente a $(h_{t=0} - h_{t=-1})/v_{(t=-1 \text{ a } 0 \text{ segundos})}$.
- a es la aceleración (m/s^2).
- h es la altitud.

Por otra parte, el estrés del motor utiliza la potencia específica vehicular y las revoluciones por minuto (rpm) para establecer el funcionamiento del motor en los 20 segundos de su operación. Así, un estrés bajo se expresa como un tramo de conducción a baja velocidad y aceleraciones con RPM bajas, mientras que un estrés alto se genera en estilos de conducción a elevadas velocidades y aceleraciones con RPM altas (Aguilar, 2016, p.49):

El estrés del motor puede obtenerse al aplicar la ecuación 13:

$$ES = \text{índice RPM} + (0,08\text{ton/kW}) * \text{Potencia promedio} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Donde:

- *Índice RPM* es la velocidad dividida entre un factor de velocidad-potencia específica.
- *Potencia promedio* es igual a promedio ($VSP_{t=5 \text{ seg a } 25 \text{ seg}}$) en kW/ton.

1.6.1.2. Patrones de partidas

Al igual que los patrones de conducción, los tipos de partidas afectan a las emisiones vehiculares. Dentro del modelo, un arranque o partida en frío sucede cuando el motor está completamente frío debido a su reposo por más de 18 horas y genera mayor cantidad de emisiones debido a que el motor y el catalizador (si existe) requieren llegar a su temperatura óptima de funcionamiento. Por el contrario, una partida en caliente ocurre cuando el motor aún

está caliente al haberse apagado durante 5 minutos o menos antes de empezar a moverse nuevamente (ISSRC, 2008, p.21).

A raíz de estos conceptos surge el término SOAK que se define como el tiempo que transcurre desde que un motor se apaga hasta que vuelva a ponerse en marcha. El modelo IVE maneja 10 períodos de reposo del motor, siendo: 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 8 horas, 12 horas y 18 horas. Cabe destacar que mientras más amplio sea el tiempo SOAK, mayor cantidad de emisiones se generarán en el proceso de combustión antes de que el motor alcance su temperatura adecuada de operación (Ortiz y Ríos, 2019, p.38).

1.6.1.3. Parámetros ambientales

Como se mencionó anteriormente, el modelo IVE requiere realizar correcciones de las emisiones vehiculares en base a distintas variables propias de la zona de estudio como humedad relativa, temperatura ambiente y pendiente de la zona. Se debe tener en consideración que la pendiente, si es utilizada previamente en los cálculos de los patrones de conducción, ya no es incluida en la descripción del archivo de Localidad (ISSRC, 2008, p.22).

1.6.1.4. Características del combustible

Tanto la calidad como la composición del combustible tienen una incidencia importante sobre las emisiones vehiculares. El modelo requiere especificaciones solamente para gasolina y diésel, pero incorpora opciones de combustibles como etanol y metanol. Las variables a introducir en el modelo son la cantidad de azufre para diésel y gasolina, y el contenido de benceno, plomo y nivel de compuestos oxigenados para la gasolina (ISSRC, 2008, p.22).

1.7. Desagregación espacial y temporal

1.7.1. Desagregación espacial

La desagregación espacial de un inventario de emisiones permite representar la distribución de los compuestos emitidos por fuentes móviles, y así determinar las zonas que cuentan con altas concentraciones contaminantes. Esto se logra con la generación de una malla que subdivide a la zona de estudio, además del cálculo de la emisión de cada una de las celdas de la malla. Son ampliamente utilizadas para el estudio y creación de estrategias para el control y mitigación de emisiones (Gómez, 2017, p.17).

1.7.2. Desagregación temporal

La desagregación temporal es la representación del comportamiento de los compuestos en función del tiempo, es decir, permite conocer la concentración de un contaminante en un momento determinado, pudiendo ser anuales, semanales u horarios. Estos modelos tienen la desventaja de que suponen que la emisión se mantendrá constante durante el tiempo de estudio, lo cual no suele ocurrir en condiciones reales (Calla y Luján, 2017, p.328).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Descripción de la Zona de Estudio

La presente investigación tendrá lugar en Ecuador, en la provincia de Esmeraldas, en la ciudad de Esmeraldas y se basará en el estudio de las actividades de transporte rodado en las vías y carreteras de la zona.

Las coordenadas geográficas de la ciudad de Esmeraldas en el sistema UTM son:

- **Zona:** 17 N.
- **Longitud (X):** 649841.
- **Latitud (Y):** 10106784.
- **Altitud (Z):** 15 msnm.

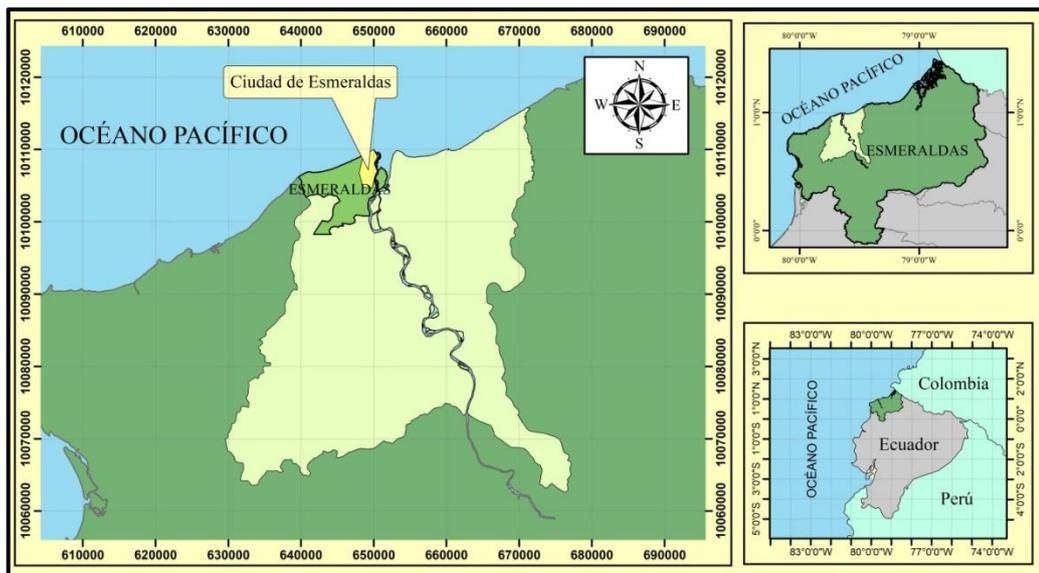


Figura 1-2. Ubicación de la zona de estudio.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

2.1.1. Características del combustible

El modelo IVE permite seleccionar si el vehículo emplea Diésel o Gasolina, los cuales son los principales combustibles utilizados en la zona de estudio, donde también serán necesarias las características del combustible seleccionado (Aguilar, 2016, p.51). Para determinar esto último dentro de la zona de estudio, se ocupará la memoria de sostenibilidad de Petroecuador del año 2018 y la Norma NTE INEN 935:2012 en su novena revisión, obteniendo la tabla 1-2:

Tabla 1-2. Características de la gasolina empleada en la ciudad de Esmeraldas.

Características para la Gasolina		
Azufre	280.16 ppm	Moderado
Plomo	-----	-----
Benceno	0.78 %	Moderado
Contenido de oxígeno	2.7 %	-----

Fuente: (PetroEcuador, 2018, p.12); (NTE INEN, 2016, p.4).

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Para las características del combustible diésel, se referencia la Memoria de Sostenibilidad de PetroEcuador del año 2018 (PetroEcuador, 2018, p.12), donde consta que posee una concentración de 120.66 ppm de azufre.

2.1.2. Temperatura y Humedad Relativa

La información meteorológica referente a Temperatura Media y Humedad Relativa para el año 2019 fue solicitada a la Dirección General de Aviación Civil, institución encargada de los datos de la estación meteorológica ubicada en el Aeropuerto General Carlos Concha Torres, cuyos datos se observan en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Temperatura media y humedad relativa en la ciudad de Esmeraldas en el año 2019.

TEMPERATURA DEL AIRE EN °C													
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Media	26.6	24.9	27	27.2	27.2	26.9	26.7	26.4	26.4	26.6	27	27.1	26.7
HUMEDAD RELATIVA EN %													
MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
Media	89	84	90	88	90	89	84	82	81	82	81	82	85

Fuente: Dirección General de Aviación Civil.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

2.2. Selección de Categorías Vehiculares

El modelo IVE contempla 7 categorías vehiculares si solo se toma en cuenta al tamaño de los vehículos, además de que calcula las emisiones para vehículos a gasolina y a diésel (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2012, p.64), es entonces que, para esta investigación, se tomarán en cuenta las emisiones para las siguientes categorías vehiculares:

- Automóvil liviano.
- Taxi.
- Moto.
- SUV- Jeep.

- Camioneta.
- Camión.
- Busetas.
- Buses.

Cada una de las categorías anteriores estarán incluidas dentro de otra que se basará en el tamaño y peso de los vehículos, con el fin de facilitar su manejo dentro del modelo IVE, teniendo entonces:

- Livianos.
- Medianos.
- Pesados.

2.3. Recolección de Datos de Entrada del Modelo IVE

2.3.1. Determinación del Estilo de Conducción

2.3.1.1. Vehículos a utilizar

Para la determinación del estilo de conducción se harán mediciones a bordo de un vehículo para cada una de las categorías mencionadas en la sección 2.2. En el caso del automóvil, taxi y SUV-Jeep la medición se realizó en una sola unidad, ya que los 3 poseen características similares, siendo englobados como vehículos particulares; además, el patrón de conducción de dichos vehículos es similar al verse afectados por las mismas condiciones de la zona, por ejemplo, el tipo de vía (Hilario, 2017, p.50). Las características de cada unidad se presentan en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2. Características de los vehículos a utilizar en los recorridos.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	FOTO
Vehículo particular	Modelo: TUCSON GL GAA 4X2 TM. Peso: 0.75 T. Cilindraje: 2,000 Kilometraje: 75,000 km Inyección Multipunto	

Camioneta	<p>Modelo: NEW HILUX 2.7 CD 4X2 TM.</p> <p>Peso: 0.95 T.</p> <p>Cilindraje: 2,694</p> <p>Kilometraje: 55,000 km</p> <p>Inyección Multipunto</p>	
Motocicleta	<p>Modelo: SUZUKI XF650.</p> <p>Peso: 0.25 T.</p> <p>Cilindraje: 650</p> <p>Kilometraje: 90,000 km</p> <p>Motor a 4 Tiempos</p>	
Camión	<p>Modelo: N720 4.5T AC 2.8 2P 4X2 TM DIESEL.</p> <p>Peso: 4.5 T.</p> <p>Cilindraje: 2,771</p> <p>Kilometraje: 120,000 km</p> <p>Inyección Directa</p>	
Bus	<p>Modelo: AK8JRSA 7.74 4X2 TM DIESEL.</p> <p>Peso: 10 T.</p> <p>Cilindraje: 7,684</p> <p>Kilometraje: 181,000 km</p> <p>Inyección Directa</p>	
Buseta	<p>Modelo: TQ 12PAS 2.5 TM DSL AC.</p> <p>Peso: 1.25 T.</p> <p>Cilindraje: 2,500</p> <p>Kilometraje: 81,000 km</p> <p>Inyección Directa</p>	

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

2.3.1.2. Selección de las rutas

El modelo IVE sugiere escoger 3 diferentes rutas dependiendo de los ingresos socioeconómicos de la población, teniendo así zonas de alto, bajo ingreso y una comercial. En caso de que el territorio de estudio no sea muy extenso o de no existir una división socioeconómica evidente, no se requerirá tal división y solo se determinará una ruta, la cual podrá ser la que es normalmente tomada por el dueño del vehículo en el que se realiza la medición, además de que

esta debe recorrer vías como autopista, calles secundarias y zonas residenciales (Romero, 2017, p.33).

Bajo el segundo criterio escogido para este caso, el recorrido establecido empezará en el sector “El Batallón” hasta el redondel del “Arenal”, pasando en un inicio por la autopista y después por todo el centro de la ciudad. La ruta mencionada se presenta en la figura 2-2.

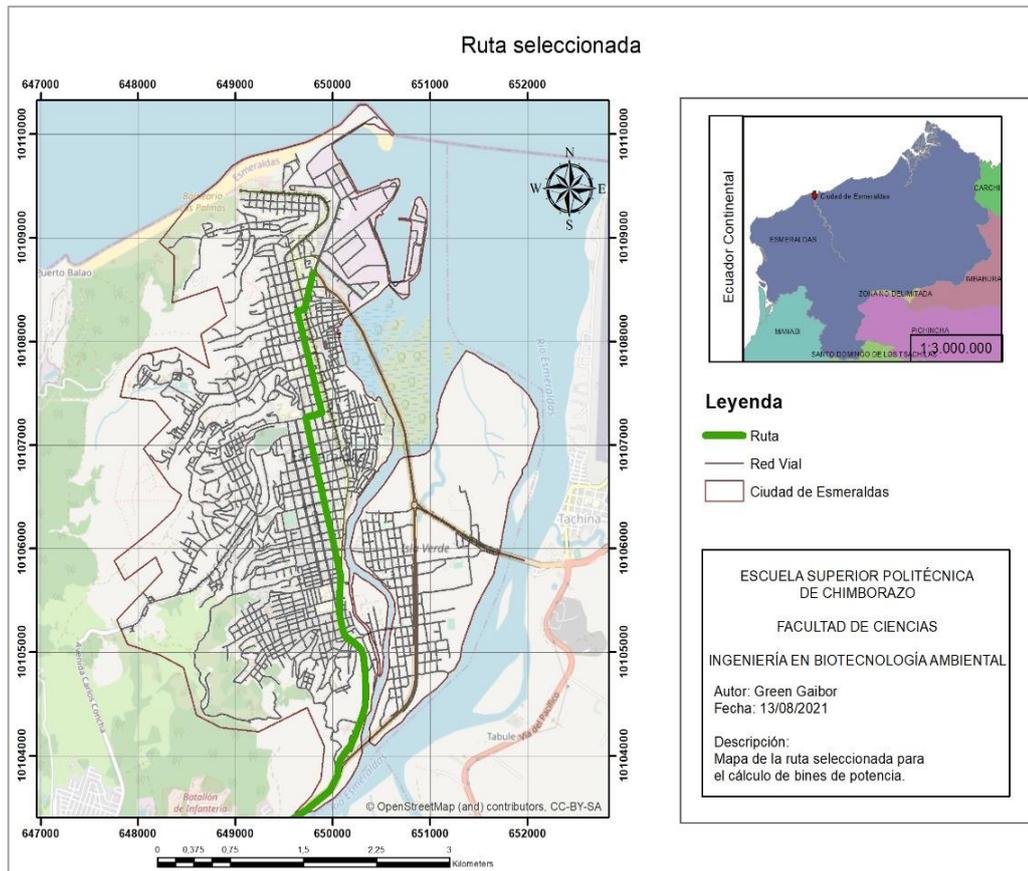


Figura 2-2. Ruta seleccionada para el recorrido.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

2.3.1.3. Selección del Instrumento

Para la toma de datos de posición, altitud, velocidad y tiempo necesarios para la obtención de los bins de potencia se hará uso de la herramienta GPS (Sistema de Posicionamiento Global) llamada “Speed View GPS”, la cual posee múltiples ventajas como ser una aplicación de móvil gratuita, además de permitir exportar los datos obtenidos en un formato Excel.

2.3.1.4. Obtención de Bines de Potencia

Para la obtención de los bins se requerirá de un software capaz de realizar todas las ecuaciones matemáticas antes mencionadas para el cálculo del estrés del motor y la potencia específica vehicular. El propio modelo IVE recomienda el uso del programa “Speed Emissions Evaluation”, el cual puede descargarse en la sección Extras de la página de descarga del IVE (Tello, 2019, p.24).

En primer lugar, se deberán revisar los datos obtenidos por la herramienta GPS con el fin de evitar datos anómalos producto de la pérdida de señal del dispositivo; posteriormente, se deberá ajustar los datos a un formato de entrada específico para el Speed Emissions Evaluation, donde la velocidad deberá estar en millas por hora, el tiempo se expresará en formato HH:MM:SS y la altura deberá estar en msnm (Romero, 2017, p.66-69). También se deberán ingresar datos como el inicio, fin y duración del arranque en frío del vehículo y lo mismo para el recorrido (Romero, 2017, pp.68-69).

El formato de entrada será un archivo de texto (.txt), el cual deberá ser ingresado a la carpeta Data del programa. Una vez iniciada la aplicación, se seleccionará el archivo deseado y se pulsará en el botón CALCULATE Sel. Una vez realizado dicho procedimiento se mostrará en la zona inferior los valores, que, al multiplicar por 100, corresponderán a cada uno de los 60 bins de potencia (Tello, 2019, p.24).

2.3.2. Aplicación de Encuestas

El modelo IVE requiere de la siguiente información para completar los parámetros requeridos en las ventanas de localidad y flota, la cual deberá ser determinada para cada categoría:

- Uso de combustible.
- Kilometraje del vehículo.
- Sistema de alimentación de combustible.
- Tecnologías de control de emisiones.
- Sistema de ventilación positiva.
- Patrones de partidas.
- Tiempo SOAK.
- Distancia y número de detenciones al día.
- Velocidad promedio.
- Uso de aire acondicionado.

Debido a que no se cuenta con información previa y conseguir los datos para todo el parque automotor requeriría mucho tiempo y tendría un costo elevado, se plantea realizar una campaña de encuestas, la cual se ejecutará de manera virtual, y presencial en el estacionamiento de

centros comerciales o zonas de bajo tráfico.

El tamaño de la muestra necesaria para las encuestas se obtendrá a partir de la ecuación 14 (Urgilés, 2017, p.73):

$$n = \frac{(N * z^2 * p * q)}{(N * E^2) + (z^2 * p * q)} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Siendo:

- **n**: Tamaño de la muestra.
- **N**: Tamaño de la población conocida.
- **z**: Nivel de confianza, para un margen de confianza del 95% es 1.96.
- **p**: Variabilidad positiva, si se desconoce se maximiza a 50% es decir 0.5.
- **q**: Variabilidad negativa, igual a (1-p).
- **E**: Precisión o error, en caso de aceptar un error del 5% será 0.05.

Para este proyecto, el tamaño de la población se tomará del número de vehículos matriculados en el cantón Esmeraldas para el año 2010 reportado en el Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire para diversos cantones del país, siendo este número de 30,000 unidades (Parra, 2014, p.36). Además, se plantea el uso de un muestreo estratificado, el cual permite dividir a la muestra en estratos, que serán en este caso las 8 categorías vehiculares seleccionadas anteriormente. El modelo de encuesta implementado se presentará en el Anexo A de este documento.

2.4. Ejecución del Modelo IVE

2.4.1. Composición de la Flota Vehicular

La flota vehicular contiene una lista de las tecnologías vehiculares obtenidas mediante las encuestas realizadas en campo. De acuerdo al Manual de Usuario de IVE, dichas tecnologías deben introducirse en el modelo bajo su propio formato, considerando el tamaño del vehículo, tipo de combustible, kilometraje del vehículo, sistema de introducción de combustible, control de emisiones evaporativas y sistemas de control de emisiones en el tubo de escape (ISSRC, 2008, p.33).

Las tecnologías vehiculares se definirán dentro del modelo IVE para cada categoría vehicular, creando múltiples archivos para la Flota. Luego, se calcula el porcentaje de presencia de cada tecnología vehicular dentro de su respectiva categoría.

2.4.2. Ingreso de características de la Localidad

En esta sección se creará un archivo Localidad para cada categoría vehicular. Aquí se colocará información referente a: el porcentaje de uso del aire acondicionado, la distancia diaria recorrida, el número de partidas, el tiempo SOAK y la velocidad promedio, los cuales serán tomados de las encuestas. Además de información relacionada a la altitud y los bins de potencia provenientes de las mediciones a bordo para cada categoría vehicular. Finalmente, será necesaria información bibliográfica como la temperatura ambiente (en °C) y la humedad relativa (en %) de la ciudad, y las características del combustible (gasolina y diésel) (ISSRC, 2008, pp.22-29).

2.4.3. Cálculo de emisiones vehiculares

Se ingresará, para cada categoría vehicular, el archivo de Localidad con su respectiva flota vehicular y se calcularán las emisiones atmosféricas para un día completo en kilogramos. Posteriormente se exportarán únicamente las emisiones producto de los contaminantes criterio y gases de efecto invernadero (CO, CO₂, COV, NO_x, SO_x y PM) de la muestra vehicular encuestada (ISSRC, 2008, pp.12-14).

2.5. Determinación del KVR de la zona

Para la determinación del KVR se usará una metodología basada en la densidad del tráfico, para lo cual es necesario realizar el cálculo del Promedio Anual de Tráfico Diario (AADT), mismo que se refiere a un promedio diario del número de vehículos que transitan por cierta sección de vía a lo largo del año (Sarango y Moncayo, 2016, p.9).

El valor anterior se obtendrá mediante el conteo de vehículos de una jornada desde las 7:00 a 18:00 durante una semana en distintos tipos de vía en varios puntos de la ciudad a través de cámaras cuya ubicación se presenta en la Tabla 4-2:

Tabla 4-2. Ubicación de cámaras para conteo vehicular.

Tipo de vía	Dirección	Duración
Vía Principal	Colón y Salinas	1 semana
Vía Secundaria	Sucre y 9 de Octubre	1 semana
Carretera de 2 carriles	Av. Pedro Vicente Maldonado y Palomino	1 semana
Autopista	Vía “Los Puentes”	1 semana
Vía Rural	Zona alta de “Barrio Chone”	1 semana

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Dichas ubicaciones se establecen de forma gráfica en la figura 3-2:

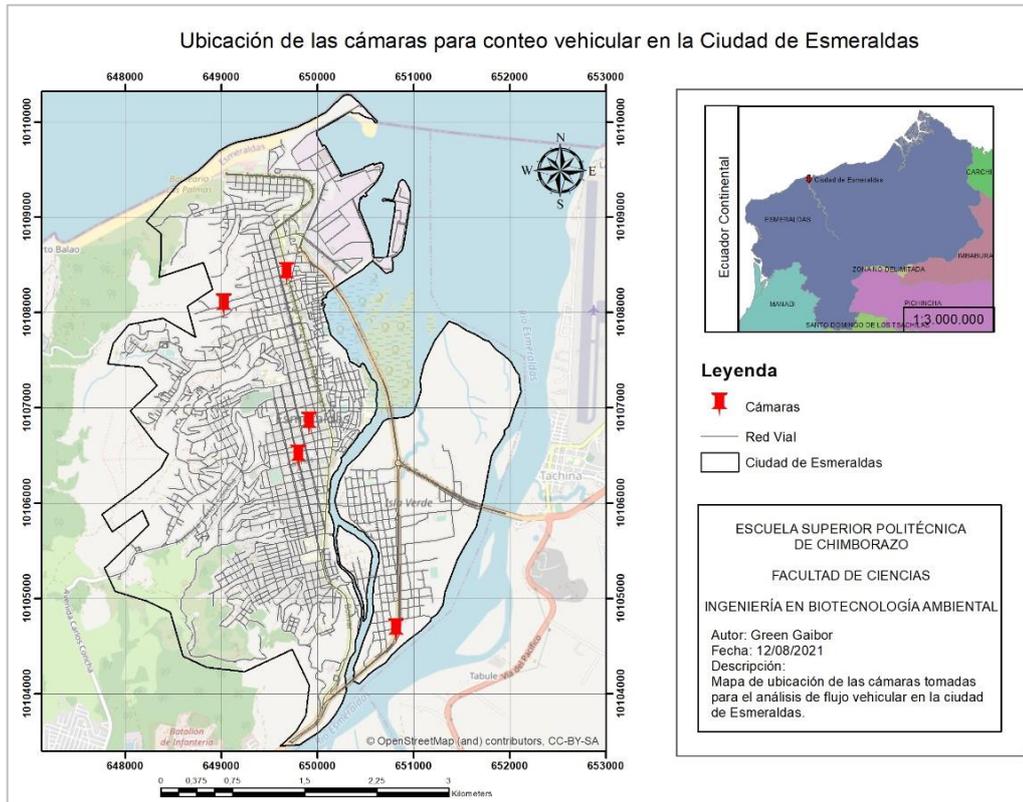


Figura 3-2. Ubicación de las cámaras para conteo vehicular.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Debido a la alta cantidad de vías secundarias en la ciudad, se utilizará la metodología propuesta por Carmona et al. (2015, p.64), donde plantea que el tránsito por vías secundarias no deberá ser mayor o igual al de las vías principales, por lo que se debe calcular un factor k que limite el conteo realizado en la vía secundaria con respecto a la vía principal usando la ecuación 15:

$$k = \frac{F_s * L_s}{F_p * L_p} \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Donde:

- **F_s** = Flujo por vía secundaria.
- **L_s** = Longitud de vía secundaria.
- **F_p** = Flujo de vía principal.
- **L_p** = Longitud de vía principal.

Una vez obtenido el flujo vehicular por las zonas mencionadas, se calculará el valor correspondiente al AADT para cada tipo de vía y posteriormente se procederá al cálculo del KVR de cada sección a través de la metodología propuesta por Kastlova en el año 2007 mediante la implementación de la ecuación 16 (Sarango y Moncayo, 2016 p.9):

$$KVR = \sum_{s=1}^n AADT_s * L_s \quad (\text{Ecuación 16})$$

Donde:

- **n** es el número total de tramos viales.
- **L_s** es la longitud de la sección real.
- **AAADT_s** es el número de vehículos al día que circulan por la sección real.

El número de tramos viales es un factor necesario, que transforma un KVR propio de una sección de vía a un KVR global para todas las vías, debido a que el usar esta clase de metodología permite asumir que todos los tramos que pertenecen a una misma categoría vial poseen el mismo AADT. Para lo cual se debe relacionar la longitud de la sección muestreada con la longitud total de las vías de dicha categoría (Radian International, 1997, p.84), lo cual se representa con la ecuación 17:

$$n = \frac{\text{Longitud de sección muestreada}}{\text{Longitud total de categoría}} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Finalmente, se multiplicará cada KVR de cada sección por su número de tramos, obteniendo el KVR de la categoría vial, y al sumar estos últimos, se obtendrá el KVR para toda la zona de estudio.

2.6. Desagregación Espacial y Temporal

La desagregación espacial y temporal es indispensable para interpretar la distribución de las emisiones atmosféricas en la zona de estudio, pudiendo realizarse por categoría vehicular, por clase de contaminante, por las características de la población (social y/o económica), etc. Para ello, se utilizarán herramientas de geoprocetamiento y estadísticas (Dávila, 2015, p.25).

2.6.1. Mapa de vías de la ciudad de Esmeraldas

Actualmente las autoridades no han desarrollado un archivo con formato shape donde conste la capa de vías de la ciudad, únicamente cuentan con una capa de texto en formato CAD donde se observa el nombre y ubicación de las calles de la zona. Debido a lo anterior, se optará por el uso de la herramienta Open Street Maps, el cual es un proyecto de libre uso que permite obtener información en formato shape de vías, carreteras, autopista de cualquier zona del mundo a través de herramientas GIS (Martínez, 2020, párr.1-2), el cual será corregido en base al archivo de texto proporcionado por el Departamento de Avalúos y Catastros de la Ciudad de Esmeraldas.

Luego, se segmenta la red vial en función de la malla creada.

A continuación, se calcula el factor de desagregación espacial para cada celda a partir de la ecuación 18:

$$DF_j = \frac{\sum_0^i F_{i,j} * l_{i,j}}{\sum_0^j \sum_0^i F_{i,j} * l_{i,j}} \quad (\text{Ecuación 18})$$

Dónde:

DF_j = Factor de desagregación para la celda j .

$F_{i,j}$ = Flujo de tráfico total para el segmento i en la celda j .

$l_{i,j}$ = Longitud del segmento i en la celda j .

Seguidamente, se aplica la ecuación 19 para encontrar la emisión atmosférica en cada una de las celdas.

$$E_{n,j} = TE_n * DF_j \quad (\text{Ecuación 19})$$

Dónde:

$E_{n,j}$ = Emisión del contaminante n , en la celda j .

TE_n = Total anual de emisión del contaminante n .

DF_j = Factor de desagregación para la celda j .

Por último, se interseca o superpone la información de la malla con la emisión por cada una de las celdas a través de la herramienta Join Features (Parrado, 2020, p.34), obteniendo un archivo cuyos atributos permite visualizar las zonas de mayor y menor emisión dentro de la ciudad para cada contaminante criterio establecido en esta investigación (Carmona et al., 2015, p.62).

2.6.3. Desagregación Temporal

Se basa en el conteo o flujo vehicular en cada hora del día (Carmona et al., 2015, p.66). Para ello, se realizarán promedios del flujo vehicular horario provenientes del conteo para cada categoría de vehículos (Peñaloza, 2010, p.44) en distintos puntos de la ciudad durante una semana completa en jornadas diarias de 7:00 a 18:00.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación del Estilo de Conducción

3.1.1. Rango Altitudinal

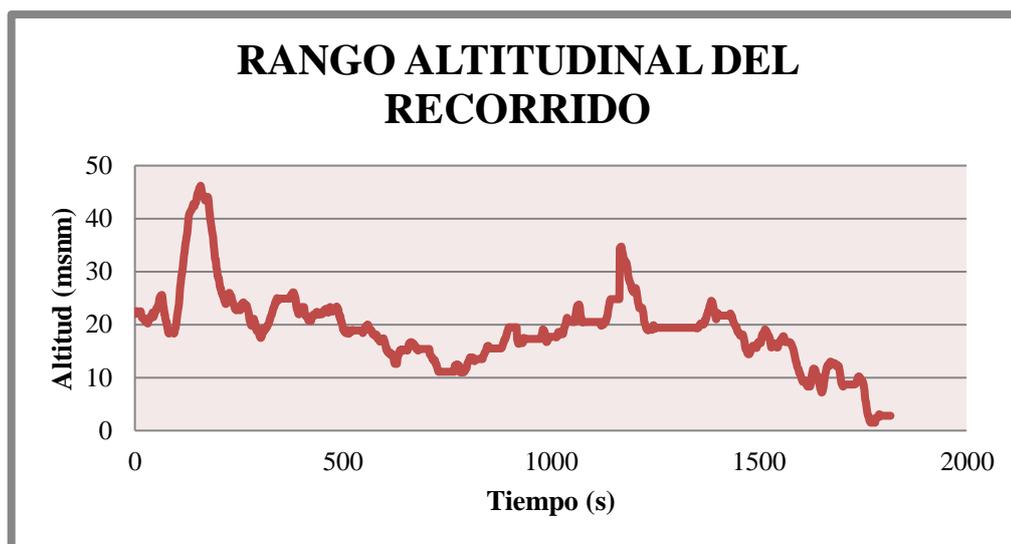


Gráfico 1-3. Rango altitudinal del recorrido.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En el gráfico 1-3, se observa la variación de la altitud a lo largo del recorrido realizado en los distintos vehículos de muestra (sección 2.3.1.1.), encontrando que los primeros 300 segundos corresponden a las altitudes más elevadas que, posteriormente, van disminuyendo hasta el nivel del mar debido a la geografía propia de la Ciudad de Esmeraldas, pues el punto de llegada es la Playa “Las Palmas”. El rango altitudinal se establece entre los 0 y 50 msnm.

Caiza y Portilla (2010, pp.98-100) estudiaron la incidencia de la altitud sobre las emisiones vehiculares, reportando que el CO incrementa en un 10%, los hidrocarburos en un 82% y los NO_x en un 35% por cada 500 metros sobre el nivel del mar. Sin embargo, en la ciudad de Esmeraldas no existe una diferencia significativa entre la cota inicial y final del recorrido, por lo cual dicho factor no es determinante en la variación de las emisiones de los vehículos.

3.1.2. Ciclos de Conducción

Los ciclos de conducción se presentan en los gráficos 2-3 y 3-3 con el fin de que se aprecie adecuadamente el comportamiento de cada categoría vehicular durante el recorrido.

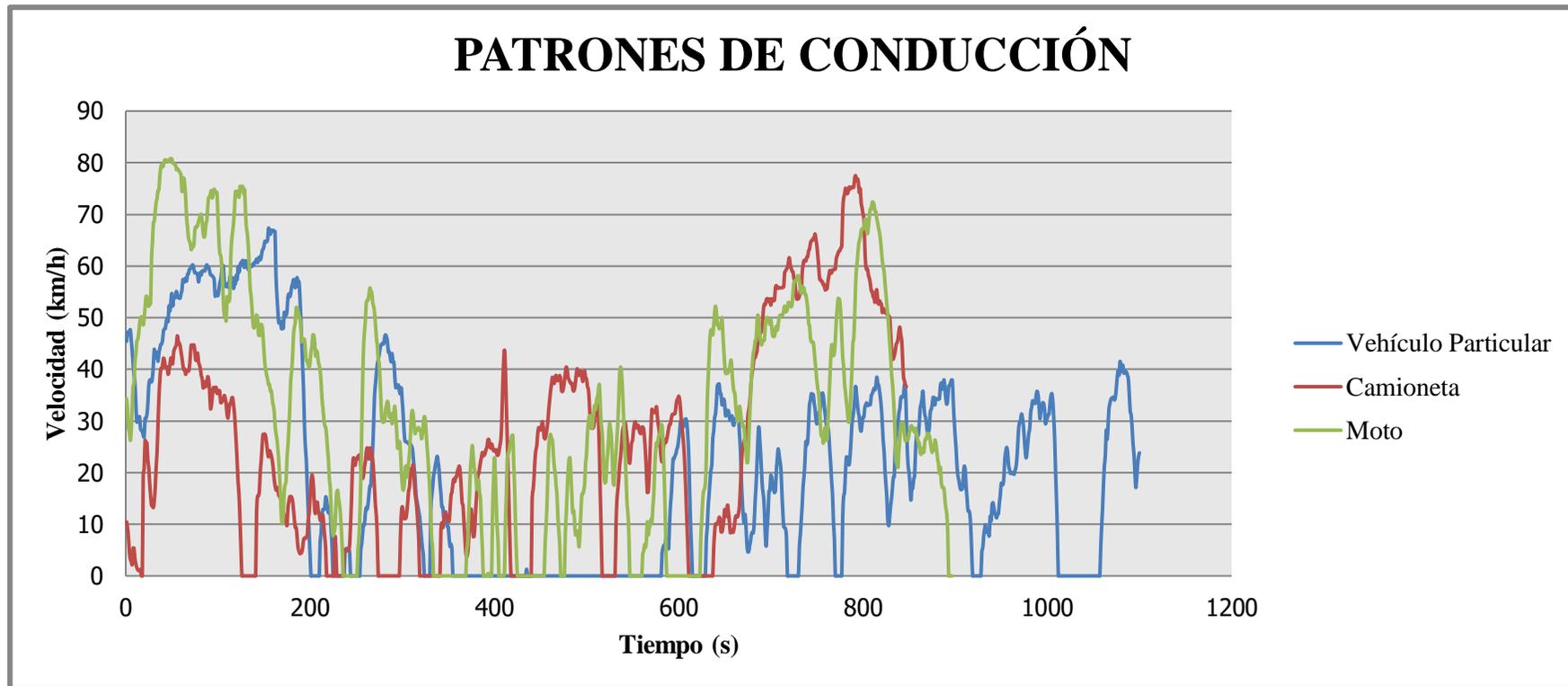


Gráfico 2-3. Patrones de conducción para vehículo particular, camioneta y moto.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Los eventos observados en el ciclo de conducción en estos tres vehículos son: las aceleraciones, representadas por los picos más elevados, las frenadas, cuando empieza a disminuir la velocidad desde el pico, y las detenciones, donde la velocidad llega a 0 km/h y se mantiene durante algunos instantes (Salamanca & Mora, 2016, p.23).

Según Hernández (2016, p.40), los estilos de conducción agresivos se ven caracterizados por una amplia variación de las velocidades, tal como se puede observar en el gráfico 2-3, por lo cual se establece que dentro de la ciudad de Esmeraldas, los vehículos particulares, motos y camionetas tienen un estilo de conducción agresivo.

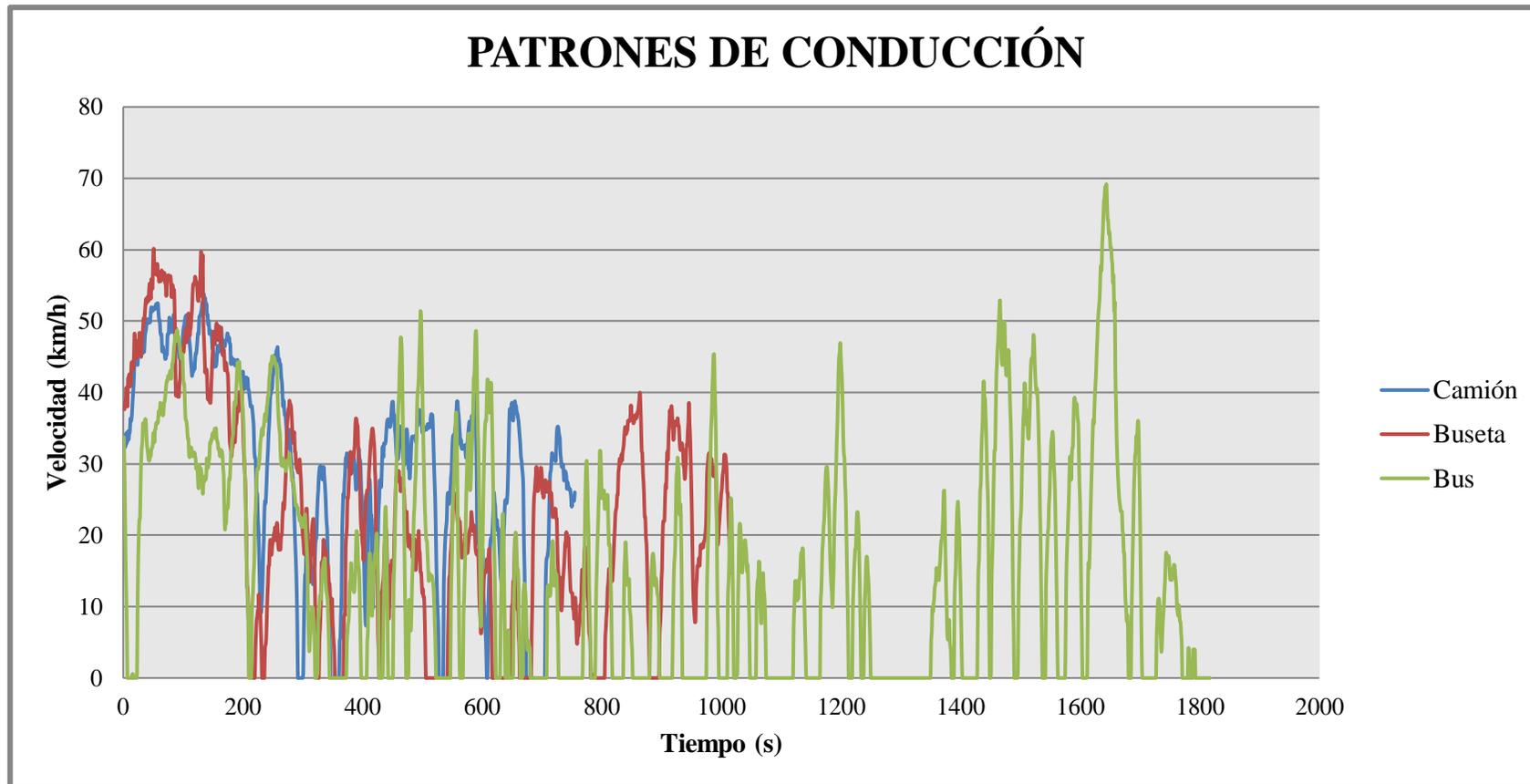


Gráfico 3-3. Patrones de conducción para camión, buseta y bus.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En el gráfico 3-3 se puede observar los mismos eventos que el anterior y variaciones de velocidad muy evidentes, por lo cual el estilo de conducción para camiones, busetas y buses también es agresivo dentro de la ciudad. Cabe recalcar que, en el caso del bus, existe una mayor duración del ciclo de conducción debido a que este realiza un mayor número de paradas dentro del mismo recorrido.

3.1.3. Bines de Potencia

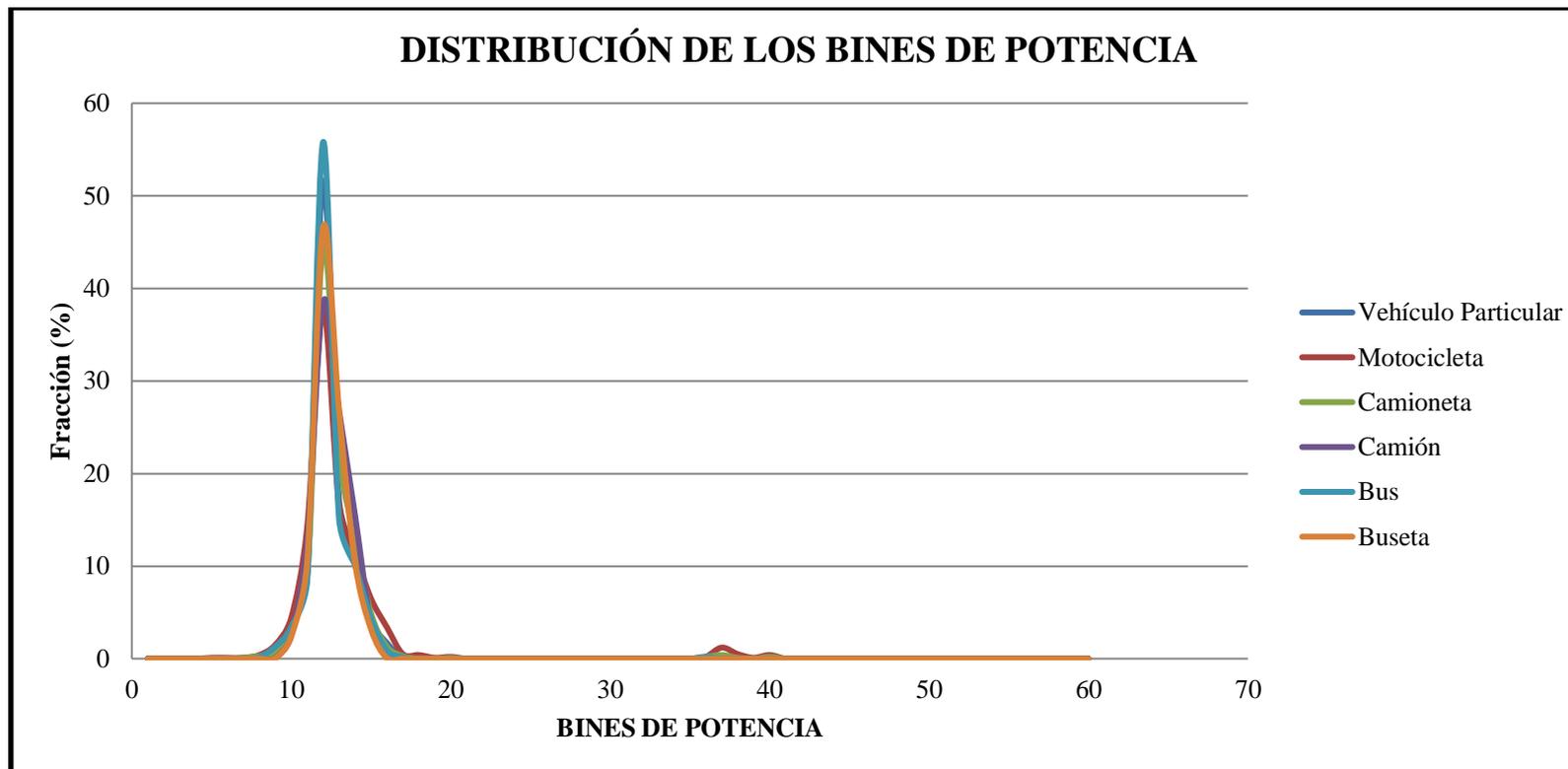


Gráfico 4-3. Distribución de los bins de potencia de cada categoría vehicular.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En el gráfico 4-3 se observa que el pico máximo se localiza entre los bins 10 a 14, siendo el punto más representativo el bin 11, el cual se da en escenarios próximos al ralenti (Hilario, 2017, p.95). Donde los bins del 1 al 11 indican desaceleración por parte del vehículo o su descenso por una vía, el bin 12 se refiere a las detenciones del vehículos debida a semáforos, recogida de pasajeros, intersecciones, entre otras (Tarapúes, 2019, p.103); mientras que los bins 13 y 14 expresan que el vehículo se encuentra a velocidad y aceleración constante, es decir, utilizando energía positiva (Hilario, 2017, p.93).

3.2. Resultado de la campaña de Encuesta

El número total de encuestas se obtuvo de aplicar la ecuación 14 a una población de 30,000 unidades, por lo que será necesario encuestar a un total de 379 propietarios de vehículos para obtener resultados fiables.

3.2.1. Uso de combustible

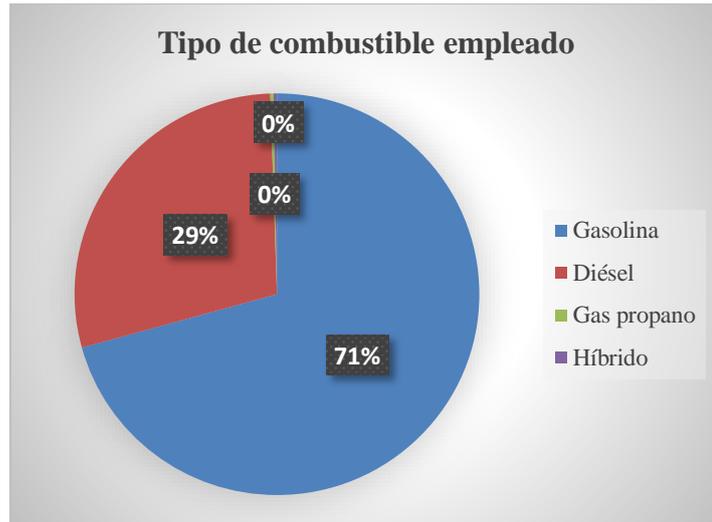


Gráfico 5-3. Tipo de combustible utilizado.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

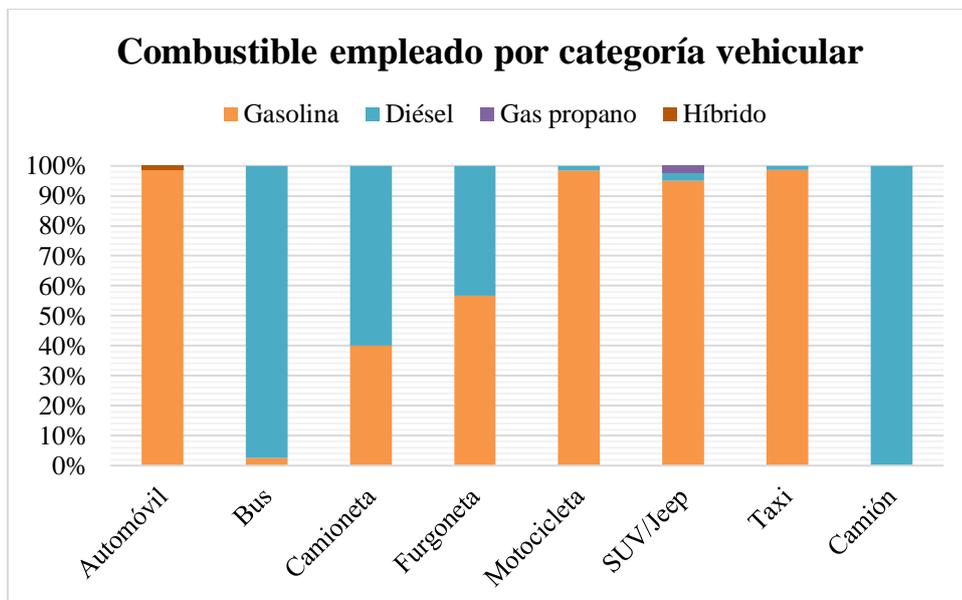


Gráfico 6-3. Combustible empleado por categoría vehicular.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

De acuerdo al gráfico 5-3 la flota vehicular encuestada utiliza en su mayoría gasolina (71%), correspondiendo a vehículos particulares, mientras que el diésel (29%) es utilizado por los vehículos más pesados, ya sea para transporte de pasajeros como de carga, otros combustibles no son representativos en el sector. Los datos para la ciudad de Esmeraldas no difieren mucho de datos a nivel nacional para el año 2012, donde el 89% de los vehículos utilizaron la gasolina, mientras que los vehículos a diésel representaron un 11%, de igual manera los combustibles alternativos no fueron representativos (Lima y Gálvez, 2016, pp.11-12).

3.2.2. *Kilometraje de los vehículos*

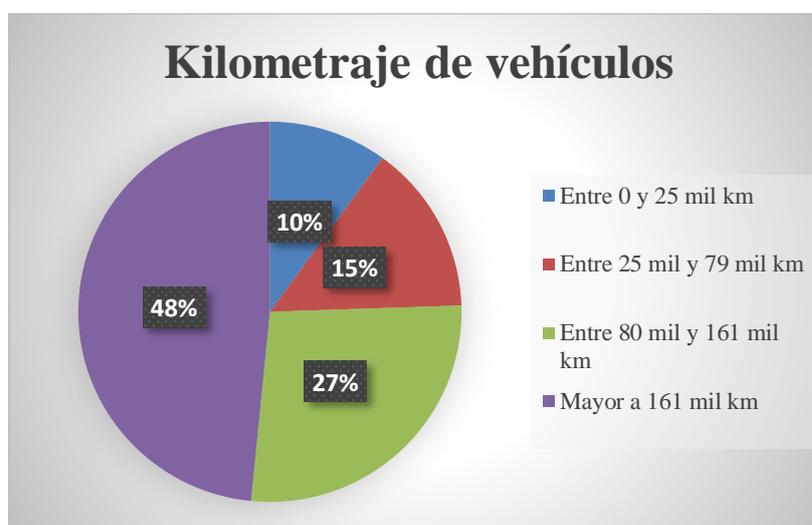


Gráfico 7-3. Kilometraje de vehículos encuestados.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

El gráfico 7-3 muestra que la mayor parte del parque automotor posee un kilometraje elevado, especialmente para vehículos más pesados debido a que estos son más antiguos, además de recorrer grandes distancias a causa de la naturaleza de sus actividades.

3.2.3. Sistema de alimentación de combustible

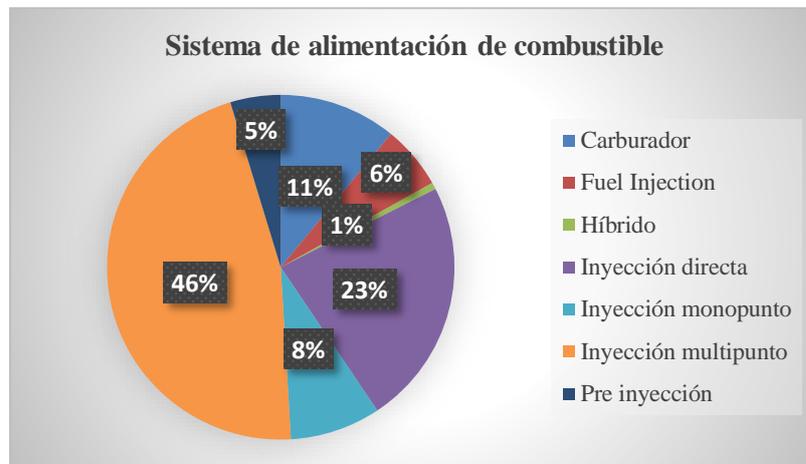


Gráfico 8-3. Sistema de alimentación de combustible.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En el gráfico 8-3 se observa que la inyección multipunto es el sistema de alimentación más común dentro de la flota vehicular, seguido de la inyección directa y el carburador. El carburador y la inyección multipunto son usados en los vehículos livianos que operan a gasolina, mientras que la inyección directa es empleada por los vehículos a diésel (buses, camión, camioneta). En comparación con otro estudio, se tiene al realizado por Peñafiel (2019, p.6) para la Ciudad de Azogues donde también la inyección multipunto (72.1%) es el sistema más utilizado, seguido del carburador (12.9%), inyección directa (6.4%) y las demás categorías ocupan un 2%.

3.2.4. Tecnologías de control de emisiones

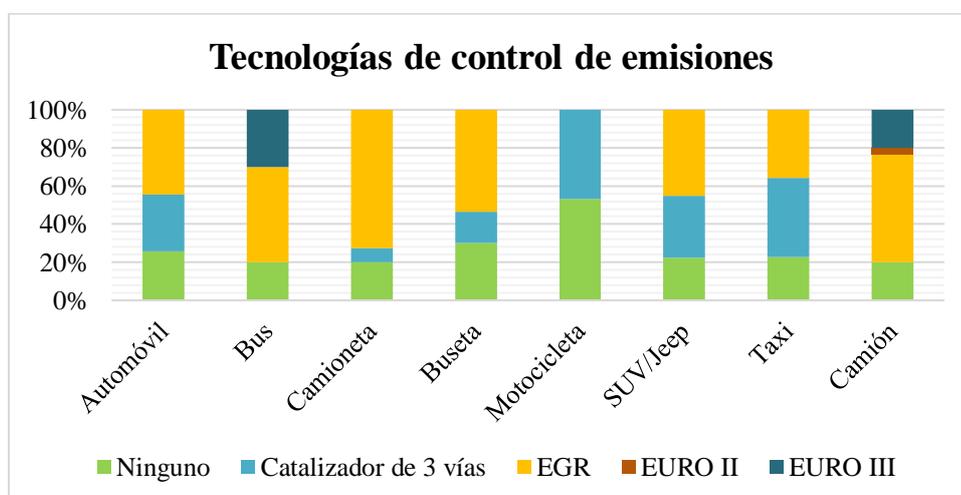


Gráfico 9-3. Tecnologías de control de emisiones.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

El gráfico 9-3 muestra que los automóviles no poseen ninguna tecnología de control de emisiones en alrededor del 25% de los casos, el 30% cuenta con un catalizador de 3 vías y un 45% cuenta con una válvula EGR. Respecto a los buses, se encuentran implementados con la norma EURO III en un 30% de ellos y un 40% usan el dispositivo EGR. Las camionetas poseen válvulas EGR en su mayoría y pocas tienen un catalizador de 3 vías, algo similar ocurre con las busetas, los SUV/Jeep y los taxis, siendo estos últimos los que presentan mayor número de catalizadores de 3 vías. Las motocicletas no cuentan con ninguna tecnología en un 50% y el porcentaje restante contiene catalizadores de 3 vías. Por último, los camiones poseen mayormente una válvula EGR y algunos se encuentran implementados con la norma EURO II y EURO III.

3.2.5. Sistema de ventilación positiva



Gráfico 10-3. Sistema de ventilación positiva.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

El gráfico 10-3 indica que el 58% de la flota vehicular sí posee una válvula de ventilación positiva y el 42% no. Dicha tecnología se presenta en la mayor parte de los vehículos a gasolina, mientras que, para los vehículos a diésel, el modelo IVE no considera que cuenten con este dispositivo.

3.2.6. Patrones de partidas

Tabla 1-3. Patrones de partidas y kilómetros al día recorridos.

CATEGORÍA	KILÓMETROS RECORRIDOS AL DÍA	PARTIDAS AL DÍA
Automóvil	39,57	42
Bus	336,75	442
Camioneta	37,15	41
Buseta	73,00	77
Motocicleta	38,57	31
SUV/Jeep	36,35	43
Taxi	185,21	195
Camión	120,60	126

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En la tabla 1-3 se observa que los vehículos se detienen en promedio alrededor de una vez por kilómetro. Los buses son un caso especial debido a que realizan más paradas durante el día con el fin de recoger a los pasajeros cada cierta cantidad de metros. Asimismo, las motocicletas tienen menos detenciones por kilómetro, ya que, al poseer menor tamaño, podrían no realizar las mismas paradas que un auto común. Los datos para esta investigación concuerdan con los obtenidos por González (2017, p.48), donde también se obtuvo que los vehículos normalmente se detienen al menos una vez por kilómetro recorrido.

3.2.7. Tiempo SOAK

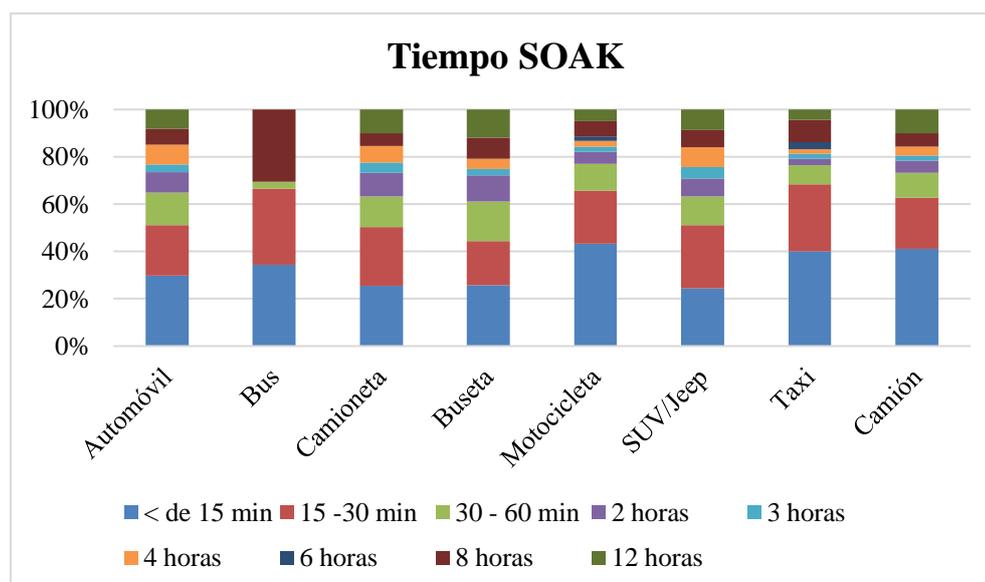


Gráfico 11-3. Tiempo SOAK por categoría vehicular.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En el gráfico 11-3 se aprecia que la flota vehicular tiene un elevado porcentaje de tiempo SOAK en el período de menos de 15 minutos, siendo predominante en las motocicletas. El tiempo en que los vehículos permanecen apagados va disminuyendo conforme incrementa el rango de tiempo; así, se tiene que los últimos períodos hacen referencia al tiempo que los vehículos se encuentran apagados durante su descanso (en la noche). En un estudio para la ciudad de Azogues, realizado por Peñafiel (2019, p.6), también se concluyó que el tiempo SOAK predominante fue de menos de 15 minutos con un 20%, seguidos del periodo de 15-30 minutos y de 1 hora, de forma muy similar a la ciudad de Esmeraldas.

3.2.8. Velocidad promedio

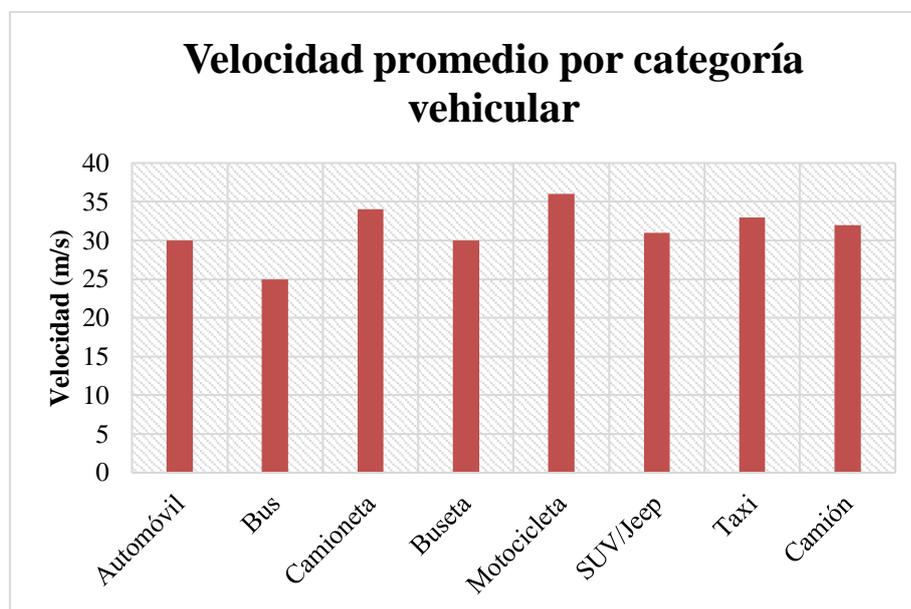


Gráfico 12-3. Velocidad promedio por categoría vehicular.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

La velocidad promedio de la flota vehicular se encuentra entre los 30 km/h y 35 km/h a excepción del caso de los buses, donde estos manejan una velocidad alrededor de los 25 km/h debido a su gran tamaño y su tipo de actividad; mientras que las motocicletas circulan a velocidades más elevadas (alrededor de 35 km/h) a causa de su tamaño pequeño en comparación a las demás categorías vehiculares. Toda la flota vehicular se encuentra dentro de lo que exige el Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial en su artículo 191, donde el límite dentro de las ciudades es de menor a 50 km/h (Ministerio de Transporte, 2012, pp.40-41).

3.2.9. Uso de aire acondicionado

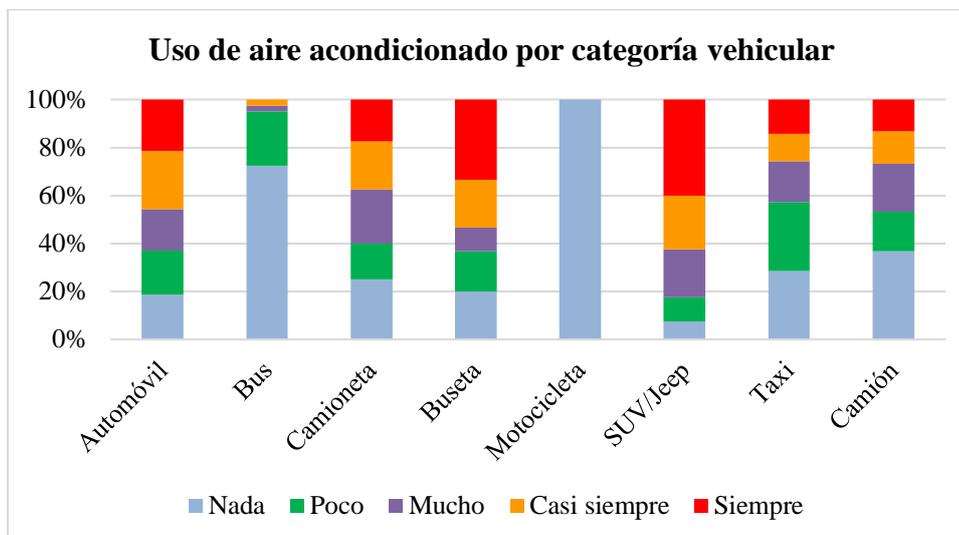


Gráfico 13-3. Uso de aire acondicionado por categoría vehicular.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

El 24% de la flota vehicular no cuenta con un sistema de aire acondicionado. En el gráfico 13-3, se observa que este servicio no es utilizado en el 20 a 30% de los casos, a excepción de los buses que no lo usan en un 70%. Respecto a las demás categorías, el uso es muy variado. En términos de todo el parque automotor de la ciudad de Esmeraldas se tiene que un 40% no hace uso del sistema de aire acondicionado, el cual es un valor elevado en comparación con el obtenido en un estudio realizado por Vivanco (2015, p.32) en la ciudad de Loja, donde se tiene un valor del 21%, esto debido a que poseen un clima de aproximadamente 16,2 °C (Vivanco, 2015, p.19) en comparación con los 26,7 °C de la ciudad de Esmeraldas, lo que reduce la necesidad de usar dicho servicio.

3.3. Emisiones Resultado de Aplicar el Modelo IVE

Con los resultados descritos en las secciones anteriores, se procedió a la ejecución del modelo IVE. Para ello, se crearon los archivos Flota y Localidad para cada categoría vehicular. Por último, se calcularon las emisiones atmosféricas correspondientes a la totalidad de la muestra, las cuales se presentan en la tabla 2-3:

Tabla 2-3. Emisiones vehiculares resultantes del modelo IVE.

	Contaminantes (kg/día)						
	CO	PM	SO _x	NO _x	CO ₂	COV	TOTAL
BUS	112.96	188.88	1.26	139.68	12,412.27	13.86	12,868.91
TAXI	492.81	0.44	0.28	28.10	2,013.33	55.31	2,590.27
AUTOMOVIL	100.41	0.05	0.07	6.08	533.28	10.40	650.29
CAMIONETA	36.06	1.21	0.04	3.23	321.15	4.59	366.28
SUV-JEEP	65.37	0.098	0.04	4.95	317.91	6.66	395.03
CAMIÓN	10.60	10.97	0.20	21.16	1,981.47	2.17	2,026.57
MOTO	43.23	0.64	0.0074	2.38	75.69	12.28	134.23
BUSETA	39.92	3.64	0.11	6.17	989.22	2.41	1,041.47

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En la tabla 2-3 se puede observar el resultado de las emisiones en kg/día producto de la muestra de 379 unidades encuestadas, la categoría vehicular que más aporta son los buses, especialmente en el CO₂, seguido de los taxis, los cuales poseen la mayor cantidad de CO, las categorías que menor emisión tienen son: SUV-Jeep, camioneta y moto, siendo esta última la menor con diferencia.

3.4. Cálculo del KVR

Una vez culminado el conteo vehicular, se obtuvo el promedio diario de vehículos que transitan las vías anteriormente seleccionadas, los cuales son presentados en la tabla 3-3:

Tabla 3-3. Flujo diario vehicular por tipo de vía.

TIPO DE VÍA	Número de Vehículos
Vía Principal	10,068
Carretera de dos Carriles	14,384
Autopista	13,510
Vía Secundaria	1,156
Vía Rural	746

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En la tabla 3-3 se observa como las vías más transitadas corresponden a la principal, dos carriles y autopista, mismas que poseen un tránsito similar a lo largo del día, seguido de las vías secundarias, las cuales deben tener un número menor debido a que estas son las que alimentan al primer grupo (Carmona et al., 2015, p.64); en último lugar se tiene a las zonas más alejadas de la ciudad, es decir las vías rurales. El orden establecido para la ciudad de Esmeraldas obedece a la jerarquía de vías propuesta en el estudio realizado por Yugcha (2016, p.15), en donde las vías principales, autopistas y carreteras son las más transitadas y las de menor tránsito corresponden a las zonas rurales.

A partir de los datos de la tabla 3-3, se obtuvo el valor de kilómetros que recorren los vehículos (KVR) de cada categoría en la ciudad de Esmeraldas para el año 2019, que muestran en la tabla 4-3:

Tabla 4-3. KVR al día por categoría vehicular para el año 2019.

CATEGORÍA	KVR total	KVR indiv.	N° de Vehículos
AUTOMOVIL	228,591	39.57	5,715
TAXI	303,818	185.21	1,642
MOTO	204,069	38.57	5,233
SUV- JEEP	99,276	36.35	2,758
CAMIONETA	93,921	37.15	2,538
CAMIÓN	19,120	120.60	158
BUSETA	13,024	73.00	178
BUS	55,597	336.75	172
TOTAL	1,017,416		18,394

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Se observa que la categoría que más kilómetros recorre en la ciudad corresponde a los taxis, esto debido a la actividad que desempeñan asociada al transporte de pasajeros realizada durante todo el día (Guadalupe, 2016, p.142); a pesar de que los buses ejecutan esta misma labor, el número de estas unidades registrado en las cámaras fue muy inferior al de los taxis. En caso de los automóviles y motos, estos poseen un KVR elevado a causa del gran número de unidades contabilizadas a través de las cámaras.

Los kilómetros recorridos de manera individual fueron producto de la campaña de encuesta y permiten realizar una comparación con los resultados obtenidos por Sarango y Moncayo (2016, p.70) en la ciudad de Cuenca, donde los vehículos particulares (automóvil, SUV-Jeep y camioneta) recorren al día 36.66 km los cuales son similares a los de este estudio; los taxis tienen también un kilometraje similar con 200.29 km para la ciudad de Cuenca y 185.21 km para la ciudad de Esmeraldas, mientras que los buses poseen un mayor número de kilómetros recorridos con 336.75 en comparación con los 174.92 de la ciudad de Cuenca.

Se destaca la similitud en los resultados en los vehículos particulares en ambos estudios, y se llegó a concluir que los conductores llevan a cabo sus labores diarias sin importar la categoría de vehículo particular que ocupen (Sarango y Moncayo, 2016 p.72)

Para el caso de las busetas y camiones se comparará con datos del estudio realizado por Cevallos (2016, p.363), donde se presenta un KVR individual de 90 km y 147 km respectivamente, los cuales son valores no muy alejados de los obtenidos en la ciudad de Esmeraldas.

3.5. Composición del Parque Automotor

En función del KVR obtenido y el promedio de kilómetros recorridos al día por cada categoría vehicular, se estimó que la ciudad de Esmeraldas cuenta con un parque automotor de 18,394 unidades, cuya composición se observa en el gráfico 14-3:

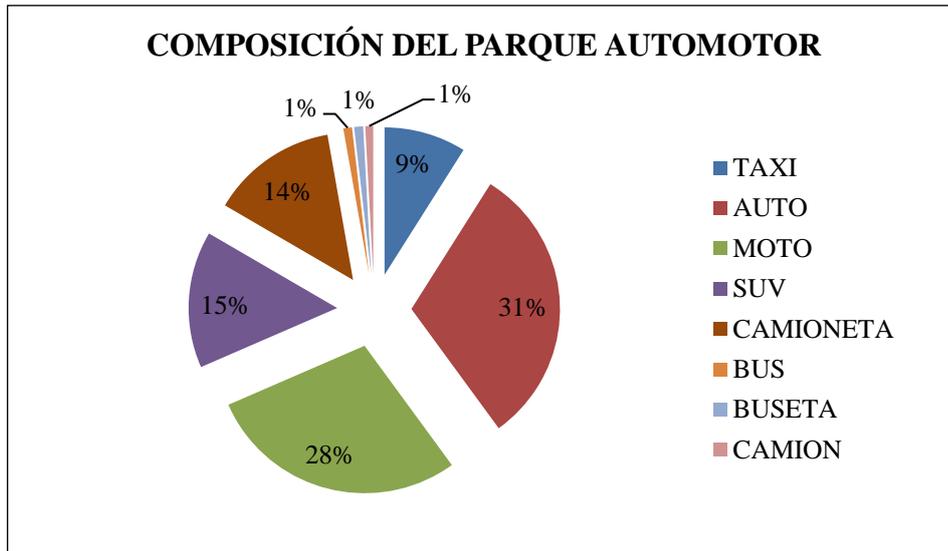


Gráfico 14-3. Composición del parque automotor de la ciudad de Esmeraldas.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Este número de unidades es razonable en comparación con los 30,000 vehículos matriculados a nivel cantonal para el año 2010 que reporta el Ministerio del Ambiente en el “Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire” de varios cantones del país, incluyendo a Esmeraldas (Parra, 2014, p.36), debido a que la ciudad de Esmeraldas representa la mayor parte de la urbe del cantón y, por tanto, debería contar con más unidades que el resto del territorio.

3.6. Inventario de Emisiones para la Ciudad de Esmeraldas

Con los datos anteriormente calculados para el KVR del parque automotor y el resultado de las emisiones del modelo IVE, se puede obtener el Inventario Final de Emisiones, para lo cual se extrapoló la información proveniente del IVE para la totalidad de vehículos de la zona de estudio. El resultado por tipo de contaminante se muestra en la tabla 5-3, donde se considera la suma de los aportes de cada categoría vehicular:

Tabla 5-3. Inventario de emisiones vehiculares en la ciudad de Esmeraldas para el año 2019.

PARÁMETRO	TON/AÑO
CO	13,069.85
PM	396.52
SO _x	10.43
NO _x	1,097.87
CO ₂	87,482.87
COV	1,750.67
TOTAL	103,808.20

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Como se observa en la tabla 5-3, el compuesto más emitido es el CO₂, el cual representa hasta un 84% de las emisiones totales, mientras que el CO ocupa el segundo lugar con el 12% aproximadamente, esto coincide con lo expuesto por Echarri (2007, p.3), donde el CO₂ y el CO son los compuestos más emitidos producto de la quema de combustibles en los vehículos. En cuanto a los NO_x, SO_x, PM, COV, estos poseen un porcentaje bajo en relación a las emisiones totales (menor al 5%).

Los NO_x se encuentran en menor proporción debido a que la velocidad de circulación en la ciudad es baja, lo cual reduce la emisión de dicho contaminante, al igual que la temperatura ambiental relativamente alta y la presencia de catalizadores de 3 vías en la mayor parte de vehículos livianos (automóviles, motos, taxis). El material particulado procede mayormente de los vehículos a diésel, que dentro de la ciudad constituyen una proporción no tan elevada; mientras que la baja presencia de SO_x se debe al uso de catalizadores (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2014, pp.15-17).

A continuación, se presenta el gráfico 15-3, donde se muestra el aporte de emisiones de acuerdo a cada categoría vehicular, excluyendo al CO₂ debido a que su valor es demasiado elevado en comparación con los demás contaminantes, impidiendo una buena visualización del resto de compuestos.

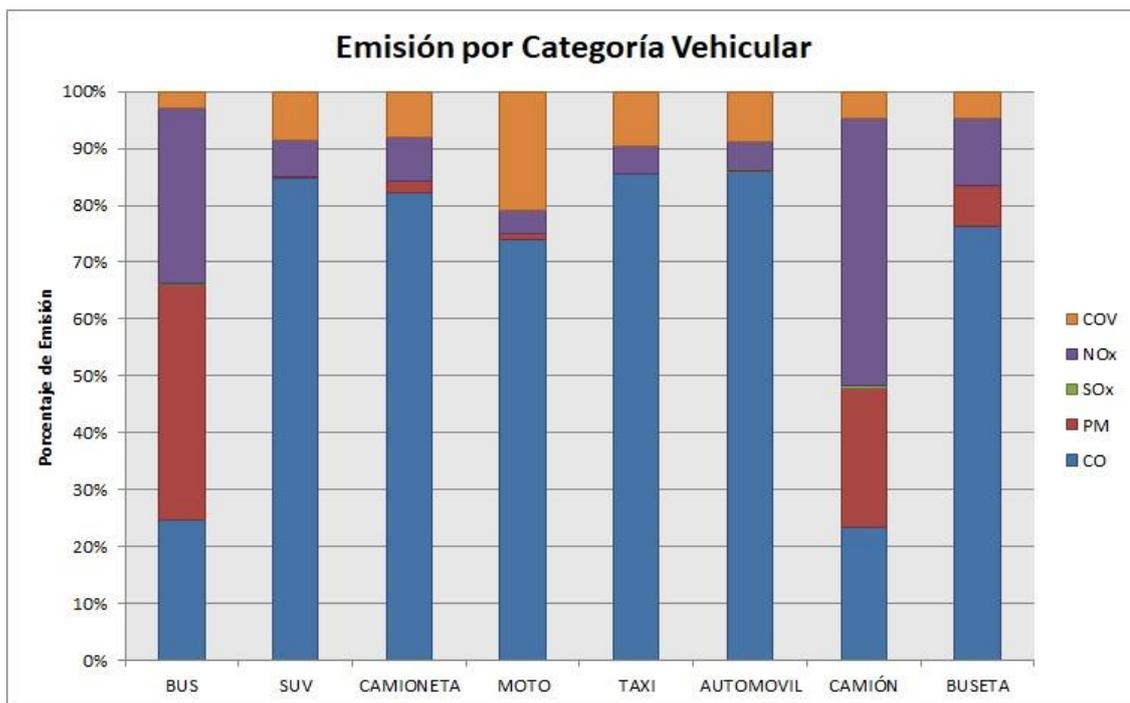


Gráfico 15-3. Emisión por categoría vehicular para la Ciudad de Esmeraldas del año 2019.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En el gráfico 15-3 se observa que los vehículos de categoría liviana y mediana son los responsables de la mayor cantidad de emisiones de monóxido de carbono, debido al elevado número de unidades de estas categorías en la ciudad de Esmeraldas.

Los vehículos pesados a diésel poseen valores similares en cuanto a emisión de monóxido de carbono, material particulado y óxidos de nitrógeno, lo cual está relacionado con el servicio que ofrecen, donde recorren largas distancias y por tanto consumen grandes cantidades de combustible, aumentando las emisiones de los compuestos anteriores (Guerrero y Suntaxi, 2018 p.1).

Los óxidos de azufre son emitidos en muy poca cantidad en todas las categorías vehiculares.

La emisión de compuestos orgánicos volátiles es mayor en los vehículos a gasolina, en especial en las motocicletas. Esto es probablemente producto de que este tipo de vehículo se maneja a velocidades variadas, siendo en promedio mayores que el resto, lo cual aumenta el estrés del motor y por tanto las emisiones de COVs y CO (Echeverría y Viloría, 2017, p.66).

Los resultados anteriores pueden ser comparados con las emisiones registradas por el Ministerio del Ambiente para el cantón Esmeraldas del año 2010, como se observa en la tabla 6-3:

Tabla 6-3. Comparación de emisiones vehiculares.

Parámetro	Inventario final de emisiones (ton/año) 2019	Referencia de emisiones (MAE) (ton/año) 2010	Diferencia (ton)
CO	13,069.85	7,764	+5,323.93
PM	396.52	228.6**	+167.92
SO _x	10.43	171.3*	-160.87
NO _x	1,097.87	1,886.7	-787.65
CO ₂	87,482.87	168,612	-81,486.13
COV	1,750.67	1,191.9	+558.10
Total	103,808.20	179,854.5	

*Referido como SO₂ por el MAE; **Reportado como la sumatoria de PM10 y PM2.5.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

Se tiene que solo en la Ciudad de Esmeraldas se generan alrededor del 60% de las emisiones totales del cantón. Esto puede deberse a que la ciudad representa casi toda la zona urbana del cantón junto con la parroquia Vuelta Larga (GAD Esmeraldas, 2014, p.1), por lo que contará con el mayor tránsito de vehículos y, por tanto, será la zona que más aporte en cuanto a emisiones vehiculares.

Si se observa cada contaminante, se puede notar que el CO de la ciudad para el año 2019 es mayor por 5,323.93 ton a lo reportado a nivel cantonal; mientras que el CO₂ es 81,486.13 ton menor a lo presentado por el MAE. Esto podría deberse al aumento del número de vehículos desde el año 2010; además de un evidente deterioro del parque automotor por el tiempo transcurrido.

Los NO_x para la ciudad de Esmeraldas también se presentan en menor cantidad a la expuesta por el MAE con una variación de 787.65 ton, mientras que el Material Particulado y los COVs son mayores por 167.92 ton y 558.10 ton respectivamente.

En cuanto al SO_x, este es el que mayor variación tiene, reduciéndose en 160.87 ton en comparación a lo establecido por el MAE, lo cual se debe a la implementación de procesos de purificación de los combustibles que han reducido su contenido de azufre en los últimos años (EP - PetroEcuador, 2020, párr.2-4).

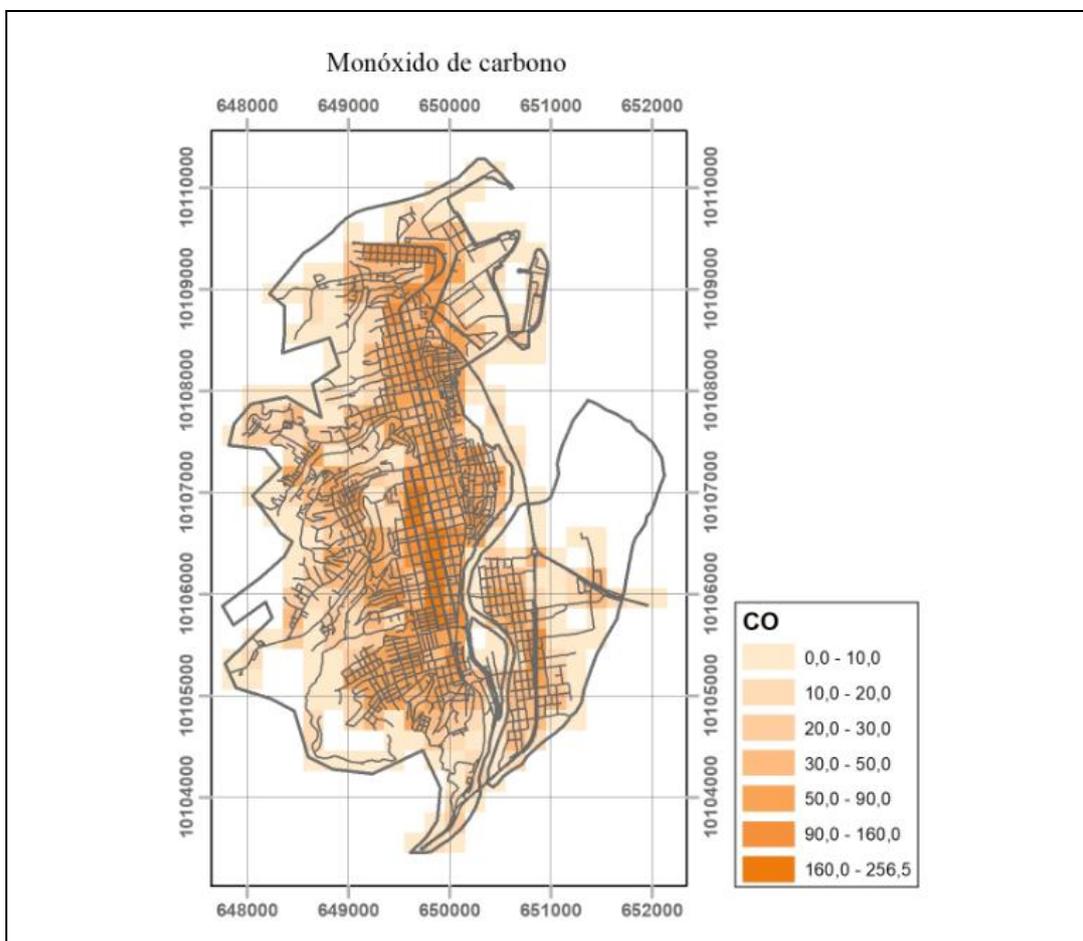
3.7. Desagregación espacial y temporal

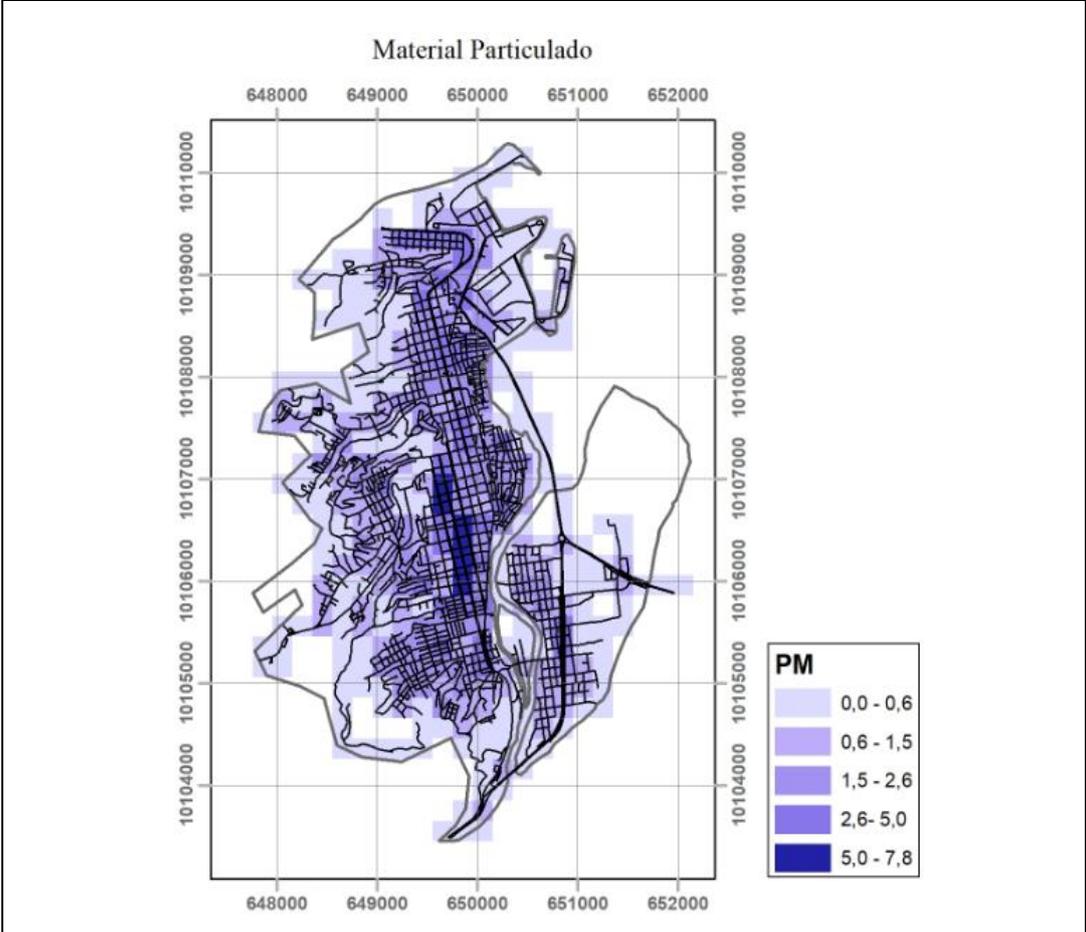
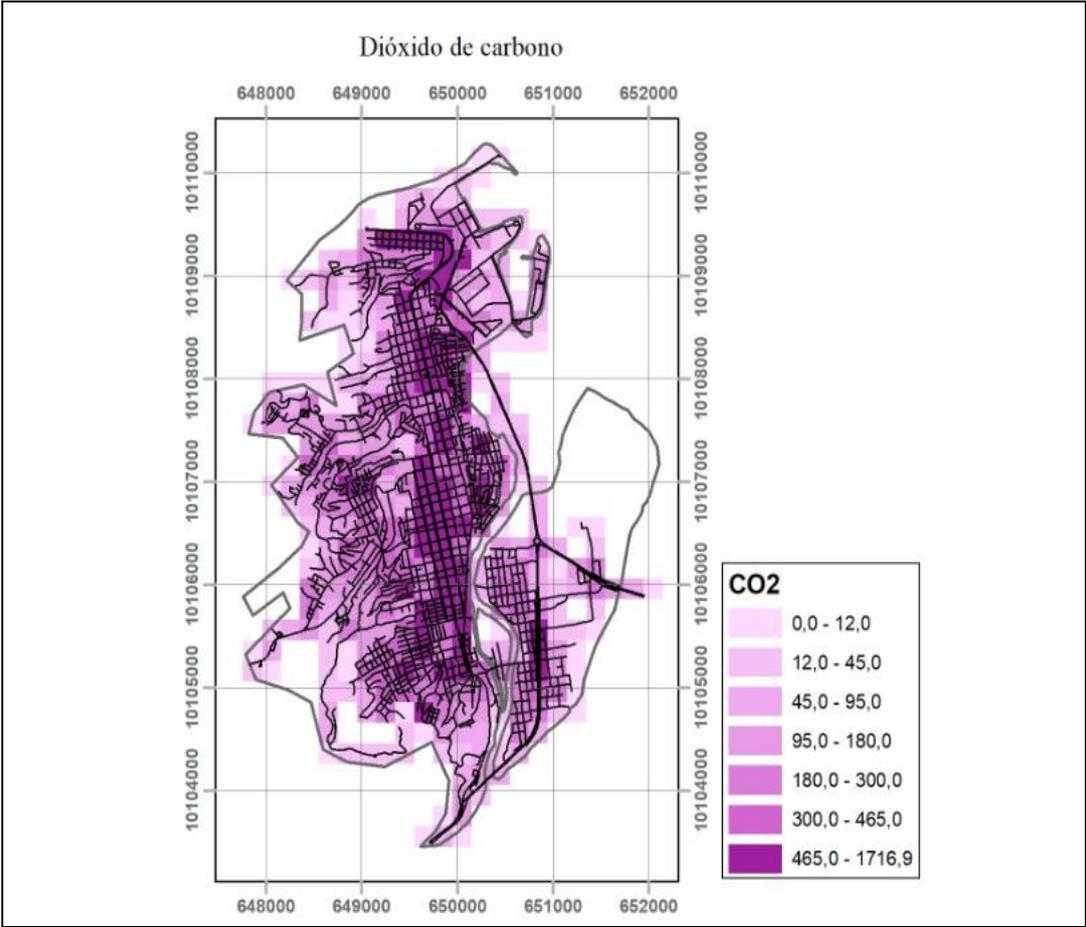
3.7.1. Desagregación espacial

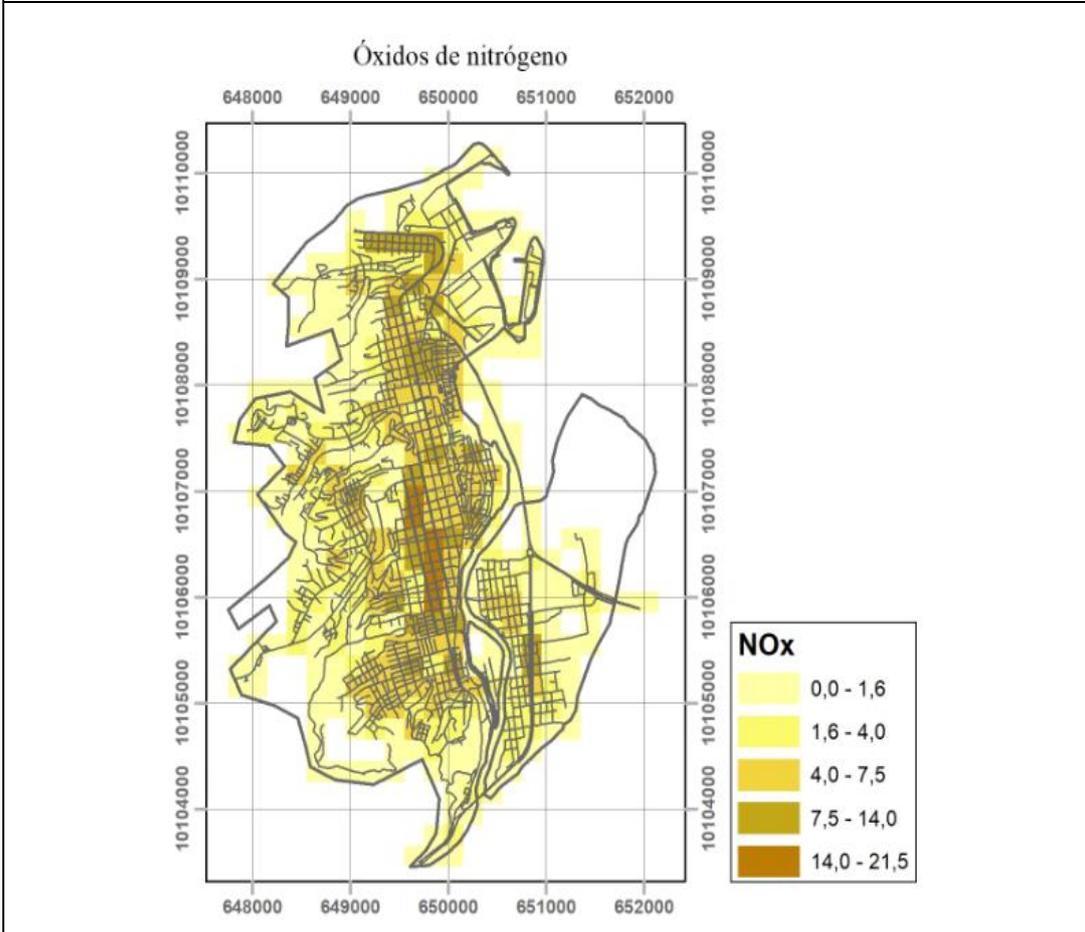
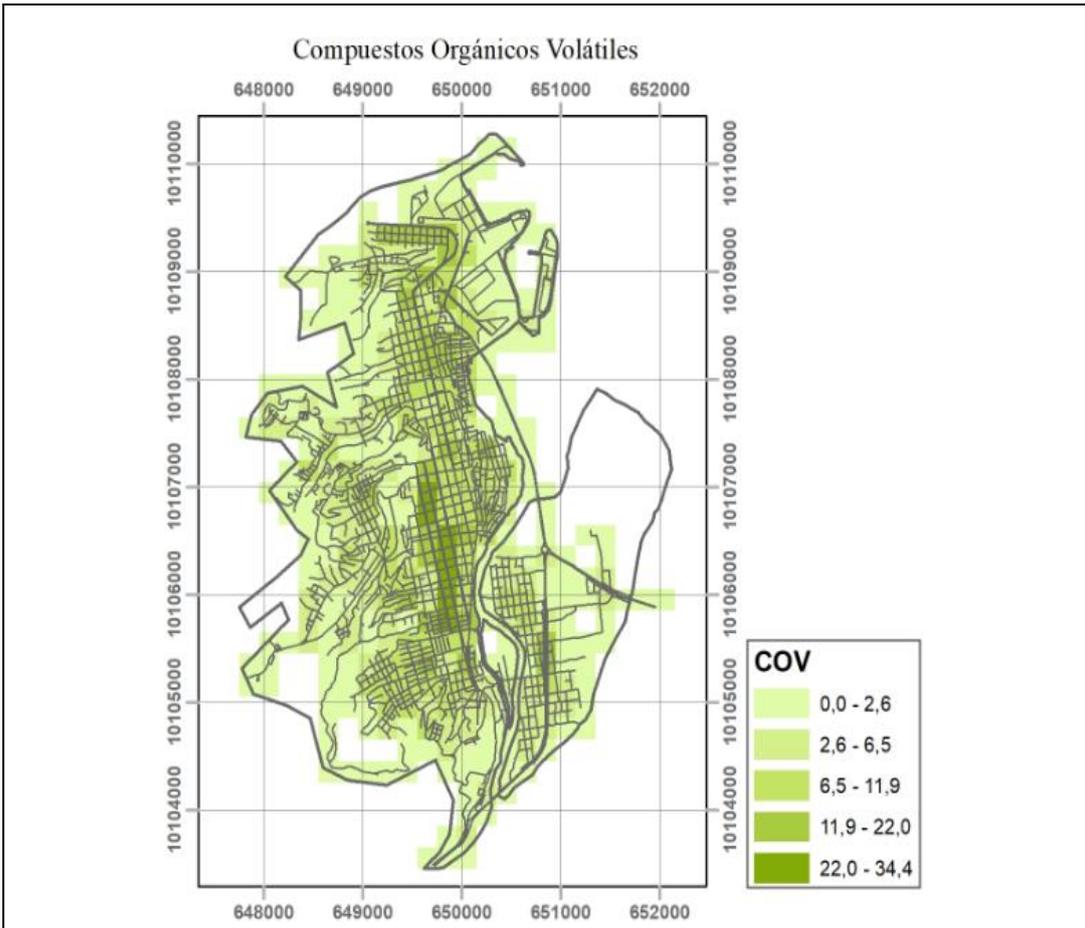
3.7.1.1. Mapa de Vías

El mapa de vías generado en base al proyecto Open Street Maps reveló que la longitud total de la red vial es de 223.80 km, donde las vías principales representan un 20.1%, las secundarias un 56.8%, las carreteras de 2 carriles un 8.6%, la autopista un 6.7% y las vías rurales un 7.9%.

3.7.1.2. Mapas de Desagregación Espacial de las emisiones vehiculares







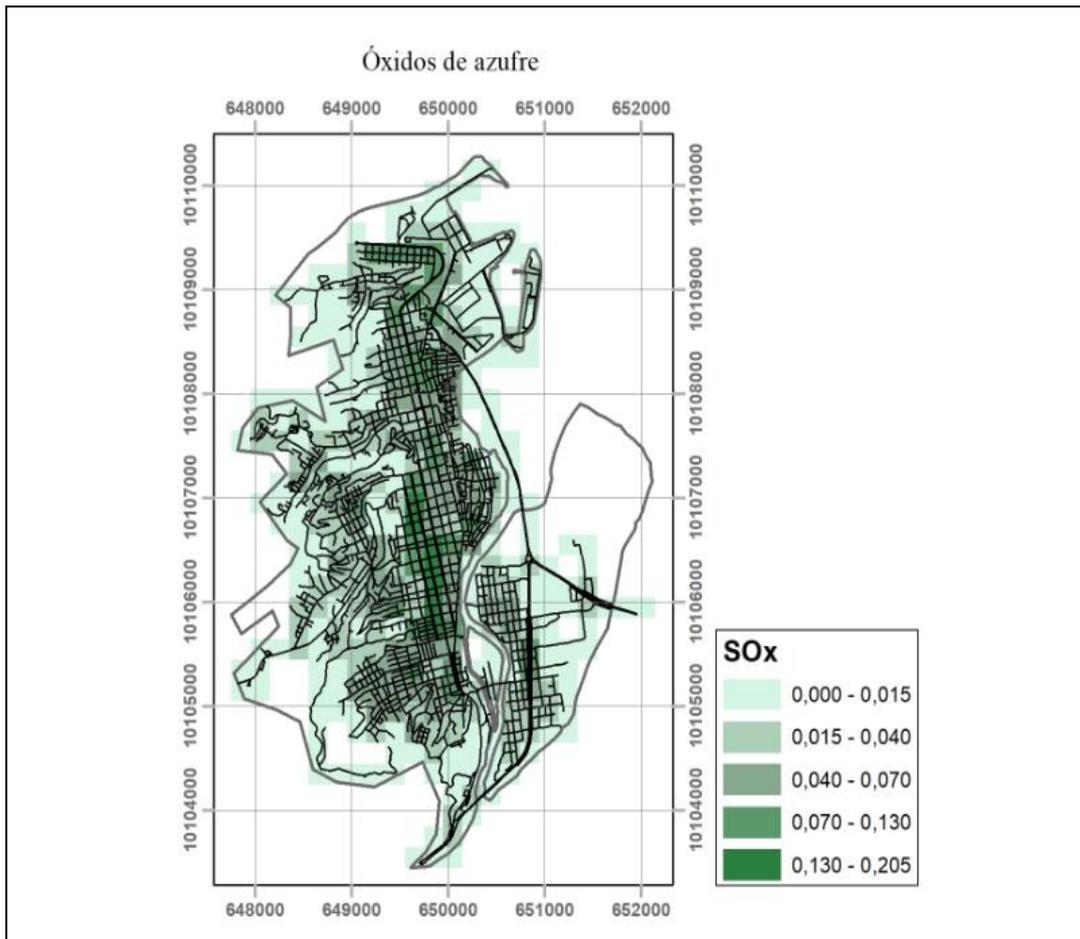


Figura 1-3. Desagregación espacial de las emisiones vehiculares en la ciudad de Esmeraldas.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

La figura 1-3 muestra una representación de la distribución de los principales compuestos emitidos por el parque automotor en ton/año, observando que todos coinciden en que la zona de mayor emisión es el centro de la ciudad, esto debido al alto tráfico que presenta además de contar con una alta densidad de vías principales y secundarias producto de ser una zona comercial (Mariqueo, 2019, p.70).

Todos los compuestos se comportan de forma similar, a excepción del CO₂ el cual posee una mayor concentración, esto debido a que es el compuesto más emitido por el parque automotor, principalmente por los buses de la ciudad, producto de sus extensos recorridos a lo largo de toda la zona debido a la actividad que desempeñan (Guadalupe, 2016, p.73), aumentando su dispersión.

Además del centro de la ciudad, otra zona de alta emisión es el Malecón de “Las Palmas” ya que, debido a ser un sitio turístico, atrae una gran parte del parque automotor propio y externo durante todo el año (Bonilla, 2019, párr.2).

Las zonas de menor emisión son las más alejadas del centro de la ciudad (De Miguel, 2000, p.90), siendo estas las zonas rurales en su mayoría, debido a que no cuentan con gran cantidad de vías, además de tener poco tráfico vehicular (Macías, 2018, p.61).

Finalmente, se tiene a la zona de la autopista que, a pesar de tener un alto tráfico vehicular a lo largo del año, no posee una elevada concentración, esto debido a que es una zona de tránsito rápido y los vehículos mantienen velocidades elevadas sin detenciones, lo que ayuda a una poca emisión (Pesántes, 2014, p.1).

3.7.2. Desagregación temporal

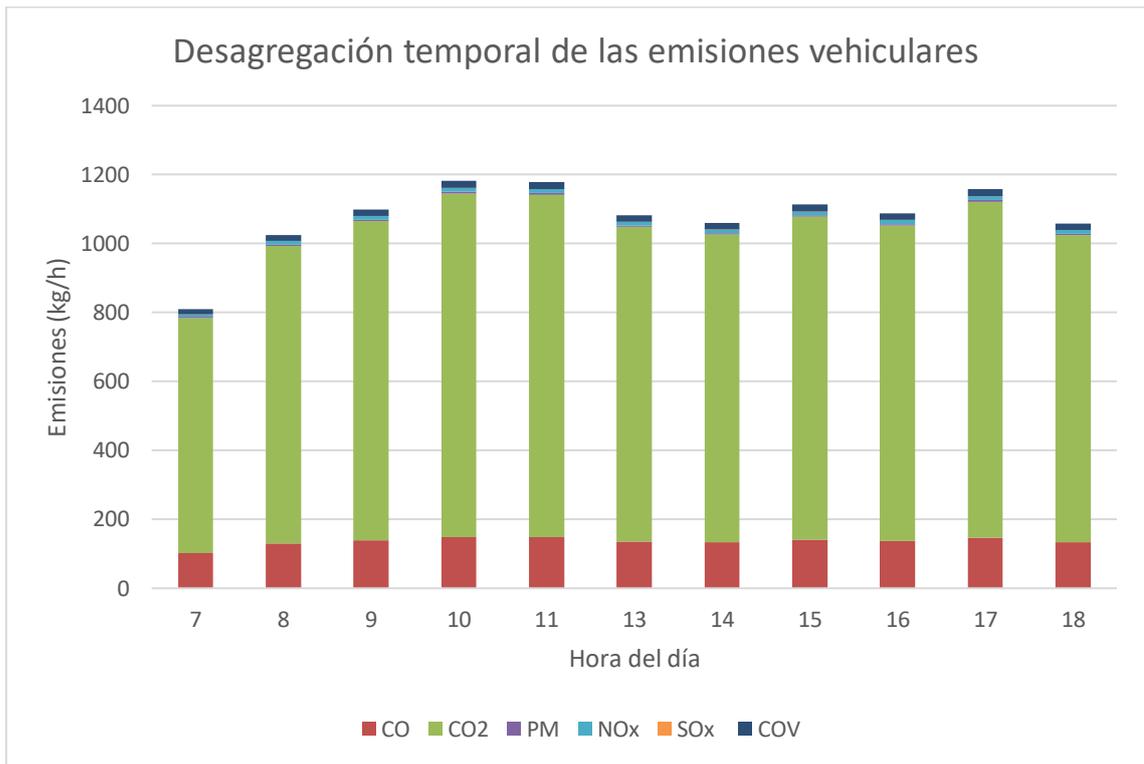


Gráfico 16-3. Distribución temporal de emisiones vehiculares en la ciudad de Esmeraldas.

Realizado por: Gaibor, Green, 2021.

En el gráfico 16-3 se evidencia el comportamiento de las emisiones de acuerdo a la hora del día, durante una jornada completa desde las 7:00 a las 18:00, donde la menor emisión se da en las horas de la mañana (7:00), para luego tener un incremento debido a viajes por actividades laborales para luego mantenerse constante en el rango de entre los 1,000 – 1,200 kg/d durante el resto de la jornada. Se observa un último aumento a las 17:00 posiblemente causado por la culminación de la jornada laboral.

CONCLUSIONES

- Se realizó el levantamiento de línea base sobre flota vehicular y estilos de conducción de la ciudad de Esmeraldas, obteniendo, en el primer caso, que el parque automotor está compuesto por un total de 18,394 unidades, donde el 68% corresponden a taxis, motos y automóviles, 30% a SUV-Jeep, camionetas y busetas, y un 2% a buses y camiones; siendo el primer grupo el que genera mayor contaminación atmosférica, especialmente la categoría de taxis debido al alto número de kilómetros que recorren diariamente. En cuanto al estilo de conducción, se determinó que los vehículos que recorren la ciudad poseen un estrés de motor bajo, representado por un pico en el bin de potencia número 11, indicando condiciones cercanas al ralentí, ya que la ciudad presenta pendientes bajas y el terreno es prácticamente plano con variaciones de altitud de entre 0 y 40 msnm.
- Se estimó la concentración de los principales contaminantes atmosféricos a través del software IVE, encontrando que en la ciudad de Esmeraldas se generaron 13,069.85 ton/año de CO, 396.52 ton/año de material particulado, 10.43 ton/año de SO_x, 1,097.87 ton/año de NO_x, 87,482.87 ton/año de CO₂ y 1,750.67 ton/año de COVs, sumando un total de 103,808.20 ton para el año 2019; estos valores se compararon con las emisiones vehiculares obtenidas por el Ministerio del Ambiente en el año 2010 para el cantón Esmeraldas, donde se observó que la ciudad de Esmeraldas en el año 2019 emitió un 61% de las emisiones del cantón en el año 2010.
- Se elaboró la desagregación espacial y temporal de las emisiones atmosféricas para la ciudad de Esmeraldas, obteniéndose un mapa donde se observó que la zona de mayor generación de emisiones es el centro de la ciudad debido a que contiene una gran cantidad de vías principales y secundarias, por lo cual el flujo vehicular es elevado; asimismo, el Malecón de Las Palmas, al ser un sitio turístico, posee una elevada afluencia vehicular. Mientras que las zonas donde se registra menor contaminación atmosférica por fuentes móviles fueron las áreas rurales a causa del poco tráfico vehicular. Adicionalmente, la desagregación temporal permitió establecer los horarios de mayor emisión, teniendo picos de emisión entre las 10 y 11 am y las 5pm (fin de la jornada laboral); por el contrario, las emisiones son menores a las 7 am y entre la 1 y 2 pm.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar una campaña de caracterización de tecnologías vehiculares con el fin de contar con información necesaria para la ejecución del modelo IVE, permitiendo obtener resultados más adecuados dentro de la zona de estudio.
- Validar los resultados de las emisiones obtenidas con el modelo IVE mediante la implementación de un analizador de gases en un vehículo que circule a tiempo real.
- Obtener un flujo horario vehicular para un período de 24 horas, permitiendo ampliar el estudio de la desagregación temporal y así conocer la distribución de las emisiones atmosféricas a lo largo del día.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, C. Aproximación a un inventario de emisiones para buses de transporte público urbano en la ciudad de Cartagena, Colombia (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería. Cartagena - Colombia. 2016. [5 de enero de 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0069865.pdf>

AIMACAÑA, E. Determinación de los contaminantes en fuentes móviles producto de la combustión del parque automotor a diésel en el casco urbano de la ciudad de Latacunga, Parroquia Ignacio Flores (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Latacunga-Ecuador. 2017.

ALBORNOZ, Y., y GUERRERO, C. Inventario de emisiones atmosféricas de CO₂ provenientes de fuentes móviles en el municipio de Mosquera por medio del modelo IVE (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cundinamarca-Colombia. 2019. [17 de febrero de 2021]. Disponible en:

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1665/INVENTARIO%20DE%20EMISIONES%20ATMOSFERICAS%20DE%20CO2%20PROVENIENTES%20DE%20FUENTES%20MOVILES%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20MOSQUERA%20POR%20MEDIO%20DEL%20MODELO%20IVE.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ARMAS, D., y VALLEJO, A. Implementación de un Sistema de Inyección Multipunto programable en un vehículo a Carburador (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito-Ecuador. 2013.

ASTUDILLO, R. Obtención de ciclos de conducción para la flota de buses urbanos del cantón Cuenca (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad del Azuay, Departamento de Posgrados. Cuenca-Ecuador. 2016. [23 de enero de 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6145/1/12407.pdf>

ÁVILA, D., y AYALA, J. Estudio del comportamiento de motores a gasolina respecto de la variación del octanaje (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2013. [29 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/8034/4/CD-5028.pdf>

BONILLA, M. Las Palmas, en Esmeraldas, se volvió un atractivo turístico. Diario *El Comercio*. [En línea] 2019. [Citado el: 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/palmas-esmeraldas-turismo-inversiones-feriados.html>

CABEZAS, F., y VÉLEZ, M. . La Producción de Derivados del Petróleo en el Ecuador. Período 2014-2018 (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Económicas. Guayaquil-Ecuador. 2020. [23 de julio de 2021]. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/50491/1/TF-CABEZAS_SORIANO-VELEZ_AYALA.pdf

CADENGO, M., CASANOVA, W., y MONDOZA, A. Desarrollo de metodología para la estimación de los vehículos-kilómetro recorridos anualmente, a nivel nacional. *Instituto Mexicano de Transporte*. [En línea] 2018. [Citado el: 8 de abril de 2021]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt517.pdf>

CAIZA, P., y PORTILLA, Á. Determinación de la Influencia de la Altura en Emisiones Contaminantes de un Vehículo con Motor de Ciclo Otto, de Inyección Electrónica de Gasolina (Trabajo de Titulación) (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2010.

CALLA, L., y LUJÁN, P. "Inventario de emisiones de fuentes móviles con una distribución espacial y temporal para el área metropolitana de Cochabamba, Bolivia". *ACTA NOVA* [En línea], 2017, (Bolivia) 8 (3) , pp. 322-353. [Citado el: 15 de junio de 2021]. ISSN 1683-0768. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/ran/v8n3/v8n3_a05.pdf

CARMONA, L., RINCÓN, M., CASTILLO, A., GALVIS, B., SÁENZ, H., MANRIQUE, R., y PACHÓN, J. "Conciliación de inventarios top-down y bottom-up de emisiones de fuentes móviles en Bogotá, Colombia". *Tecnura* [En línea], 2015, (Colombia) 20 (49), pp. 59-74. [Citado el: 23 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/10972/11840>

CCACCYA, D. Determinación de emisiones atmosféricas vehiculares de la categoría mototaxis, en la avenida central de villa el salvador para la estación de verano 2019 (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Nacional Tecnológica Lima del Sur, Facultad de Ingeniería y Gestión. Villa-El Salvador. 2019. [19 de julio de 2021]. Disponible en: http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/bitstream/123456789/182/1/Ccaccya_Dario_Trabajo_Sufic

iencia_2019.pdf

CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN SISTEMAS SUSTENTABLES.

Manual del Usuario del Modelo IVE Versión 2.0. [en línea]. California-USA. 2008. [Consulta: 5 de diciembre de 2020]. Disponible en: [http://www.issrc.org/ive/downloads/manuals/UsersManual\(sp\).pdf](http://www.issrc.org/ive/downloads/manuals/UsersManual(sp).pdf)

CEVALLOS, J. "Estimating road transport fuel consumption in Ecuador". *Energy Policy* [en línea], 2016, (Ecuador) 92, pp. 359-368. [Citado el: 15 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.02.008>

CHÁVEZ, G., y CUBIDES, B. Estimación de la contaminación del aire generada por el efecto de la circulación vehicular motorizada en la Av. Don Bosco de la ciudad de Cuenca - Ecuador, usando la herramienta de micro simulación Aimsun 8.1. (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología. Cuenca-Ecuador. 2018.

DÁVILA, C. Desagregación espacio-temporal del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas y móviles en Cundinamarca (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá-Colombia. 2015. [6 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55541/52837545.2015.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

DECRETO EJECUTIVO 1196. *Reglamento a la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.* 2012.

DE MIGUEL, A. Los peatones y el tráfico urbano. *Instituto MAPFRE de Seguridad Vial.* [En línea] 2000. [Citado el: 6 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://app.mapfre.com/ccm/content/documentos/fundacion/seg-vial/libros/peatones.pdf>

ECHARRI, L. *Contaminación Atmosférica* [en línea]. Pamplona-España. 2007. [Consulta: 29 de enero de 2021]. Disponible en: <http://cmap.unavarra.es/rid=1NQMZQNYR-219B14H-496/Tema 7 Contaminacion atmosferica 07.pdf>

ECHEVERRÍA, M, y VILORIA, O. Estimación de las emisiones atmosféricas provenientes de las motocicletas en Cartagena de Indias (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Tecnológica de Bolívar, Facultad de Ingeniería. Cartagena-Colombia. 2017. [12 de

septiembre de 2021]. Disponible en: <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0073505.pdf>

EP-PETROECUADOR. EP PetroEcuador comercializa Diésel Premium con contenido de azufre de 150 partes por millón. *Empresa Pública PetroEcuador*. [En línea] 2020. [Citado el: 6 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.eppetroecuador.ec/?p=8954>

FERRER, G. Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por Tráfico Rodado en España en el año 2009 (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Escuela Técnico Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. Barcelona-España. 2012. [3 de marzo de 2021]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16350/MEMORIA_GINA_FERRER.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FLETES, M. Estimación de las emisiones vehiculares en la ciudad de Tegucigalpa, Honduras (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Nacional de Ciencias Forestales, Vicerrectoría de Investigación y Posgrado. Comayagua-Honduras. 2016. [26 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.reporterosdeinvestigacion.com/wp-content/uploads/2019/04/2016-11-26.tesis-emisiones-vehiculares-wmf.pdf>

GAD ESMERALDAS. *Visión estratégica del Cantón Esmeraldas* [en línea]. Esmeraldas: Departamento de Planificación, 2014. [Citado: 7 de abril de 2021]. Disponible en: http://esmeraldas.gob.ec/lotaip/2014/VISION_ESTRATEGICA_DEL_CANTN_ESMERALDAS.pdf

GAGO, G. Revisión del Estado Actual de los Motores de Combustión Interna Alternativos de Inyección Directa (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad de Sevilla, Escuela Superior Técnica de Ingeniería. Sevilla-España. 2017. [21 de febrero de 2021]. Disponible en: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/69947/TFG_Gonzalo_Gago_Gonzalo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GALLEGO, D. Conversión del sistema de carburación a sistema de inyección mono punto de un motor Mazda 323 (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Institución Universitaria Pascual Bravo, Facultad de Mecánica Automotriz y Afines. Medellín-Colombia. 2012. [28 de marzo de 2021]. Disponible en: http://repositorio.pascualbravo.edu.co:8080/jspui/bitstream/pascualbravo/499/1/Rep_IUPB_Mec_Aut_Conversión.pdf

GÓMEZ, C. Desagregación espacial y temporal del inventario de emisiones por fuentes antropogénicas para la ciudad de Manizales, Caldas (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Manizales-Colombia. 2017. [27 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77487/1075271961.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GÓNGORA, J. *Indicador Kilómetros Vehículo Recorridos (KVR). Métodos de cálculo en diferentes países* [en línea]. Ciudad de México-México: Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo México, 2012. [Consulta: 14 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/MedicionKVR.pdf>

GONZÁLEZ, D. Estimación de Patrones de Conducción en una vía del Sur de Cali para el Cálculo de las Emisiones Atmosféricas con el Modelo IVE (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Autónoma de Occidente, Facultad de Ingeniería. Santiago de Cali-Colombia. 2017. [13 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/10003/T07666.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

GONZÁLEZ, J. Determinación del factor Lambda (λ) de las mediciones de emisiones contaminantes de los vehículos a gasolina del CU Nezahualcóyotl (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Autónoma del Estado de México. Nezahualcóyotl-México. 2018. [8 de febrero de 2021]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/99762/tesis%Jaime%Gonzalez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GUADALUPE, J. Modelación de emisiones contaminantes de fuentes móviles terrestres en Quito, Ecuador (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Ingeniería Mecánica. Valparaíso-Chile. 2016. [17 de abril de 2021]. Disponible en: <https://docplayer.es/60948738-Modelacion-de-emisiones-contaminantes-de-fuentes-moviles-terrestres-en-quito-ecuador.html>

GUERRERO, E., y SUNTAXI, J. Evaluación del comportamiento de Óxidos de Nitrógeno y Material Particulado de un motor de Ciclo Diésel con el uso de nanopartículas de Titania en el sistema de refrigeración (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2018. [13 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19492/1/CD-8890.pdf>

GUNZA, C., y URRESTRA, D. Estudio experimental de los parámetros de funcionamiento de un motor Diésel con B10 (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Ibarra-Ecuador. 2018. [25 de febrero de 2021]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8757/1/04MAUT_075_TRABAJO_DE_GRADO.pdf

HERNÁNDEZ, H. Caracterización de ciclos de conducción utilizando una tableta Android y bus CAN (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Politécnica de Cataluña. Cataluña-España. 2016. [29 de junio de 2021]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/99039/Memoria_TFM_Hector_Hernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HERRERA, D. Modelo de emisiones vehiculares para la Ciudad de Bogotá (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería. Bogotá-Colombia. 2007. [24 de junio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23196/u281849.pdf?sequence=1>

HILARIO, N. Emisiones contaminantes de vehiculos del Distrito de Huancayo (Trabajo de Titulación) (Doctorado). [En línea] Universidad Nacional del Centro del Perú, Escuela de Posgrado. Huancayo-Perú. 2017. [16 de junio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4137/Hilario%Roman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Contaminantes del Aire y sus Efectos. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*. [En línea] 2014. [Citado el: 6 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/001083/Course2/Lecturas/Vehiculos/chapter2.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO. *Modelos Empleados en la Elaboración de Inventarios de Emisiones Vehiculares* [en línea]. Ciudad de México-México. INECC, 2012. [Consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/618/modelos.pdf>

LARA, O. Estimación de emisiones de CO₂ en taxis con cilindrada de 1600 cc bajo parámetros de conducción eco eficiente en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Del Azuay, Departamento de Posgrado. 2019. [12

de julio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9706/1/15336.pdf>

LIMA, B., y GÁLVEZ, J. Análisis de consumo de combustible de los vehículos de Categoría M1 que circulan en el Centro Histórico de la Ciudad de Cuenca en horas de máxima demanda en función de Ciclos de conducción (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. [7 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12167/1/UPS-CT006109.pdf>

LOAIZA, Á. Análisis del sistema de control de emisiones del vehículo Mazda 3, 1.6 l por medio del Equipo BOSCH FSA 740 (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz. Guayaquil-Ecuador. 2016. [14 de junio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1595/1/T-UIDE-114.pdf>

MACÍAS, A. Diseño de Señalización Vertical y Horizontal como medida de Seguridad Vial aplicando Normas INEN en la vía Jipijapa - La Mona (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa-Ecuador. 2018. [6 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1404/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2018-50.pdf>

MARIQUEO, G. Desagregación química, espacial y temporal de emisiones vehiculares precursoras de ozono troposféricos (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Ingeniería Mecánica. Santiago-Chile. 2019. [7 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/49281/3560902038812UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARTÍNEZ, S. Qué es Open Street Maps y cómo descargar sus datos. *CursosGIS.Com*. [En línea] 2020. [Citado el: 9 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.cursosgis.com/que-es-open-street-maps-y-como-descargar-sus-datos/>

MCGRAW. Contaminación atmosférica. *McGraw-Hill Education*. [en línea] 2009. [Citado el: 25 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448169816.pdf>

MENA, J. Estudio de la recuperación de metales de convertidores catalíticos usados de vehículos mediante procesos hidrometalúrgicos (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito-Ecuador. 2020. [19 de junio de 2021]. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21106/1/CD_10623.pdf

NARVÁEZ, G., y ORDOÑEZ, M. Estudio del consumo energético frente a las diferentes configuraciones de conducción del vehículo eléctrico aplicando diseño de experimentos (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2019. [27 de julio de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17713/1/UPS-CT008396.pdf>

NTE INEN 935. *Productos derivados de petróleo. Gasolina. Requisitos.* 2016.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. OMS. [En línea] 2018. [Citado el: 2 de mayo de 2021]. Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

ORTIZ, M. Estudio Comparativo del Uso del Diesel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Internacional del Ecuador. Quito-Ecuador. 2014. [15 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/610/1/T-UIDE-0560.pdf>

ORTIZ, N., y RÍOS, J. Inventario preliminar de emisiones por fuentes móviles en ruta para la Ciudad de Villavicencio (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental. Villavicencia-Colombia. 2019. [11 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/19512/2019neryortiz?sequence=6&isAllowed=y>

PARRA, M. Estimación de emisiones contaminantes de CO₂, en taxis con cilindrada menor a 1500 cc mediante modelo IVE a través de conducción eco eficiente en la ciudad de Cuenca (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Del Azuay, Departamento de Posgrados. Cuenca-Ecuador. [10 de julio de 2021]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9736/1/15368.pdf>

PARRA, R. 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. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. [En línea] 2014. [Citado el: 14 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/Libro-Resumen-Inventario-13-02-2014-prensa.pdf>

PARRADO, C. Sesagregación espacial y temporal del inventario de emisiones por fuentes fijas paa la Ciudad de Villavicencio (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Santo Tomás. Villavicencio-Colombia. 2020. [28 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/21747/2020camiloparrado?sequence=2&isAllowed=y>

PEÑAFIEL, M. Estimación de un inventario de emisiones de fuentes móviles terrestres para la Ciudad de Azogues aplicando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad de Azuay, Departamento de Posgrados. Cuenca-Ecuador. 2019. [2 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8894/1/14542.pdf>

PEÑALOZA, N. Distribución espacial y temporal del inventario de emisiones provenientes de las fuentes móviles y fijas de la Ciudad de Bogotá, D.C. (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Ingeniería Química y Ambiental. Bogotá-Colombia. 2010. [14 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/7516/nelsoneduardopenalozapabon.2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PÉREZ, D. "Estudio de emisiones contaminantes utilizando combustibles locales". *INNOVA Research Journal*, vol. 3, n° 3 (2018), (Ecuador) pp. 23-34.

PESANTES, J. Propuesta para la Implementación de Estaciones de Peaje en el Proyecto Ruta Viva “Vía de Integración de los Valles” y Conexión al Nuevo Aeropuerto de Quito (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería. Quito-Ecuador. 2014. [6 de septiembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7912/9.55.000667.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

PETROECUADOR. *Informe de Gestión – Rendición de Cuentas 2018* [en línea]. Quito-Ecuador: Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador EP PETROECUADOR, 2018.

[Consulta: 14 de julio de 2021]. Disponible en: <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/INFORME-RENDICION-DE-CUENTAS-2018-FIN.pdf>

PILCO, D., ROSALES, P., SARMIENTO, F., y ZAMBRANO, J. Construcción de bancos de entrenamiento para la capacitación en los Sistemas de Inyección Diésel y Gasolina Monopunto y Multipunto (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca-Ecuador. 2012. [23 de junio de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4261/1/UPS-CT002605.pdf>

QUEROL, X. *La calidad del aire en las ciudades* [en línea]. Barcelona-España: Fundación Gas Natural Fenosa, 2018. [Consulta: 12 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://www.fundacionnaturgy.org/wp-content/uploads/2018/06/calidad-del-aire-reto-mundial.pdf>

QUINCHIMBLA, F., y SOLÍS, J. Desarrollo de ciclos de conducción en ciudad, carretera y combinado para evaluar el rendimiento real del combustible de un vehículo con motor de ciclo Otto en el Distrito Metropolitano de Quito (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2017. [5 de abril de 2021]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17000/1/CD-7578.pdf>

QUINDE, D. Estimación de emisiones de CO₂ en taxis con cilindrada de 1400 cc bajo parámetros de conducción normal en la ciudad de Cuenca, utilizando el modelo IVE (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador. 2019. [14 de marzo de 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9708/1/15337.pdf>

QUIÑONES, L. Evaluación de los inventarios de emisiones de fuentes móviles de Bogotá mediante datos de la red de calidad de aire (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá-Colombia. 2012. [9 de julio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/12250/292547.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RADIAN INTERNATIONAL. *Manuales del programa de inventarios de emisiones de Mexico* [en línea]. Sacramento-México: Radian International, 1997. [Consulta: 21 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www3.epa.gov/ttnecat1/dir1/vehicul6.pdf>

REDONDO, F. Estudio paramétrico experimental para la determinación de la temperatura óptima de activación del sistema de recirculación de gases en un motor Diésel EURO 6 de automoción (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Politécnica de Valencia. Valencia-España. 2015. [23 de julio de 2021]. Disponible en: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/66405/04626510_TFG_14660991597078123074194245658684.pdf?sequence=3&isAllowed=y

RIVEROS, R. Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) en la Industria de Pinturas y sus Disolventes en Perú – Análisis de Caso y Estrategias de Gestión Ambiental y Salud Ocupacional (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado. Lima-Perú. 2017. [1 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/a612228e26b6d917afd624db145157b2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=51922&diss=y>

RIZZO, R. Estudio para la implementación de un laboratorio de calibración de sistema de inyección a diésel en el cantón Salitre (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz. Guayaquil-Ecuador. 2018. [24 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2716/1/T-UIDE-188.pdf>

ROJAS, E., ROMERO, V., y PANCHÁ, J. "Análisis del comportamiento de las emisiones de CO₂, CO y del factor lambda de un vehículo con sistema de inyección convencional con catalizador y sin catalizador". *Revista de Ciencia y Tecnología INGENIUS*, n° 23 (2020), (Ecuador) pp. 23–29.

ROMÁN, R. Análisis de los parámetros controlados en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2207:2002 aplicada en la revisión técnica vehicular para automotores Diésel en el Distrito Metropolitano de Quito (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Mecánica. Quito-Ecuador. 2020. [2 de abril de 2021]. Disponible en: https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21274/1/CD_10790.pdf

ROMERO, B. Desarrollo de aplicación para la obtención de bins de entrada de patrones de conducción de acuerdo al modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad del Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología. Cuenca-Ecuador. 2017. [27 de julio de 2021]. Disponible en: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7448/1/13356.pdf>

SAATCIOGLU, T., ALP, K., HANEDAR, A., y AVŞAR, E. "Effect of the Marmaray Project on air pollution in Istanbul: An iver model application". *Fresenius Environmental Bulletin* [en línea], 2011, vol. 20 (n° 9a), pp. 2340-2349. [Consulta: 3 de agosto de 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/287183505_Effect_of_the_marmaray_project_on_air_pollution_in_Istanbul_An_iver_model_application

SAAVEDRA, J. Análisis de nuevos escenarios de emisión de contaminantes del parque automotor generados en un ambiente de tráfico vehicular (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. Lima-Perú. 2014. [23 de junio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1872/T01-S33-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SALAMANCA, M., y MORA, J. Análisis de patrones de conducción de vehículos (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería. Bogotá-Colombia. 2016. [2 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/21435>

SÁNCHEZ, E., ORTIZ, L., y CASTREJÓN, M. *Contaminación Urbana del Aire: Aspectos fisicoquímicos, microbiológicos y sociales* [en línea]. México: Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2014. [Consulta: 17 de mayo de 2021]. Disponible en: https://www.uaem.mx/dgds/files/libros/2014_LIBRO_CONTAMINACIÓN_URBANA_DEL_AIRE_ASPECTOS_FISICOQUÍMICOS%2CMICROBIOLÓGICOS_Y_SOCIALES.pdf

SÁNCHEZ, G., FABELA, M., FLORES, O., HERNÁNDEZ, J., VÁSQUEZ, D., y CRUZ, M. Revisión de la normativa internacional sobre límites de emisiones contaminantes de vehículos de carretera [en línea]. Instituto Mexicano de Transporte, 2019. [Citado: 2 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt562.pdf>

SARANGO, D., y MONCAYO, P. Determinación del indicador Kilómetros-Vehículo Recorrido (KVR) para la Ciudad de Cuenca (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca-Ecuador. 2016. [1 de abril de 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12152/1/UPS-CT006103.pdf>

SARKAN, B., STOPKA, O., GNAP, J., y CABAN, J. "Investigation of Exhaust Emissions of Vehicles with the Spark Ignition Engine within Emission Control". *Procedia Engineering* [en

[línea], 2017, vol. 187, pp. 775–782. [Consulta: 25 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.04.437>

SUBRAMANI, T. "Study of air pollution due to vehicle emission in tourism centre". *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)* [en línea], 2012, vol. 2, pp. 1753–1763. [Consulta: 12 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.416.1837&rep=rep1&type=pdf>

TANICUCHI, L. Análisis de los Sistemas de Ventilación Positiva del Cáster y Recirculación de Gases de Escape en un MEP en función de las emisiones generadas (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Ibarra-Ecuador. 2020. [21 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11424/2/04%MAUT%150%TRABAJO%GRADO.pdf>

TARAPÚES, B. Modelación de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero de autobuses urbanos de la Ciudad de Ibarra (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas. Ibarra-Ecuador. 2019. [4 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9011/1/04%MAUT%081%TRABAJO%DE%GRADO.pdf>

TELLO, J. Estimación de contaminantes atmosféricos emitidos por mototaxis en la Ciudad de Celendín empleando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias. Cajamarca-Perú. 2019. [27 de junio de 2021]. Disponible en: [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3412/ESTIMACIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS EMITIDOS POR MOTOTAXIS EN LA CIUDAD DE CELENDÍN EMPLEAND.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3412/ESTIMACIÓN%20DE%20CONTAMINANTES%20ATMOSFÉRICOS%20EMITIDOS%20POR%20MOTOTAXIS%20EN%20LA%20CIUDAD%20DE%20CELENDÍN%20EMPLEAND.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

TORRES, M. "Contaminantes Atmosféricos. Artículos de Revisión: Interrelaciones ecológicas, salud y enfermedad". *Revista del Centro Estatal de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades* [en línea], 2020, pp. 6-50. [Consulta: 1 de abril de 2021]. Disponible en: https://salud.edomexico.gob.mx/cevece/docs/revista_IE/revista_1_20inteli.pdf#page=18

TORREZ, C., y ARUQUIPA, S. Implementación de un Impuesto Municipal a la Contaminación Vehicular (IMCV) en la ciudad de La Paz (Trabajo de Titulación) (Tesis de

Grado). [En línea] Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Ciencias Económicas y Financieras. La Paz-Bolivia. 2017. [23 de agosto de 2021]. Disponible en: [https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15750/DIP TRIB V XIII 31 IMPLEMENTACION DE UN IMPUESTO MUNICIPAL A LA CONTAMINACION VEHICULAR MCV EN LA CIUDADA DE LA PAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15750/DIP%20TRIB%20V%20XIII%2031%20IMPLEMENTACION%20DE%20UN%20IMPUESTO%20MUNICIPAL%20A%20LA%20CONTAMINACION%20VEHICULAR%20MCV%20EN%20LA%20CIUDADA%20DE%20LA%20PAZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

URBINA, A. Comparación de factores de emisión vehicular al utilizar ciclos de conducción IM240 y on board en la ciudad de Quito (Trabajo de Titulación) (Maestría). [En línea] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2016. [3 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15097>

VEGA, D. Inventario de Emisiones Atmosféricas del Tráfico Vehicular y Gasolineras del Distrito Metropolitano de Quito. Año base 2012 (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad San Francisco de Quito, Colegio de Ciencias e Ingeniería. Quito - Ecuador. 2015. [4 de junio de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4178/1/113616.pdf>

VIVANCO, S. Emisión de Dióxido de Carbono de vehículos automotores en la Ciudad de Loja (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Loja-Ecuador. 2015. [3 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18541/1/Tesis%20Santiago%20Manuel%20Vivanco%20Pinta.pdf>

YUGCHA, C. Mejoramiento del tránsito vehicular y peatonal con una propuesta de movilidad continua entre la vía Tisaleo - San Diego - Alobamba del Cantón Tisaleo, Provincia de Tungurahua (Trabajo de Titulación) (Tesis de Grado). [En línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. [2 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24445>

ANEXOS

ANEXO A. MODELO DE ENCUESTA.

1. ¿Qué tipo de vehículo posee?

- Motocicleta.
- Automóvil.
- SUV-Jeep.
- Camioneta.
- Furgoneta.
- Camión.
- Bus.

2. ¿Qué combustible usa su vehículo?

- Gasolina.
- Diesel.
- Gas propano.
- Híbrido.
- Eléctrico

3. ¿Cuál es el kilometraje de su vehículo?

- 0-25,000 kilómetros.
- 25,000 – 79,000 kilómetros.
- 80,000 – 161,000 kilómetros.
- Más de 161,000 kilómetros.

4. ¿Qué tipo de dispositivo de control de emisiones posee?

- EGR.
- Catalizador de 3 vías.
- Catalizador de 2 vías.
- Ninguno
- Otro

5. ¿Posee su vehículo válvula PCV?

- No.
- Si.

6. Indique el año de fabricación de su vehículo.

7. ¿Cuántas veces al día enciende su vehículo?

8. ¿Cuántas veces al día se vehículo permanece apagado por menos de 15 minutos?

9. ¿Cuántas veces al día se vehículo permanece apagado entre de 15 y 30 minutos?

- 10. ¿Cuántas veces al día se vehículo permanece apagado entre de 30 y 60 minutos?**
- 11. ¿Cuántas veces al día se vehículo permanece apagado por 2 horas?**
- 12. ¿Cuántas veces al día se vehículo permanece apagado por 3 horas?**
- 13. ¿Cuántas veces al día se vehículo permanece apagado por 4 horas?**
- 14. ¿Cuánto tiempo transcurre desde que apaga su vehículo por la noche hasta encenderlo al día siguiente?**
- 15. ¿Cuántos kilómetros recorre en promedio su vehículo?**
- 16. ¿Cuál es la velocidad promedio a la que se desplaza en su vehículo?**
- 17. ¿Cuál es la velocidad mínima a la que se desplaza en su vehículo?**
- 18. ¿Cuál es la velocidad máxima a la que se desplaza en su vehículo?**
- 19. Indique si su vehículo posee aire acondicionado:**
- Sí.
 - No.
- 20. Si su respuesta anterior fue afirmativa, indique el tiempo en el que permanece encendido el aire acondicionado:**
- Nada.
 - Poco.
 - Mucho.
 - Casi siempre.
 - Siempre.
- 21. ¿Cuántas veces al día detiene su vehículo?**

ANEXO B. MAPA DE DESAGREGACIÓN ESPACIAL DE EMISIONES VEHICUALARES.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 21 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Green Alexander Gaibor Intriago</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>



1935-DBRA-UTP-2021