



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE FUENTES MÓVILES  
EN EL CANTÓN RIOBAMBA APLICANDO EL MODELO  
COMPUTACIONAL IVE**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR:** DAMIAN ESTEBAN CABASCANGO CÁCERES

**DIRECTORA:** Ing. RAFAELA VITERI UZCATEGUI PhD.

Riobamba-Ecuador

2022

**©2022, Damian Esteban Cabascango Cáceres**

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

Yo, DAMIAN ESTEBAN CABASCANGO CÁCERES, 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, 10 de marzo del 2022

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Damian Esteban Cabascango Cáceres', enclosed within a faint rectangular border.

**Damian Esteban Cabascango Cáceres**

**0604564013**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el Trabajo de Titulación tipo: Proyecto Técnico, “**DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE FUENTES MÓVILES EN EL CANTÓN RIOBAMBA APLICANDO EL MODELO COMPUTACIONAL IVE**”, realizado por el señor **DAMIAN ESTEBAN CABASCANGO CÁCERES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación. En virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Celso Guillermo Recalde Moreno PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO ----- Firmado digitalmente por CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO	2022-03-10
Ing. Rafaela Viteri Uzcategui PhD. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 ----- Firmado electrónicamente por: <b>MARIA RAFAELA VITERI UZCATEGUI</b>	2022-03-10
Ing. Juan Carlos González García Msc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 ----- Firmado electrónicamente por: <b>JUAN CARLOS GONZALEZ GARCIA</b>	2022-03-10

## **DEDICATORIA**

Con amor, dedico el presente proyecto técnico realizado con esfuerzo y dedicación, a mis padres, María Cáceres y Francisco Cabascango, por brindarme su apoyo a lo largo del camino, y a pesar de las dificultades presentadas, estuvieron a mi lado, e hicieron de mí una persona perseverante capaz de alcanzar sus metas ante los pasos que debemos dar al transcurso de la vida.

Damian

## **AGRADECIMIENTO**

Un sincero agradecimiento a la Ing. Rafaela Viteri, que desde que tuvimos el gusto de conocernos, además, de ser una gran docente que me ha ayudado mucho a mi formación profesional ha sido una gran amiga siempre ayudándome.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente, y permitirme conocer a personas valiosas con las que tuve la dicha de compartir experiencias de vida a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco a todo el grupo de trabajo que me ayudo a los conteos y siempre estuvieron apoyándome para la finalización de la investigación, a mi madre, Sebastián, Diana Carolina, Bryan.

Damian

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases teóricas.....	5

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Aire.....	6
2.1.1. <i>Calidad del aire</i> .....	6
2.2. Contaminación atmosférica.....	6
2.2.1. <i>Contaminación por fuentes móviles</i> .....	7
2.2.1.1. <i>Relación contaminación atmosférica-movilidad</i> .....	7
2.2.2. <i>Contaminantes atmosféricos</i> .....	7
2.2.2.1. <i>Material particulado</i> .....	8
2.2.2.2. <i>NO<sub>x</sub></i> .....	8
2.2.2.3. <i>Ozono</i> .....	8
2.2.2.4. <i>Monóxido de carbono (CO)</i> .....	9
2.2.2.5. <i>SO<sub>2</sub></i> .....	9
2.2.2.6. <i>Compuestos orgánicos volátiles (VOC)</i> .....	9
2.2.2.7. <i>Compuestos orgánicos volátiles evaporados</i> .....	10
2.3. Efectos en la salud de la contaminación atmosférica.....	10
2.3.1. <i>Sistema respiratorio</i> .....	11
2.3.2. <i>Sistema nervioso</i> .....	11
2.4. Inventario de emisiones.....	11
2.4.1. <i>Mobile</i> .....	12

2.4.2.	<i>Moves</i> .....	12
2.4.3.	<i>Copert</i> .....	12
2.4.4.	<i>Modelo IVE</i> .....	13
2.5.	<b>Modelo International Vehicule Emissions (IVE)</b> .....	13
2.5.1.	<i>Bin</i> .....	13
2.5.2.	<i>Vsp</i> .....	14
2.5.3.	<i>Patrones de conducción</i> .....	15
2.6.	<b>Base Legal</b> .....	16
2.6.1.	<i>Norma ecuatoriana de calidad del aire</i> .....	16
2.6.2.	<i>Ley orgánica de salud</i> .....	17
2.6.3.	<i>Ley de prevención y control de la contaminación ambiental</i> .....	17

### CAPÍTULO III

3.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	18
3.1.	<b>Área de estudio</b> .....	18
3.2.	<b>Técnica de recolección de datos</b> .....	18
3.2.1.	<i>Descripción de modelo</i> .....	18
3.2.2.	<i>Actividad Vehicular</i> .....	19
3.2.3.	<i>Distribución De Flota Vehicular</i> .....	20
3.2.4.	<i>Desagregación Espacial y Temporal</i> .....	22

### CAPÍTULO IV

4.	<b>RESULTADOS</b> .....	24
4.1.	<b>Determinación y análisis de la zona de estudio</b> .....	24
4.1.1.	<i>Vía de interés</i> .....	24
4.1.2.	<i>Aforo Vehicular</i> .....	25
4.1.3.	<i>Categoría definida para el aforo Vehicular</i> .....	25
4.1.4.	<i>Obtención de datos mediante Global Positioning System (GPS)</i> .....	26
4.2.	<b>Emisiones atmosféricas mediante modelo IVE</b> .....	26
4.2.1.	<i>Evaluación de datos GPS</i> .....	27
4.2.2.	<i>Obtención de emisiones mediante IVE MODEL 2.0.2</i> .....	27
4.3.	<b>Desagregación espacial de contaminantes atmosféricos</b> .....	28
4.3.1.	<i>Intensidad Vehicular</i> .....	29
4.3.2.	<i>Desagregación de contaminantes</i> .....	29

<b>CONCLUSIONES</b> .....	34
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	35
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Niveles de valores VSP.....	14
<b>Tabla 2-2:</b> Niveles de estrés del motor.....	15
<b>Tabla 3-2:</b> Categoría de Soak para Patrones de Partida en el modelo IVE.....	15
<b>Tabla 1-3:</b> Categorías vehiculares.....	22
<b>Tabla 1-4:</b> Conteo de aforo vehicular.....	25
<b>Tabla 2-4:</b> Número de vehículos por tipo.....	25
<b>Tabla 3-4:</b> Vehículos por tipo de tecnología.....	26
<b>Tabla 4-4:</b> Datos de emisiones de contaminantes para carros particulares.....	27
<b>Tabla 5-4:</b> Datos de emisiones de contaminantes para taxis.....	27
<b>Tabla 6-4:</b> Datos de emisiones de contaminantes para buses.....	28
<b>Tabla 7-4:</b> Datos de emisiones de contaminantes para motos.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-3:</b>	Georreferenciación de la zona de estudio .....	18
<b>Figura 2-3:</b>	Puntos de monitoreo en el norte de la ciudad .....	20
<b>Figura 3-3:</b>	Puntos de monitoreo en el centro de la ciudad.....	21
<b>Figura 4-3:</b>	Puntos de monitoreo en el centro de la ciudad.....	21
<b>Figura 1-4:</b>	Puntos de monitoreo en el centro de la ciudad.....	24
<b>Figura 2-4:</b>	Mapa de intensidad vehicular de la ciudad de Riobamba. ....	29
<b>Figura 3-4:</b>	Mapa de emisiones vehiculares de CO en la ciudad de Riobamba. ....	30
<b>Figura 4-4:</b>	Mapa de emisiones vehiculares de NO <sub>x</sub> en la ciudad de Riobamba. ....	31
<b>Figura 5-4:</b>	Mapa de emisiones vehiculares de PM en la ciudad de Riobamba. ....	31
<b>Figura 6-4:</b>	Mapa de emisiones vehiculares de SO <sub>x</sub> en la ciudad de Riobamba. ....	32
<b>Figura 7-4:</b>	Mapa de emisiones vehiculares de VOC en la ciudad de Riobamba. ....	32
<b>Figura 8-4:</b>	Mapa de emisiones vehiculares de VOCEVAP en la ciudad de Riobamba. ....	33

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CONTEO DE VEHÍCULOS EN PUNTOS DE INTERÉS

**ANEXO B:** RECORRIDOS DE RUTA EN VEHÍCULOS

**ANEXO C:** OBTENCIÓN DE BIENES CON EVALUATION GPS DATA

**ANEXO D:** EMISIONES DE CONTAMINANTES PROGRAMA IVE

## RESUMEN

En este trabajo se realizó un inventario de emisiones vehiculares para la ciudad de Riobamba en el 2019, en donde se estimaron contaminantes primarios y gases de efecto invernadero, en la cual se realizó recolección de datos que son necesarios para calcular los factores de emisión por medio del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), en donde se tuvo en cuenta características como la composición dinámica de la flota vehicular, distribución tecnológica, distribución de partidas en frío y otras que permitieron estimar el total en kg/día de contaminante generado por cada una de las categorías vehiculares seleccionadas, teniendo en cuenta si el funcionamiento del proceso de combustión de cada una de estas se da a partir del diésel, gas natural u otro combustible. Los contaminantes que se han considerado para el análisis son: monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, material particulado, óxidos de azufre. La metodología consistió en actividades de campo en puntos estratégicos de la ciudad determinando así, las características del parque automotor y la actividad vehicular, esta última se obtuvo mediante recorridos en vehículos de las cuatro categorías escogidas, equipados con GPS. Para poder determinar las tecnologías y la flota vehicular se realizaron conteos in-situ en tres puntos estratégicos de la ciudad escogidos durante una semana. Los resultados obtenidos nos indican que el comportamiento de todas las emisiones de contaminantes es similar, ya que se identificaron altas tasas de emisiones de monóxido de carbono con un total de 596.95 kg/día, mientras que la menor tasa de emisión fue el óxido de azufre con 0.22 kg/día. Recomendando así la correcta realización de revisiones vehiculares para matricular los vehículos en el cantón Riobamba, a fin de evitar la circulación de vehículos cuyas tecnologías estén obsoletas, generando un gran porcentaje de emisiones atmosféricas perjudiciales para la salud.

**Palabras clave:** <AIRE>, <CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA>, <EMISIONES VEHICULARES>, < INTERNACIONAL VEHICULAR EMISIÓN (IVE)>, <INVENTARIO DE EMISIONES>.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO  
FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): o=EC,  
ou=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,  
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION ECIBCE, +QUITO,  
c=EC, o=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.04.12 11:44:37 -0500



0661-DBRA-UTP-2022

## SUMMARY

This research had to do with the implementation of a vehicle emissions inventory for Riobamba city in 2019. The primary pollutants and greenhouse gases were established and the data collection, necessary to calculate the emission factors by means of the International Vehicle Emissions Model (IVE) was also carried out taking into account characteristics such as the dynamic composition of the vehicle fleet, technological distribution, cold starts distribution and others which allowed estimating the total amount of pollutant generated by each of the selected vehicle categories in kg/day and considering if the combustion process is based on diesel, natural gas or any other fuel consumption. The pollutants considered for this analysis are: carbon monoxide, volatile organic compounds, nitrogen oxides, particulate matter and sulfur oxides. The methodology consisted of field activities carried out in strategic points of the city to determine the characteristics of the vehicle fleet and vehicle activity, this was obtained by means of tours in GPS-equipped vehicles belonging to each of the four categories. In order to determine the technologies and the vehicle fleet, in-situ counting was carried out in three strategic points of the city chosen during one week. The results obtained revealed that the behavior of all pollutant emissions is similar, since high rates of carbon monoxide emissions were identified with a total of 596.95 kg/day, while the lowest emission rate was sulfur oxide with 0.22 kg/day. Thus, it is recommended to check the vehicles correctly before their corresponding registration in Riobamba county in order to avoid the circulation of vehicles with obsolete technologies, which generate a high percentage of atmospheric emissions, harmful for human health.

Keywords: <AIR>, <ATMOSPHERIC POLLUTION>, <VEHICULAR EMISSIONS>, <INTERNATIONAL VEHICULAR EMISSIONS MODEL (IVE)>, <EMISSIONS INVENTORY>.



Firmado electrónicamente por:

**PAUL  
ROLANDO  
ARMAS  
PESANTEZ**

## INTRODUCCIÓN

El trabajo técnico se va a realizar en el cantón Riobamba, ya que no existen estudios de contaminación del aire en el cantón, dando a conocer el número de vehículos existentes por el cual se conocerá la emisión de contaminantes entre los cuales están los NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, CO y CO<sub>2</sub>, los cuales se producen por la combustión de los combustibles fósiles en motores de combustión interna los cuales tiene como propósito producir un par mecánico mediante la transformación de la energía química contenida en el combustible, al mezclar aire con el combustible antes de la combustión y de los productos derivados de la combustión, se le conoce como flujo de trabajo Morales y Guzmán, 2014, p. 21), viéndose afectadas estas emisiones por el estilo de conducción, flota vehicular, condiciones atmosféricas y topografía del terreno. Siendo la contaminación del aire el principal riesgo ambiental para la salud pública en las Américas, cerca de 7 millones de muertes prematuras fueron atribuibles a la contaminación del aire ambiental en 2016 y alrededor del 88 % de estas muertes ocurren en países de ingresos bajos y medios, teniendo más de 50 millones de personas en América Latina viviendo en ciudades que exceden las Guías de Calidad del Aire de la OMS. Dichas emisiones tienen grandes afecciones a la salud ya que la exposición a altos niveles de contaminación del aire puede causar una variedad de resultados adversos para la salud: aumenta el riesgo de infecciones respiratorias, enfermedades cardíacas, derrames cerebrales y cáncer de pulmón las cuales afectan en mayor proporción a población vulnerable, niños, adultos mayores y mujeres (OPS/OMS, 2016, p. 45).

El modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) es un programa en lenguaje JAVA que permite la estimación de las emisiones de contaminantes criterio, contaminantes tóxicos y gases de efecto invernadero provenientes de vehículos automotores que circulan por carretera, considerando tanto las emisiones provenientes del escape como las evaporativa (INE-SEMARNAT, 2006, p. 29).

## JUSTIFICACIÓN

La contaminación atmosférica es un problema a escala mundial. Se han realizado varios estudios en diferentes ciudades del mundo, demostrando que en los lugares donde la contaminación atmosférica sobrepasa los estándares de calidad de aire, la incidencia de problemas respiratorios se incrementa (Xu et al., 2016, p. 12).

Las personas que viven en países de ingresos bajos y medianos experimentan de manera desproporcionada la carga de la contaminación del aire exterior con el 91% (de los 4,2 millones de muertes prematuras) que ocurren en países de ingresos bajos y medianos, y la mayor carga en el Sudeste de Asia de la OMS y regiones del Pacífico Occidental. Las últimas estimaciones de carga reflejan el papel muy importante que juega la contaminación del aire en las enfermedades cardiovasculares y la muerte. Cada vez se dispone de más pruebas que demuestran los vínculos entre la contaminación del aire ambiente y el riesgo de enfermedad cardiovascular, incluidos estudios de áreas altamente contaminadas (WHO, 2018, p. 98). Realizando un levantamiento de información como: número de vehículos, perfiles de velocidad y aceleración, perfiles altitudinales, patrones de partida, condiciones atmosféricas, calidad de combustible, tecnología vehicular, kilómetros recorridos por vehículo (kbr), intensidad vehicular; los cuales darán a conocer la calidad de aire que hay en el cantón Riobamba con datos significativos, permitiendo al GADM de Riobamba aplicar políticas y medidas para mitigar las emisiones de contaminantes atmosféricos y mejorar la calidad del aire del cantón.

Actualmente el uso de combustibles fósiles, el tráfico vehicular y las consecuencias que estos las causas afectan la calidad del aire y aumentan la contaminación del aire, convirtiéndose en un problema grave; sin embargo, este es uno de los temas menos estudiados, debido a los altos costos de realizar estos tipos de investigación. En Ecuador sería de gran importancia realizar estos estudios y poder brindar soluciones a diferentes ciudades del país que padecen este tipo de contaminación, especialmente a las zonas más pobladas como Quito, Guayaquil y Cuenca. Las autoridades no han tomado las medidas necesarias para solucionar el problema a pesar del aumento de vehículos y población (Viteri y Paredes 2017, p. 11).

La ciudad de Riobamba es una ciudad en constante crecimiento, por lo que existe un continuo incremento vehicular, que se muestra en un estudio realizado en 2010, el estudio presenta una proyección que se inicia en el año 2001 en el que se registra una tasa de crecimiento del 4,32%, hasta 2011 en el que muestra la tasa de crecimiento de vehículos como 7.81%, lo que significa que este aspecto seguirá cambiando cada año, estos factores lo convierten en el lugar ideal para realizar investigaciones sobre la calidad del aire, además cabe mencionar que en la ciudad y en provincia hubo estudios realizados en 2008, que no resultaron útiles debido a la antigüedad de datos (Enrique y Palacios, 2012, p. 3).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Realizar el inventario de emisiones vehiculares en el cantón Riobamba utilizando el sistema internacional IVE para el año 2019

### **Objetivos Específicos**

- Realizar el levantamiento de línea base de la zona de estudio considerando patrones de conducción, flota vehicular, meteorología y topografía.
- Aplicar el modelo IVE para la obtención del inventario de emisiones vehiculares en el cantón Riobamba.
- Realizar la desagregación espacial y temporal de las emisiones vehiculares de la zona de estudio.

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Antecedentes

En el 2017 se realizó un estudio y análisis de las emisiones de NO<sub>2</sub> generado por vehículos en el Terminal Terrestre de la ciudad de Riobamba, el cual, tenía como objeto de este estudio medir la concentración de NO<sub>2</sub>, ya que este es el principal precursor en la generación de ozono troposférico, por lo que a través de esta investigación intentará localizar las zonas vulnerables. El área de estudio es el “Terminal Terrestre” de Riobamba y sus alrededores, por su ubicación como punto central donde se ubican la mayoría de los vehículos de motor (Viteri y Paredes, 2017, p.21).

Son trabajos de investigación que han abordado la misma situación problemática. Es la etapa donde se recopila información documental para elaborar el diseño metodológico de la investigación, aquí se establece como y que información se recopila tales como: datos bibliográficos del trabajo, el objetivo o problema general, los instrumentos de recolección de datos utilizados y la conclusión en general. Es decir, un conocimiento profundo de la teoría que le da significado a la investigación.

En el 2014, Merino, R. Realizó el estudio “EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS CO, SO<sub>2</sub> Y NO<sub>x</sub> PRODUCTO DEL DESARROLLO DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES DEL CANTÓN RUMIÑAHUI PROVINCIA DE PICHINCHA”. Donde se describe la simulación de la dispersión de contaminantes atmosféricos, utilizando un software WRPLOT View y el paquete AERMOD como herramienta para el análisis de la concentración de contaminantes producto de la actividad industrial, los datos obtenidos fueron comparados con la normativa ecuatoriana TULSMA, dando como resultado de la investigación, que las fuentes fijas estudiadas generan emisiones superiores a las permitidas por la legislación vigente. Por lo que es de vital importancia realizar el monitoreo periódico de la calidad del aire de Rumiñahui y realizar un programa de monitoreo atmosférico de la zona de estudios, para así informar a la población e industrias sobre el impacto que estas causan al ambiente y a los ciudadanos (Nyamwanza, 2014, p. 10).

Puertas, C. en 2019. Realizo la investigación “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CONTAMINANTES DEL AIRE A FILO DE CALLE EN EL CENTRO HISTÓRICO DE QUITO Y EL VALLE DE LOS CHILLOS”. En la cual realizo el monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de Quito y Valle de los Chillos, en la cual se establecieron 10 puntos de muestreo: La Pontificia Universidad Católica del Ecuador, secretaria de Seguridad y Gobernabilidad del Municipio de Quito, Escuela Sucre, Unidad Metropolitana de salud Sur, Hogar de Paz, Teatro Capitol Administración Zonal Calderón, Vista para Todos, Unidad Educativa San Luis Gonzaga

y Plaza Cumbayá. Se realizó con la ayuda del muestreador AQM60 durante 8 días cada dos minutos, en los cuales se determinó CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, con los resultados, se obtuvo los perfiles horarios de los contaminantes por día, durante los meses de abril y mayo del 2018. Para todos los contaminantes en los puntos muestreados, los resultados fueron comparados con la normar ambiental ecuatoriana, estando los mismos dentro de los límites permisibles, con excepción del SO<sub>2</sub> en la Escuela Sucre, en la Unidad Educativa “San Luis Gonzaga” y Cumbayá incumplen los límites propuestos por la Organización Mundial de la Salud, las altas concentraciones son debidas a la alta radiación solar y el alto flujo vehicular (D, 2012, p. 45).

## **1.2. Bases teóricas**

La contaminación atmosférica es un problema mundial responsable de muertes prematuras y el aumento de costos sociales. El deterioro de la calidad del aire en zonas urbanas se asocia entre otras a emisiones de fuentes móviles en carretera. Para controlar estas fuentes, se requiere estimar las emisiones contaminantes. Una herramienta desarrollada para este fin es el modelo IVE que establece las emisiones de los vehículos, según condiciones locales representadas en los patrones de conducción. Aunque este modelo se ha implementado a nivel mundial, el establecimiento de los patrones de conducción es una limitante en su aplicación (Guaitarilla y Rios, 2019, p. 7).

Los motores de combustión interna, a través de los años, han mejorado su eficiencia. Sin embargo, no tienen un rendimiento perfecto, es decir, de todo el combustible consumido solo una pequeña parte es convertida en energía y el resto se pierde en forma de calor, dando a conocer un proceso conocido como la combustión incompleta. La combustión incompleta, es un proceso que, a diferencia de la combustión completa, genera una mínima o nula cantidad de dióxido de carbono, siendo reemplazado por emisiones de monóxido de carbón. Así mismo, dependiendo de la composición del combustible, se pueden generar gases como SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y otras partículas derivadas como el hollín (BBC 2011, p. 12).

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Aire

El aire es una mezcla de gases que forman la atmósfera, es por ello que se encuentra en todas partes. Sus componentes principales son el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, neón, helio, entre otros. Todos ellos de gran importancia y necesarios para que los seres vivos realicen funciones vitales, como las siguientes:

- Gracias al oxígeno en la atmósfera, podemos respirar.
- El dióxido de carbono es la base para la fotosíntesis.
- El aire permite la existencia del fuego, el sonido, el viento, las nubes, las lluvias, etc.

Entre otras características, el aire no tiene un volumen definido y es sensible a la temperatura (se expande con el calor y se contrae con el frío). Además, es insípido, transparente, inodoro e incoloro en pequeñas cantidades. Pero a distancia, y en grandes volúmenes, se ve de color azul, esto es provocado por la desviación de los rayos solares (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2018, p. 12).

##### 2.1.1. Calidad del aire

Es la presencia en el aire de sustancias en cantidad suficiente para que impliquen riesgo, daño o molestia para las personas y el medio ambiente.

La calidad del aire nos indica la presencia de contaminantes en el aire y su importancia se justifica dada la influencia que ésta tiene en la salud humana y en el medio ambiente en general.

Un aspecto a tener en cuenta es su naturaleza transfronteriza, esto es que la contaminación generada en una parte tendrá también sus efectos en otros lugares y países. En este sentido, no hay que olvidar otros fenómenos de similar naturaleza como son la “lluvia ácida” en los 80, el agujero de la capa de ozono en los 90 y el actual “cambio climático” (Canarias. Consejería de Transición Ecológica, 2015, p. 9).

#### 2.2. Contaminación atmosférica

Es la presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente (REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO, 2016, p. 98).

Hablamos de contaminación atmosférica cuando se producen efectos nocivos en sobre el ser humano, los animales, las plantas y los bienes materiales.

### **2.2.1. Contaminación por fuentes móviles**

Las fuentes móviles comprenden a vehículos particulares, transporte público y de carga. Esta contaminación se incrementa por el aumento del parque automotor y la deficiencia de controles en las tecnologías, principalmente derivado del uso masivo de vehículos particulares (Estabou, 2015, p. 32).

Comprende los medios de transporte automotor. La realización de un inventario de fuentes fijas contaminantes constituye un importante paso para cuantificar el potencial de emisiones de este tipo en un territorio determinado (Fonte, Cuesta y Sosa, 2017, p. 34).

#### **2.2.1.1. Relación contaminación atmosférica-movilidad**

Las emisiones contaminantes de vehículos y motocicletas se deben al gran crecimiento desmedido del parque automotor, sin haber realizado un estudio de los efectos contaminantes que estos vehículos y motocicletas generan al medio ambiente. La industria, la incineración de sólidos “neumáticos”, combustión de los motores todos estos contaminantes se mezclan en la atmosfera y es una de las causas la cual está debilitando la capa de ozono (Montero y Alcázar, 2018, p. 2).

### **2.2.2. Contaminantes atmosféricos**

La utilización de combustibles fósiles utilizados en el transporte produce una mezcla compleja de contaminantes a los que la población está expuesta en la vida urbana. Las características precisas de la mezcla dependen tanto de las diferentes fuentes de contaminación como del tráfico vehicular y la generación de energía. Todas las mezclas contienen ciertos contaminantes gaseosos primarios como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y el monóxido de carbono (CO) que son directamente emitidos por la fuente de combustión (T, J, 1996). Además, todos los procesos de combustión producen partículas, las cuales en su mayoría son tan pequeñas que pueden ser inhaladas bien sea como emisiones primarias (tales como hollín producido por diésel, o bien como partículas secundarias a través de la transformación atmosférica (como, por ejemplo, las partículas de sulfato formadas a partir de la quema de combustible que contenga azufre) (J, 2004, p. 56).

### 2.2.2.1. *Material particulado*

El material particulado en suspensión representa una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas. La masa y la composición en entornos urbanos tienden a dividirse en dos grupos principales: partículas gruesas y partículas finas. La barrera entre estas dos fracciones de partículas suele estar entre 1  $\mu\text{m}$  y 2,5  $\mu\text{m}$ . Sin embargo, el límite entre partículas finas y gruesas a veces se fija por convención en 2,5  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico ( $\text{PM}_{2,5}$ ) para fines de medición (WHO 2003, p. 34).

Las partículas más pequeñas contienen los aerosoles formados de forma secundaria (conversión de gas a partículas), partículas de combustión, vapores orgánicos y metálicos recondensados. Las partículas más grandes suelen contener materiales de la corteza terrestre y polvo fugitivo de carreteras e industrias. La fracción fina contiene la mayor parte de la acidez (ion hidrógeno) y la actividad mutagénica del material particulado, aunque en la niebla también se encuentran presentes algunas gotas de ácido grueso (WHO, 2003, p. 35).

### 2.2.2.2. $\text{NO}_x$

Los dos principales mecanismos de formación son: el  $\text{NO}_x$  térmico que resulta de la fijación térmica del nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) del aire de combustión y depende de la concentración de oxígeno y nitrógeno, tipo de quema del combustible, relación entre el aire primario y secundario, tipo de combustible forma de la llama, la temperatura máxima en la zona de combustión y tiempo de residencia de los gases a alta temperatura. El  $\text{NO}_x$  del combustible resulta de la oxidación de compuestos nitrogenados en el combustible. También los compuestos nitrogenados orgánicos e inorgánicos en la materia prima pueden incrementar las emisiones de  $\text{NO}_x$  (Emilio, Barreto, María, Correa, Ortiz Muñoz, Montes De Correa, 2008, p. 43).

### 2.2.2.3. *Ozono*

El ozono es el oxidante más importante presente en los niveles inferiores de la atmósfera. Se trata de un compuesto que se produce a partir de otras sustancias y mediante reacciones químicas en las que interviene la luz solar (contaminante fotoquímico secundario), y que es capaz de atacar (oxidar) materiales y tejidos vivos. Esto le convierte en un compuesto potencialmente peligroso dada su capacidad para reaccionar con la mayoría de los compuestos, degradándolos (oxidación, corrosión, etc.) (Mantilla, Castell, Salvador, Azorín, Millán, Miró, Juan, 2015, p. 43).

Ello afecta tanto a los materiales como a los propios seres vivos, que se ven expuestos a su acción, externamente pero también internamente, en el intercambio de gases que tiene lugar por la respiración. Existe evidencia experimental de efectos adversos sobre la salud ante cortas

exposiciones a elevadas concentraciones de ozono, que generalmente afectan a la reducción de capacidad respiratoria y alteración de la función pulmonar, siendo más crítico en individuos con afecciones previas, como es el caso de los asmáticos (Mantilla, Castell, Salvador, Azorín, Millán, Miró, Juan, 2015, p. 43).

#### 2.2.2.4. Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono (CO), gas incoloro, inodoro y ligeramente más denso que el aire, es emitido por fuentes naturales y antropogénicas. Las fuentes antropogénicas forman CO a partir de la combustión incompleta de combustibles carbonáceos en vehículos automóviles, sistemas de calefacción, instalaciones industriales, plantas de generación de energía térmica e incineradores. El tiempo de residencia y la turbulencia de la cámara de combustión, el punto de inflamabilidad y el exceso de oxígeno afectan la formación de CO. La conversión de CO a CO<sub>2</sub> en la atmósfera es lenta y tarda de dos a cinco meses. (IDEAM, 2016, p. 45).

También llamado aire ambiente, es la mezcla gaseosa no confinada de la atmósfera, está compuesta por 20% de oxígeno y 79% de nitrógeno y una pequeña proporción de gases inertes y vapor de agua en relación volumétrica.

#### 2.2.2.5. SO<sub>2</sub>

El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) es un gas estable, no inflamable, no explosivo e incoloro que puede detectarse por el gusto en concentraciones de 1.000 µg/m<sup>3</sup> o por el olfato a concentraciones superiores a los 10.000 µg/m<sup>3</sup>. Es extremadamente soluble en agua. El SO<sub>2</sub> se produce mediante la quema de combustibles fósiles que contienen azufre en la generación de energía térmica, calefacción, cocción y transporte. Otras fuentes son la refinación de petróleo y la fundición de minerales metálicos. En la atmósfera, el SO<sub>2</sub> puede convertirse en trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) al reaccionar con el oxígeno. El SO<sub>2</sub> y el SO<sub>3</sub> reaccionan con la humedad del aire para formar ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) y sulfhídrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), los que pueden ser transportados por el viento muchos kilómetros antes de caer a la tierra en forma de lluvia ácida. También pueden producirse sulfatos a través de la reacción de estos compuestos de azufre con los metales presentes en la MP (IDEAM, 2016, p. 34).

#### 2.2.2.6. Compuestos orgánicos volátiles (VOC)

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son contaminantes del aire y cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono (a nivel del suelo o troposférico). La presencia de concentraciones elevadas de ozono en el aire que respiramos es muy peligrosa.

Los efectos sobre la salud de la exposición a ozono incluyen: irritación de ojos y vías respiratorias; astenia, cefaleas; alergias; disminución de la función pulmonar y lesiones al hígado, riñones, pulmones y sistema nervioso central. Los efectos sobre el medio ambiente incluyen la alteración de la función fotosintética de las plantas.

También participan activamente en numerosas reacciones, en la troposfera y en la estratosfera, contribuyendo a la formación del smog fotoquímico y al efecto invernadero.

Los COV se liberan durante la quema de combustibles, como gasolina (el transporte es una de las principales fuentes de emisión de COV), madera, carbón o gas natural y también desde disolventes, pinturas, adhesivos, plásticos, aromatizantes y otros productos empleados en procesos industriales. (Gobierno de España, 2010, pp. 56-64).

#### *2.2.2.7. Compuestos orgánicos volátiles evaporados*

Los compuestos orgánicos volátiles son un tipo de sustancias (hidrocarburos) que se evaporan a la temperatura ambiente.

Con respecto a su composición, suelen presentar una cadena con un número de carbono inferior a doce y contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Su número supera el millar, aunque los más abundantes en el aire son el metano, tolueno, n-butano, i-pentano, propano y etileno. Tienen un origen tanto natural (COV biogénicos) como antropogénico (debido a la evaporación de disolventes orgánicos, en la crema de combustibles, al transporte, etc.) participan activamente en numerosas reacciones, en la troposfera y en la estratosfera, contribuyendo a la formación del smog fotoquímico y al efecto invernadero. Además, junto con los óxidos de nitrógeno, son precursores del ozono troposférico (GOIB, 2003, p. 34).

### **2.3. Efectos en la salud de la contaminación atmosférica**

Cada vez que una persona respira, sus pulmones inhalan sustancias y partículas provenientes de los automóviles, la industria u otras fuentes de contaminación asociadas a las actividades humanas. Las carreteras, vías, calles se han convertido en una importante fuente de acumulación de partículas ya que son depósitos de diversos materiales involucrados en la erosión del suelo, hollín, desgaste de neumáticos, frenado y otros procesos.

A fin de estudiar los efectos de la polución en la salud humana se deben analizar variables como, por ejemplo, la concentración del contaminante y la duración individual de la exposición, pero también son de gran importancia la variación espacial de la concentración de las partículas (PM10 o PM25) y la movilidad de los individuos (He, Shaffer, Li, Rodríguez-Colon, Wolbrette, Williams, Cascio, Liao, 2010, p. 41).

### **2.3.1. Sistema respiratorio**

Uno de los sistemas más afectados por la contaminación del aire es el respiratorio, esto se debe a que siempre va a estar en contacto directo con los contaminantes que están dispersos en el ambiente. El problema más común es la afectación de las vías respiratorias, esto se genera principalmente cuando las concentraciones o tiempos de exposición a los gases contaminantes son elevadas.

Algunos de los síntomas más comunes por la exposición a los contaminantes del aire son la irritación de la nariz y la garganta, broncoconstricción y disfonía, generados principalmente por exposiciones a altos niveles de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y algunos metales pesados; otros síntomas como las inflamaciones y sesiones en los pulmones, son generados por material particulado y O<sub>3</sub>; finalmente cuando las exposiciones este tipo de gases se realiza de una manera frecuente, se pueden generar problemas crónicos y agudos como asma, enfisema pulmonar y cáncer.

### **2.3.2. Sistema nervioso**

El sistema cardiovascular es otro de los que se ve afectado en mayor medida por la presencia de contaminantes en el aire, principalmente por el CO, este tipo de contaminante, actúa como un toxico afectando los niveles de oxígeno en el cuerpo, esto se debe a que el CO se adhiere a la hemoglobina presente en la sangre, reduciendo su capacidad de transferir oxígeno; algunos efectos que se pueden producir por la intoxicación con el CO es la pérdida de concentración, reflejos lentos y confusión (Lee, Chen, Lin, Kao, 2015, p. 65).

## **2.4. Inventario de emisiones**

Un inventario de emisiones se define como la colección de números que representan las cantidades de uno o más contaminantes emitidos hacia la atmósfera; a causa de actividades socioeconómicas o naturales, dentro de una zona determinada y en un período de tiempo establecido (pasado, presente o futuro) (Albert Van Aardenne, 2002, p. 12).

Los inventarios de emisiones pueden ser utilizados con fines de política ambiental o de interés científico. En el primer caso, los inventarios sirven para conocer, vigilar o comprobar el cumplimiento de políticas ambientales por medio del comportamiento o las tendencias de las emisiones en el tiempo. En relación con la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el marco del Protocolo de Kioto. Este tipo de inventarios suelen tener las siguientes características:

- Períodos de cálculo anuales.
- Se refieren al territorio limitado por las fronteras nacionales.

- Suelen requerir el uso de un método de cálculo y formato de presentación de resultados definidos.

Desde el punto de interés científico y de gestión de la calidad del aire, los inventarios de emisiones proporcionan la información requerida por un modelo de transporte químico, y tienen las siguientes características (Ambiente, 2010, p. 36):

- Alta resolución espacial y temporal (emisiones horarias para celdas territoriales de tamaño del orden de 1 km de lado).
- Disgregación en altura de las emisiones.
- El dominio espacial debe tener forma rectangular o cuadrada, dentro del cual se inscribe la zona de interés a estudiar.
- Las celdas de emisión deben ser georreferenciadas.

#### **2.4.1. Mobile**

El modelo MOBILE fue desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) y aprobados por la misma para estimar la contaminación de vehículos en carretera. La última versión MOBILE 6.2 fue lanzada en 2004 y nos permite calcular las emisiones de hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y monóxido de carbono (CO) de los vehículos livianos, motocicletas, camiones ligeros y pesados. Este fue el modelo utilizado para calcular los inventarios de emisiones en Estados Unidos, pero en la actualidad ha sido reemplazado por el modelo MOVES (US, 2015, p. 78).

#### **2.4.2. Moves**

Es el actual modelo de emisiones de vehículos de motor de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos) y se utiliza para calcular factores de emisión o inventarios de emisiones de vehículos en carretera. Está programado para proporcionar una estimación precisa de las emisiones de automóviles, camiones y fuentes móviles en una amplia gama de condiciones definidas por el usuario. Además, el modelo incluye una base de datos que resume la información relevante de emisiones en Estados Unidos. Permite importar datos de entrada ya generados para el modelo MOBILE 6 mediante una herramienta diseñada por la EPA. Pero para el caso de Latinoamérica la información requerida por este modelo generalmente no está disponible fácilmente (US, 2015, p. 67).

#### **2.4.3. Copert**

Es un modelo informático utilizado para calcular las emisiones de gases contaminantes como de

efecto invernadero de vehículos en carretera. Fue desarrollado por el Centro de investigación Conjunta de la Comisión Europea, para la estimación de inventarios de emisiones en los países miembros de del Espacio Económico Europeo (EEE) y es coherente con las Directrices 2006 del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). Es aplicable a todas las investigaciones pertinentes considerando que las tecnologías a ser evaluadas deben obedecer a la clasificación europea EURO (Emisia, 2017, p. 54).

#### **2.4.4. Modelo IVE**

El modelo internacional de emisiones vehiculares (Modelo IVE) al igual que el modelo MOVES toma un enfoque diferente en el cálculo de emisiones para fuentes móviles en carretera, en comparación con el modelo MOBILE y modelos europeos que dependen de ciclos de conducción para realizar sus cálculos.

En cambio, el Modelo IVE permite cargar directamente al programa toda la información referente a los hábitos de conducción dentro del área de estudio, mediante los Bines VSP. El modelo cuenta con tres categorías de estrés y 20 categorías de VSP, para un total de 60 Bines, que se calculan a partir de datos de tiempo, velocidad y altitud registrados en ruta.

El enfoque mencionado responde a observaciones realizadas por la EPA, ISSRC, UCR y otros investigadores en los años noventa, donde se afirma que existe una relación directa entre la demanda de potencia de un vehículo y las emisiones que éste produce. (International Sustainable Systems Research Center, 2008, p. 8)

### **2.5. Modelo International Vehicle Emissions (IVE)**

Se usa el modelo computacional International Vehicle Emissions (IVE) creado por el International Sustainable Systems Research Center (ISSRC) para el cálculo de emisiones vehiculares, debido a que este ha sido desarrollado para la estimación de contaminantes atmosféricos, gases de efecto invernadero y tóxicos, especialmente para países en vías de desarrollo (International Sustainable Systems Research Center, 2008, p. 8).

#### **2.5.1. Bin**

Los bins de patrones de conducción, representan uno de los datos más importantes en el modelo IVE, ya que representan las características y modos de conducción propios de cada localidad. Existen 60 bins que dependen de la potencia específica vehicular y del estrés del motor,

### 2.5.2. *Vsp*

Un parámetro importante de los vehículos que se utiliza en los modelos MOVES de la EPA de los Estados Unidos e IVES, es la potencia específica vehicular (VSP por sus siglas en inglés). VSP es la potencia por unidad de peso involucrada en el movimiento del vehículo. El cual fue originalmente diseñado por Jiménez-Palacios(INE-SEMARNAT, 2006, pp.87-88).

El término estrés o esfuerzo de motor al que se hace referencia en el modelo IVE se relaciona con las revoluciones del motor y el tiempo en el cual el vehículo ha estado operando a un nivel de VSP más alto. Mientras más altas sean las revoluciones y/o más alto sea el nivel de VSP durante 20 segundos antes de un evento, mayor será el nivel de estrés, y por lo tanto mayores las emisiones generadas por el motor (INE-SEMARNAT, 2006, p. 65).

El modelo IVE en su interfaz relaciona el tiempo que un vehículo se encuentra en un rango determinado de VSP y estrés de motor representándolos en “bins” siendo estos 60 en total, por la interacción de 20 niveles VSP y 3 categorías de estrés de motor, de acuerdo a las tablas 1 y 2 (INE-SEMARNAT, 2006, p. 98).

**Tabla 1-2.** Niveles de valores VSP

Nivel (BIN)	VSP (kW/Ton)	
	Valor Inferior	Valor Superior
0	-80,0	-44,0
1	-44,0	-39,9
2	-39,9	-35,8
3	-35,8	-31,7
4	-31,7	-27,6
5	-27,6	-23,4
6	-23,4	-19,3
7	-19,3	-15,2
8	-15,2	-11,1
9	-11,1	-7,0
10	-7,0	-2,9
11	-2,9	1,2
12	1,2	5,3
13	5,3	9,4
14	9,4	13,6
15	13,6	17,7
16	17,7	21,8
17	21,8	25,9
18	25,9	30,0
19	30,0	1000,0

**Fuente:** (International Sustainable Systems Research Center 2008)

**Realizado por:** Cabascango Damian, 2022.

**Tabla 2-2.** Niveles de estrés del motor

Nivel (bin)	Estrés del Motor (sin unidades)	
	Límite Inferior	Límite Superior
0 a 19	-1,6	3,1
20 a 39	3,1	7,8
40 a 59	7,8	12,6

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center 2008)

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Los patrones de partida para IVE se establecieron de acuerdo a los periodos Soak representados en la tabla 3, los cuales se definen como el periodo de tiempo en el que un motor caliente es apagado y vuelto a encender, para este factor fue importante diferenciar entre el intervalo de tiempo entre el arranque y apagado del motor, dado que también tiene incidencia en el nivel de emisiones (International Sustainable Systems Research Center, 2008, p. 76).

**Tabla 3-2.** Categoría de Soak para Patrones de Partida en el modelo IVE

Descripción de Bin	Comienzo de Periodo Soak (minutos)	final de Periodo Soak (minutos)
15 min	0	15
30 min	16	30
1 hora	31	60
2 horas	61	120
3 horas	121	180
4 horas	181	240
6 horas	241	360
8 horas	361	480
12 horas	481	720
18 horas	721	N/A

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center 2008)

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

### 2.5.3. Patrones de conducción

La secuencia de velocidad-tiempo del vehículo que se mueve a lo largo de la ruta es el patrón de conducción.

Además, variables dinámicas como aceleración, parada, ralentí y tiempo de funcionamiento constituyen características del modo de conducción.

La forma en que evoluciona este esquema, y por lo tanto su dinámica, influye fuertemente en la generación de contaminantes.

Hábitos de conducción y emisiones de contaminantes afectados por diferentes conceptos. Estos son: tipo de carretera, tipo de vehículo, modo de conducción. Los patrones de conducción se repiten para la mayoría de los vehículos presentes en el flujo de la ciudad porque se ven afectados por las mismas variables mencionadas anteriormente.

Es decir, al recopilar los patrones de conducción de un automóvil que se mueve en la corriente, es posible una gran parte de vehículos similares presentes en las carreteras (Forestales, Ambiente, Nilda, Roman, 2017, p. 48).

## **2.6. Base Legal**

En el Ecuador, la contaminación del aire tiene sus causas en las deficiencias de algunos aspectos relacionados con la planificación territorial de los asentamientos humanos, las industrias, la utilización de tecnologías obsoletas en las actividades productivas y de transporte, mala calidad de los combustibles, explotaciones mineras a cielo abierto, entre otras. La situación de la gestión ambiental de la calidad del aire en el país presenta profundas falencias, de acuerdo con estudios oficiales publicados por la SENPLADES en el año 2007, la gestión ambiental presenta problemas tales como: la falta de seguimiento de convenios suscritos, dispersión legislativa, dispersión de jurisdicción y competencias, debilidad institucional y presupuestaria del MAE (Waller 2007, p. 9).

El contaminante es cualquier contaminante del aire para el cual se especifica en el Registro oficial No. 464 del 7 de junio del 2011, Acuerdo Ministerial No 050 del 4 de abril de 2011, un valor máximo de concentración permitida a nivel del suelo en el aire ambiente, y por lo tanto afecta a los receptores, ya sean personas, animales, vegetación, o materiales, para diferentes periodos de tiempo (REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO, 2016, p. 342).

### **2.6.1. Norma ecuatoriana de calidad del aire**

En el 2011, se publicó en el Registro Oficial, la reforma a la Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, constante en el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, y que forma parte del conjunto de normas técnicas ambientales para la prevención y control de la contaminación, citadas en la Disposición Primera del Título IV del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ambiente.

El objetivo de la presente norma es preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, se establecen los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel del suelo. Esta norma, también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones contaminantes en el aire ambiente.

### **2.6.2. Ley orgánica de salud**

La Constitución Política de la República, consagra la salud como un derecho humano fundamental y el Estado reconoce y garantiza a las personas el derecho a una calidad de vida que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, saneamiento ambiental.

Por lo que en el LIBRO II “SALUD Y SEGURIDAD AMBIENTAL”, se establece las normas básicas para la prevención del ambiente en materias relacionada con la salud humana, las mismas que serán de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales, entidades públicas, privadas y comunitarias.

En el TÍTULO ÚNICO, tenemos el CAPITULO III, donde nos habla sobre la calidad del aire y de la contaminación acústica. La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con la autoridad ambiental nacional y otros organismos competentes, dictaran las normas técnicas para prevenir y controlar todo tipo de emanaciones que afecten a los sistemas respiratorios, auditivos y visuales.

### **2.6.3. Ley de prevención y control de la contaminación ambiental**

Publicado el 10-09-2004. Por el Congreso Nacional. En el CAPÍTULO I “DE LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE”. Resuelve que queda prohibido expeler hacia la atmosfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, pueda perjudicar la salud y vida humana, flora, fauna y los recursos o bienes del estado o particulares o constituir una molestia.

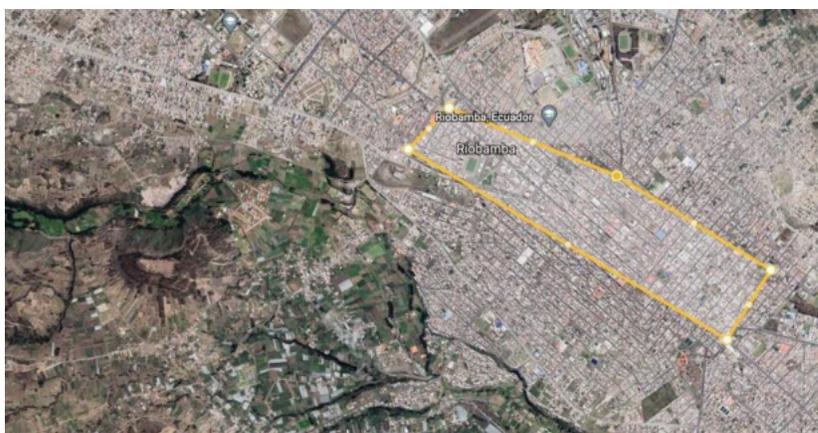
De igual forma, se definen las fuentes potenciales de contaminación del aire, entre ellas están: las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, como erupciones, precipitaciones, sismos, sequias, deslizamientos de tierra y otros. Y las fuentes artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre. Sera responsabilidad de los Ministerios de Salud y del Ambiente, es sus respectivas áreas de competencia, en coordinación con otras Instituciones, estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados son las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2011, p. 402).

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Área de estudio

El proyecto se realizará en la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, se tomará como puntos de medición en tres sectores, una zona de altos ingresos económicos (norte de la ciudad), una zona comercial (centro de la ciudad), y una zona popular de ingresos económicos bajos, como se observa en la Figura 1-3.



**Figura 1-3.** Georreferenciación de la zona de estudio

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

#### 3.2. Técnica de recolección de datos

##### 3.2.1. Descripción de modelo

Para la creación del inventario de emisiones, el modelo IVE considera tres factores fundamentales, tales como: factores de emisión, actividad vehicular y distribución de la flota vehicular; los cuales pueden ser ingresados directamente en la interfaz del sistema. El proceso de cálculo propio del modelo se presenta de acuerdo a la ecuación 1 (Giraldo, Behrentz, 2005, p.16).

**Ecuación 1:** Factores de emisión para casa tecnología

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{(Tmp)[t]} * K_{(Hmd)[t]} * K_{(Alt)[t]} * K_{(IM)[t]} * K_{(Cntry)[t]} * K_{(fuel)[t]} * K_{[dt]}$$

Donde:

$Q_{[t]}$  = factores de emisión para cada tecnología

$B_{[t]}$  = base de factores de emisión

$K_{(Tmp)[t]}$  = factor de corrección de temperatura ambiente

$K_{(Hmd)[t]}$  = factor de corrección de humedad

$K_{(Alt)[t]}$  = factor de corrección de altitud

$K_{(IM)[t]}$  = factor de corrección de Inspección/Mantenimiento

$K_{(Cntry)[t]}$  = base de factores de corrección

$K_{(fuel)[t]}$  = factor de corrección de combustible

$K_{[dt]}$  = variable de potencia y conducción

### 3.2.2. Actividad Vehicular

La determinación de la actividad vehicular es indispensable para la estimación de emisiones vehiculares en el área de estudio, para este parámetro será necesario levantar información acerca del comportamiento de conducción, patrones de partida, variables ambientales y características del combustible. Para el factor de comportamiento vehicular, se deberá realizar la caracterización de patrones de conducción y magnitud de conducción, debido a que de esta manera se podrá considerar las emisiones vehiculares en función de la potencia y el estrés del motor, mas no de promedios de distancia recorrida dado que esto genera subestimación de emisiones (International Sustainable Systems Research Center 2008). La potencia específica vehicular (VPS) y el estrés del motor se calculan de acuerdo a las ecuaciones 2 y 3 respectivamente.

**Ecuación 2:** Factores de emisión por casa tecnología

$$VSP = v[1,1a + 9,81 (\text{atan}(\sin(\text{pendiente}))) + 0,132] + 0,000302v^3$$

Donde:

$$\text{Pendiente} = (h_{t=0} - h_{t=-1}) / v_{(t=-1 \text{ a } 0 \text{ segundos})}$$

$$v = \text{velocidad} \left( \frac{m}{s} \right)$$

$$a = \text{aceleración} \left( \frac{m}{s^2} \right)$$

$$h = \text{altitud} (m)$$

$$\text{Estrés del motor} = \text{índice RPM} + \left( 0,08 \frac{\text{ton}}{\text{kW}} \right) * \text{Potencia Promedio} \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde:

$$\text{Potencia Promedio} = \text{Promedio} (VPS_{t=-5 \text{ sec to } -25 \text{ sec}}) \left( \frac{\text{kW}}{\text{ton}} \right)$$

$$\text{Índice RPM} = \text{Velocidad}_{t=0} / \text{Divisor Velocidad} (\text{sin unidades})$$





**Figura 3-3.** Puntos de monitoreo en el centro de la ciudad

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.



**Figura 4-3.** Puntos de monitoreo en el centro de la ciudad

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Para la determinación de los ciclos de conducción que serán necesarios para el cálculo de la potencia (VPS) se utilizará aplicaciones móviles Speed View GPS y Google Earth, en donde se registrarán valores segundos a segundo de velocidad, altura y distancia recorrida. Se recolectarán datos en cada uno de los tipos de vehículos enlistados en la tabla 4, haciendo recorridos en zonas urbanas a diferentes horas del día.

Teniendo en cuenta los puntos de interés, se establece tres horarios para la recolección de

información sobre la tecnología de los vehículos. Cada uno de los horarios constaba de dos horas durante la mañana (6:00AM-8:00AM), mediodía (12:00M-2:00PM) y noche (6:00PM-8:00PM) durante dos semanas.

**Tabla 1-3.** Categorías vehiculares

Categorías	Abreviaturas
Automóviles Livianos y Medianos (de 1000 a 2999cc)	ALM
Taxis	T
Buses urbanos	BH
Motocicletas	M

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Los patrones de partida y conducta vehicular se determinarán a partir de encuestas a conductores en cada una de las zonas urbanas estudiadas, enfocándose éstas en conocer los hábitos de conducción, número de partidas al día, intervalos de tiempo entre encendido y apagado de motor, esto obteniéndola información necesaria y suficiente para ser ingresada en el modelo computacional de IVE.

Después de recolectar la información necesaria en cuanto a la actividad vehicular (comportamiento vehicular, patrones de partida, condiciones ambientales y características de combustible) y distribución vehicular (tecnologías) ésta se introduce en archivos pertinentes a la interfaz de IVE donde se procede al cálculo de emisiones.

#### 3.2.4. Desagregación Espacial y Temporal

Una vez obteniendo los valores de emisiones por cada categoría, será necesario la desagregación espacial con el fin de establecer puntos críticos de emisiones en el territorio estudiado. Este proceso se realiza de acuerdo a métodos simplificados tipo top Down basados en los conteos de tráfico total, donde los valores de emisiones por cada una de las celdas correspondientes a la red vial se calcularon en base a la ecuación 4.

**Ecuación 3:** Emisión de contaminantes  $n$  en la celda  $j$

$$E_{n,j} = TE_n * DF_j$$

Donde:

$E_{n,j}$  = 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  $j$ .

Para esto, se determinará la intensidad de flujo de tráfico vehicular para la red vial en el cantón

Riobamba la cual se obtuvo a partir de la cartografía de libre acceso del geo portal del Instituto Geográfico Militar. Por la limitación de información a escala nacional sobre intensidad de flujos vehiculares, ésta se calculará en base a los datos registrados en el Boletín de Estadísticas de 2013 - 2017 del Ministerio de Turismo del Ecuador (Sugawara, Nikaido, 2014, p. 52), a partir del cual se asigna valores de intensidad del 10% a puntos medios de vías secundarias en relación a las vías principales contiguas.

A continuación, la información recabada se ingresa en la plataforma de ArcGIS 10.5, en donde primero se intersecará el perfil del cantón Riobamba junto con la red vial, para después determinar puntos medios de cada segmento en función de la intensidad vehicular anteriormente obtenida, a partir de los cuales se generan polígonos de Thiessen dando así una interpolación más certera en los valores de conteo de tráfico para aquellos segmentos viales dentro de los polígonos. Posterior a ello, se elaborará una malla de 1km x 1km, de forma de que cada tramo de vía quede al interior de una celda.

Para hallar los factores de desagregación, se elabora la ecuación 5, en donde se relaciona el flujo vehicular con la longitud los segmentos de cada celda.

**Ecuación 4:** Factores de desagregación para la celda j

$$DF_j = \frac{\sum_i F_{i,j} * l_{i,j}}{\sum_j \sum_i F_{i,j} * l_{i,j}}$$

Donde:

$DF_j$  = 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

La desagregación temporal se la realizará mediante la distribución del flujo vehicular a razón de las 24 horas del día. Para el desarrollo del aforo, se establece los horarios ya dichos anteriormente, ya que en las horas correspondientes a cada uno se presentaba un mayor flujo vehicular, lo que ayudaría a determinar con mayor exactitud el número de vehículos. Para realizar el conteo de cada uno de los tipos de vehículos, se filmarán los flujos vehiculares y con la ayuda de contadores manuales, determinando la composición por cada tipo de vehículo.

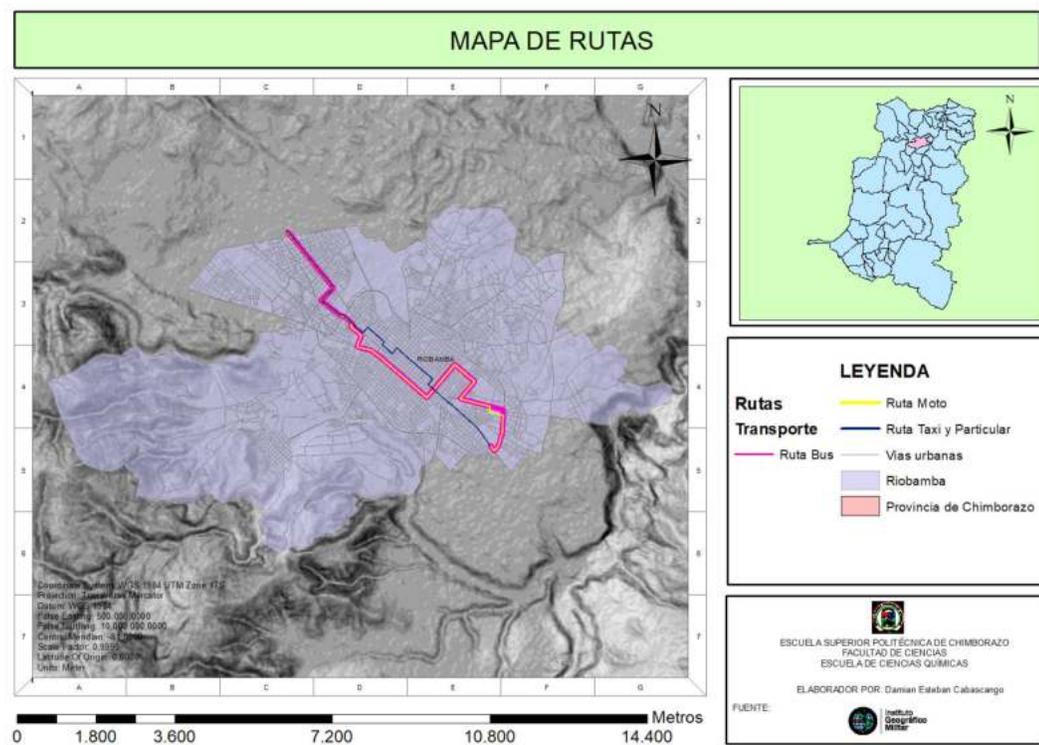
## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. Determinación y análisis de la zona de estudio

##### 4.1.1. *Vía de interés*

Como resultado de los recorridos realizados para establecer la ruta de interés para este estudio, se obtuvo el mapa presente en la Figura 1-4.



**Figura 1-4.** Puntos de monitoreo en el centro de la ciudad

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Como resultado del mapa y los recorridos se identificó la mayor afluencia de los vehículos desde las Avenidas Lizarzaburu, Daniel León Borja, Leopoldo Freire, 9 de octubre y calle Olmedo, ninguna de las vías recorridas corresponde a vías rápidas, teniendo puntos de interés en la ciudad Riobamba expresados en las Ilustraciones 2, 3, 4.

#### 4.1.2. Aforo Vehicular

El conteo de aforo vehicular fue realizado durante una semana, donde se ejecutaron conteos in-situ mostrados en la tabla 1-4, de distintos tipos de vehículos en los 3 horarios diferentes establecidos anteriormente, donde los valores obtenidos para los diversos vehículos, fueron promediados para obtener la flota que se utilizó para estimar el inventario de emisiones, los resultados se presentan en la tabla 6.

**Tabla 1-4.** Conteo de aforo vehicular

Conteo vehicular desde miércoles 16 de junio a martes 22 de junio								
Hora	Lugares	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
6H00-8H00	Bypass	2645	2276	2467	2567	2287	2187	1956
	Giralda	1102	1078	997	746	567	1270	1365
	Mayorista	1419	1491	1476	1563	1032	1366	1396
12H00-14H00	Bypass	3021	2702	3196	3621	2681	2934	3214
	Giralda	1331	1524	1610	1530	1142	1254	1387
	Mayorista	1825	1603	2140	2025	1392	1754	1725
18H00-20H00	Bypass	2650	3014	3256	2933	2845	3158	3017
	Giralda	1347	1719	1555	1564	1717	1547	1689
	Mayorista	1121	1325	1289	1299	935	1204	1236

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

**Tabla 2-4.** Número de vehículos por tipo

Tipo de vehículo	Cantidad
Carros Particulares	890
Taxis	534
Buses	268
Motos	89

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

De acuerdo con la información de la tabla 6 se observa que el número de carros particulares corresponde al 49.97%, los taxis al 29.98%, los buses con 15.04% y las motos con 4.99%, sobre el total de vehículo. Con los datos anteriores se puede observar que los carros particulares son los vehículos más numerosos ya que puede estar asociado a la facilidad de transporte y comodidad, puesto que, según el informe más reciente del Inec en Ecuador los carros particulares corresponden al 29.6% del total del parque automotor (INEC, 2020, p. 56).

#### 4.1.3. Categoría definida para el aforo Vehicular

Para esto a través de los conteos vehiculares realizados anteriormente se definió la tecnología de los distintos vehículos, donde se tuvo en cuenta el combustible, tamaño del vehículo, control de emisiones, tipo de inyección y kilometraje, esto se puede observar en la tabla 3-4, con los porcentajes correspondientes a cada tecnología.

**Tabla 3-4.** Vehículos por tipo de tecnología

Tipo	Combustible	Tamaño	Control	Inyección	Kilometraje	Porcentaje
Carros Particulares	Gasolina	Lv	PCV	Inyección Multipunto	80-161K	63
	Gasolina	Med	PCV	Inyección Multipunto	80-161K	10
	Gasolina	Hv	PCV	Inyección Multipunto	>161K	6
	Gasolina	Med	none	Carb	<79K	4
	Gasolina	Med	none	Carb	80-161K	5
	Gasolina	Lv	none	Carb	80-161K	12
Taxis	Gasolina	Lv	Carb	3-vías	80-161K	45
	Gasolina	Lv	Carb	3-vías	<79	25
	Gasolina	Lv	Carb	3-vías	>161K	15
	Gasolina	Med	Inyección directa	None	80-161K	15
Buses	Diesel	Med	EuroI	None	>161K	30
	Diesel	Hv	EuroI	None	>161K	30
	Diesel	Hv	EuroII	None	>161K	40
Motocicletas	Gasolina	Med	None	4Cyc	26-50 K	63
	Gasolina	Lv	None	4Cyc	26-50K	37

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Nota: LV = Liviano, EUROI = estándares EUROI, (se refiere a vehículos intermedios), Med = mediano, EUROII = estándares EUROII (se refiere a vehículos nuevos), EUROII, (se refiere a vehículos intermedios), Hv = pesado, EUROII = estándares EUROII (se refiere a vehículos nuevos), 4-ciclos = motores de 4 tiempos, Ninguno = sin control de evaporaciones, Carb = carburador, PCV = Positive Crankcase Ventilation (ventilación positiva del cárter), NONE = no tiene catalizador

#### 4.1.4. Obtención de datos mediante Global Positioning System (GPS)

Se realizaron los recorridos en la ruta indicada en el apartado 4.1.1, con cuatro tipos de vehículos, carro particular, taxi, bus y moto; obteniendo así los siguientes datos en intervalos de un segundo: posición georreferencial, trayecto del tramo, velocidad del tramo, tiempo del tramo, longitud del tramo, altura, hora. Para esto se utilizó un GPS de la marca Garmin Montana 680.

## 4.2. Emisiones atmosféricas mediante modelo IVE

#### 4.2.1. Evaluación de datos GPS

Se realizó la selección de los datos GPS (tiempo en segundos, velocidad mph, altitud en metros), con el fin de crear un archivo de tipo Bloc de Notas compatible con el Programa Evaluación GPS Data, el cual nos ayudara a la obtención de los Bines correspondientes a cada categoría vehicular establecida.

#### 4.2.2. Obtención de emisiones mediante IVE MODEL 2.0.2

Los resultados de las emisiones de las fuentes móviles (kg/día) usando los factores de emisión propuestos en el modelo IVE se muestran en las tablas 8, 9, 10, 11.

**Tabla 4-4.** Datos de emisiones de contaminantes para carros particulares

Contaminantes	Star-up hour	Running hour	Total Hour	Star-up Day	Running Day	Total Day
CO	3785,76	1156,99	4942,75	3785,76	1156,99	4942,75
VOC	291,37	70,78	362,15	291,37	70,78	362,15
VOC EVAP	32,15	35,35	67,5	32,15	35,35	67,5
NOX	203,91	105,3	309,21	203,91	105,3	309,21
SOX	1,19	9,88	11,07	1,19	9,88	11,07
PM	1,47	0,48	1,95	1,47	0,48	1,95

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Para los contaminantes de los carros particulares se muestra en la tabla 8 en mayor concentración de emisiones al CO con un 86.80%, seguido por los VOC con un 6,36%, los NOx con 5.43%, los VOCevap con 1.19%, los Sox con 0.19% y los PM con 0.03%

**Tabla 5-4.** Datos de emisiones de contaminantes para taxis

Contaminantes	Star-up hour	Running hour	Total Hour	Star-up Day	Running Day	Total Day
CO	605,53	18445,74	19051,27	605,53	18445,74	19051,27
VOC	45,75	121,88	167,63	45,75	121,88	167,63
VOC EVAP	19,77	27,91	47,69	19,77	27,91	47,69
NOX	31,58	199	230,58	31,58	199	230,58
SOX	0,05	4,06	4,11	0,05	4,06	4,11
PM	0,36	3,63	3,99	0,36	3,63	3,99

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Para los contaminantes de los Taxis se muestra en la tabla 9 en mayor concentración de emisiones al CO con un 97.67%, teniendo casi el valor total de este contaminante ya que la tecnología de los vehículos es más antigua generando más este tipo de contaminante, seguido por los NOx con 1.18%, los VOC con un 0.86%, los VOCevap con 0.24%, los Sox con 0.02% y los PM con 0.02%.

**Tabla 6-4.** Datos de emisiones de contaminantes para buses

Contaminantes	Star-up hour	Running hour	Total Hour	Star-up Day	Running Day	Total Day
CO	47,93	894,51	942,44	51,58	901,25	952,84
VOC	9,05	185,16	194,21	9,72	186,56	196,28
NOX	50,34	629,37	679,71	52,65	634,11	689,76
SOX	0,02	0,43	0,44	0,02	0,43	0,45
PM	47,83	107,34	155,17	51,41	108,15	159,55

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Para los contaminantes de los Buses se muestra en la tabla 10 en mayor concentración de emisiones al CO con un 47.57%, seguido por los NOx con 34.44%, los VOC con un 9.80%, los Sox con 7.97% y los PM con 0.20%.

**Tabla 7-4.** Datos de emisiones de contaminantes para motos

Contaminantes	Star-up hour	Running hour	Total Hour	Star-up Day	Running Day	Total Day
CO	18365,7	386,27	18752,04	18365,78	386,27	18752,04
VOC	2849,12	103,87	2952,99	2849,12	103,87	2952,99
VOC EVAP	879,33	4,8	884,13	879,33	4,8	884,13
NOX	3636,01	4,77	3640,78	3636,01	4,77	3640,78
SOX	0,59	0,11	0,71	0,59	0,11	0,71
PM	153,41	2,41	155,82	153,41	2,41	155,82

Realizado por: Cabascango Damian, 2022.

Para los contaminantes de los carros particulares se muestra en la tabla 8 en mayor concentración de emisiones al CO con un 71.07%, seguido por los VOC con un 11.19%, los NOx con 13.80%, los VOCevap con 3.35%, los Sox con 0.01% y los PM con 0.59%.

Se puede observar que el contaminante con mayor emisión en todas las categorías vehiculares es el CO, siendo los taxis la mayor fuente de dispersión, debido a que la gran mayoría de las tecnologías de estos vehículos son antiguas, produciendo una combustión incompleta de los combustibles fósiles, a pesar que en el Ecuador se utilizan combustibles con alto octanaje.

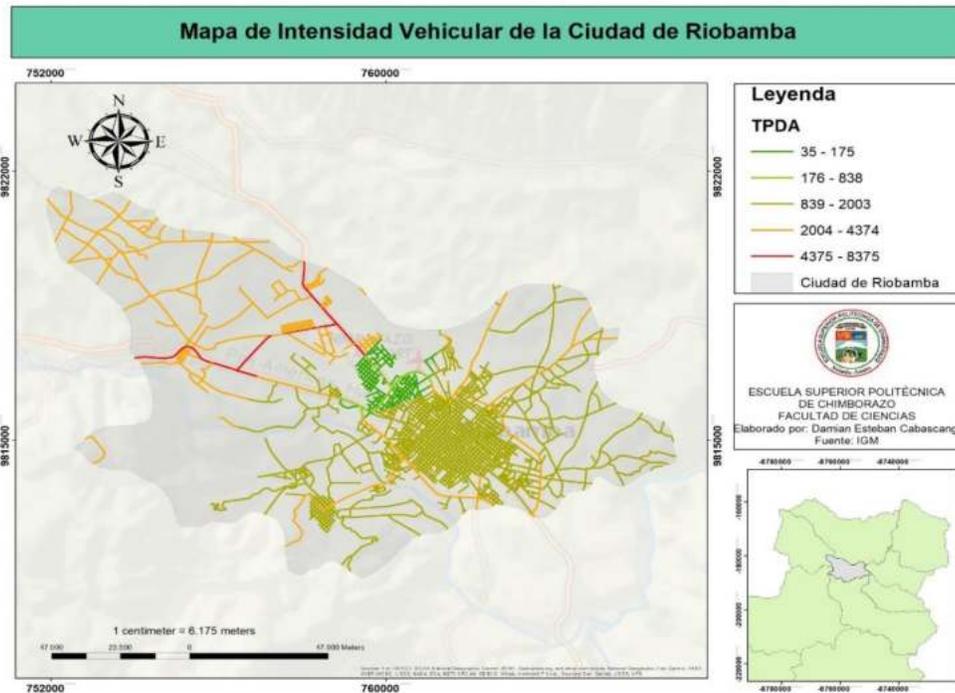
Los contaminantes obtenidos con menor concentración son los SOx, ya que los SOx se dan si existe presencia de azufre en la mezcla del combustible demostrando la calidad del combustible ecuatoriano.

### 4.3. Desagregación espacial de contaminantes atmosféricos

Con el objetivo de analizar las emisiones vehiculares en el escenario espacial fueron construidas los mapas de intensidad vehicular y de desagregación de emisiones con la ayuda del software ArGis10.3, donde se efectuó el almacenamiento, manipulación, análisis y presentación eficiente de los resultados obtenidos, en el área urbana de Riobamba-Ecuador.

#### 4.3.1. Intensidad Vehicular

Se tomaron en cuenta las vías principales y secundarias del canton riobamba, el cual, a partir de estas se realizan los mapas de desagregacion, debido a que este mapa indica los aforos vehiculares de las distintas vías de la ciudad y este dato es directamente proporcional a la cantidad de contaminantes producidos. Teniendo diferentes tipos de intensidad dependiendo las zonas hay mayor intensidad ya que unas vías son de acceso directo al centro de la ciudad y a zonas aledañas.



**Figura 2-4.** Mapa de intensidad vehicular de la ciudad de Riobamba.

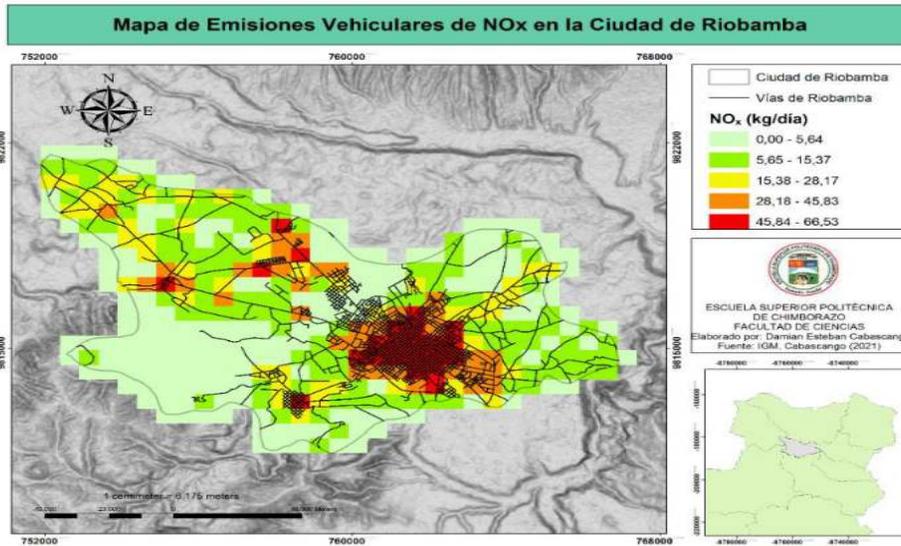
**Realizado por:** Cabascango Damian, 2022.

Como resultados de del mapa en la Figura 6 tenemos las vías con mayor intensidad vehicular en la ciudad de Riobamba, en la cual tenemos la mayor afluencia en las carreteras estatales que pasan por las afueras de la ciudad, después se tiene en las vías principales y secundarias del centro de la ciudad donde se tiene una intensidad constante a todas las horas del día ya que son las vías de conexión de la ciudad. Por último, están las vías con menor afluencia vehicular, que son vías de poco acceso y sin conexión a diferentes zonas de la ciudad.

#### 4.3.2. Desagregación de contaminantes

El comportamiento de todas las emisiones de contaminantes es similar, esto debido a que esta distribución espacial se realizó en función a la intensidad vehicular ya obtenida, teniendo así altas

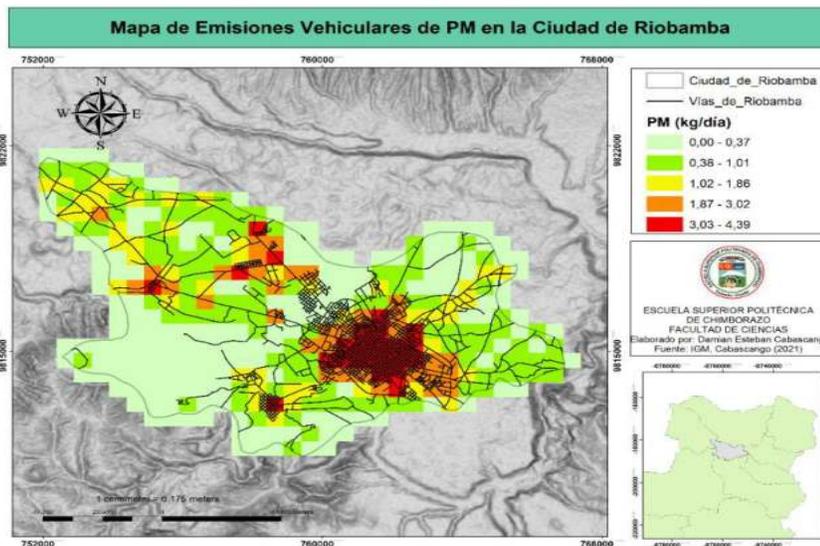




**Figura 4-4.** Mapa de emisiones vehiculares de NO<sub>x</sub> en la ciudad de Riobamba.

**Realizado por:** Cabascango Damian, 2022.

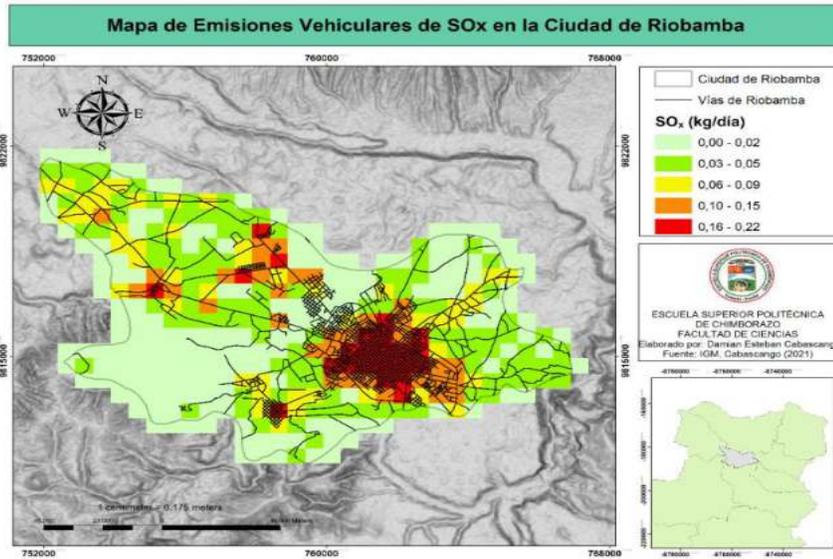
Las emisiones del NO<sub>x</sub>, presentan una mayor tasa sobre las vías principales y secundarias del centro de la ciudad, en la panamericana norte y sur y en la zona de yaruquies, motivo de que esas zonas son de alto flujo vehicular. Sobre estas vías se alcanzan emisiones de hasta 66.53 kg/día.



**Figura 5-4.** Mapa de emisiones vehiculares de PM en la ciudad de Riobamba.

**Realizado por:** Cabascango Damian, 2022.

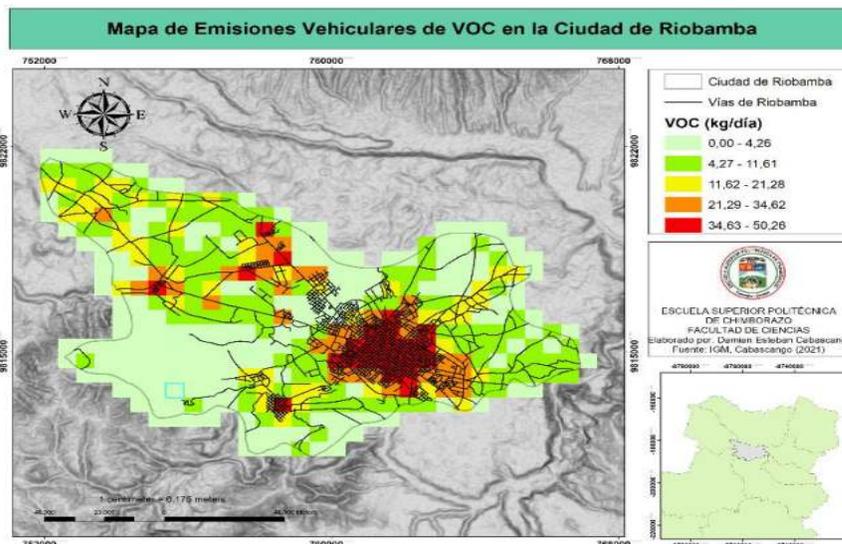
Las emisiones del PM, presentan una mayor tasa sobre las vías principales y secundarias del centro de la ciudad, en la panamericana norte y sur y en la zona de yaruquies, motivo de que esas zonas son de alto flujo vehicular. Sobre estas vías se alcanzan emisiones de hasta 4.39 kg/día.



**Figura 6-4.** Mapa de emisiones vehiculares de SO<sub>x</sub> en la ciudad de Riobamba.

**Realizado por:** Cabascango Damian, 2022.

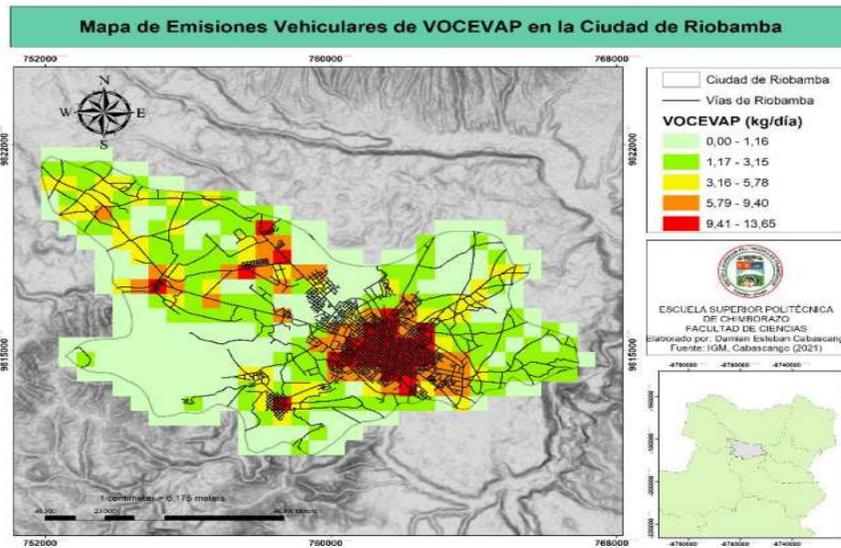
Las emisiones del SO<sub>x</sub>, presentan una mayor tasa sobre las vías principales y secundarias del centro de la ciudad, en la panamericana norte y sur y en la zona de yaruquies, motivo de que esas zonas son de alto flujo vehicular. Sobre estas vías se alcanzan emisiones de hasta 0.22kg/día.



**Figura 7-4.** Mapa de emisiones vehiculares de VOC en la ciudad de Riobamba.

**Realizado por:** Cabascango Damian, 2022.

Las emisiones del VOC, presentan una mayor tasa sobre las vías principales y secundarias del centro de la ciudad, en la panamericana norte y sur y en la zona de Yaruquies, motivo de que esas zonas son de alto flujo vehicular. Sobre estas vías se alcanzan emisiones de hasta 50.26 kg/día.



**Figura 8-4.** Mapa de emisiones vehiculares de VOCEVAP en la ciudad de Riobamba.  
**Realizado por:** Cabascango Damian, 2022.

Las emisiones del VOCEvap, presentan una mayor tasa sobre las vías principales y secundarias del centro de la ciudad, en la panamericana norte y sur y en la zona de yaruquies, motivo de que esas zonas son de alto flujo vehicular. Sobre estas vías se alcanzan emisiones de hasta 13.65kg/día.

## CONCLUSIONES

- Gracias a la utilización del sistema internacional IVE se realizó el inventario de emisiones vehiculares en el cantón Riobamba, obteniendo así, datos de emisiones de 6 contaminantes diferentes, siendo estos: siendo estos en una escala de mayor a menor concentración el CO con 596.95 kg/día, NOx con 66.53 kg/día, VOC con 50.26 kg/día, VOCevap con 13.65 kg/día, PM con 4.39 kg/día y Sox con 0.22 kg/día.
- Se obtuvo la línea base de la zona de estudio, por el monitoreo de diferentes puntos de monitoreo de la ciudad de Riobamba, siendo estos: el Bypass (norte de la Ciudad), la Giralda (centro de la ciudad), mercado del mayorista (sur de la ciudad), estos puntos se eligieron debido a su representatividad bajo los criterios de: ingresos económicos altos y bajos y comercio. Esta línea base fue obtenida considerando criterios de patrones de conducción, flota vehicular, meteorología y topografía, estos datos fueron obtenidos mediante GPS, mediante la realización de recorridos por las rutas establecidas con las categorías vehiculares establecidas.
- Mediante la aplicación del modelo IVE se obtuvieron las emisiones atmosféricas de cuatro categorías vehiculares; carros particulares, taxis, buses y motos. Obteniendo resultados en la emisión de CO de 4942.75 kg/día, 19051.27 kg/día, 952.84 kg/día, 18752.04 kg/día; para VOC con resultados de 362.15 kg/día, 167.63 kg/día, 196.28 kg/día, 2952.99 kg/día; VOCevap con resultados de 67.5 kg/día, 47.69 kg/día, 689.76 kg/día, 884.13 kg/día; NOx con resultados de 309.21 kg/día, 230.58 kg/día 689.76 kg/día, 3640.78 kg/día; Sox con resultados de 11.07 kg/día, 4.11 kg/día, 0.45 kg/día, 0.51 kg/día; PM con resultados de 1.95 kg/día, 3.99 kg/día, 159.55 kg/día, 155.82 kg/día, respectivamente. Pudiendo concluir así que las motos emiten la mayor cantidad de contaminantes atmosféricos en el parque automotor del cantón Riobamba.
- El uso del software ArcGIS 10.3, fue de utilidad para la generación de mapas de desagregación espacial y temporal, en donde, se evidencia las zonas de mayor concentración de contaminantes emitidos por las fuentes móviles de la ciudad de Riobamba, para lo cual se trabajó en función de la intensidad vehicular de la ciudad por lo que se logró evidenciar que las zonas con mayor aforo vehicular son las más afectadas(centro de la ciudad), mientras que las zonas más alejadas del casco urbano y con menor cantidad de vías presentan una menor concentración de contaminantes, a pesar de esto estas zonas no están exentas de emisiones, demostrándonos así la capacidad de los contaminantes para desagregarse en el espacio donde pueden intervenir diferentes factores atmosféricos principalmente vientos y lluvias.

## RECOMENDACIONES

- Los patrones de conducción son en criterio de gran influencia debido principalmente a que cambios climáticos pueden afectar características viales o del entorno, perturbando así la manera de conducir los vehículos en una localidad, razón por la cual se recomienda analizar dichas variaciones en zonas con cambios climáticos marcados.
- Para futuros trabajos técnicos se recomienda la selección de diferentes criterios para el establecimiento de la zona de estudio, para de esta manera evaluar la influencia que tienen estos criterios en la obtención de datos mediante el uso del modelo IVE.
- Se recomienda la correcta realización de revisiones vehiculares para matricular los vehículos en el cantón Riobamba, de esta manera evitar la circulación de vehículos cuyas tecnologías vehiculares estén obsoletas, generando una gran de emisiones atmosféricas perjudiciales para la salud.
- Se recomienda la realización de monitoreos en zonas de alta concentración de emisiones vehiculares para precautelar la salud de la ciudadanía riobambeña.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALBERT VAN ARDENNE, John**, *Uncertainties in emission inventories*. Uncertainties in emission inventories. Disponible en: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/conference/ei11/qa/pulles.pdf> 2002.

**MINISTERIO DE AMBIENTE**, *Proyecto Calidad del Aire Fase III Año Base 2010*. Proyecto Calidad del Aire Fase III Disponible en: <https://www3.epa.gov/ttnchie1/conference/ei11/qa/pulles.pdf>

**BBC**, *Combustion of hydrocarbon fuels - The atmosphere - OCR Gateway - GCSE Chemistry (Single Science) Revision - OCR Gateway - BBC Bitesize*. Online. 2011. [Accessed 6 December 2020]. Available from: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zwdsjty/revision/3>

**CANARIAS. CONSEJERÍA DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA**, *Lucha contra el Cambio Climático y Planificación Territorial*, Calidad del aire. Online. 2015. [Accessed 16 February 2022]. Available from: <https://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/temas/calidad/>

**COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS**, *El aire: elemento de vida en la Tierra*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas Gobierno. gob.mx. Online. 17 November 2018. [Accessed 16 February 2022]. Available from: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/el-aire-elemento-de-vida-en-la-tierra>

**CAROLINA CECIBELL PUERTAS DE LA CRUZ QUITO**, De, unidad, de, posgrado, de, la facultad, Forestales, Ciencias, Ambiente, y del, Nilda, Mg And Román, Hilario, 2017. *Universidad Nacional del centro del Perú Escuela de Posgrado Tesis Presentada por*. Huancayo. 2019.2012. Vol. 66, p. 37–39.

**EMILIO, Andrés, BARRETO, Hoyos, MARÍA, Mónica, CORREA, Jiménez, et. al.** *Cement plant gaseous pollutant emission reduction technologies*. Cement plant gaseous pollutant emission reduction technologies.

**EMISIA**, *Copert Model Emisia Sa*. Online. Copert Model Emisia Sa. Online. [Accessed 20 February 2022]. Available from: <https://www.emisia.com/news/copert-v5-5-1-is->

available/ 2017.

**ENRIQUE, JOSÉ AND PALACIOS, VIZUETE**, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad De Mecánica Escuela de Ingeniería Automotriz “Estudio técnico de un sistema integral de revisión vehicular para la provincia de Chimborazo en la ESPOCH” Ángel Guillermo Masaquiza Yanzapanta previa a la obtención del título de: Ingeniero Automotriz.

**ESTABOU CECILIA**, *Ambiente y derechos humanos*. Online. 2015. [Accessed 20 February 2022]. Available from: <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/5892?show=full>.

**FONTE, ARAMÍS, CUESTA, OSVALDO & SOSA, CARLOS**, *Artículo Original Estimación de emisiones contaminantes atmosféricas en la provincia de Camagüey desde fuentes fijas* Estimation of atmospheric pollutant emissions in the province of Camagüey from fixed sources. 2017.

**GIRALDO, LILIANA A AND BEHRENTZ, E.**, *Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes*. Estimación del inventario de emisiones de fuentes móviles para la ciudad de Bogotá e identificación de variables pertinentes. 2005. No. 1, p. 1–16.

**GOBIERNO DE ESPAÑA**, *Ministerio del Trabajo, Migraciones y seguridad social*, 2010.

**ISTAS**, *Compuestos orgánicos volátiles (COV)*. Julio. Online. 2010. [Accessed 20 February 2022]. Available from: <https://risctox.istas.net/index.asp?idpagina=621>

**GOIB**, *Sección de atmósfera-Compuestos orgánicos volátiles (COV)*. Online. 14 March 2003. [Accessed 20 February 2022]. Available from: [http://www.caib.es/sites/atmosfera/es/compuestos\\_organicos\\_volatiles\\_cov-3189/](http://www.caib.es/sites/atmosfera/es/compuestos_organicos_volatiles_cov-3189/)

**GUAITARILLA, MA CONTRERAS & RIOS, AF JARAMILLO**, *Universidad Autónoma de Occidente Facultad de Ingeniería Departamento De Energética Y Mecánica Programa Ingeniería Ambiental Santiago De Cali 2019* Online. [Accessed 6 December 2020]. Available from: <http://red.uao.edu.co/handle/10614/11980>

**HE, Fan, SHAFFER, Michele L., LI, Xian, RODRIGUEZ-COLON, Sol, et.al**. *Individual-level PM<sub>2.5</sub> exposure and the time course of impaired heart rate variability: the APACR Study*.

Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology 2011 21:1. Online. 7 April 2010. Vol. 21, no. 1, p. 65–73. [Accessed 20 February 2022]. DOI 10.1038/jes.2010.21.

**IDEAM**, *Contaminantes del aire y sus Efectos*. Contaminantes del aire y sus Efectos. 2016.

**INAMHI**, *Boletín Climatológico Anual*. Boletín Climatológico Anual 2015.

**INEC**, *Anuario de Estadísticas de Transporte*. Anuario de Estadísticas de Transporte. 2020. p. 45.

**INE-SEMARNAT**, *Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares*. Disponible en: ISBN 9786078246526.pdf. 2006.

**INTERNATIONAL SUSTAINABLE SYSTEMS RESEARCH CENTER**, *Manual del Usuario del Modelo IVE Mayo*. Manual del Usuario del Modelo IVE Mayo 2008. p. 55.

**ISSRC**, *IVE Model Attachment D : Field Data Collection Activities*. 2008. p. 22.

**J, COHEN A.**, *Urban air pollution*. Comparative Quantification of Health Risks. 2004. Vol. 2, pp. 1353–1433.

**MANTILLA, Enrique, CASTELL, Núria, SALVADOR, Rosa, AZORÍN, et. al.** *Ozono troposférico y calidad del aire*. Generalitat Valenciana y CEAM. Online. 2015. p. 42. [Accessed 6 December 2020]. Available from: <http://www.citma.gva.es/documents/20549779/161512949/Ozono+troposférico+y+calidad+del+aire.+Libro+completo/c0ae3c3e-5588-433f-a0b6daf473a9c0a9;jsessionid=49ADB4805220D697BF9FF226B34A1ABD.node1>

**MONTERO JOHN FAUSTINO, Galarza & ALCÁZAR ESPINOZA JAVIER ALEXANDER**, Universidad Estatal De Milagro Facultad Ciencias De Ingeniería trabajo de Titulación de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial propuesta práctica del examen complejo tema: la contaminación atmosférica por fuentes móviles. . 28 May 2018. pp. 45–15.

**NYAMWANZA, TONDERAI**, *Evaluación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos CO, SO<sub>2</sub> y noxproducto del desarrollo de actividades industriales del cantón Rumiñahui provincia de Pichincha*. Online. 2014. Vol. 2014, no. June, p. 1–2. Available from: <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39127%0Ahttps://cris.brighton.ac.uk/ws/portalfil>

es/portal/4755978/Julius+Ojebode%27s+Thesis.pdf%0Ausir.salford.ac.uk/29369/1/Angela\_Darvill\_thesis\_submission.pdf%0Ahttps://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/ha

**OPS/OMS**, *Organización Mundial de la Salud (OMS) Calidad del aire*. Online. 2016. [Accessed 29 November 2020]. Available from: <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>

**SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**, *Norma Ecuatoriana de Calidad del Aire*. Online. 2011. [Accessed 6 December 2020]. Available from: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf>

**SUGAWARA, Etsuko and NIKAIDO, Hiroshi**, 2014. *Properties of AdeABC and AdeIJK efflux systems of Acinetobacter baumannii compared with those of the AcrAB-TolC system of Escherichia coli*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*. Online. 2014. Vol. 58, no. 12, p. 7250–7257. DOI 10.1128/AAC.03728-14.

**T, SAMS AND J, TIEBER**, *Use of rape-and used-frying-oil-methyl ester under real world engine operation*", *Information Paper Technical University of Graz (Austria)*. 1996.

**US, EPA**, *Descripción e Historia del Modelo MOBILE de Factores de Emisión de Vehículos en Carreteras*, EPA de EE. UU. Online. 2015. [Accessed 20 February 2022]. Available from: <https://www.epa.gov/moves/description-and-history-mobile-highway-vehicle-emission-factor-model>

**VITERI, RAFAELA & PAREDES, MARCEL**, *Study and analysis of NO2 emissions generated by motor vehicles in the “ Terminal terrestre ” area of Riobamba city , Ecuador*. 2017.

**WALLER, DIANE**, *Maquetación 1 Enhanced Reader*. Online. [Accessed 6 December 2020]. Available from: <moz-extension://df7f97d4-6f34-45b0-818d-3036bb716fd3/enhancedreader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.ambiente.gob.ec%2Fwp-content%2Fuploads%2Fdownloads%2F2012%2F10%2Flibro-calidad-aire-1-final.pdf>

**WHO**, *Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide Report on a WHO Working*. Group OZONE-adverse effects NITROGEN DIOXIDE-adverse effects AIR POLLUTANTS, ENVIRONMENTAL-adverse effects META-ANALYSIS AIR-standards GUIDELINES. Online. 2003. No. January, p. 30. Available from: [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/112199/E79097.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf)

**WHO**, *Ambient (outdoor) air pollution*. Online. 2018. [Accessed 2 December 2020]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

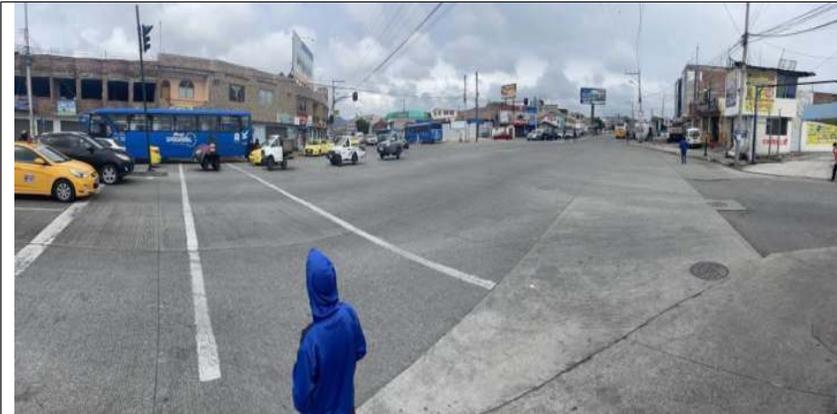
**WORLD HEALTH ORGANIZATION**, *Методы выравнивания биологических последовательностей, не использующие штрафы за делеции | Enhanced Reader*. Online. 2019. [Accessed 28 March 2021]. ISBN 9783319766805. Available from: <moz-extension://df7f97d4-6f34-45b0-818d-3036bb716fd3/enhanced-reader.html?openApp&pdf>

**TAO, LIXIN, GUO, JIN, WANG, WEI & GUO, XIUHUA**, *Fine particulate air pollution and hospital emergency room visits for respiratory disease in urban areas in Beijing, China, in 2013*. Fine particulate air pollution and hospital emergency room visits for respiratory disease in urban areas in Beijing, China, in 2013. 2016.

**YOLANDA, MERCEDES, MORALES, RAFAEL & GUZMÁN, ANDRÉS HERNÁNDEZ**, *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible*. Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible. 2014. p. 9.

## ANEXOS

### ANEXO A: CONTEO DE VEHÍCULOS EN PUNTOS DE INTERÉS



Puntos de conteo de vehículos en el norte de la ciudad, sector Bypass



Puntos de conteo de vehículos en el centro de la ciudad, sector la Giralda



Puntos de conteo de vehículos en el sur de la ciudad, sector Mercado Mayorista

**ANEXO B: RECORRIDOS DE RUTA EN VEHÍCULOS**



Recorrido en de Bus

Recorrido de taxi



Recorrido de motocicleta

## ANEXO C: OBTENCIÓN DE BIENES CON EVALUATION GPS DATA

EVALUATE GPS DATA

**Select Files to Evaluate**

- All
- Example001.txt
- Example002.txt
- Example003.txt
- GPS-bus.txt
- GPS\_03\_NE\_MIC\_050905.txt
- GPS\_Carro\_particular.txt
- mypemdata.txt

Test 030/MFPI - 3WyrComments

PM Adj: 1.0 CO Adj: 1.0 CO2 Adj: 1.0 NO2 Adj: 1.0 THC Adj: 1.0

Clear CALCULATE Set All CALCULATE SAVE RESULTS

**Calculation Results (%)** File Initials:

Display Parameters: Combined Runs Driving Raw Data Use Combined Runs for Starts FTP Cal. with IVE Bin Corr.

Cold Start Emissions:  g/200 sec  
 Hot Start Emissions:  g/200 sec  
 Running Emissions:  g/km Actual  g/km Corrected to FTP

Low Stress	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.023	0.066	0.121	0.441	0.194	0.109	0.023	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
Med Stress	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
High Stress	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Data Number: 421 Average Speed: 23.811 km/hr

### Obtención para Carros particulares

EVALUATE GPS DATA

**Select Files to Evaluate**

- All
- Example001.txt
- Example002.txt
- Example003.txt
- GPS-bus.txt
- GPS-taxi.txt
- GPS\_03\_NE\_MIC\_050905.txt
- GPS\_Carro\_particular.txt
- mypemdata.txt

Test 040/MFPI - 3WyrComments

PM Adj: 1.0 CO Adj: 1.0 CO2 Adj: 1.0 NO2 Adj: 1.0 THC Adj: 1.0

Clear CALCULATE Set All CALCULATE SAVE RESULTS

**Calculation Results (%)** File Initials:

Display Parameters: Combined Runs Driving Raw Data Use Combined Runs for Starts FTP Cal. with IVE Bin Corr.

Cold Start Emissions:  g/200 sec  
 Hot Start Emissions:  g/200 sec  
 Running Emissions:  g/km Actual  g/km Corrected to FTP

Low Stress	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	0.056	0.018	0.018	0.009	0.037	0.009	0.009	0.066	0.037	0.028	0.047	0.028	0.094	0.018	0.000	0.047	0.018	0.018	0.009	0.037
Med Stress	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	0.037	0.000	0.009	0.018	0.028	0.000	0.018	0.009	0.009	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.009	0.018	0.000	0.113
High Stress	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.000	0.079

Data Number: 106 Average Speed: 61.778 km/hr

### Obtención para Taxis

EVALUATE GPS DATA

**Select Files to Evaluate**

All  
 Example001.bt  
 Example002.bt  
 Example003.bt  
 GPS\_particular-car.bt  
 GPS\_03\_NE\_MIC\_050905.bt  
 mypemidata.bt

Test 020/MPFI - 3WY:Comments

PM Adj: 1.0 CO Adj: 1.0 CO2 Adj: 1.0 NO2 Adj: 1.0 THC Adj: 1.0

**Calculation Results (%)** File Initials:

Display Parameters: Combined Runs | Driving | Raw Data | Use Combined Runs for Starts | FTP Cal. with IVE Bin Cor.

Cold Start Emissions:  g/200 sec  
 Hot Start Emissions:  g/200 sec  
 Running Emissions:  g/km (Actual) |  g/km (Corrected to FTP)

Low Stress	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,008	0,019	0,063	0,650	0,145	0,084	0,014	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000
Med Stress	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
High Stress	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Data Number: 2284 Average Speed: 14,471 km/hr

Obtención para Buses

EVALUATE GPS DATA

**Select Files to Evaluate**

All  
 Example001.bt  
 Example002.bt  
 Example003.bt  
 gps\_moto\_final.bt  
 gps\_moto\_final\_T.bt  
 GPS-taxi.bt  
 GPS\_03\_NE\_MIC\_050905.bt  
 GPS\_Carro particular.bt  
 mypemidata.bt

Test 040/4Cyc Carb:Comments

PM Adj: 1.0 CO Adj: 1.0 CO2 Adj: 1.0 NO2 Adj: 1.0 THC Adj: 1.0

**Calculation Results (%)** Saves a tab delimited to

Display Parameters: Combined Runs | Driving | Raw Data | Use Combined Runs for Starts | FTP Cal. with IVE Bin Cor.

Cold Start Emissions:  g/200 sec  
 Hot Start Emissions:  g/200 sec  
 Running Emissions:  g/km (Actual) |  g/km (Corrected to FTP)

Low Stress	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,015	0,025	0,067	0,630	0,126	0,097	0,021	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000
Med Stress	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
High Stress	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Data Number: 1181 Average Speed: 14,411 km/hr

Obtención para Motocicletas

**ANEXO D: EMISIONES DE CONTAMINANTES PROGRAMA IVE**

**Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares**

Cálculo Localidad Flota Ajustes Generales

Grupo Localidad: - localidad Individual -

Calcular Localidades: Riobamba\_ruta linea1\_carro (Flota\_Riobamba\_carro p...)

Localidades Disponibles: Riobamba\_ruta1\_moto (Flota\_Riobamba\_moto), Riobamba\_ruta linea1 (Flota Vehicular\_buses Urbanos), Riobamba\_ruta linea1\_taxi (Flota\_Riobamba\_Taxi)

Mostrar Hora: 0:00/día... Mostrar Unidades: kilogramos

Distancia/Tiempo: 152724.0 km Partidas: 152724.0

Contaminantes Criterio	CO	VOC	VOC evap.	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM
Partidas Hora	3785.76	291.37	32.15	203.91	1.19	1.47
En Ruta Hora	1156.99	70.78	35.35	105.3	9.88	0.48
<b>Total Hora</b>	<b>4942.75</b>	<b>362.15</b>	<b>67.5</b>	<b>309.21</b>	<b>11.07</b>	<b>1.95</b>
Partidas Dia	3785.76	291.37	32.15	203.91	1.19	1.47
En Ruta Dia	1156.99	70.78	35.35	105.3	9.88	0.48
<b>Total Dia</b>	<b>4942.75</b>	<b>362.15</b>	<b>67.5</b>	<b>309.21</b>	<b>11.07</b>	<b>1.95</b>

**Emisiones para Carros Particulares**

**Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares**

Cálculo Localidad Flota Ajustes Generales

Grupo Localidad: - localidad Individual -

Calcular Localidades: Riobamba\_ruta linea1\_taxi (Flota\_Riobamba\_Taxi)

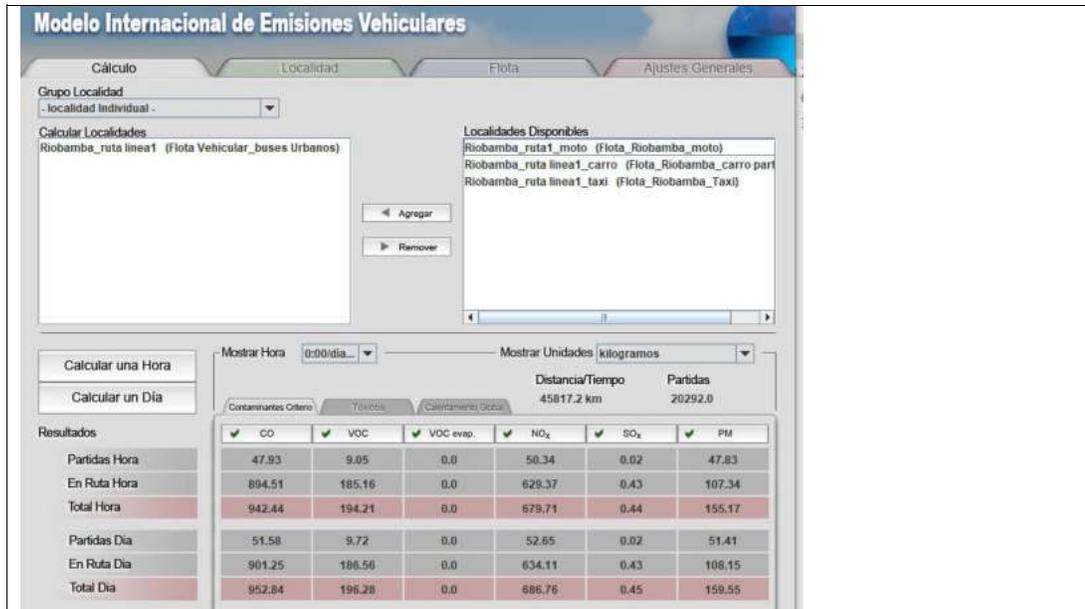
Localidades Disponibles: Riobamba\_ruta1\_moto (Flota\_Riobamba\_moto), Riobamba\_ruta linea1 (Flota Vehicular\_buses Urbanos), Riobamba\_ruta linea1\_carro (Flota\_Riobamba\_carro part...

Mostrar Hora: 0:00/día... Mostrar Unidades: kilogramos

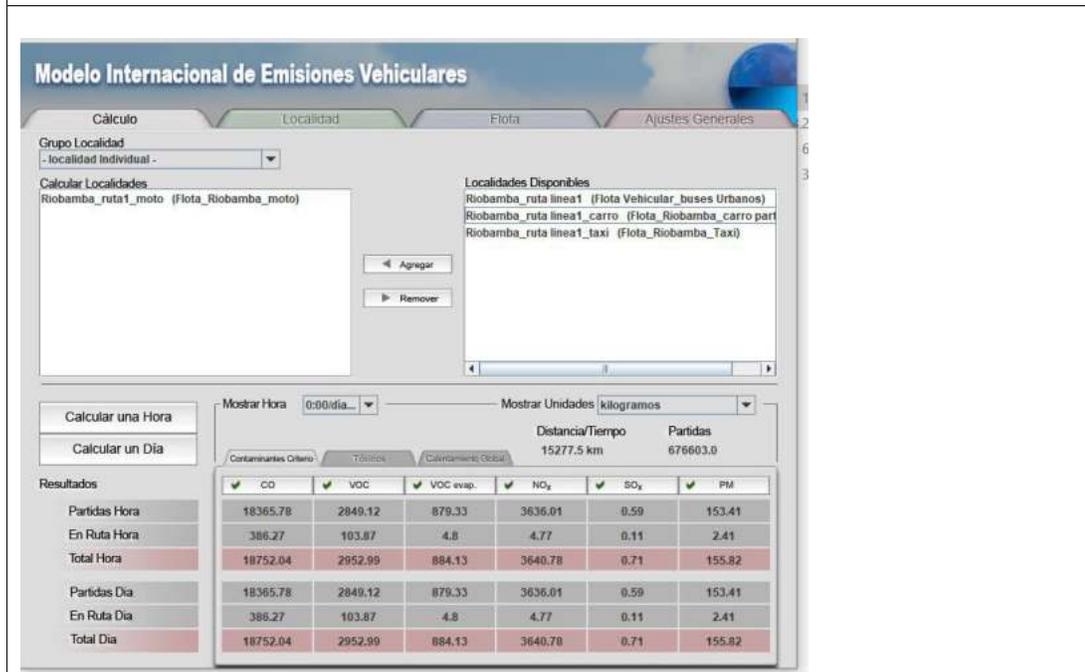
Distancia/Tiempo: 91664.0 km Partidas: 40597.0

Contaminantes Criterio	CO	VOC	VOC evap.	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	PM
Partidas Hora	605.53	45.75	19.77	31.58	0.05	0.36
En Ruta Hora	18445.74	121.88	27.91	199.0	4.06	3.63
<b>Total Hora</b>	<b>19051.27</b>	<b>167.63</b>	<b>47.69</b>	<b>230.58</b>	<b>4.11</b>	<b>3.99</b>
Partidas Dia	605.53	45.75	19.77	31.58	0.05	0.36
En Ruta Dia	18445.74	121.88	27.91	199.0	4.06	3.63
<b>Total Dia</b>	<b>19051.27</b>	<b>167.63</b>	<b>47.69</b>	<b>230.58</b>	<b>4.11</b>	<b>3.99</b>

**Emisiones para Taxis**



Emisiones para Buses



Emisiones para Motocicletas



esPOCH

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: 12 / 04 / 2022

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

LEONARD  
O FABIO  
MEDINA  
NUSTE

Firma del Ejecutor para por  
LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Número de identificación (DNI):  
C-EC, D-BANCO CENTRAL DEL  
ECUADOR, ENTIDAD DE  
CERTIFICACIÓN DE INFORMACIÓN:  
E-FELCE, I-QUITO,  
C-0000621485,  
C-LEONARDO FABIO MEDINA  
NUSTE  
Fecha: 2022.04.12 11:48:19 -0500'



0661-DBRA-UTP-2022