



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN TRÁNSITO, TRANSPORTE Y

SEGURIDAD VIAL

Estimación Indirecta de Emisiones Contaminantes de Fuentes

Móviles en el casco urbano de la cabecera cantonal del Cantón

Sevilla de Oro

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

MAGISTER EN TRÁNSITO, TRANSPORTE Y SEGURIDAD VIAL

VERSIÓN I

Autor:

ING. LILIANA ELIZABETH GARCÍA MOLINA

Director:

MSC. ING. MATEO FERNANDO COELLO SALCEDO

CUENCA, ECUADOR

2017

DEDICATORIA

A Dios, por haberme dado salud y sabiduría para culminar esta meta

A mis padres Oswaldo y Norma, por darme la vida, por sus consejos y su amor incondicional

A mis hermanos Belén y Oswaldo, por su apoyo y cariño

Y de manera especial a Diego, quien ha sido el pilar fundamental en mi vida porque con su amor y ayuda me demostró que en todo momento cuento con él.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por permitirme cumplir este trabajo, a mi amor Diego que supo alentarme y ayudarme.

Y un agradecimiento muy especial a mi director de Tesis, Ing. Mateo Coello, por su apoyo, dedicación y amistad. Sus conocimientos, orientación y motivación han sido fundamental para la culminación de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ECUACIONES	ix
RESUMEN.....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT	xi
GLOSARIO	xiii
1. Capítulo I: GENERALIDADES.....	3
1.1. Problemática	3
1.2. Marco teórico	4
1.3. Principales software que determinan factores e inventarios de emisiones ..	5
1.3.1. Elección del software IVE para este caso de estudio	7
1.4. Estado del arte	11
1.5. Pregunta de investigación	13
1.6. Objetivo general	14
1.7. Objetivos específicos.....	14

1.8. Alcance	14
2. Capítulo II: CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR.....	16
2.1. Área de estudio	17
2.2. Contaminación del aire, fuentes de contaminación y sus efectos.....	18
2.3. Emisiones procedentes por fuentes móviles	19
2.4. Definición y caracterización del parque automotor	22
2.4.1. Composición de la flota vehicular	23
2.4.2. Metodología para la caracterización de la flota vehicular.	24
3. Capítulo III: CARACTERÍSTICAS DE CONDUCCIÓN	30
3.1. Metodología para obtener los parámetros de localidad, necesarios para determinar el inventario de emisiones.....	31
3.1.1. Selección de la ruta.....	32
3.1.2. Patrón de conducción.....	34
3.1.3. Patrones de partidas Soak.....	43
3.1.4. Uso de aire acondicionado	45
3.1.5. Distancia / tiempo.....	46
3.1.6. Variables ambientales.....	48
3.1.7. Características de los combustibles	49
3.2. Factores de emisión.....	50
4. Capítulo IV: RESULTADOS.....	52
5. Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56

5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Recomendaciones.....	62
1. BIBLIOGRAFÍA	63
2. ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ciudades en las que se ha desarrollado el proyecto IVE.....	7
Figura 2.1 Ubicación geográfica del cantón Sevilla de Oro.	18
Figura 2.2 Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores.	21
Figura 2.3 Parque automotor perteneciente al cantón Sevilla de Oro.....	25
Figura 2.4 Vehículos livianos a gasolina presentes en el cantón Sevilla de Oro.	26
Figura 2.5 Vehículos livianos a diésel presentes en el cantón Sevilla de Oro.	26
Figura 2.6 Camiones a diésel presentes en el cantón Sevilla de Oro.....	27
Figura 2.7 Vehículos livianos a diésel presentes en el cantón Sevilla de Oro.	27
Figura 2.8 Volquetas presentes en el cantón Sevilla de Oro.....	27
Figura 2.9 Archivo flota en IVE	29
Figura 3.1 Archivo localidad en IVE	30
Figura 3.2 GPS Garmin Monterra.....	32
Figura 3.3 Ruta asignada del casco urbano del cantón Sevilla de Oro.	33
Figura 3.4 GPS VBOX SPORT	38
Figura 3.5 GPS colocado en el tablero para una buena recepción del satélite.....	38
Figura 3.6 Patrón de conducción (martes en la mañana)	39
Figura 3.7 Patrón de conducción (martes en la tarde)	40
Figura 3.8 Patrón de conducción (sábado en la mañana).....	41
Figura 3.9 Patrón de conducción (sábado en la tarde)	42
Figura 3.10 Encuestas Soak	43
Figura 3.11 Cámara de filmación de la UDA	46
Figura 3.12 Ajustes generales IVE	51
Figura 4.1 Cálculo IVE	52
Figura 4.2 Cantidad de monóxido de carbono (CO).....	53
Figura 4.3 Cantidad de compuestos orgánicos volátiles (VOC).....	53
Figura 4.4 Cantidad de compuestos orgánicos volátiles evaporativos (VOC evap).....	53
Figura 4.5 Cantidad de óxido de nitrógeno (NOx)	53
Figura 4.6 Cantidad de óxidos de azufre (SOx).....	54
Figura 4.7 Cantidad de material particulado (PM)	54

Figura 4.8 Cantidad de amoníaco (NH_3).....	54
Figura 4.9 Cantidad de dióxido de carbono (CO_2).....	54
Figura 4.10 Comparación de contaminantes.....	55
Figura 5.1 Características de movilidad.....	57
Figura 5.2 Porcentaje de los contaminantes en los distintos horarios.....	59

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Emisiones del contaminante	8
Ecuación 2 Tasa de emisión ajustada para cada vehículo	9
Ecuación 3 Tasa de emisión ajustada para cada tecnología en ruta	10
Ecuación 4 Tasa de emisión ajustada para cada tecnología en encendido	10
Ecuación 5 Potencia específica del vehículo VSP	34
Ecuación 6 Estrés del motor	35
Ecuación 7 Distancia/tiempo	47
Ecuación 8 Fórmula geométrica de proyección de población	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Principales contaminantes emitidos por fuentes móviles.....	19
Tabla 2.2 Emisiones contaminantes según el tipo de emisión	21
Tabla 2.3 Clasificación del parque automotor	25
Tabla 2.4 Clasificación del parque automotor según año – modelo	26
Tabla 2.5 Codificación vehicular dada por IVE.....	28
Tabla 3.1 Potencia específica vehicular agrupada en 20 niveles de operación.....	36
Tabla 3.2 Demanda del motor	37
Tabla 3.3 Bins VSP (martes en la mañana).....	39
Tabla 3.4 Bins VSP (martes en la tarde)	40
Tabla 3.5 Bins VSP (sábado en la mañana)	41
Tabla 3.6 Bins VSP (sábado en la tarde).....	42
Tabla 3.7 Tiempo Soak establecido por el programa IVE	44
Tabla 3.8 Soak en horario de la mañana (11:00 am – 12:00 pm)	44
Tabla 3.9 Soak en horario de la tarde (12:30 pm – 13:30 pm).....	45
Tabla 3.10 Uso de aire acondicionado en horario de la mañana (11:00 am – 12:00 pm)	45
Tabla 3.11 Uso de aire acondicionado en horario de la tarde (12:30 pm – 13:30 pm) ...	46
Tabla 3.12 Parque automotor presente en el cantón Sevilla de Oro en el día martes	47
Tabla 3.13 Parque automotor presente en el cantón Sevilla de Oro en el día sábado.....	47
Tabla 3.14 Pendientes de las vías de Sevilla de Oro	49
Tabla 3.15 Características de los combustibles.....	50
Tabla 4.1 Comparación de contaminantes entre los días típico y atípico	55
Tabla 5.1 Cantidad de contaminantes en kilogramos del cantón Sevilla de Oro	58
Tabla 5.2 Cantidad de contaminantes emitidos al año	59
Tabla 5.3 Cantidad de habitantes y de CO ₂	61
Tabla 5.4 Cantidad de contaminante por kilómetro recorrido	61
Tabla 5.5 Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca	62

RESUMEN

El estudio estima las emisiones contaminantes (CO, VOC, NOx, SOx, PM, NH3, CO2) provenientes de fuentes móviles que circulan en el cantón Sevilla de Oro. Para obtener los patrones de conducción se usó un GPS y para la caracterización de la flota vehicular se recopiló información de vehículos matriculados del GAD de Sevilla de Oro y el catastro del casco urbano.

Las emisiones fueron estimadas mediante el uso del software IVE, ajustando las variables de ingreso con los datos levantados de la localidad. Se realizó levantamiento de información en dos horarios; mañana (11:00 am a 12:00 pm) y en la tarde (12:30 pm a 13:30 pm).

Como resultado se demostró que las mayores emisiones se generan en la tarde, con mayor aporte de contaminantes criterio, tóxicos y de calentamiento global.

Palabras Clave: Modelo IVE; Factor de emisión; Caracterización del parque automotor; Emisiones Contaminantes.



Msc. Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo

Director de Tesis



Ing. Liliana Elizabeth García Molina

Autor

ABSTRACT

This study presented the estimation of pollutant emissions (CO, VOC, NO_x, SO_x, PM, NH₃, CO₂) from mobile sources that circulate in *Sevilla de Oro* canton. The driving patterns were obtained through GPS, and the characterization of the vehicle fleet by means of the information of vehicles registered at *Sevilla de Oro* GAD and at the Land Registry of the urban area. Emissions were estimated using the IVE (International Vehicle Emissions) software; adjusting income variables with data gathered from the area. Information was collected in two schedules; Morning (11:00 a.m. to 12:00 p.m.) and Afternoon (12:30 p.m. to 1:30 p.m.). As a conclusion, it was demonstrated that the highest emissions with a greater input of toxic and global warming criteria pollutants were generated in the afternoon.

Keywords: IVE model; emission factor; automotive fleet characterization; emissions pollutants.



Msc. Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo
Thesis Director



Ing. Liliana Elizabeth García Molina
Author



UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
Dpto. Idiomas



Translated by
Lic. Lourdes Crespo

GLOSARIO

IVE:	El Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares
MODEM:	El Modelo de Emisiones Vehiculares
MOBILE:	Modelo Matemático
COOPERT4:	Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport. Modelo matemático
MOVES:	Motor Vehicle Emission Simulator
ETAPA:	Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca
CEA:	Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca
CUENCAIRE:	Corporación para el Mejoramiento del Aire de Cuenca
NCAA:	Norma de la Calidad del Aire Ambiente
RTV:	Revisión Técnica Vehicular
EPA:	Agencia de Protección Ambiental - USA
CO:	Monóxido de Carbono
CO₂:	Dióxido de Carbono
SO_x:	Óxidos de Azufre
HC:	Hidrocarburos
NO_x:	Óxidos de nitrógeno
PM:	Partículas
SO₂:	Dióxido de Azufre
NO₂:	Dióxido de Nitrógeno
O₃:	Ozono

Pb:	Plomo
NH₃:	Amoníaco
(NH₄)₂SO₄:	Sulfato de Amonio
NH₄NO₃:	Nitrato de Amonio
CH₄:	Metano
N₂O:	Óxido nitroso
MP_{2.5}:	Material particulado en suspensión con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micras
MP₁₀:	Material particulado en suspensión con diámetro aerodinámico menor a 10 micras
PS:	Partículas Sedimentables
COV:	Compuestos orgánicos volátiles
C₆H₆:	Benceno
GLP:	Gas licuado de Petróleo
ANT:	Agencia Nacional de Tránsito
GAD:	Gobierno Autónomo Descentralizado
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
CTE:	Comisión de Tránsito del Ecuador
VSP:	Potencia Específica del Vehículo
ES:	Demanda o Estrés del motor

Ing. Liliana Elizabeth García Molina

MSC. Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo

Noviembre, 2016

ESTIMACIÓN INDIRECTA DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES EN EL CASCO URBANO DE LA CABECERA CANTONAL DEL CANTÓN SEVILLA DE ORO

INTRODUCCIÓN

El aire en condiciones naturales está compuesto por nitrógeno con un (78%), oxígeno con un (21%) y pequeñas cantidades de gases con un (1%). Sin embargo, en lugares donde el crecimiento demográfico ha sido considerable y por ende el crecimiento vehicular, más su uso desmedido, han generado que esta composición se altere o contamine por sustancias químicas y polvo (SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE MEXICO, 2013).

La contaminación atmosférica constituye un grave problema para la sociedad, este fenómeno se ha agravado en las últimas décadas, y particularmente en los últimos años, su aumento aporta a la degradación de la calidad del aire, al calentamiento global y al incremento de las enfermedades respiratorias (CASTRO PEÑA & ESCOBAR WINSTON, 2006).

En la actualidad los inventarios de emisiones se han convertido en importantes herramientas para la planificación de medidas que ayuden a controlar y mitigar el impacto ambiental generado por fuentes fijas y móviles, ya que a través de estos datos se puede identificar y precisar áreas donde se tenga que hacer mayor énfasis para fortalecer o instrumentar nuevas medidas de control para la reducción de emisiones y

mejora de la calidad de aire (SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE MEXICO, 2013).

El GAD Municipal del cantón Sevilla de Oro debe asumir competencias relacionadas con el tránsito, transporte terrestre y calidad del aire, al momento en el departamento de Tránsito y Transporte no se dispone de información relacionada con inventarios de emisiones contaminantes que emiten las fuentes móviles que circulan por el casco urbano de la cabecera cantonal, es por ello la necesidad de realizar una investigación donde se defina una línea base de dichos contaminantes.

Para su desarrollo, se plantea una metodología donde se realizará la recopilación de información existente en el departamento de Tránsito del GAD Municipal del cantón Sevilla de Oro, acerca del parque automotor que circula. Con esta información, se clasificará los vehículos según año, modelo y tipo de combustible, para con la ayuda de un técnico en mecánica automotriz definir las tecnologías y con ello precisar las características de la flota. Además, con la ayuda de un GPS se determinará las características de conducción y mediante encuestas conoceremos el número de arranques en frío que se generan.

Luego se procederá a la utilización del software IVE que ajustará los distintos factores de emisión. A partir de esta información y mediante la aplicación de este modelo matemático se cuantificará las emisiones de los contaminantes criterio (CO, SO_x, NO_x, PM), y de calentamiento global (CO₂). Con estos resultados se estimará el inventario de emisiones.

1. Capítulo I: GENERALIDADES

El estudio propuesto se fundamenta en el requerimiento del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Sevilla de Oro ya que el departamento de Tránsito y Transporte del cantón por ser una competencia nueva, no cuenta con una línea base de datos relacionados con contaminantes de emisiones generados por las fuentes móviles que circulan por el casco urbano de la cabecera cantonal, esto es necesario para conocer el tema del impacto ambiental, y así plantear planes de control y mitigaciones.

1.1. Problemática

La degradación de la calidad del aire es causado principalmente por las emisiones contaminantes producidas por gases como el Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de Nitrógeno NOx, partículas y emisiones evaporativas, que emiten los escapes de los vehículos principalmente aquellos vehículos cuyo (año–modelo) resultan ser antiguos. Su principal manifestación se puede notar en el progresivo deterioro del aire causando molestias y distintas enfermedades asociadas a esta contaminación (CASTRO PEÑA & ESCOBAR WINSTON, 2006).

El desarrollo del estudio de estimación de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles que circulan por el casco urbano de la cabecera cantonal, es un requerimiento del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Sevilla de Oro, ya que se plantea la necesidad de conocer el impacto ambiental por parte de las fuentes móviles, mediante la determinación de un inventario que muestre los índices de contaminantes que se emiten al aire. El departamento de Tránsito del cantón no cuenta con estudios de este tipo, por ser competencias nuevas y por ende no se puede proyectar planes de control ni mitigaciones.

1.2. Marco teórico

Para desarrollar estrategias de mejora de la calidad del aire, es indispensable disponer de información confiable sobre las emisiones, determinar los tipos de fuentes de emisiones y cantidades de contaminantes (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2010).

El Plan Nacional de la calidad de Aire del Ecuador contempla que se debe mantener las concentraciones promedio anuales de contaminantes del aire bajo los patrones permisibles al año 2013, para ello es necesario llevar un control mediante la realización de un inventario de emisiones. Esta es una herramienta clave porque los datos son empleados como puntos de partida o referenciales que se emplean durante procesos de planeación y en programas de gestión de la calidad de aire (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2010).

En años anteriores se han desarrollado diferentes metodologías para la estimación de inventarios de emisiones de fuentes móviles, las cuales se pueden clasificar en:

Metodologías de estimación directa.- Realizan mediciones de emisiones directamente de la fuente, son precisas y necesitan de una inversión de capital considerable para tener resultados representativos.

Metodologías de estimación indirecta.- Estas permiten estimar emisiones de contaminantes provenientes de una fuente a partir de diversas variables relacionadas con esta, utilizan correlaciones entre las emisiones y diversos parámetros que las afectan (AMAYA, 2005), la misma que será aplicada en este caso de estudio.

Los altos índices de emisiones contaminantes atmosféricos provocados principalmente por fuentes móviles provocan deterioro en el medioambiente, es por ello la importancia y necesidad de contar con herramientas metodológicas que estimen estos aportes para proponer soluciones y acciones de disminución de las emisiones futuras.

1.3. Principales software que determinan factores e inventarios de emisiones

Dentro de las herramientas metodológicas existentes en el mercado software que ayudan a determinar los factores de emisiones y formular inventarios, tenemos: IVE, MOBILE, MODEM, COOPERT4, MOVES entre otros.

Los modelos de emisiones anteriormente indicados se describen a continuación:

- **IVE.-** El Modelo Internacional de Emisiones IVE es un modelo que se ha implementado puesto que es una herramienta computacional flexible a las necesidades de las ciudades de países en vías de desarrollo. La aplicación de este modelo permite evaluar diferentes estrategias que pueden implementarse para la reducción de las emisiones contaminantes de una ciudad. Para la estimación del inventario de emisiones el modelo requiere principalmente información acerca de componentes como: tasa de emisión de contaminantes de los vehículos (factores de emisión), actividad de los vehículos y distribución tecnológica (AMAYA, 2005).
- **MODEM.-** El Modelo de Emisiones Vehiculares corresponde a una metodología y a un software especializado que permite calcular emisiones de contaminantes atmosféricos (monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y material particulado), producidos por la actividad vehicular. Este modelo utiliza información derivada de los varios tipos de contaminantes, todo ello diferenciado para 61 categorías vehiculares, con elevados niveles de desagregación espacial y temporal. Se indican las emisiones según el tipo de vehículo, distinguiendo emisiones en caliente, partidas en frío y evaporativas (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007).

- **MOBILE.-** El Modelo MOBILE es un programa de cómputo integrado por rutinas elaboradas en lenguaje de programación Fortran y es utilizado para el cálculo de factores de emisión para vehículos automotores de gasolina y diésel, así como para ciertos vehículos especializados, tal como los vehículos a gas natural. El programa ha ido evolucionando y proporciona una herramienta analítica flexible que puede aplicarse a una variedad amplia de condiciones geográficas y de características de la flota vehicular. Los factores de emisión calculados están dados para cada contaminante y para cada tipo de vehículo (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007).
- **COOPERT 4.-** El sistema de modelación de emisiones vehiculares llamado Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport, es un programa que funciona en cualquier PC con Windows. Fue desarrollado como herramienta europea para calcular las emisiones provenientes tanto de vehículos en circulación como de vehículos fuera de camino, fue diseñado específicamente para estimar emisiones de vehículos fabricados de acuerdo con la legislación europea, permite la compilación de inventarios nacionales anuales (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007).
- **MOVES.-** El sistema de modelación de emisiones vehiculares llamado Motor Vehicle Emission Simulator, consiste en una base de datos escrita en Java, este modelo es de plataforma múltiple y puede correr en una computadora de escritorio moderna así como en paralelo en múltiples equipos. Permite estimar emisiones para un amplio rango de contaminantes, tanto de los vehículos que circulan en carretera como de los vehículos fuera de camino, permite múltiples escalas de análisis, las cuales van desde intersecciones hasta la estimación de un inventario nacional. Este sistema abarca las herramientas, los algoritmos, los datos y los conocimientos necesarios para su uso en todos los análisis de emisiones de fuentes vehiculares asociadas al desarrollo de regulaciones, normas, inventarios y proyecciones tanto regionales como nacionales (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007).

1.3.1. Elección del software IVE para este caso de estudio

La EPA, para estar al tanto acerca de las emisiones contaminantes de vehículos en países en vías de desarrollo, financió el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), con la ayuda de: University of California at Riverside, College of Engineering – Center for Environmental Research and Technology (CE-CERT), Global Sustainable Systems Research (GSSR), y el International Sustainable Systems Research Center (ISSRC). De esta manera IVE fue diseñado para tener la flexibilidad que necesitan los países para abordar las emisiones atmosféricas de fuentes móviles (ALMEIDA, 2016). Este modelo se ha implementado en 11 ciudades como Santiago de Chile, Pune (India), Nairobi (Kasajistan), Sao Paulo (Brasil), entre otros (AMAYA, 2005) ver **Figura 1.1**

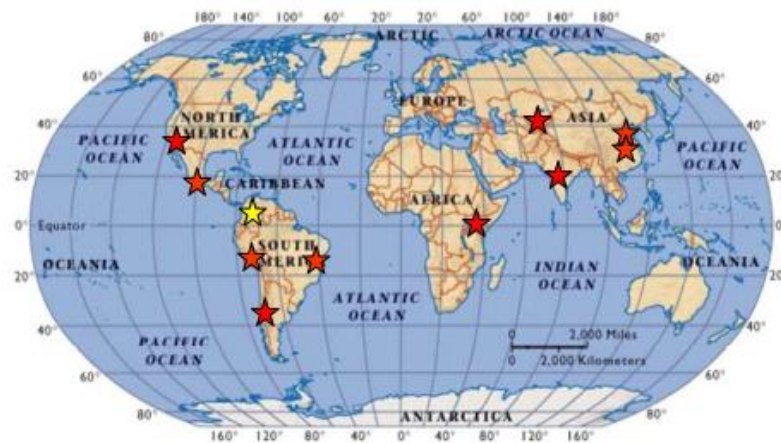


Figura 1.1 Ciudades en las que se ha desarrollado el proyecto IVE
Elaborado: (AMAYA, 2005)

Las ventajas de IVE hacen que el modelo sea más adaptable a las condiciones del parque automotor del cantón Sevilla de Oro puesto que es (PUERTO AVILA & RAMIREZ LORA, 2015):

- Fácil de entender, usar y de libre circulación (web:www.issrc.org/ive).
- Flexible en su uso.
- Permite actualizar el modelo o colocar nuevos datos si están disponibles.

- Genera datos que pueden ser importados y consistentes con MOBILE6.
- Adaptable a cualquier ciudad.
- En casos que no existe información, datos de áreas urbanas comparables pueden ser utilizados para realizar estimaciones hasta que los datos locales sean recolectados.
- Demanda pocos insumos, tomando en cuenta los tipos de contaminantes y categorías vehiculares fáciles de utilizar y entender.
- Utiliza mediciones de campo e incorpora la medición de patrones de manejo, lo cual permite corregir las emisiones por los hábitos de manejo locales ya sea por datos tomados en campo u homologados con ciudades de condiciones similares.

El siguiente texto se extrae del manual del Modelo IVE, el cual indica la metodología para estimar las emisiones vehiculares, se basa en estimar un nivel de actividad para varias categorías vehiculares y asociarlas a cada una, un factor de emisión, el cual a su vez puede ser multiplicado por un factor de corrección.

$$E_i \left[\frac{\text{masa}}{\text{tiempo}} \right] = \sum NA_k * EF_{ik} * FC_{ik}$$

Ecuación 1 Emisiones del contaminante

Dónde:

- E_i = Emisiones del contaminante considerado i .
- NA_k = Nivel de actividad de la categoría vehicular k .
- EF_{ik} = Factor de emisión del contaminante i para la categoría k .
- FC_{ik} = Factor de corrección del factor de emisión del contaminante i para la categoría k
- K = Categoría vehicular k considerada en la metodología específica.

La **Ecuación 1**, indica la importancia de determinar la actividad vehicular de una localidad, esta influye de manera relevante en las emisiones, tanto en los niveles emitidos y tipo de contaminante producido. Para ello es indispensable conocer la flota vehicular local, donde se incluye el tipo de tecnología y su comportamiento.

Varios modelos se fundan en la velocidad media de un ciclo de conducción determinado para estimar emisiones, esto generaliza el trabajo real que se ejerce sobre el motor, dejando a un lado variables que influyen en las emisiones. Por ello se ha desarrollado el modelo IVE que encierra variables de conducción de velocidad instantánea, aceleraciones, pendientes en ruta y el estado del motor segundos antes del instante de medición. El método emplea el estado del motor mediante una concepción llamada Potencia Específica del Motor VSP segundo a segundo.

Al mismo tiempo, esta herramienta informática utiliza los Factores de Emisión ajustados para cada categoría vehicular. La base del proceso de predicción de emisiones del modelo IVE comienza con una tasa de emisión base y una serie de factores de corrección que son aplicados para estimar la cantidad de contaminación de la variedad de vehículos de la localidad, tal como muestra la **Ecuación 2**.

$$Q_{[t]} = B_{[t]} * K_{(1)[t]} * K_{(2)[t]} * \dots * K_{(x)[t]}$$

Ecuación 2 Tasa de emisión ajustada para cada vehículo

Dónde: Q = Tasa de emisión ajustada para cada tipo de vehículo

B = Tasa de emisión base.

K = Factores de corrección

Los factores de corrección pueden dividirse en diferentes categorías, según (IVE, 2008) :

- Variables locales. Dentro de estas tenemos la temperatura y humedad del ambiente, altitud, programas de mantención /inspección.
- Variables de calidad de combustible, describe a la gasolina total, Azufre, plomo y benceno en gasolina, diésel total, azufre en diésel.

- Variables de potencia y conducción, comprende la pendiente de la ruta, uso de aire acondicionado, distribución de encendidos, potencia específica del vehículo VSP.

La **Ecuación 3** y **Ecuación 4**, indican la emisión ajustada por la fracción viajada y el tipo de conducción para cada tecnología, los datos de la fracción viajada se consiguen del archivo de datos de la flota vehicular. El paso final en la ecuación consiste en multiplicar este resultado por la tasa entre el promedio de la velocidad del ciclo de conducción que está normado, y el promedio de velocidad del ciclo modelado en el estudio; y por último, multiplicar por la distancia recorrida (para emisiones en movimiento). El resultado es el total de las emisiones en movimiento de la flota completa para la distancia o tiempo asignado. Existen tipos de bases de factores de emisiones, una para las emisiones en movimiento y otras para las emisiones al encendido (IVE, 2008).

$$Q_{en\ ruta} = \frac{U_{FTP}}{U_c} * D * \sum_t f_t * Q_t * \sum_d [f_{dt} * K_{dt}]$$

Ecuación 3 Tasa de emisión ajustada para cada tecnología en ruta

$$Q_{encendido} = \sum_t f_t * Q_t * \sum_d [f_{dt} * K_{dt}]$$

Ecuación 4 Tasa de emisión ajustada para cada tecnología en encendido

Dónde: Q_t = Tasa de emisión ajustada por cada tecnología (encendido (g) o en ruta (g)).

f_t = Fracción recorrida por cada tecnología.

f_{dt} = Fracción de cada tipo de conducción o apagado del vehículo por cada tecnología

U_{FTP} = Velocidad promedio del ciclo de conducción LA4 (una constante (km/h)).

D = Distancia recorrido como dato de entrada por usuario en archivo de datos de área de estudio.

U_c = Velocidad promedio de un ciclo específico de conducción, como dato de entrada en archivo de datos de área de estudio (km/h).

Al tener información de los patrones de conducción, es decir conocer la cantidad y duración de las paradas que se generan, la cantidad de tiempo en que el vehículo está detenido y en movimiento, la velocidad y aceleración promedio del recorrido, y los distintos niveles de aceleración y velocidad producidos al conducir; y las condiciones específicas ambientales de la localidad, se estimará las emisiones de un lugar.

1.4. Estado del arte

En el contexto local se pueden citar algunas acciones que han tomado las autoridades de turno con el fin de obtener una línea base y controlar la calidad del aire. Entre las medidas más relevantes se encuentran (OPS/OMS REPRESENTACION EN ECUADOR, 2006).

En la ciudad de Cuenca en el año de 1997, se realizó el monitoreo de la calidad del recurso aire a cargo de la Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca (ETAPA). Empresa que realizó la medición de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) y partículas totales en suspensión (método gravimétrico). Desde septiembre del 2003 a marzo del 2005 se monitorearon las emisiones de 4.114 vehículos a gasolina, mediante la aplicación de un plan voluntario. La Universidad de Cuenca a través del Centro de Estudios Ambientales (CEA) con el apoyo de la agencia Belga de la Cooperación Internacional, y con la Comisión de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Cuenca, determino una línea base de la

calidad del aire y calidad acústica en los horarios de alto tráfico en el centro histórico de Cuenca.

En el año 2006, la recién creada Corporación para el Mejoramiento del Aire de Cuenca (CUENCAIRE) gestionó y obtuvo la donación de los equipos de monitores de la calidad de aire de ETAPA, a fin de que la corporación asuma el monitoreo de la calidad del aire en Cuenca. Fue hasta el año 2012 que estas competencias fueron transferidas a la empresa de movilidad (EMOV –EP).

“Según el Acuerdo Nro.050, del Ministerio del Ambiente, la Norma de la Calidad del Aire Ambiente (NCAA), establece el límite máximo permisible de concentración con el propósito de proteger la salud y el ambiente. La Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Cuenca de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte es la responsable de realizar este control, así como realizar la fiscalización del proceso de Revisión Técnica Vehicular (RTV)” (EMOV, 2015).

“La red de monitoreo de la calidad del Aire de Cuenca maneja alrededor de 19 puntos de vigilancia, ubicados en sectores estratégicos de la ciudad, para monitorear constantemente las emisiones de gases y compararlos con los parámetros establecidos en la reglamentación vigente para precautelar la salud de la población. De acuerdo al Informe de la calidad del aire 2012 la red de monitoreo incluye; una estación automática localizada en el Municipio de Cuenca la cual registra en tiempo real las concentraciones de CO, SO₂, NO₂, O₃ y MP_{2.5}; una subred pasiva en las 19 estaciones la cual mide las concentraciones de NO₂, O₃, y SO₂, está basada en tomar muestras expuestas un cierto número de días, luego en el laboratorio se realiza la desorción del contaminante y su cuantificación, con esto se determina la concentración media de los contaminantes; una subred de depósito de partículas sedimentables (PS), que cuenta con 16 puntos de medición, se recogen muestras una vez por mes y las concentraciones son determinadas por medio del análisis gravimétrico y una subred activa de material particulado menor a 10 micras, que está conformada por 3 equipos semiautomáticos de alto volumen para obtener muestras durante 24 horas consecutivas de exposición.” (VINTIMILLA, 2015).

“Conforme al Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca 2009, se tienen los porcentajes de las principales fuentes emisoras de gases contaminantes. Siendo que el tráfico vehicular encabeza la lista de las emisiones contaminantes en el cantón Cuenca, las autoridades deben tomar control para conservar la salud de la población y la calidad del medio ambiente” (VINTIMILLA, 2015).

En el año 2011 el inventario de emisiones contaminantes del cantón Cuenca, se focalizó en la estimación de emisiones anuales de los contaminantes (CO, NO_x, COV, SO₂, MP₁₀, MP_{2.5}) y gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O). Para contar con información suficientemente detallada se generó un dominio rectangular donde se inscribió totalmente al cantón Cuenca, el mismo que está compuesto de 100 celdas horizontales y 80 verticales a alta resolución, cada celda es escuadra y tiene 30 segundos geográficos de lado, que equivale a 0.9266 km.

El inventario incluye emisiones de tráfico vehicular siendo el más representativo, vegetación, industria, una central térmica, gasolineras, uso de GLP doméstico, uso de disolventes, canteras, erosión eólica, tráfico aéreo, rellenos sanitarios y ladrilleras artesanales. Las emisiones de tráfico vehicular se establecieron diferenciando seis categorías para vehículos a gasolina y cinco para vehículos a diésel (EMOV, GAD MUNICIPAL DE CUENCA, 2011).

1.5. Pregunta de investigación

¿Cuál es la línea base de los contaminantes criterio de emisión, generados por las fuentes móviles presentes en el casco urbano de la cabecera cantonal del cantón Sevilla de Oro?

1.6. Objetivo general

Estimar las emisiones contaminantes de fuentes móviles en el casco urbano de la cabecera cantonal del cantón Sevilla de Oro, con la aplicación del software IVE para tener una línea base de la contaminación generada por las fuentes móviles.

1.7. Objetivos específicos

- Caracterizar el parque automotor del casco urbano de la cabecera cantonal de Sevilla de Oro, partiendo de información existente en el departamento de Tránsito del GAD Municipal.
- Determinar las características de movilidad de los vehículos pertenecientes a la muestra representativa del casco urbano del cantón.
- Obtener los contaminantes criterio de emisión (CO, CO₂, SO_x, NO_x, PM), ajustados para los vehículos pertenecientes al casco urbano del cantón.
- Determinar la masa de la estimación indirecta de emisiones criterio del casco urbano de la cabecera cantonal de Sevilla de Oro.

1.8. Alcance

El modelo IVE está diseñado para utilizar la información existente y datos locales fácilmente coleccionables. El programa determina las emisiones totales en función de tres parámetros:

- 1) Número de vehículos de una flota i.
- 2) Kilómetro recorridos de la flota i.
- 3) Factor de emisión de la flota i.

Con la determinación de estos tres parámetros se desarrolla el inventario de emisiones. El modelo IVE estima emisiones de vehículos a motor, predice contaminantes criterio (CO, VOC, VOCevap, NO_x, SO_x, y PM), sustancias tóxicas (plomo, 1,3 - butadieno, acetaldehídos, formaldehídos, NH₃, benceno) y gases de efecto invernadero (CO₂, N₂O, CH₄). Además requiere dos archivos de entrada que describen la flota vehicular y la actividad vehicular.

El proceso básico de predicción de emisiones mediante el modelo IVE comienza con una recolección de datos experimentales (metodología Bottom – Up) para posteriormente hallar una tasa base de emisiones calculada con la Potencia Específica Vehicular (VSP por sus siglas en Inglés) y una serie de factores de corrección que son aplicados para estimar la cantidad de contaminación de una gran variedad de tipos de vehículos (ALMEIDA, 2016).

El estudio contempla en primer lugar en la caracterización del parque automotor existente en el casco urbano de la cabecera cantonal con sus respectivas tecnologías, kilómetros promedios recorridos. Se estableció las características de conducción, mediante pruebas realizadas en dos días, con dos escenarios, (mañana y tarde). Luego con la aplicación el software IVE se determinará los distintos factores de emisión, y así cuantificar las emisiones de los contaminantes criterio, tóxicos y de efecto invernadero para elaborar el inventario de emisiones.

2. Capítulo II: CARACTERIZACIÓN DEL PARQUE AUTOMOTOR

La mayor parte de la contaminación se debe a la modernización, a la aparición de nuevas tecnologías, al desarrollo, pero sobre todo al crecimiento de la población y sus necesidades de transporte que traen consigo el crecimiento de la motorización, convirtiéndose las fuentes móviles en la principal fuente de contaminación. Como claro ejemplo son las ciudades de México y Santiago de Chile que han sido denominadas como ciudades con mayor contaminación de Latinoamérica ya que presentan niveles de contaminación preocupantes (PUERTO AVILA & RAMIREZ LORA, 2015).

De la misma manera Ecuador no es ajeno a esta problemática, pues en las principales ciudades del país en las que el parque automotor es considerable, se presenta mayor contaminación del aire, es por ello que presididos por el “Plan Nacional de la calidad de Aire del Ecuador que contempla que se debe mantener las concentraciones promedio anuales de contaminantes del aire bajo los patrones permisibles al año 2013” (MINISTERIO DEL AMBIENTE, 2010), y además para tener un mejor control desde el año 2014 la Agencia Nacional de Tránsito (ANT) según mandato constitucional entregó las competencias en materia de transporte terrestre, tránsito y seguridad vial a todos los Gobiernos Autónomos Descentralizados del país, para que estas entidades sean los entes encargados de planificar, regular y controlar el tránsito, transporte terrestre y calidad de aire. Para llevar a cabo el propósito de mejorar la calidad de aire es importante que los Gobiernos Autónomos Descentralizados cuenten con la elaboración de un inventario de emisiones como punto de partida.

En el presente capítulo se aborda la importancia de la caracterización de la flota vehicular, que tiene que ver con la recopilación de información año – modelo, tipo de combustible, el número de vehículos livianos y pesados, es decir la composición y caracterización del parque automotor que circula por el casco urbano del cantón Sevilla de Oro.

2.1. Área de estudio

Nombre del cantón: Sevilla de Oro

Provincia: Azuay

Cantonización: 10 de Agosto de 1992

En el Cantón Sevilla de Oro según el censo del 28 de noviembre del 2010 realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) la población es de 5889 habitantes. Está ubicado en la parte nor-oriental de la provincia del Azuay, a una distancia aproximada de 63 kilómetros de la ciudad de Cuenca, en la vía transversal austral E40. El centro cantonal está a una altura aproximada de 2347 msnm (Iglesia San Juan Bosco), con una temperatura promedio de 18°C y una humedad relativa del 83%. Su territorio es extenso y alcanza los 311 kilómetros cuadrados según el catastro 2007 y representa el 3.88% del total de la superficie de la provincia del Azuay.

Limita al norte con los cantones Azogues y Santiago de Méndez; al sur con el cantón El Pan y el río Collay; al este con el cantón Santiago de Méndez y al oeste con los cantones Azogues, Guachapala, Paute y El Pan (ver **Figura 2.1**). Su División Político Administrativa está conformado por tres parroquias (GAD MUNICIPAL DEL CANTON SEVILLA DE ORO, 2015):

- Parroquia urbana de Sevilla de Oro
- Parroquia rural de Palmas
- Parroquia rural de Amaluza

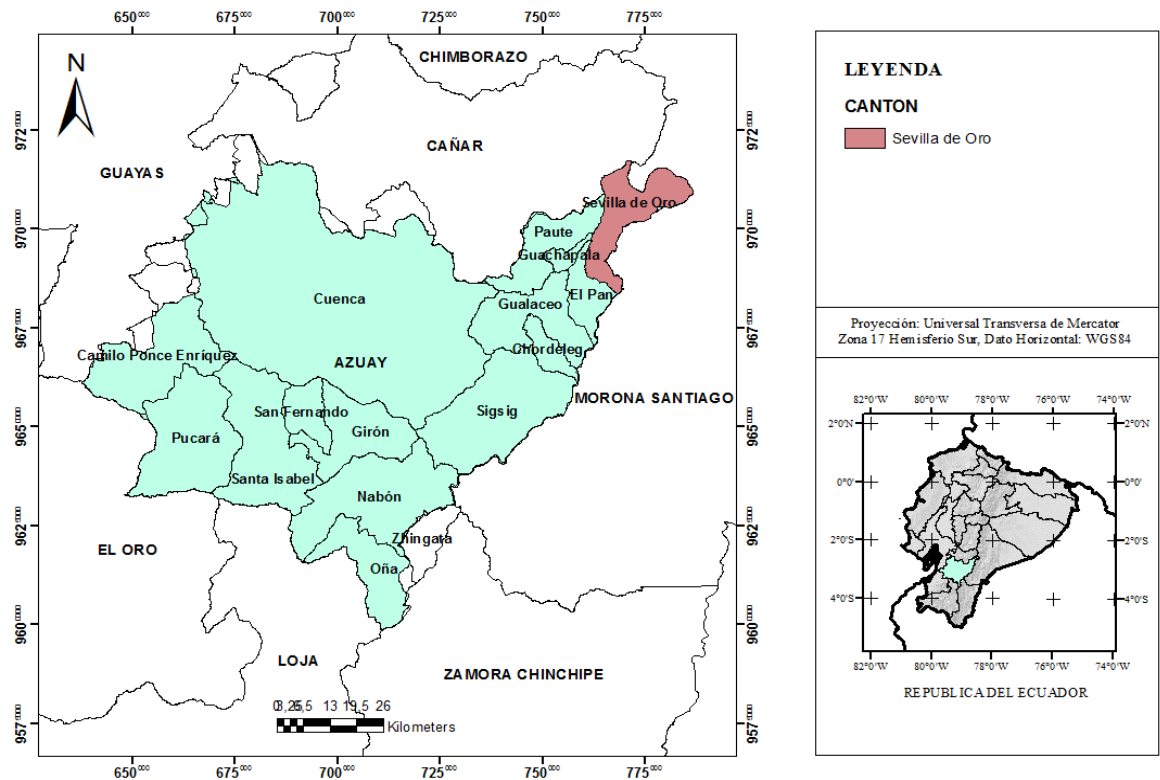


Figura 2.1 Ubicación geográfica del cantón Sevilla de Oro.

Elaborado: Liliana García M.

2.2. Contaminación del aire, fuentes de contaminación y sus efectos.

El efecto de los contaminantes sobre las personas se manifiestan en enfermedades graves como cáncer y malformaciones congénitas, daños al sistema inmunológico, problemas de visibilidad, neurológicos, reproductivos, de desarrollo, respiratorio, entre otros (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2007).

La Contaminación atmosférica se da por el aumento de elementos contaminantes que altera la composición del aire y afectan a cualquier componente del ecosistema.

Según su origen puede ser clasificado por causas naturales que siempre han existido como el polvo que contiene materias biológicas, esporas, polen y bacterias; y por causas antropogénicas que son causadas por las actividades humanas como insecticidas y

herbicidas empleados en la agricultura, procesos industriales de todo tipo, consumo industrial y doméstico de combustibles fósiles, vehículos a motor, etc (ROMERO PLACERES, OLITE, & ALVAREZ, 2006).

2.3. Emisiones procedentes por fuentes móviles

Las fuentes móviles están constituidas por los vehículos automotores que incluyen automóviles, camiones y autobuses diseñados para circular en las vías, provocando una degradación de la calidad del aire puesto que son los causantes principales de contaminantes como el Monóxido de Carbono (CO), Hidrocarburos (HC), Óxidos de Nitrógeno NO_x, partículas y emisiones evaporativas, que emiten los escapes de los vehículos principalmente aquellos vehículos cuyo (año – modelo) resultan ser antiguos. Su principal manifestación se puede notar en el progresivo deterioro del aire causando molestias y distintas enfermedades asociadas a esta contaminación (CASTRO PEÑA & ESCOBAR WINSTON, 2006).

Los contaminantes más representativos que afectan la calidad de aire se dividen en: criterio, tóxicos y de efecto invernadero.

La **Tabla 2.1** presenta un resumen de los principales contaminantes emitidos por fuentes móviles (UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA, 2007).

Tabla 2.1 Principales contaminantes emitidos por fuentes móviles

CRITERIO	TÓXICOS	EFEECTO INVERNADERO
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Plomo (Pb)	Dióxido de Carbono (CO ₂)
Compuestos orgánicos Volátiles (COV)	Benceno (C ₆ H ₆)	Metano (CH ₄)
Monóxido de Carbono (CO)	Amoníaco (NH ₃)	Óxido Nitroso (N ₂ O)
Material Particulado (PM)	Butadieno	
Óxidos de Azufre (SO _x)		

Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, 2007

Estas emisiones de fuentes móviles, son el resultado directo de un conjunto de elementos conformados por el uso de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel, el motor, la edad, la tecnología, el uso y mantenimiento (SALGADO, 2011).

Existen dos tipos de emisiones contaminantes que generan los vehículos (ver **Figura 2.2** y **Tabla 2.2**) y son (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007):

1) Emisiones evaporativas: Causadas por la evaporación de combustible, ocurren cuando el vehículo está estacionado y también cuando está en circulación; su magnitud depende de las características del vehículo, factores geográficos y meteorológicos, como la altura, la temperatura ambiente y principalmente de la presión de vapor del combustible. Los procesos que representan estas emisiones incluye (Ambiente & Governors, 2007):

- a) Emisiones diurnas.- Generadas en el sistema de combustible del vehículo debido a los cambios de temperatura a través de las 24 horas del día.
- b) Emisiones del vehículo recién apagado con el motor caliente.- Se presentan una vez que se apaga el motor, debido a la volatilización del combustible por su calor residual.
- c) Emisiones evaporativas en circulación.- Se presenta cuando el motor está en operación normal.
- d) Emisiones evaporativas del vehículo en reposo con el motor frío.- Ocurren debido a la permeabilidad de los componentes del sistema de combustible.
- e) Emisiones evaporativas durante el proceso de recarga de combustible.- Consisten de fugas de vapores del tanque de combustible durante el proceso de recarga, se presentan mientras el vehículo está en las estaciones de servicio. (LARA GOMEZ, y otros, 2009).

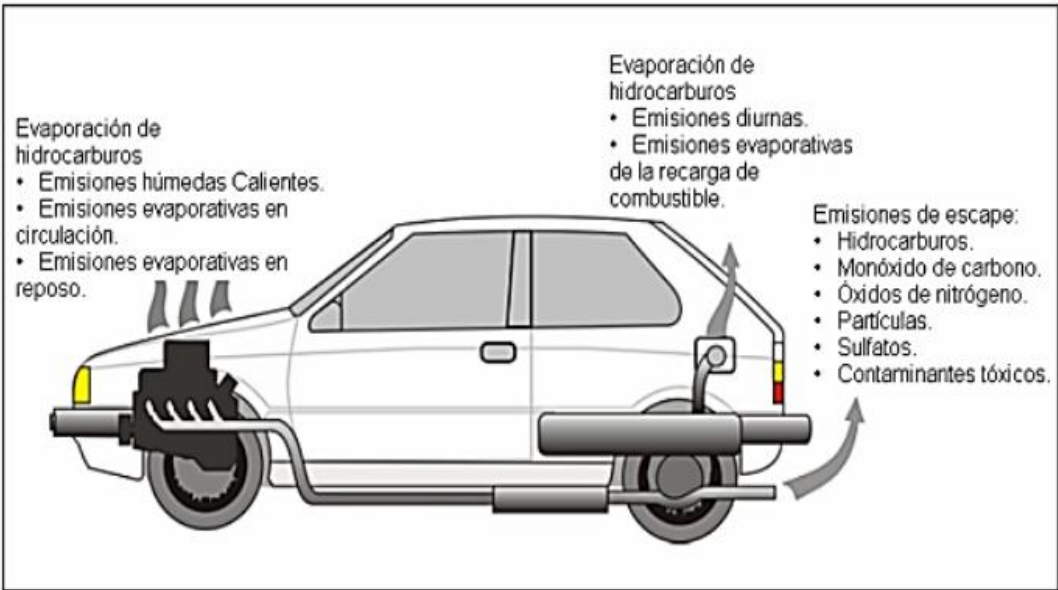


Figura 2.2 Proceso de emisión de contaminantes en vehículos automotores.
Fuente: Lara Gómez y otros

2) Emisiones por el tubo de escape: Son producto de la quema del combustible y que son liberadas por el escape del vehículo. Comprenden contaminantes tales como el monóxido y bióxido de carbono, los óxidos de nitrógeno y las partículas. Estas emisiones dependen de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores operativos, tanto como la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características de combustible son determinantes en estas emisiones (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007).

Tabla 2.2 Emisiones contaminantes según el tipo de emisión

TIPO DE EMISIÓN	CONTAMINANTES EMITIDOS	
Por el tubo de escape	Óxidos de Nitrógeno	Partículas
	Monóxido de carbono	Hidrocarburos
	Bióxido de Carbono	Amoníaco
	Plomo (sólo para gasolinas con plomo)	Metano
Evaporativas	Hidrocarburos.	

Fuente: Instituto Nacional de Ecología

2.4. Definición y caracterización del parque automotor

El reglamento General para la aplicación de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial. Segundo Suplemento. Registro Oficial N° 731 (2012) expone las siguientes definiciones (GUAMAN, 2013):

- **Parque automotor:** Conjunto de vehículos que circulan por una zona o región.
- **Vehículo:** Medio para transportar personas o bienes de un lugar a otro.
- **Automóvil:** Vehículo liviano destinado al transporte de un reducido número de personas.
- **Camión:** Vehículo construido especialmente para el transporte de carga, con capacidad más de 3500 kg.
- **Bus:** Vehículo diseñado para el transporte de pasajeros compuesto por un chasis y una carrocería condicionada para el transporte de pasajeros con una capacidad de 36 asientos incluido el conductor.
- **Cabecal:** Vehículo autopropulsado, diseñado para remolcar y soportar la carga que le transmite un semi-remolque a través de un acople adecuado para tal fin.
- **Motocicleta:** Vehículo a motor de dos ruedas sin estabilidad propia.

La clasificación del parque automotor según su ciclo de funcionamiento es (GUAMAN, 2013):

- a) **Ciclo otto (a gasolina):** Este tipo de motor aspira aire y gasolina, iniciando la combustión mediante una chispa eléctrica.
- b) **Ciclo diésel:** Este tipo de motor realiza la aspiración y compresión de aire y se inicia la combustión por introducción de combustible (diésel) a alta presión.

2.4.1. Composición de la flota vehicular

Para determinar la composición de la flota vehicular es necesario formar grupos homogéneos de vehículos donde cada uno debe tener características de tecnologías similares.

Esta clasificación del parque vehicular es importante, debido a que cada grupo de vehículos tienen características técnicas particulares, como peso, sistema de control de emisiones, número de cilindros, cilindrada, tipo de combustible que utilizan, entre otros, los cuales influyen directamente en la cantidad y el tipo de contaminantes que emiten a la atmósfera (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007).

En el programa IVE es necesario definir apropiadamente las tecnologías que componen la flota que opera en la región, consiste en una lista de la fracción de la flota por tecnología vehicular. El modelo contiene un total de 1372 tecnologías predefinidas y 45 tecnologías adicionales no definidas, cada tecnología tiene asociada a un número característico, en la cual hay una descripción abreviada. Las tecnologías se agrupan usando los siguientes parámetros y el número en paréntesis indica cuantas variables hay en cada clasificación:

- Tamaño de vehículo (7 opciones incluyendo camiones)
- Tipo de combustible (5 opciones)
- Uso de vehículo (3 opciones)
- Sistema de entrega de combustible (3 opciones)
- Sistema de control emisiones evaporativas (varios)
- Sistema / Estándar de control de escape (varios)

Para ello fue indispensable conocer la Actividad Vehicular (KVR)

Esta refiere a los kilómetros recorridos por un vehículo en un tiempo y espacio determinados donde las condiciones de circulación son conocidas (número de viajes, velocidad de circulación, aceleración, pendiente, uso de aire acondicionado).

Las emisiones de los vehículos no solo dependen del número de unidades y del kilometraje que recorren, sino que existen factores tales como la velocidad a la que se recorre y el número de viajes realizados que también inciden en las emisiones generadas por los vehículos (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO, 2010).

La aplicación del KVR cumple un papel importante en la toma de decisiones esenciales como el cumplimiento de la calidad de aire, mantenimiento de caminos, subsidio de combustibles, los riesgos de accidentes, desgaste de los neumáticos, gestión de tráfico y transporte, la ordenación del territorio, asignación de recursos, estimación de emisiones de vehículos, informática de consumo, evaluación de impacto ambiental, inversión de infraestructura, política de seguridad vial, etc. Depende de diversas variables siendo la principal la distancia recorrida por el vehículo, la ruta utilizada, y la clasificación de los vehículos según características de diseño y uso (MONCAYO & ORDOÑEZ, 2016).

2.4.2. Metodología para la caracterización de la flota vehicular.

La recopilación de información local de la composición de la flota vehicular con sus respectivos datos tecnológicos se obtuvo del departamento de Tránsito del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Sevilla de Oro, mediante dos sistemas de recopilación, los mismos que se describen a continuación:

- El catastro del casco urbano del cantón Sevilla de Oro, donde se tienen identificados los distintos tipos de vehículos según la información del usuario en el catastro.
- El número de vehículos matriculados con su respectiva información; marca, año, modelo, cilindraje, combustible, etc. que constan en el Departamento de Tránsito del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Sevilla de Oro.

El levantamiento de esta información, dio a conocer la caracterización del parque vehicular en circulación, edad y tipos de combustible de vehículos. La distribución se hizo ajustándose a la realidad de la totalidad del parque automotor presente en el cantón.

Los datos presentados en la **Tabla 2.3** Clasificación del parque automotory **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, hacen referencia a un resumen de la clasificación de los vehículos de acuerdo a las matriculas que se han registrado en el departamento de Tránsito del GAD Municipal del cantón Sevilla de Oro. Como se puede observar los vehículos livianos a gasolina son los que predominan en el área de estudio alcanzando un porcentaje de 83%.

Tabla 2.3 Clasificación del parque automotor

ITEM	DESCRIPCIÓN	NÚMERO
1	Liviano a gasolina	116
2	Liviano a diésel	6
3	Motos	4
4	Camión a diésel	8
5	Volquetas	6

Elaborado: Liliana García M.

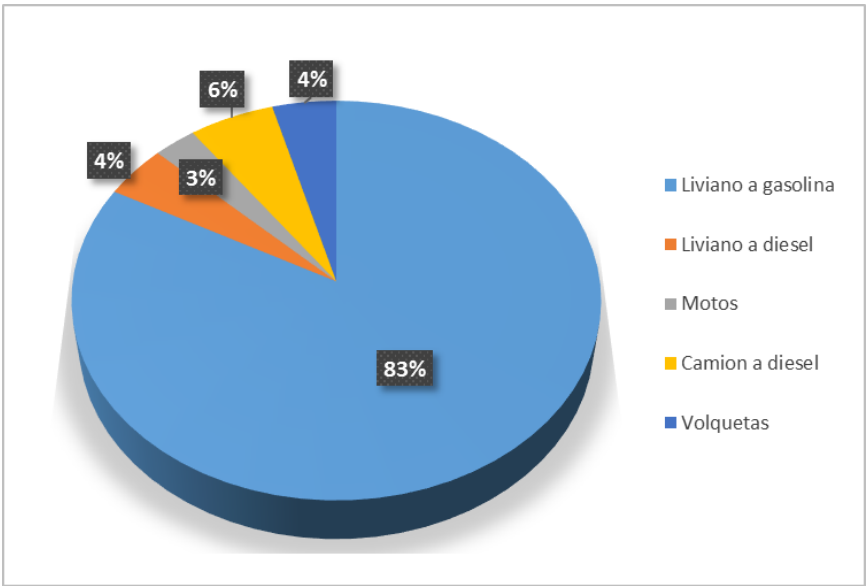


Figura 2.3 Parque automotor perteneciente al cantón Sevilla de Oro**Elaborado:** Liliana García M.La clasificación del parque automotor de acuerdo al Año – Modelo está en **Tabla 2.4**.**Tabla 2.4** Clasificación del parque automotor según año – modelo

AÑO - MODELO	NÚMERO				
	VEHICULOS LIVIANOS A GASOLINA	VEHICULOS LIVIANOS A DIÉSEL	MOTOS	CAMIONES A DIÉSEL	VOLQUETAS
Desde 1960 hasta 1969	1	0	0	0	0
Desde 1970 hasta 1979	3	0	0	0	1
Desde 1980 hasta 1989	5	0	0	0	1
Desde 1990 hasta 1999	38	0	0	0	0
Desde 2000 hasta 2009	57	4	1	7	2
Desde 2010 hasta 2016	12	2	3	1	2

Elaborado: Liliana García M.

Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** la clasificación año modelo de los vehículos livianos a gasolina predominan entre los años de fabricación 2000 y 2009, de igual manera para los vehículos livianos a diésel (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), para los camiones a diésel (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) y para las motos (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

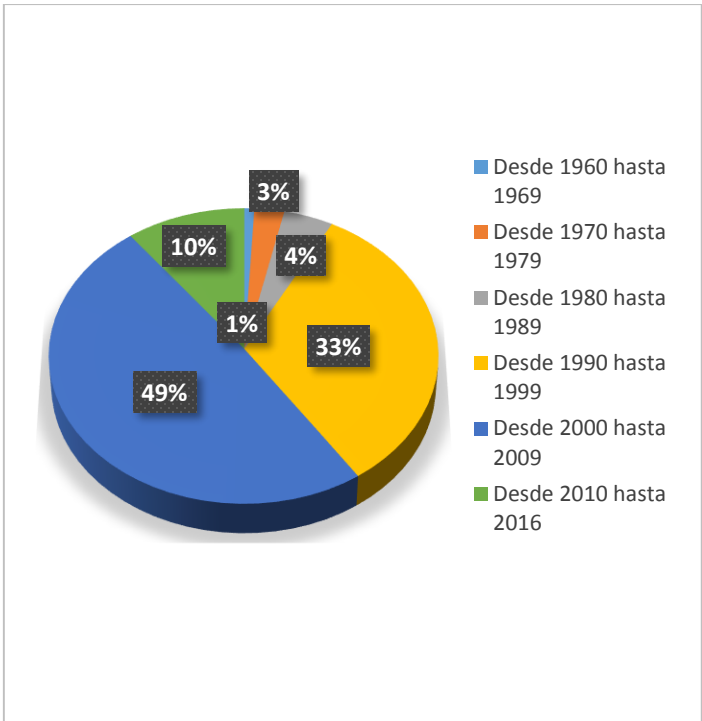


Figura 2.4 Vehículos livianos a gasolina presentes en el cantón Sevilla de Oro.
Elaborado: Liliana García M

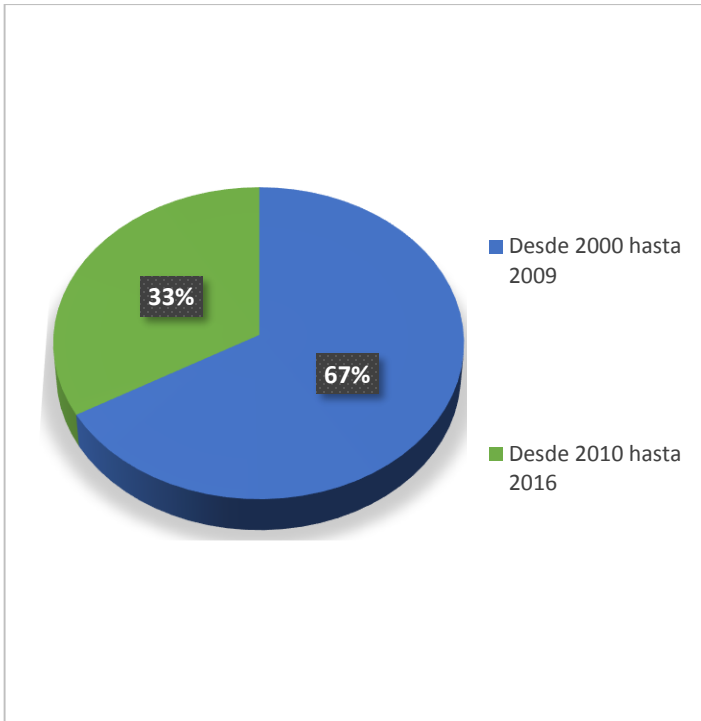


Figura 2.5 Vehículos livianos a diésel presentes en el cantón Sevilla de Oro.
Elaborado: Liliana García M

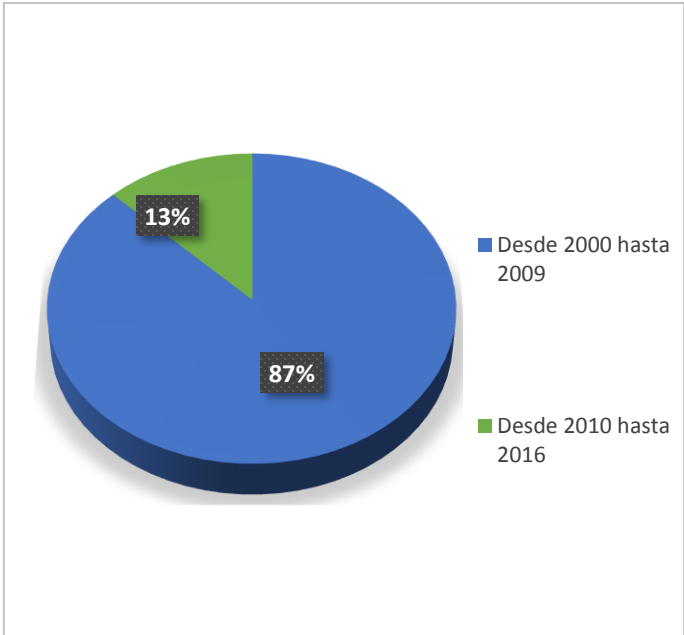


Figura 2.6 Camiones a diésel presentes en el cantón Sevilla de Oro.
Elaborado: Liliana García M

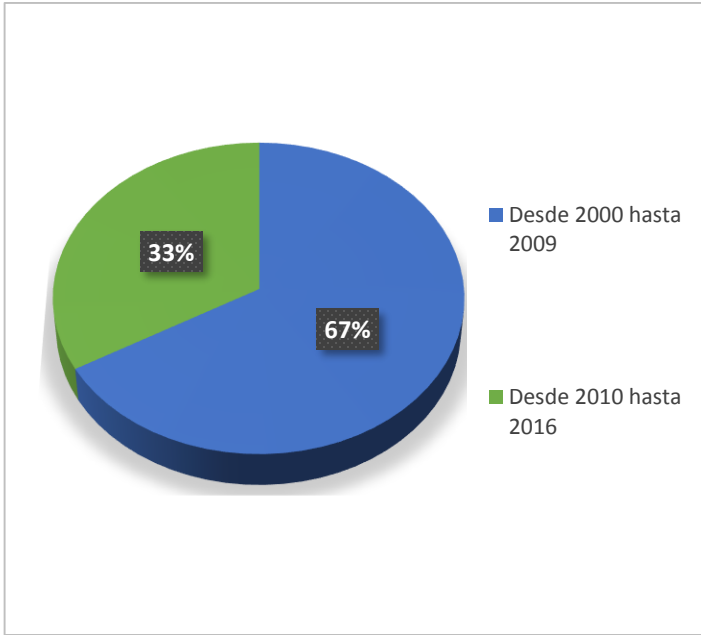


Figura 2.7 Vehículos livianos a diésel presentes en el cantón Sevilla de Oro.
Elaborado: Liliana García M

En la clasificación año modelo para las volquetas existe igual número para las comprendidas en los años 2000 y 2016 (ver **Figura 2.8**).

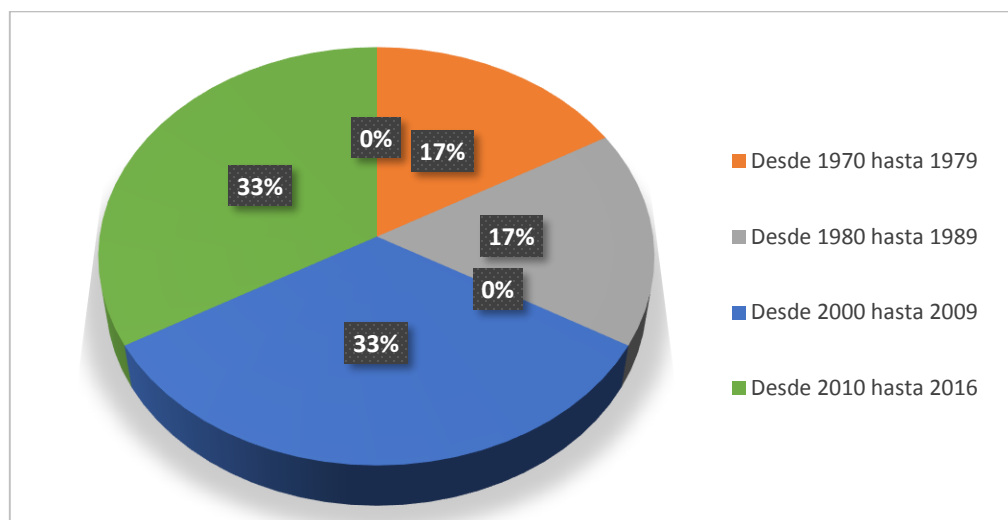


Figura 2.8 Volquetas presentes en el cantón Sevilla de Oro.

Elaborado: Liliana García M.

La metodología empleada para determinar el archivo flota se basó en los datos obtenidos de los kilómetros promedios recorridos, de los vehículos matriculados, registrados en el departamento de Tránsito y Transporte del GAD Municipal del cantón, a la cual se tomó un aproximado de 20000 km recorridos anualmente por vehículo (MONCAYO & ORDOÑEZ, 2016).

A esta información se la clasificó de acuerdo al tipo de combustible, cilindraje, peso, año – modelo y con la ayuda de un técnico en mecánica automotriz se conoció si el vehículo tiene catalizador, válvula Evaporativa PCV, válvula EGR, si es a carburador, inyección monopunto o inyección multipunto. Esta información fue procesada y analizada para crear el archivo flota.

Tabla 2.5 Codificación vehicular dada por IVE

TECNOLOGIAS VEHICULARES	# VEHICULOS	%
2	10	7.5
5	21	15.7
14	1	0.8

50	1	0.8
56	1	0.7
59	1	0.7
74	2	1.5
101	1	0.7
119	6	4.5
121	4	3.0
122	15	11.2
125	1	0.7
128	11	8.2
129	1	0.7
130	8	6.0
131	23	17.2
133	2	1.5
134	6	4.5
760	7	5.2
761	3	2.2
762	1	0.7
763	2	1.5
764	6	4.5

Elaborado: Liliana García M.

La **Tabla 2.5** y

Figura 2.9 se indica la clasificación hecha del parque automotor según la descripción de las tecnologías vehiculares, con la cantidad de vehículos y el porcentaje que representa. Estos datos fueron colocados en la pestaña flota del programa IVE.

IVE Model 2.0.2

Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo Localidad **Flota** Ajustes Generales

Flota

Flota de Sevilla de Oro

Agregar Tecnología Todos los Tipos de CO... Todas las mezclas AIR...

0 Pt: Auto/SmTk : Lt: Carb : None : PCV : <79K km

Indice	Tecnología	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 1 AC	Grupo 2 AC
764	Ds: Auto/SmTk : Hv : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	4.5			
763	Ds: Auto/SmTk : Hv : Dir-Inj : EGR+Improv : None : 80-161K km	1.5			
762	Ds: Auto/SmTk : Hv : Dir-Inj : EGR+Improv : None : <79K km	0.7			
761	Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : >161K km	2.2			
760	Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : 80-161K km	5.2			
134	Pt: Auto/SmTk : Hv : MPFI: 3Wy/EGR : PCV : >161K km	4.5			
133	Pt: Auto/SmTk : Hv : MPFI: 3Wy/EGR : PCV : 80-161K km	1.5			
131	Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: 3Wy/EGR : PCV : >161K km	17.2			
130	Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: 3Wy/EGR : PCV : 80-161K km	6.0			
129	Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: 3Wy/EGR : PCV : <79K km	0.7			
128	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: 3Wy/EGR : PCV : >161K km	8.2			
125	Pt: Auto/SmTk : Hv : MPFI: 3Wy : PCV : >161K km	0.7			
122	Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: 3Wy : PCV : >161K km	11.2			
121	Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: 3Wy : PCV : 80-161K km	3.0			
119	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: 3Wy : PCV : >161K km	4.5			
101	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none : PCV : >161K km	0.7			
74	Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : 2Wy/EGR : PCV : >161K km	1.5			
59	Pt: Auto/SmTk : Med : SgPt FI : none/EGR : PCV : >161K km	0.7			
56	Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : none/EGR : PCV : >161K km	0.7			

100.0% + 0.0% = 100.0% Normalización

Figura 2.9 Archivo flota en IVE
Elaborado: Liliana García M.

3. Capítulo III: CARACTERÍSTICAS DE CONDUCCIÓN

Las características de conducción son representadas a través de la velocidad del vehículo en función al tiempo, esto ayuda a analizar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

El modelo IVE requiere ajustar parámetros específicos de la localidad, como indica la **Figura 3.1**, para así realizar el cálculo de la cantidad de contaminantes de las diferentes tecnologías que circulan en un lugar explícito, los parámetros a ajustarse son:

IVE Model 2.0.2

Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo		Localidad		Flota		Ajustes Generales																																																																																																																											
Localidad SEVILLA DE ORO		Flota Flota de Sevilla de Oro		Ajustes Generales - ninguno -																																																																																																																													
Día 11	Mes Octubre	Año 2016	Día de la Semana Martes	Altitud 2347.0 metros	Tipo de I/M ninguno																																																																																																																												
Aire Acondicionado a 27°C [Slider] 20.0 %				Pendiente Terreno [Slider] 0.0 %																																																																																																																													
Características Combustible																																																																																																																																	
Gasolina Clases: moderada/premez...		Azufre (S) moderado (300ppm)	Plomo (Pb) bajo (0.07 g/L)	Benzeno moderado (1.50%)	Oxigenados 0%																																																																																																																												
Diesel Clases: moderado		Azufre (S) moderado (500ppm)																																																																																																																															
Hora 11:00	☒ Use esta Hora																																																																																																																																
Características de Conducción ☐ Bins VSP ☐ Bins Soak		Humedad [Slider] 83.0 %		Distancia/Tiempo 1309.7 kilómetros		Partidas 18.0																																																																																																																											
Temperatura [Slider] 18.0 °Celsius																																																																																																																																	
Grupo 1 Grupo 2																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <td>Bín VSP 0</td><td>Bín VSP 1</td><td>Bín VSP 2</td><td>Bín VSP 3</td><td>Bín VSP 4</td><td>Bín VSP 5</td><td>Bín VSP 6</td><td>Bín VSP 7</td><td>Bín VSP 8</td><td>Bín VSP 9</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.15</td><td>7.31</td> </tr> <tr> <td>Bín VSP 10</td><td>Bín VSP 11</td><td>Bín VSP 12</td><td>Bín VSP 13</td><td>Bín VSP 14</td><td>Bín VSP 15</td><td>Bín VSP 16</td><td>Bín VSP 17</td><td>Bín VSP 18</td><td>Bín VSP 19</td> </tr> <tr> <td>17.14</td><td>28.96</td><td>23.22</td><td>17.9</td><td>4.51</td><td>0.65</td><td>0.15</td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Bín VSP 20</td><td>Bín VSP 21</td><td>Bín VSP 22</td><td>Bín VSP 23</td><td>Bín VSP 24</td><td>Bín VSP 25</td><td>Bín VSP 26</td><td>Bín VSP 27</td><td>Bín VSP 28</td><td>Bín VSP 29</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Bín VSP 30</td><td>Bín VSP 31</td><td>Bín VSP 32</td><td>Bín VSP 33</td><td>Bín VSP 34</td><td>Bín VSP 35</td><td>Bín VSP 36</td><td>Bín VSP 37</td><td>Bín VSP 38</td><td>Bín VSP 39</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Bín VSP 40</td><td>Bín VSP 41</td><td>Bín VSP 42</td><td>Bín VSP 43</td><td>Bín VSP 44</td><td>Bín VSP 45</td><td>Bín VSP 46</td><td>Bín VSP 47</td><td>Bín VSP 48</td><td>Bín VSP 49</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>Bín VSP 50</td><td>Bín VSP 51</td><td>Bín VSP 52</td><td>Bín VSP 53</td><td>Bín VSP 54</td><td>Bín VSP 55</td><td>Bín VSP 56</td><td>Bín VSP 57</td><td>Bín VSP 58</td><td>Bín VSP 59</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>										Bín VSP 0	Bín VSP 1	Bín VSP 2	Bín VSP 3	Bín VSP 4	Bín VSP 5	Bín VSP 6	Bín VSP 7	Bín VSP 8	Bín VSP 9									0.15	7.31	Bín VSP 10	Bín VSP 11	Bín VSP 12	Bín VSP 13	Bín VSP 14	Bín VSP 15	Bín VSP 16	Bín VSP 17	Bín VSP 18	Bín VSP 19	17.14	28.96	23.22	17.9	4.51	0.65	0.15				Bín VSP 20	Bín VSP 21	Bín VSP 22	Bín VSP 23	Bín VSP 24	Bín VSP 25	Bín VSP 26	Bín VSP 27	Bín VSP 28	Bín VSP 29											Bín VSP 30	Bín VSP 31	Bín VSP 32	Bín VSP 33	Bín VSP 34	Bín VSP 35	Bín VSP 36	Bín VSP 37	Bín VSP 38	Bín VSP 39											Bín VSP 40	Bín VSP 41	Bín VSP 42	Bín VSP 43	Bín VSP 44	Bín VSP 45	Bín VSP 46	Bín VSP 47	Bín VSP 48	Bín VSP 49											Bín VSP 50	Bín VSP 51	Bín VSP 52	Bín VSP 53	Bín VSP 54	Bín VSP 55	Bín VSP 56	Bín VSP 57	Bín VSP 58	Bín VSP 59										
Bín VSP 0	Bín VSP 1	Bín VSP 2	Bín VSP 3	Bín VSP 4	Bín VSP 5	Bín VSP 6	Bín VSP 7	Bín VSP 8	Bín VSP 9																																																																																																																								
								0.15	7.31																																																																																																																								
Bín VSP 10	Bín VSP 11	Bín VSP 12	Bín VSP 13	Bín VSP 14	Bín VSP 15	Bín VSP 16	Bín VSP 17	Bín VSP 18	Bín VSP 19																																																																																																																								
17.14	28.96	23.22	17.9	4.51	0.65	0.15																																																																																																																											
Bín VSP 20	Bín VSP 21	Bín VSP 22	Bín VSP 23	Bín VSP 24	Bín VSP 25	Bín VSP 26	Bín VSP 27	Bín VSP 28	Bín VSP 29																																																																																																																								
Bín VSP 30	Bín VSP 31	Bín VSP 32	Bín VSP 33	Bín VSP 34	Bín VSP 35	Bín VSP 36	Bín VSP 37	Bín VSP 38	Bín VSP 39																																																																																																																								
Bín VSP 40	Bín VSP 41	Bín VSP 42	Bín VSP 43	Bín VSP 44	Bín VSP 45	Bín VSP 46	Bín VSP 47	Bín VSP 48	Bín VSP 49																																																																																																																								
Bín VSP 50	Bín VSP 51	Bín VSP 52	Bín VSP 53	Bín VSP 54	Bín VSP 55	Bín VSP 56	Bín VSP 57	Bín VSP 58	Bín VSP 59																																																																																																																								
Velocidad Promedio 19.6 km/hr																																																																																																																																	
Total 99.99 % Distribución Potencia Específica Vehicular																																																																																																																																	
15 min 30 min 1 hora 2 horas 3 horas 4 horas 6 horas 8 horas 12 horas 18 horas Total 100.0 % Distribución Tiempo Soak																																																																																																																																	

Figura 3.1 Archivo localidad en IVE
Elaborado: Liliana García M.

- Patrón de conducción
- Patrones de partidas Soak
- Uso de Aire Acondicionado
- Distancia / tiempo
- Variables Ambientales
- Características de los combustibles

Este capítulo indica la metodología a seguir para la determinación de los parámetros descritos anteriormente.

3.1. Metodología para obtener los parámetros de localidad, necesarios para determinar el inventario de emisiones.

En la parte experimental, se utilizó un vehículo particular que realizó los recorridos en áreas específicas, el levantamiento de información se realizó en dos días, con horarios en la mañana (11:00 am a 12:00 am) y en la tarde (12:30 pm a 13:30 pm).

Para la selección de los días se consideró un día típico (martes) y un día atípico (sábado), y para los horarios se tomó en cuenta la congestión de tráfico y la hora pico presentes en la localidad.

Los insumos requeridos para llevar a cabo este capítulo fueron:

- Un vehículo
- GPS VBOX SPORT
- GPS Garmin Monterra
- Filmadora Digital Sony
- Modelo de Encuestas
- Programa desarrollado en la universidad para el cálculo de los bins VSP
- Programa IVE

3.1.1. Selección de la ruta

Para la selección de la ruta se estableció aquella que cubra las vías de mayor representación, dentro de estas, la vía Interoceánica (Av. 10 de Agosto), por ser es la más importante ya que es una conexión y tránsito obligado para una gran cantidad de vehículos de todo tipo que se movilizan hacia la parte sur oriental del país. Mediante observación en campo, se determinó que las vías con mayor circulación vehicular son las siguientes:

- Avenida 10 de Agosto (vía interoceánica) que atraviesa de extremo a extremo el casco urbano del cantón y pasa por el parque central.
- Calle Don Bosco que conecta los centros Educativos, como es la escuela y el colegio “Unidad Educativa Sevilla de Oro”.
- Avenida Azuay, donde se ubica el GAD Municipal del cantón Sevilla de Oro.
- Calle Jaime Tapia, en la cual se encuentran, la clínica “Niño de Praga”, la estación del cuerpo de bomberos, la Comisión de Tránsito del Ecuador y el coliseo municipal “Sevilla de Oro”.

Con la ayuda del GPS Garmin Monterra (ver **Figura 3.2**) se trazó la ruta, la cual se diseñó en circuito cerrado mediante otras calles interconectadas tales como se observa en la **Figura 3.3** que está representada de color rojo la misma que atraviesa las principales vías del casco urbano del cantón Sevilla de Oro.

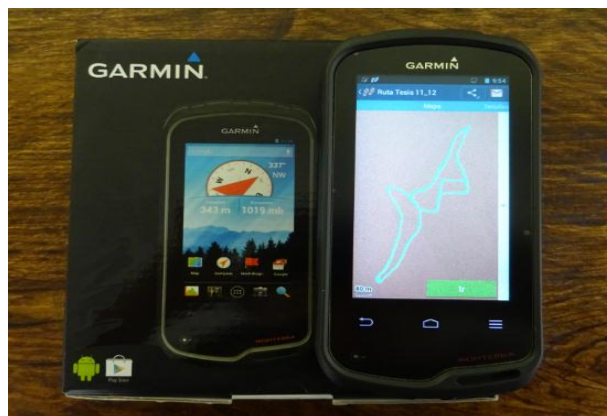


Figura 3.2 GPS Garmin Monterra
Elaborado: Liliana García M.

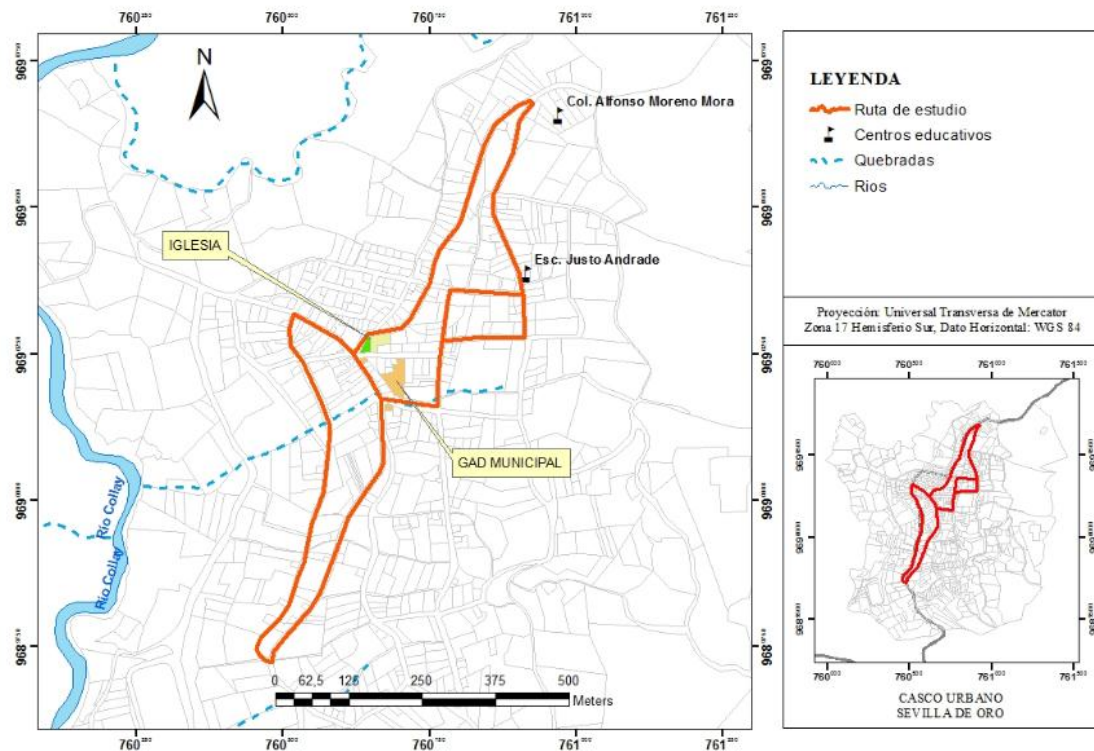


Figura 3.3 Ruta asignada del casco urbano del cantón Sevilla de Oro.

Elaborado: Liliana García M.

En cuanto al criterio de conducción, se tomó en cuenta las leyes de tránsito, considerando que la velocidad máxima permitida en centros poblados es de 50 km/h. Para este estudio, se establece la Técnica Chasing Car, la cual consiste en una forma de conducción basada en el seguimiento a un automóvil cualquiera que circule por el recorrido determinado de 3,1 kilómetros, de manera tal, que si a este automóvil lo rebasan más de un auto, significa que se está conduciendo en forma muy moderada y se debe aumentar la velocidad y seguir a otro automóvil que esté circulando más rápido. Por el contrario, si el automóvil que se está siguiendo rebasa a más de un automóvil, se está conduciendo en forma muy rápida y se debe proceder a seguir a otro automóvil que circule más despacio. Si el automóvil en persecución sale de la ruta preestablecida, se debe seguir al próximo auto que se encuentre en ruta (CSASZAR, 2008).

La ruta asignada para el levantamiento de información tiene una longitud de 3.1 km, con un tiempo de recorrido aproximado de 7 minutos a una velocidad máxima de 50 km/h.

3.1.2. Patrón de conducción

Comprende el conjunto de secuencias de tiempos y velocidades. La velocidad, aceleración y desaceleración de un vehículo tienen un profundo impacto en las emisiones a la salida del tubo de escape del vehículo, para ello es fundamental que los ciclos de conducción representen las condiciones de circulación reales de los vehículos. Los patrones de conducción en el modelo IVE son representados por parámetros que pueden obtenerse conociendo el tipo de vehículo y una tasa de velocidad segundo a segundo, y son (IVE, 2008):

Potencia específica del vehículo (VSP): es la razón entre la potencia instantánea de un vehículo y su masa. Es un parámetro fundamental en la determinación de emisiones contaminantes, ya que se deriva de la velocidad instantánea y de la aceleración (IVE, 2008). La potencia instantánea generada por el motor es utilizada para sobrepasar la resistencia a la rodadura, el arrastre aerodinámico y para aumentar las energías cinética y potencial del vehículo. Este garantiza realizar una predicción adecuada de las emisiones de CO₂ y su unidad es potencia por unidad de masa (W/kg) o (kW/ton) (CSASZAR, 2008).

$$VSP = v[1.1a + 9.81(\tan(\sin(\text{pendiente}))) + 0.132] + 0.000302v^3$$

Ecuación 5 Potencia específica del vehículo VSP

Dónde: Pendiente = $(h_{t=0} - h_{t=-1})/v_{t=-1}$ 0 segundos
 v = velocidad (m/s)
 a = aceleración (m/s^2)
 h= altitud (m)

Demanda del motor (Engine Stress)(ES): es la precarga del motor y representa los últimos 20 segundos de operación del motor antes de cada medición y las rpm implícitas del automóvil (IVE, 2008). El objetivo de esta metodología es asociar a cada par VSP -

ES (calculado segundo a segundo) una emisión determinada (en gramos por segundo). Como la tecnología actual no permite a los instrumentos lograr una precisión muy elevada, es más razonable agrupar los valores obtenidos en un histograma con intervalos bien definidos. Es así como nace el concepto de BINS de Potencia. Con la metodología del ES se mejora la predicción de emisiones CO, HC, NO_x, NH₃ (CSASZAR, 2008).

Tomado de (INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS MODEL , 2008), se tiene siguiente ecuación:

$$\text{Estrés del Motor(sin unidades)} = \text{Índice RPM} + (0.08\text{ton/kW}) * \text{Potencia prepromedio}$$

Ecuación 6 Estrés del motor

Dónde: Potencia Prepromedio = Promedio ($VSP_{t=-5\text{sec to }-25\text{sec}}$)(kW/ton)
 Índice RPM = $\text{Velocidad}_{t=0} / \text{Divisor Velocidad}$ (sin unidades)
 Mínimo Índice RPM = 0.9

BINS de Potencia: son casillas o intervalos de valores de VSP y ES que puede alcanzar un vehículo en un segundo determinado (CSASZAR, 2008).

Los resultados del procesamiento de datos de las ecuaciones de VSP y estrés del motor, representa la fracción de tiempo recorrido en cada una de las categorías VSP y estrés. Hay tres categorías de estrés y 20 categorías de VSP, con un total de 60 bins. (IVE, 2008).

Regularmente la operación de los vehículos se encontrará en los primeros 20 niveles de operación. La separación de VSP según los 20 niveles o bins del modelo IVE se indica en la **Tabla 3.1.**

Tabla 3.1 Potencia específica vehicular agrupada en 20 niveles de operación.

NIVEL (BIN)	VSP (KW/TON)	
	VALOR INFERIOR	VALOR SUPERIOR
0	-80	-44
1	-44	-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
10	-7	-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
19	30	1000

Fuente: (ALMEIDA, 2016)

- Los BINS de potencia del 0 al 10, del 20 al 30 y del 40 al 50 representan el caso de potencia negativa, como por ejemplo, cuando el vehículo desacelera o está bajando por una calle de pendiente negativa.
- Los BINS 11, 31 y 51 representan una situación de potencia 0 o muy baja, como por ejemplo en ralentí, detener el vehículo frente a un disco pare o esperar tras un semáforo a que den luz verde.
- Los BINS restantes representan la situación en que el vehículo está usando potencia positiva, como conducir a velocidad constante, acelerar, subir una pendiente, etc. (ALMEIDA, 2016).

En la

Tabla 3.2 se muestra los rangos de los intervalos del estrés del motor, la cantidad de intervalos es menor y contienen tres casillas debido a la precisión de los instrumentos de medición de emisiones.

Tabla 3.2 Demanda del motor

CARGA	INFERIOR	SUPERIOR
Baja (0 a 19)	-1.6	3.1
Media (20 a 39)	3.1	7.8
Alta (40 a 59)	7.8	12.6

Fuente: (CSASZAR, 2008)

- Carga Baja.- alcanzada en situaciones de estrés medio sobre el motor. Se da en situaciones de conducción sin mucha pendiente, con velocidades bajas y sin aceleraciones demasiado bruscas ni prolongadas. Representada la conducción de sectores residenciales y la gran mayoría de las avenidas.
- Carga Media.- implica potencias más elevadas sobre el motor, estados en que se cambia de velocidad en forma muy brusca, aceleraciones en tramos prolongados o pendientes muy inclinadas por varios segundos. Aparece en autopistas.
- Carga Alta.- sucede cuando las situaciones mencionadas en la carga media son extremas. Velocidades muy elevadas durante un tiempo prolongado o cambios muy bruscos en velocidad o altura son típicas de este estado.

Los datos del patrón de conducción fueron recolectados con la uso del GPS VBOX, con procesador interno, que recopiló la información de los recorridos realizados en los días martes y sábado, en horarios de la mañana y tarde. Estos datos fueron almacenados en la tarjeta de memoria y exportados al computador para ser procesados en un programa

creado por el estudiante Byron Romero Torres, de Ingeniería Automotriz de la Universidad del Azuay, el cual consiste en colocar los valores que resultan de la aplicación de las fórmulas de potencia específica y de demanda del motor en los bins respectivos, para así ser colocados en la pestaña localidad del software IVE. Ver (Figura 3.4 y ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).



Figura 3.4 GPS VBOX SPORT
Elaborado: Liliana García M.



Figura 3.5 GPS colocado en el tablero para una buena recepción del satélite.
Elaborado: Liliana García M.

Recolectados los datos y procesada la información mediante la aplicación del software del estudiante Byron Romero se determinó que los patrones de conducción son:

En la **Tabla 3.3** y **Figura 3.6**, correspondiente al día martes, en horario de la mañana, apreciamos que la velocidad promedio es de 19.60 km/h, con una distancia de recorrido de 14.236 km y que el patrón de conducción que predomina corresponde al mayor porcentaje del Bin VSP 11 con 28.96 %, es decir que velocidad es nula o la potencia es mínima, seguido de ese valor está en el Bin VSP 12 con el 23.22%. Esto indica que el vehículo permanece la mayor parte del tiempo en ralentí a baja potencia.

Tabla 3.3 Bins VSP (martes en la mañana)

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Importar Archivo (excel)

Grafica Velocidad

Grafica Altitud

Grafica Aceleracion

Grafica Pendiente

Nombre de archivo= ruta_mañana.xlsx

Ubicación de archivo = C:\Users\BYRON\Google Drive\Sevilla de Oro

Bin VSP 0	Bin VSP 1	Bin VSP 2	Bin VSP 3	Bin VSP 4	Bin VSP 5	Bin VSP 6	Bin VSP 7	Bin VSP 8	Bin VSP 9
0	0	0	0	0	0	0	0	0.15	7.31
Bin VSP 10	Bin VSP 11	Bin VSP 12	Bin VSP 13	Bin VSP 14	Bin VSP 15	Bin VSP 16	Bin VSP 17	Bin VSP 18	Bin VSP 19
17.14	28.96	23.22	17.9	4.51	0.65	0.15	0	0	0
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado: Byron Romero T.

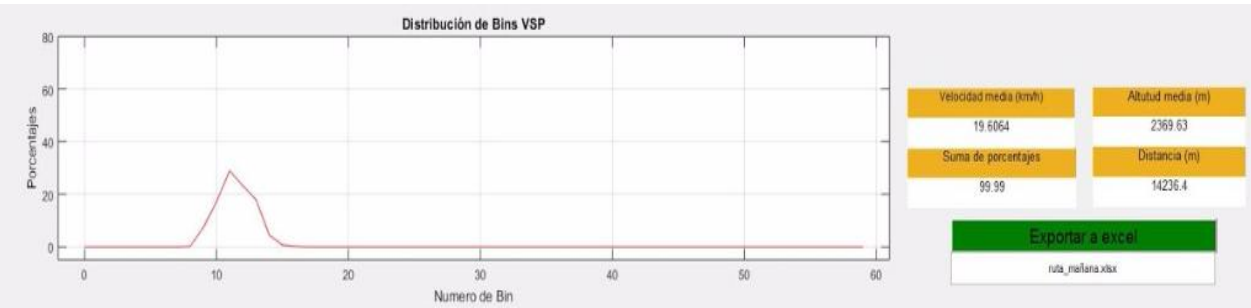


Figura 3.6 Patrón de conducción (martes en la mañana)

Elaborado: Byron Romero T.

En la **Tabla 3.4** y **Figura 3.7** correspondiente al día martes en horario crítico, la velocidad promedio es de 21.78 km/h con una distancia de recorrido de 17.701 km.

El patrón de conducción que predomina corresponde al mayor porcentaje del Bin VSP 11 con 32.64 %, donde la velocidad es nula o requiere una mínima potencia, otro valor significativo está en el Bin VSP 12 con 27,27 %.

Tabla 3.4 Bins VSP (martes en la tarde)

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Importar Archivo (excel)

Grafica Velocidad

Grafica Altitud

Grafica Aceleracion

Grafica Pendiente

Nombre de archivo=

ruta_tarde.xlsx

Ubicación de archivo =

C:\Users\BYRON\Google Drive\Sevilla de Oro

Bin VSP 0	Bin VSP 1	Bin VSP 2	Bin VSP 3	Bin VSP 4	Bin VSP 5	Bin VSP 6	Bin VSP 7	Bin VSP 8	Bin VSP 9
0	0	0	0	0	0	0	0.07	1.64	6.22
Bin VSP 10	Bin VSP 11	Bin VSP 12	Bin VSP 13	Bin VSP 14	Bin VSP 15	Bin VSP 16	Bin VSP 17	Bin VSP 18	Bin VSP 19
10.15	32.64	27.27	15.04	5.84	0.96	0.1	0.07	0	0
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado: Byron Romero T.

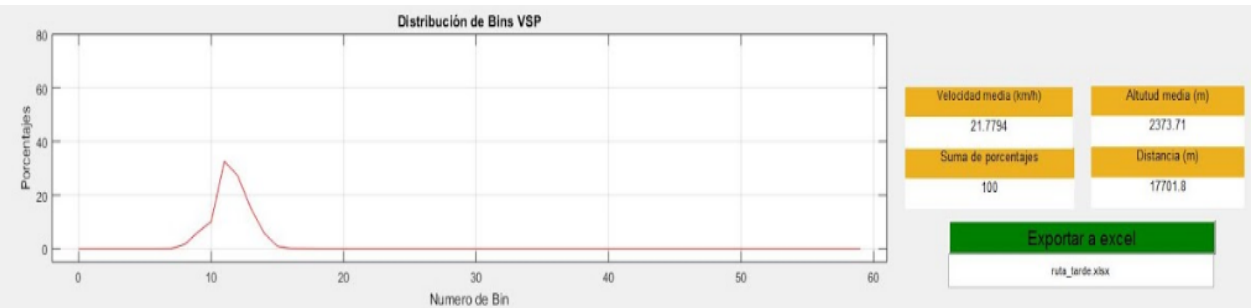


Figura 3.7 Patrón de conducción (martes en la tarde)

Elaborado: Byron Romero T.

Como los patrones de conducción del día martes son muy similares se validó esta información con los resultados obtenidos del día sábado en los mismos horarios, los cuales presentan los siguientes resultados:

En las **Tabla 3.5** y **Figura 3.8**, correspondiente al día sábado en horario convencional, el porcentaje de Bin VSP 12 es mayor con 25.55%, seguido de este valor está el Bin VSP 11 con 23.44%, esto indica que el vehículo permanece la mayor parte del tiempo en ralentí a baja potencia. Además se obtuvo una velocidad promedio de 22.69 km/h.

Tabla 3.5 Bins VSP (sábado en la mañana)

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Importar Archivo (excel)

Gráfica Velocidad

Gráfica Altitud

Gráfica Aceleración

Gráfica Pendiente

Nombre de archivo=

GPS_MAJANA.xlsx

Ubicación de archivo =

C:\Users\BYRON\Google Drive\Sevilla de Oro\Datos_20_Octubre\

Bin VSP 0	Bin VSP 1	Bin VSP 2	Bin VSP 3	Bin VSP 4	Bin VSP 5	Bin VSP 6	Bin VSP 7	Bin VSP 8	Bin VSP 9
0	0	0	0	0	0	0	0	0.19	7.46
Bin VSP 10	Bin VSP 11	Bin VSP 12	Bin VSP 13	Bin VSP 14	Bin VSP 15	Bin VSP 16	Bin VSP 17	Bin VSP 18	Bin VSP 19
15.45	23.44	25.55	20.93	5.68	1.15	0	0	0	0
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39
0	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado: Byron Romero T.

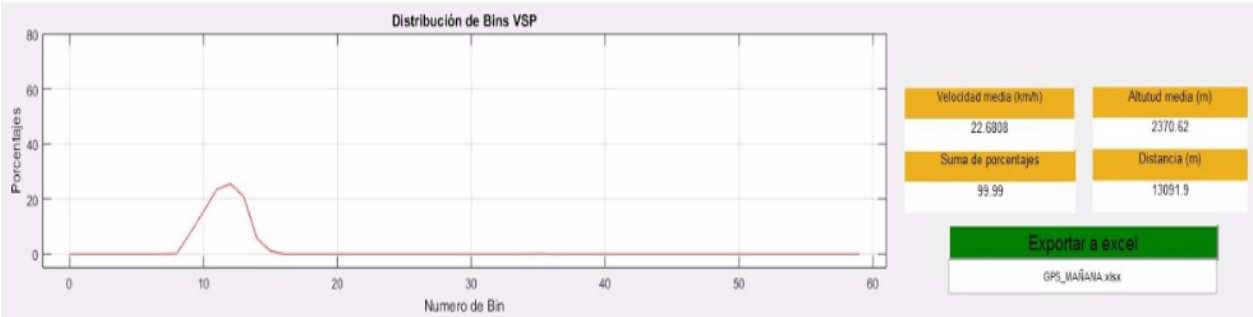


Figura 3.8 Patrón de conducción (sábado en la mañana)
Elaborado: Byron Romero T.

En las **Tabla 3.6** y **Figura 3.9** correspondiente al día sábado en horario crítico, la velocidad promedio es de 20.26 km/h. El patrón de conducción que predomina corresponde al mayor porcentaje del Bin VSP 11 con 26.74%, seguido del valor correspondiente al Bin VSP 12 con 21.81%.

Tabla 3.6 Bins VSP (sábado en la tarde)

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Importar Archivo (excel)

Gráfica Velocidad

Gráfica Altitud

Gráfica Aceleración

Gráfica Pendiente

Nombre de archivo =

OPS_TARDE.xlsx

Ubicación de archivo =

C:\Users\BYRON\Google Drive\Sevilla de Oro\Datos_28_Octubre\

Bin VSP 0	Bin VSP 1	Bin VSP 2	Bin VSP 3	Bin VSP 4	Bin VSP 5	Bin VSP 6	Bin VSP 7	Bin VSP 8	Bin VSP 9
0	0	0	0	0	0	0	0	0.18	7.49
Bin VSP 10	Bin VSP 11	Bin VSP 12	Bin VSP 13	Bin VSP 14	Bin VSP 15	Bin VSP 16	Bin VSP 17	Bin VSP 18	Bin VSP 19
17.4	26.74	21.81	21.76	4.23	0.4	0	0	0	0
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado: Byron Romero T.

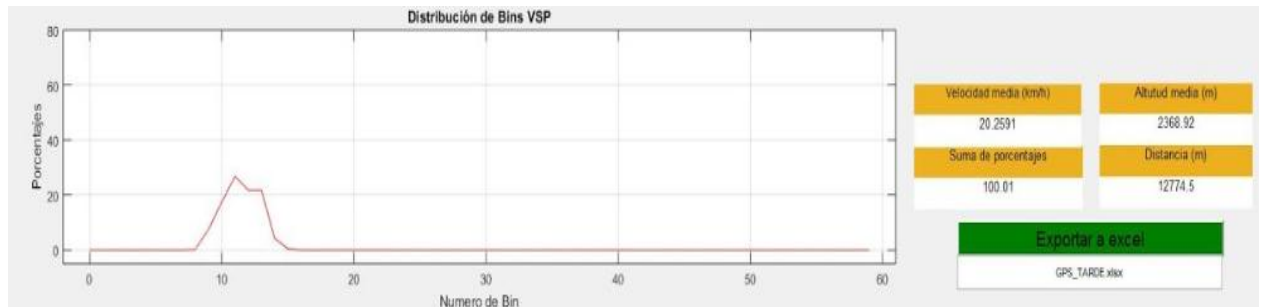


Figura 3.9 Patrón de conducción (sábado en la tarde)
Elaborado: Byron Romero T.

3.1.3. Patrones de partidas Soak

Diferentes tipos de partidas producen impactos en las emisiones por el tubo de escape. El efecto más predominante es el período Soak antes que se produzca la partida.

La denominación Soak es el período de tiempo que un motor en caliente ha estado apagado antes de volver a ponerse en marcha. Un vehículo cuando es prendido luego de un tiempo largo provoca mayor volumen de emisiones (IVE, 2008).

Para la obtención de este dato se realizó encuestas a los conductores que circulaban por la avenida 10 de Agosto (sector del parque central), puesto que esta vía tiene un importante flujo vehicular ya que conecta la región sierra con la región del oriente. Allí, con la ayuda de agentes de tránsito de la CTE de Sevilla de Oro, se realizó las encuestas en horarios de la mañana y tarde, ver

Figura 3.10, luego se procedió a tabular la información de acuerdo al tiempo soak establecido por el programa IVE, ver (**Tabla 3.7**).



Figura 3.10 Encuestas Soak
Elaborado: Liliana García M.

Tabla 3.7 Tiempo Soak establecido por el programa IVE

TIEMPOS SOAK
15 min
30 min
1 hora
2 horas
3 hora
4 horas
6 hora
8 horas
12 hora
18 horas

Elaborado: Liliana García M.

Obtenida la información de la encuesta y tabulada la misma, se conoció que dentro del horario de la mañana, 21 personas no prendieron sus vehículos después de las 11:00 am y 18 personas si prendieron sus vehículos después de las 11:00 am, de estos 18 vehículos la **Tabla 3.8** muestra el tiempo que estuvo apagado el vehículo antes de encenderlo con sus respectivos porcentajes de tiempo.

Tabla 3.8 Soak en horario de la mañana (11:00 am – 12:00 pm)

NO	SI	TIEMPO		
		MIN	#	%
21	18	15	10	56
		30	5	28
		60	3	16

Elaborado: Liliana García M.

De igual forma para el horario de la tarde, 17 personas no prendieron sus vehículos después de las 12:30 pm y 15 personas si prendieron sus vehículos después de las 12:30 pm, de estos 15 vehículos la **Tabla 3.9**, muestra el tiempo que estuvo apagado el vehículo antes de encenderlo con sus respectivos porcentajes de tiempo.

Tabla 3.9 Soak en horario de la tarde (12:30 pm – 13:30 pm)

NO	SI	TIEMPO		
		MIN	#	%
17	15	15	10	67
		30	4	27
		60	1	6

Elaborado: Liliana García M

3.1.4. Uso de aire acondicionado

El uso del aire acondicionado consume potencia en un motor, aumentando su consumo de combustible y sus emisiones por el escape. A baja velocidad en tráfico congestionado el impacto (en g/km) es mayor que a la velocidad. Por ello es importante que cuando se lleven a cabo los estudios de campo para caracterizar la actividad vehicular se tenga en consideración este factor. Los factores que influyen en el uso del aire acondicionado principalmente son: las características de clima en la zona, el nivel socioeconómico de la localidad y el nivel de seguridad personal. (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO, 2010).

Para determinar el uso de aire acondicionado y en qué porcentaje usan, se realizó una pregunta que consta en el modelo de encuesta, las respuestas obtenidas sobre el uso de aire acondicionado para el horario de la mañana se presentan en la **Tabla 3.10** y para el horario de la tarde, en la tabla **Tabla 3.11**.

Tabla 3.10 Uso de aire acondicionado en horario de la mañana (11:00 am – 12:00 pm)

NO	SI	TIEMPO		
		DESCRIPCION	%	#
24	15	Nada	0	6
		Poco	25	5
		Mucho	50	3
		Casi siempre	75	1
		Siempre	100	0

Elaborado: Liliana García M.

Tabla 3.11 Uso de aire acondicionado en horario de la tarde (12:30 pm – 13:30 pm)

NO	SI	TIEMPO		
		DESCRIPCION	%	#
14	18	Nada	0	9
		Poco	25	7
		Mucho	50	2
		Casi siempre	75	0
		Siempre	100	0

Elaborado: Liliana García M.

3.1.5. Distancia / tiempo

Para conocer el número de vehículos que transitan en el casco urbano del cantón Sevilla de Oro, se colocó una cámara de video, la cual filmó el flujo vehicular que circulaba por la Avenida 10 de Agosto (sector parque central), tanto para el horario de la mañana como para el horario de la tarde. En la **Figura 3.11** se puede ver la labor de la filmación en campo.



Figura 3.11 Cámara de filmación de la UDA
Elaborado: Liliana García M.

Para determinar el parámetro distancia/tiempo, se utilizó la información obtenida del GPS la cual indica la distancia recorrida en cada horario y la contabilización del flujo de vehículos por hora. El número de vehículos de cada categoría que han circulado en la vía en los distintos horarios se multiplica por la longitud de la misma y de esta forma se obtiene un valor estimado (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO, 2010), es decir:

$$\text{Distancia/tiempo} = l_t * n_v$$

Ecuación 7 Distancia/tiempo

Dónde: l_t = longitud total del circuito en una hora
 n_v = número de vehículos registrados en el video en los distintos horarios

En la **Tabla 3.12** se ve el flujo vehicular del día típico, presente en el horario de la mañana (11:00 am a 12:00 pm) y en el horario de la tarde (12:30 pm a 13:30 pm).

Tabla 3.12 Parque automotor presente en el cantón Sevilla de Oro en el día martes

HORARIOS	AUTOS	CAMIONETAS	CAMIONES	BUS	VOLQUETAS	MOTOS	TOTAL
----------	-------	------------	----------	-----	-----------	-------	-------

11:00 am a 12:00 pm	52	28	5	4	2	1	92
12:30 pm a 13:30 pm	58	25	3	1	0	2	89

Elaborado: Liliana García M.

De igual manera en la **Tabla 3.13** se ve el flujo vehicular del día atípico, en horarios de la mañana (11:00 am a 12:00 pm) y de la tarde (12:30 pm a 13:30 pm).

Tabla 3.13 Parque automotor presente en el cantón Sevilla de Oro en el día sábado

HORARIOS	AUTOS	CAMIONETAS	CAMIONES	BUS	VOLQUETAS	MOTOS	TOTAL
11:00 am a 12:00 pm	52	22	4	0	3	2	83
12:30 pm a 13:30 pm	67	23	7	4	0	3	104

Elaborado: Liliana García M.

Con la aplicación de la fórmula se determinó el parámetro distancia/tiempo para los días, siendo los valores:

$$\text{Distancia/tiempo} = l_t * n_v$$

MARTES

Escenario Mañana

$$\begin{aligned} \text{Distancia / tiempo} &= 14.236 * 92 \\ &= 1309.71 \text{ km} \end{aligned}$$

Escenario Tarde

$$\begin{aligned} \text{Distancia / tiempo} &= 17.701 * 89 \\ &= 1575.39 \text{ km} \end{aligned}$$

SÁBADO

Escenario Mañana

$$\begin{aligned} \text{Distancia / tiempo} &= 13.09 * 83 \\ &= 1086.47 \text{ km} \end{aligned}$$

Escenario Tarde

$$\begin{aligned} \text{Distancia / tiempo} &= 12.775 * 104 \\ &= 1328.60 \text{ km} \end{aligned}$$

3.1.6. Variables ambientales

Al ser IVE un programa que se acopla a la realidad de una localidad, es indispensable conocer las variables ambientales que se describen a continuación (LARA GOMEZ, y otros, 2009):

Altitud.- Es la distancia vertical a un origen determinado, considerado como nivel cero, para el que se suele tomar el nivel medio del mar. Al incremento de esta variable hay una menos cantidad de oxígeno que afecta la combustión, fenómeno que hace funcionar los motores, ocasionando una pérdida de potencia, torque y un menor rendimiento de combustible (km/l).

Temperatura y humedad relativa.- Es una magnitud referida a las nociones comunes de calor o frío. La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica.

Pendiente.- Hace referencia a la inclinación de las vías respecto de la horizontal. Esta información se tomó de un levantamiento topográfico del Departamento de Tránsito del GAD Municipal de Sevilla de Oro donde muestra las distintas pendientes de las vías que comprenden todo el circuito realizado.

En la **Tabla 3.14** se indica las pendientes de las vías que comprenden la ruta establecida para el levantamiento de información.

Tabla 3.14 Pendientes de las vías de Sevilla de Oro

NOMBRE	PENDIENTES %	NOMBRRE	PENDIENTES%
CALLE RIO AMAZONAS	21.83	AV. DON BOSCO	2.87
CALLE PADRE ALBINO DEL CURTO	8.55	CALLE CRISTOBAL COLON	2.37
CALLE OCTAVIO DIAZ	18.16	AV. 10 DE AGOSTO	10.18
AV. AZUAY	21.06	CALLE JAIME TAPIA	2.12

Fuente: (GAD MUNICIPAL DEL CANTON SEVILLA DE ORO, 2015)

La altitud aproximada en el centro cantonal de Sevilla de Oro es de 2347 msnm (Iglesia San Juan Bosco) y la temperatura promedio del casco urbano es de 18°C con una

humedad relativa del 83% (GAD MUNICIPAL DEL CANTON SEVILLA DE ORO, 2015).

3.1.7. Características de los combustibles

La gasolina y el diésel son mezclas, principalmente de hidrocarburos, compuestos que contienen átomos de hidrógeno y carbono. Si la combustión en un motor fuera perfecta, el oxígeno en el aire convertiría todo el hidrógeno del combustible en agua y todo el carbono en dióxido de carbono. En la realidad, el proceso de combustión no es perfecto y, en consecuencia los motores de los automóviles emiten varios tipos de contaminantes (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA, 2007).

En IVE es necesario conocer información sobre las características de la gasolina en cuanto a la cantidad de azufre, plomo, benceno, oxigenantes y las características del diésel en cuanto a la cantidad de azufre. Estas características repercuten directamente en la cantidad emisión de contaminantes que se emiten al aire.

En la **Tabla 3.15** se presenta las características de los combustibles que están presentes en la provincia del Azuay. (ENCALADA CAJISACA & ÑAUTA UZCHA, 2010) (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2010) (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2012) (PETROECUADOR, 2015).

Tabla 3.15 Características de los combustibles

DETERMINACIÓN	UNIDAD	GASOLINA	DIÉSEL
Azufre	ppm	120	150
Plomo	g/l	0,00009	X
Benceno	%V	1,0	X
Oxigenación	%	2,7E	X
Aromáticos	%V	18,54	X
Agua y Sedimentos	%V	X	0,05

Elaborado: Liliana García M.

3.2. Factores de emisión

Un factor de emisión es una relación entre la cantidad de contaminante emitido a la atmosfera y una unidad de actividad o consumo de combustible. En el caso de los vehículos automotores, los factores de emisión se expresan en unidades de masa de contaminante emitido por la distancia recorrida, por lo general son de gramos por kilómetro recorrido (g/km). Estas emisiones contaminantes son influenciadas por la edad, tecnología del motor, velocidad de circulación, características de combustible, las condiciones de operación, condiciones meteorológicas, etc. (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO, 2010).

Las emisiones vehiculares son complejas y dinámicas, lo que dificulta la determinación de sus factores de emisión, sin embargo, a través de los años se han desarrollado diferentes técnicas para la determinación de los factores de emisión de fuentes móviles.

Dentro de los métodos indirectos tenemos al modelo IVE, que utiliza una base de factores de emisión para emisiones en ruta y de partida para cada tecnología vehicular, es una base de emisiones desarrollada en pruebas de dinamómetro bajo un ciclo específico y condiciones estándar (LONDOÑO, CORREO, & PALACIO, 2011).

El modelo consiste que un usuario que tenga datos locales para varias tecnologías, aplique su propia base de factores de emisión, si no se dispone de factores de emisión de estudios anteriores en la zona, IVE usa factores de emisión desarrollados a partir del ciclo de conducción del modelo de prueba federal FTP (Federal Test Procedure FTP) de EE.UU, para luego ser ajustados a la realidad de las características del sitio de estudio.

En la pestaña Ajustes Generales, da la posibilidad de ingresar factores de emisión inherentes a la localidad de estudio, pero para este caso se utiliza los factores que vienen por defecto, ver **Figura 3.12**.

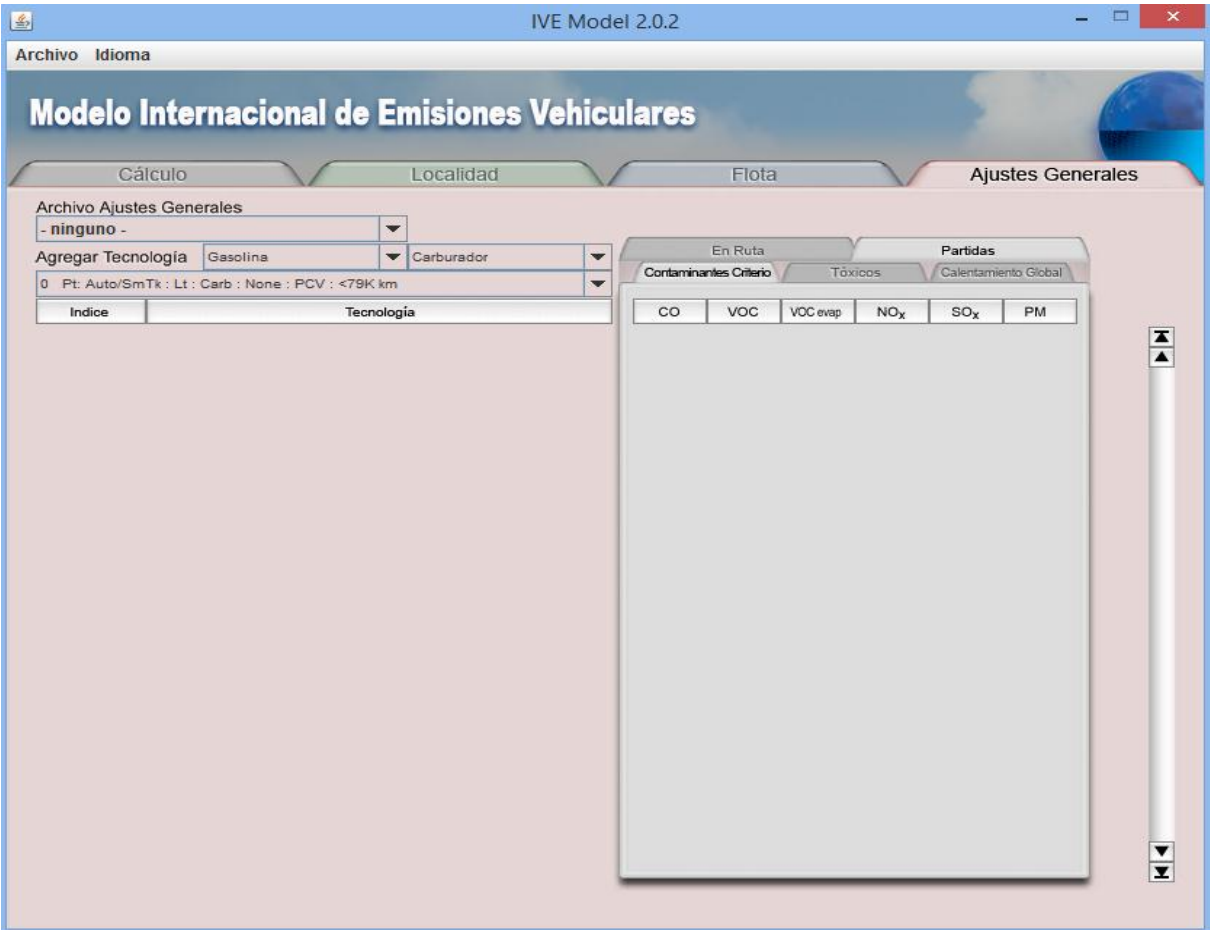


Figura 3.12 Ajustes generales IVE
Elaborado: Liliana García M.

4. Capítulo IV: RESULTADOS

IVE estima emisiones contaminantes en una determinada localidad, mediante una secuencia de pasos bien establecidos que permiten reunir la información, procesarla, tabularla y agruparla en distintas planillas maestras. Este capítulo presenta los resultados obtenidos de la pestaña cálculo del programa IVE.

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Archivo Idioma

Cálculo Localidad Flota Ajustes Generales

Grupo Localidad
- localidad Individual -

Calcular Localidades
SEVILLA DE ORO (Flota de Sevilla de Oro)

Localidades Disponibles

Agregar Remove

Calcular una Hora
Calcular un Día

Mostrar Hora 11:00
Mostrar Unidades kilogramos

Distancia/Tiempo 1309.7 km
Partidas 18.0

Contaminantes Criterio Tóxicos Calentamiento Global

✓	CO	✓	VOC	✓	VOC evap.	✓	NO _x	✓	SO _x	✓	PM
	0.92		0.06		0.01		0.03		0.0		0.0
	72.78		8.74		0.78		2.62		0.05		0.13
	73.7		8.8		0.79		2.65		0.05		0.13

Resultados

Partidas Hora
En Ruta Hora
Total Hora

Partidas Dia
En Ruta Dia
Total Dia

Figura 4.1 Cálculo IVE
Elaborado: Liliana García M.

En la **Figura 4.2** se presentan las cantidades de masa en kilogramos de las emisiones contaminantes criterio generados por las fuentes móviles que circulan por el casco urbano de Sevilla de Oro en los días martes y sábado, en horarios de la mañana y tarde.

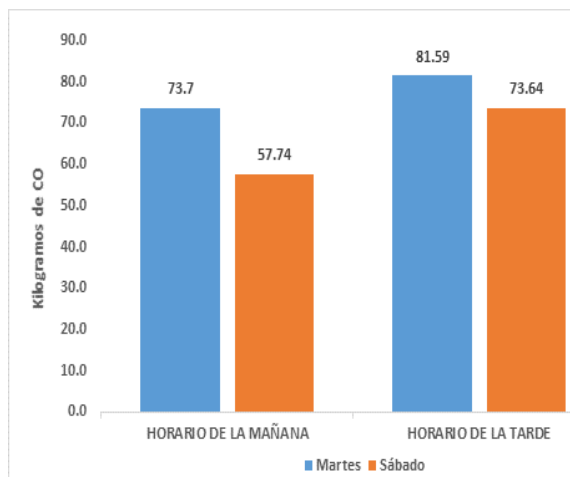


Figura 4.2 Cantidad de monóxido de carbono (CO)
Elaborado: Liliana García M.

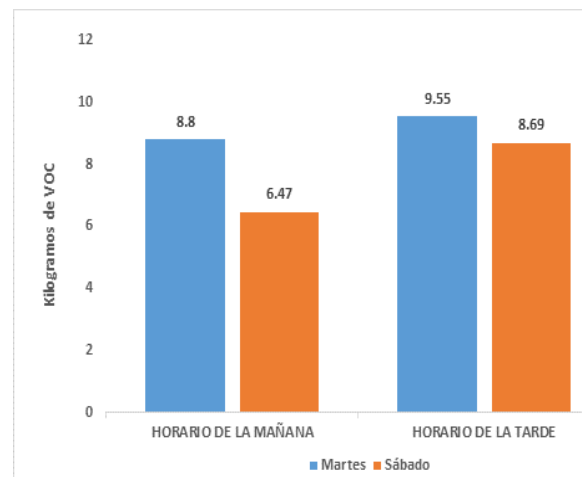


Figura 4.3 Cantidad de compuestos orgánicos volátiles (VOC)
Elaborado: Liliana García M.

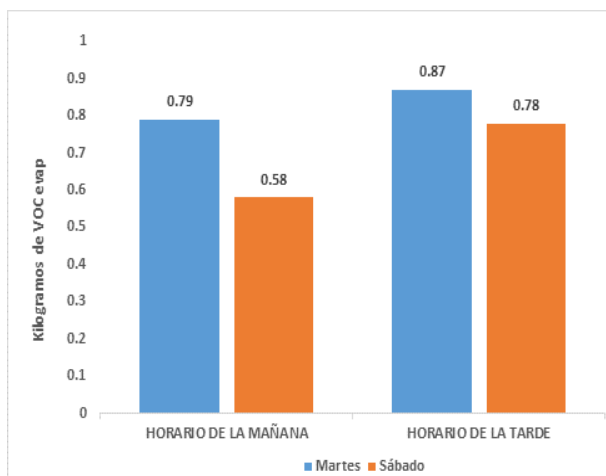


Figura 4.4 Cantidad de compuestos orgánicos volátiles evaporativos (VOC evap)
Elaborado: Liliana García M.

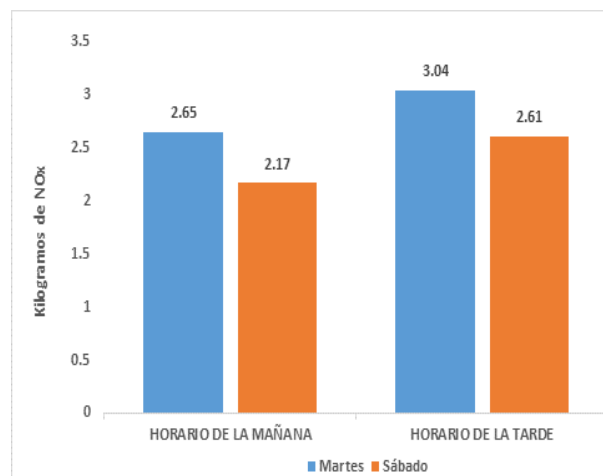


Figura 4.5 Cantidad de óxido de nitrógeno (NOx)
Elaborado: Liliana García M.

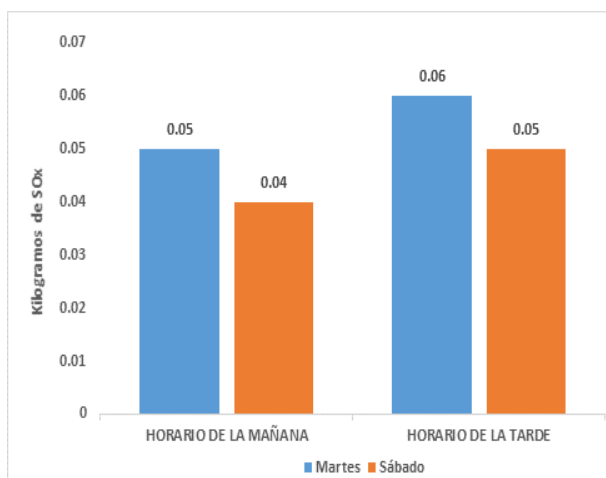


Figura 4.6 Cantidad de óxidos de azufre (SOx)
Elaborado: Liliana García M.

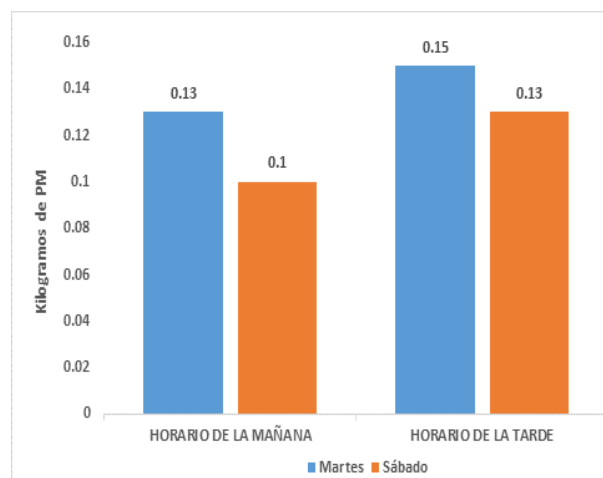


Figura 4.7 Cantidad de material particulado (PM)
Elaborado: Liliana García M.

En la **Figura 4.8** y **Figura 4.9**, se presentan las cantidades de masa en kilogramos de los contaminantes tóxicos y de los contaminantes de calentamiento global, generados por las fuentes móviles que circulan por el cantón en los días martes y sábado, en horarios de la mañana y tarde.

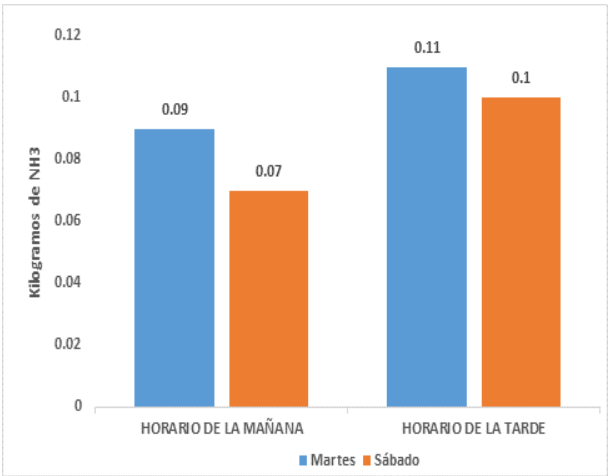


Figura 4.8 Cantidad de amoníaco (NH₃)
Elaborado: Liliana García M

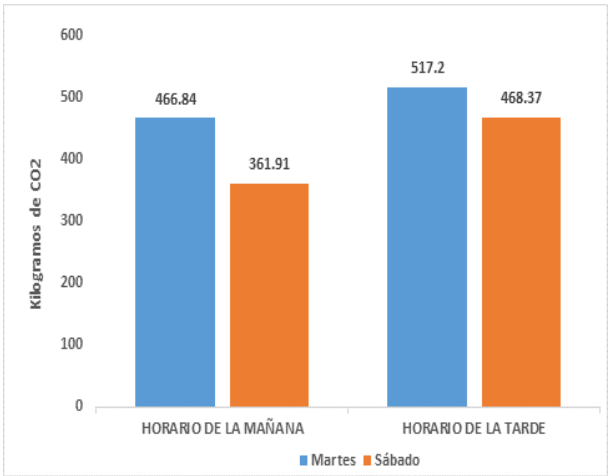


Figura 4.9 Cantidad de dióxido de carbono (CO₂)
Elaborado: Liliana García M.

En la **Tabla 4.1**y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se hace una comparación en porcentaje entre los días típico y atípico de los contaminantes existentes en horarios de tarde, puesto que son los más representativos. Se puede apreciar que la diferencia que existe entre los contaminantes del día martes son ligeramente mayores al del día sábado.

Tabla 4.1 Comparación de contaminantes entre los días típico y atípico

CONTAMINANTE	MARTES Masa (kg)	SÁBADO Masa (kg)	DIFERENCIA %
Monóxido de Carbono (CO)	81.59	73.64	5.12
Compuestos orgánicos Volátiles (COV)	9.55	8.69	4.71
Compuestos orgánicos Volátiles Evaporativos (COV evap)	0.87	0.78	5.45
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	3.04	2.61	7.61
Óxidos de Azufre (SOx)	0.06	0.05	9.09
Material Particulado (PM)	0.15	0.13	7.14
Amoníaco (NH ₃)	0.11	0.1	4.76
Dióxido de Carbono (CO ₂)	517.2	468.37	4.95

Elaborado: Liliana García M

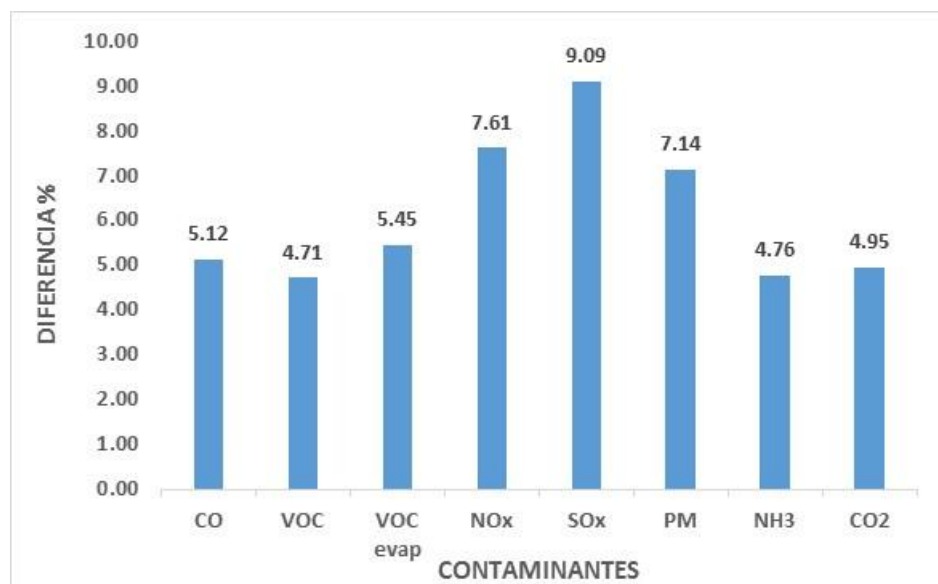


Figura 4.10 Comparación de contaminantes

Elaborado: Liliana García M

5. Capítulo V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Con respecto a la caracterización del parque automotor

El parque automotor presente en el cantón Sevilla de Oro según los datos existentes en el Departamento de Tránsito del GAD Municipal es pequeño y por los resultados de la tabulación realizada concluimos que la mayor parte corresponden a vehículos livianos a gasolina, además mediante la clasificación año – modelo, se puede apreciar que la flota vehicular más representativa son las comprendidas entre los años 2000 y 2016.

En cuanto a la distribución de la flota según la tecnología vehicular, la que predomina con un 17.2 % del total, es la correspondiente al numeral 131 que concierne a autos medianos a gasolina, con tecnologías de multipunto de 3 vías, con válvula evaporativa PCV y válvula EGR, con un recorrido mayor a 161 km.

- Con respecto a las características de movilidad

Las características de movilidad presentes en la zona de estudio, en ambos horarios, (mañana y tarde) tanto del día martes como del día sábado, ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, son similares y no se presentaron condiciones de alto estrés y alta demanda de potencia del vehículo, lo que es favorable en cuanto a la emisión de contaminantes. Mediante los bins se estimó el número de veces que los vehículos están detenidos o en velocidades casi nulas.

Los horarios de la mañana y tarde del día martes, presentan al bin 11 con mayor porcentaje, 28.96 % y 32.64 % correspondientemente, el resultado de la tarde es 3.68 % mayor que en de la mañana, lo cual indica que las condiciones de potencia son 0 o cercanas a 0, donde el vehículo permanece más tiempo detenido o a velocidades muy bajas, debido a las condiciones que se generaron en ese momento como tráfico, salida de estudiantes, intersecciones. El siguiente valor de porcentaje representativo se encuentra en el bin 12, lo que indica que se produce ligeramente una aceleración.

Un caso similar ocurre con los datos registrados del día sábado, es por ello que se puede concluir que el tráfico vehicular en el cantón Sevilla de Oro, es similar a cualquier hora del día, y en cualquier día, Esto se da porque los destinos tienen una distancia corta, lo que hace que la mayoría de los desplazamientos de la población sea a pie, situación que se vuelve favorable ya que se está generando una movilidad sostenible.

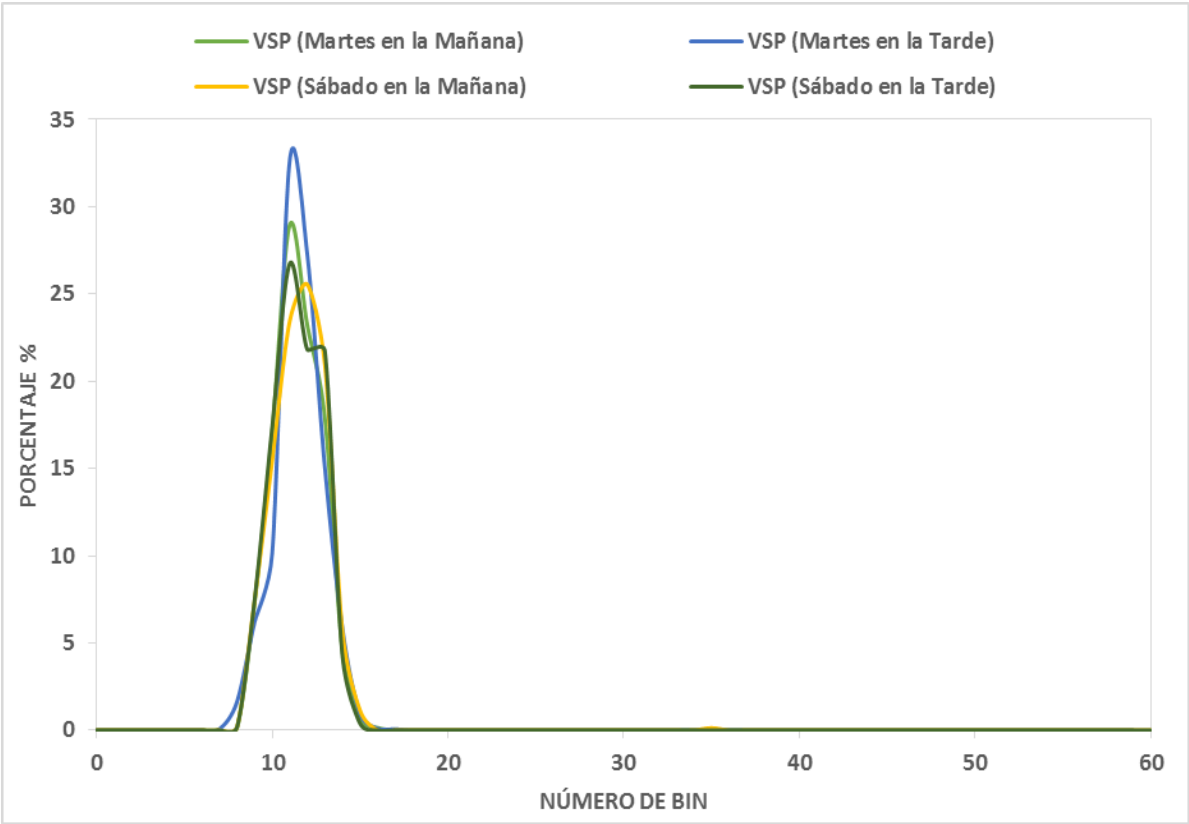


Figura 5.1 Características de movilidad
Elaborado: Liliana García M.

- Con respecto a los contaminantes criterio y su cantidad

Haciendo uso del programa IVE, y extrapolando los datos se estimó el inventario de emisiones preliminares del casco urbano del cantón Sevilla de Oro.

Los contaminantes de emisión, ajustados a las características de la localidad se pueden apreciar en la **Tabla 5.1**, la cual indica el tipo y cantidad de contaminante presente en cada horario (mañana y tarde) de los días martes y sábado.

Tabla 5.1 Cantidad de contaminantes en kilogramos del cantón Sevilla de Oro

CONTAMINANTE	DESCRIPCION	MARTES Masa (kg)		SABADO Masa (kg)	
		MAÑANA	TARDE	MAÑANA	TARDE
CONTAMINANTES CRITERIO	CO	73.7	81.59	57.74	73.64
	VOC	8.8	9.55	6.47	8.69
	VOC evap	0.79	0.87	0.58	0.78
	NO _x	2.65	3.04	2.17	2.61
	SO _x	0.05	0.06	0.04	0.05
	PM	0.13	0.15	0.1	0.13
CONTAMINANTES TÓXICOS	NH ₃	0.09	0.11	0.07	0.1
CALENTAMIENTO GLOBAL	CO ₂	466.84	517.2	361.91	468.37

Elaborado: Liliana García M.

Los aportes de contaminantes criterio, tóxicos y de calentamiento global, mostradas en masa (kg), presentes en los días típico y atípico son prácticamente parejos, predominando los valores del escenario critico tanto para el día martes como para el día sábado.

En la

Figura 5.2, indica la diferencia en porcentajes de los contaminantes en los distintos escenarios.

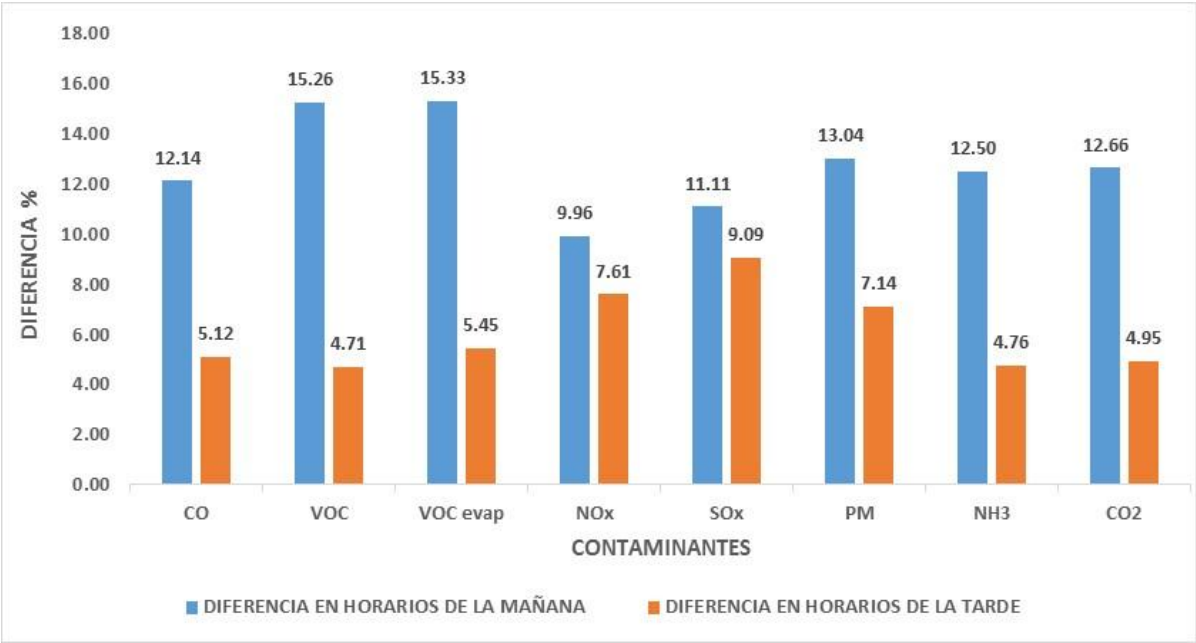


Figura 5.2 Porcentaje de los contaminantes en los distintos horarios
Elaborado: Liliana García M.

Para determinar la cantidad de contaminantes criterio, tóxicos y de calentamiento global, en toneladas que se producen en el año, se extrapola los datos del escenario más crítico, registrada por el modelo IVE, la **Tabla 5.2** indica los resultados.

Tabla 5.2 Cantidad de contaminantes emitidos al año

CONTAMINANTE	DESCRIPCION	HORARIO MAS CRITICO	
		kg/hora	Ton/año
CONTAMINANTES CRITERIO	Monóxido de Carbono (CO)	81.59	714.73
	Compuestos orgánicos Volátiles (COV)	9.55	83.66
	Compuestos orgánicos Volátiles Evaporativos (COV evap)	0.87	7.62
	Óxidos de Nitrógeno (NOx)	3.04	26.63
	Óxidos de Azufre (SOx)	0.06	0.53
	Material Particulado (PM)	0.15	1.31
CONTAMINANTES TÓXICOS	Amoníaco (NH ₃)	0.11	0.96
CALENTAMIENTO GLOBAL	Dióxido de Carbono (CO ₂)	517.2	4530.67

Elaborado: Liliana García M.

Al momento de realizar una comparación en cuanto a las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂) anuales por habitante, se consideró:

- El dato de CO₂ del inventario de emisiones atmosféricas producidas por las fuentes móviles del cantón Cuenca en el año 2011, con la respectiva población. (EMOV, GAD MUNICIPAL DE CUENCA, 2011).
- El dato registrados del programa IVE del contaminante CO₂ de Sevilla de Oro en el 2016, con su respectiva población.

Con la información registrada en el (INEC, 2010), se proyectó la población del cantón Sevilla de Oro al año 2016. Para ello se utilizó la formula geométrica (SECRETARIA DEL AGUA, 2015):

$$Pf = Pa(1 + r) * n$$

Ecuación 8 Fórmula geométrica de proyección de población

Dónde:

- Pf = Población Futura
- Pa = Población actual
- r = Tasa de crecimiento (1%)
- n = Número de años

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, indica el número de habitantes de los cantones Cuenca y Sevilla de Oro, con su respectiva cantidad de CO₂ en toneladas al año, producido por el tráfico vehicular.

Adicional a esto, se determinó la cantidad de Dióxido de Carbono en masa por persona, donde se aprecia que el aporte de CO₂ emitido por las fuentes móviles de Sevilla de Oro corresponde al 0.05 % de lo que se emite en el cantón Cuenca, lo que indica que la emisión de este contaminante es mínima.

Tabla 5.3 Cantidad de habitantes y de CO₂

	POBLACIÓN (Habitantes)	DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) (Ton/año)	DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) (Ton/persona)
CUENCA	535624	726871500	1357.06
SEVILLA DE ORO	6251	4530.67	0.73

Elaborado: Liliana García M.

Otro medio importante para realizar una comparación es mediante la cantidad de contaminantes por kilómetro recorrido, los principales a analizarse son el Monóxido de Carbono (CO) y el Óxido de Nitrógeno (NOx). Para ello se consideró la cantidad de contaminante del escenario crítico, del día típico, calculado por el modelo IVE, la **Tabla 5.4** indica los valores.

Tabla 5.4 Cantidad de contaminante por kilómetro recorrido

CONTAMINANTE	HORARIO MAS CRITICO	
	kg/hora	kg/km
Monóxido de Carbono (CO)	81.59	0.034
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	3.04	0.001

Elaborado: Liliana García M.

Los datos de los contaminantes (kg/km), inscritos en la tabla anterior se compararon con los valores de Monóxido de Carbono (CO) y Óxido de Nitrógeno (NOx) de la **Tabla 5.5** tomada de (VANEGAS, FREIRE, & ALEMAN, 2015). Ahí figura que los valores de los contaminantes en kilogramos por kilómetro recorrido de Sevilla de Oro son mínimos con respecto a los valores registrados en el modelamiento de la calidad de aire en la ciudad de Cuenca.

Tabla 5.5 Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca

ESTACIÓN	NÚMERO DE VEHICULOS LIVIANOS	VELOCIDAD (km/h)	FACTOR DE EMISION VEHÍCULOS LIVIANOS (kg/km)	
			CO	NOx
BALZAY	895	40	50	2.5
TEC	887	20	80	1.5
BAS	1507	50	45	2.9
BCB	753	20	80	1.5
VEG	364	30	60	2
HDM	81	40	50	2.5
CAI	481	40	50	2.5
UPS	734	30	60	2
CRB	448	50	45	2.9

Elaborado: (VANEGAS, FREIRE, & ALEMAN, 2015)

5.2. Recomendaciones

- Ampliar el estudio a 24 horas para determinar con más exactitud la cantidad de emisiones contaminantes que se emiten al aire.
- Validar la información obtenida del software IVE con el equipo analizador de gases.
- Una recomendación importante es tener en cuenta que la mejor estrategia para reducir las emisiones, consiste en mejorar la calidad de combustibles, otro factor es que las entidades encargadas de manejar esta problemática como lo son el Departamento de Tránsito del GAD Municipal de Sevilla de Oro mejoren los programas de inspección y realicen campañas de sociabilización que concienticen a la ciudadanía en la importancia que es realizar un mantenimiento periódico de sus vehículos para evitar fallas en los sistemas de control de emisiones.

1. BIBLIOGRAFÍA

ALMEIDA, J. L. (2016). *MODELACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE FUENTES MÓVILES TERRESTRES EN QUITO, ECUADOR*. QUITO.

AMAYA, L. A. (2005). *ESTIMACION DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE FUENTES MOVILES PARA LA CIUDAD DE BOGOTA E IDENTIFICACION DE VARIABLES PERTINENTES*. BOGOTÁ.

CASTRO PEÑA, P. C., & ESCOBAR WINSTON, L. M. (2006). *ESTIMACION DE LAS EMISIONES CONTAMINANTES POR FUENTES MOVILES A NIVEL NACIONAL Y FORMULACION DE LINEAMIENTOS TECNICOS PARA EL AJUSTE DE LAS NORMAS DE EMISION*. BOGOTA. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/14781/00798220.pdf?sequence=1>

CSASZAR, A. D. (2008). *METODOLOGIA DE CALCULO DE EMISIONES VEHICULARES BASADAS EN MODOS DE CONDUCCION Y POTENCIA ESPECIFICA VEHICULAR*. SANTIAGO DE CHILE.

EMOV. (14 de SEPTIEMBRE de 2015). Obtenido de <http://www.emov.gob.ec/?q=content/monitoreo-permanente-de-la-calidad-de-aire>

EMOV, GAD MUNICIPAL DE CUENCA. (2011). *INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFERICAS DEL CANTON CUENCA 2011*. CUENCA.

ENCALADA CAJISACA, F. R., & ÑAUTA UZCHA, P. G. (2010). *INCIDENCIA DEL TIPO DE GASOLINAS, ADITIVOS Y EQUIPOS OPTIMIZADORES DE COMBUSTIBLE COMERCIALIZADOS EN LA CIUDAD DE CUENCA, SOBRE*

LAS EMISIONES CONTAMINANTES EMITIDAS AL AIRE. CUENCA.

GAD MUNICIPAL DEL CANTON SEVILLA DE ORO. (14 de OCTUBRE de 2015).
Obtenido de <http://www.sevilladeoro.gob.ec/index.php/el-canton-informacion-del-canton/informacion-general/informacion-general>

GUAMAN, E. D. (2013). *ESTUDIO Y PROPUESTA PARA LA CREACION DE UN CENTRO DE REVISION Y CONTROL VEHICULAR EN LA CIUDAD DE AMBATO.* CUENCA.

INEC. (2010). *RESULTADO DEL CENSO 2010 FASICULO PROVINCIAL AZUAY.*

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA. (2007). *GUIA METODOLOGICA PARA LA ESTIMACION DE EMISIONES VEHICULARES EN CIUDADES MEXICANAS.* MEXICO: WESTERN GOVERNORS' ASSOCIATION.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA Y CAMBIO CLIMATICO. (2010). *METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES VEHICULARES.* MEXICO.

INTERNATIONAL VEHICLE EMISSIONS MODEL . (2008). *ATTACHMENT C CHARACTERIZING EMISSION VARIATIONS DUE TO DRIVING BEHAVIOR FROM ON-ROAD VEHICLES.*

IVE, M. D. (2008). 2.

LARA GOMEZ, C., MENDOZA SANCHEZ, J. F., LOPEZ DOMINGUEZ, M. G., TELLEZ GUTIERREZ, R., MARTINEZ MOLINA, W., & ALONSO GUZMAN, E. M. (2009). *PROPUESTA METODOLOGICA PARA*

ESTIMACION DE EMISIONES VEHICULARES EN CIUDADES DE LA REPUBLICA MEXICANA. MEXICO: PUBLICACION TECNICA N°322.

LONDOÑO, J., CORREO, M. A., & PALACIO, C. A. (2011). *ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES EN EL ÁREA URBANA DE ENVIGADO, COLOMBIA. ANTIOQUIA.*

MINISTERIO DEL AMBIENTE. (2010). *PLAN NACIONAL DE LA CALIDAD DEL AIRE. QUITO.*

MONCAYO, D. A., & ORDOÑEZ, P. A. (2016). *DETERMINACIÓN DEL INDICADOR KILÓMETROS - VEHÍCULO RECORRIDO (KVR) PARA LA CIUDAD DE CUENCA. CUENCA.*

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2010). *GASOLINA REQUISITOS. ECUADOR.*

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. (2012). *PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETROLEO. DIESEL REQUISITOS. ECUADOR.*

OPS/OMS REPRESENTACION EN ECUADOR. (2006). *SITUACION DE SALUD. ECUADOR.*

PETROECUADOR. (2015). *EP PETROECUADOR ANALIZA LA VENTA DE SUS SIETE GASOLINERAS MÁS. ECUADOR.*

PUERTO AVILA, J. C., & RAMIREZ LORA, G. E. (2015). *METODOLOGIA PARA REALIZAR INVENTARIOS DE FUENTES MOVILES DE CONTAMINACION ATMOSFERICA EN LA CUIDAD DE CARTAGENA. CARTAGENA.*

ROMERO PLACERES, M., OLITE, D., & ALVAREZ, M. (2006). LA CONTAMINACION DEL AIRE; SU REPERCUSION COMO PROBLEMA DESALUD. *REVISTA CUBANA DE HIGIENE Y EPIDEMIOLOGIA*.

SALGADO, H. M. (2011). *ESTUDIO DE EMISIONES Y CARACTERISTICAS VEHICULARES EN CIUDADES MEXICANAS*. MEXICO.

SECRETARIA DEL AGUA. (2015). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. QUITO.

SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE MEXICO. (2013). *INVENTARIO DE EMISIONES CONTAMINANTES Y EFECTO INVERNADERO*. MEXICO.
Obtenido de <http://www.aire.df.gob.mx/default.php>

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA. (2007). *ESTIMACION DE FACTORES QUE INCIDEN SOBRE LA CONTAMINANCION AMBIENTAL GENERADA POR FUENTES MOVILES EN PEREIRA*. PEREIRA.

VANEGAS, D. L., FREIRE, V. E., & ALEMAN, A. L. (2015). *MODELAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE CUENCA - ECUADOR*. CUENCA.

VINTIMILLA, P. F. (2015). *ANALISIS DE RESULTADOS DE LA MEDICION DE EMISIONES DE GASES CONTAMINANTES DE FUENTES MOVILES A PARTIR DE LA IMPLEMENTACION DE LA REVISION TECNICA VEHICULAR EN EL CANTÓN CUENCA*. CUENCA.

2. ANEXOS



DEPARTAMENTO DE POSGRADOS
MAESTRIA EN TRANSITO, TRANSPORTE Y
SEGURIDAD VIAL

**Estimación Indirecta de Emisiones Contaminantes de Fuentes Móviles en
el casco urbano de la cabecera cantonal del Cantón Sevilla de Oro**

Encuestas para determinar el Soak de los vehículos que circulan por el Casco Urbano del Cantón Sevilla de Oro.

Hora:

Nombre del Encuestador:

Fecha:

1.- Usted ha encendido el carro despues de las 11:00 am?

Si

☐

No

☐

En caso de responder si, que tiempo estuvo apagado antes de encenderlo?

2.- Su vehiculo cuenta con aire acondicionado?

Si

☐

No

☐

En caso de responder si, que porcentaje de tiempo usa?

0% Nada

25% Poco

50% Mucho

75% casi siempre

100% Siempre

☐
☐
☐
☐
☐

1.- Usted ha encendido el carro despues de las 11:00 am?

Si

☐

No

☐

En caso de responder si, que tiempo estuvo apagado antes de encenderlo?

2.- Su vehiculo cuenta con aire acondicionado?

Si

☐

No

☐

En caso de responder si, que porcentaje de tiempo usa?

0% Nada

25% Poco

50% Mucho

75% casi siempre

100% Siempre

☐
☐
☐
☐
☐