



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante la
aplicación del modelo IVE en el cantón Guano

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autores:

Pacheco Acan, Vinicio Alexander
Zambrano Silva, Pierina Fernanda

Tutor:

MgS. Marcel Paredes

Riobamba, Ecuador. 2024

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, Pacheco Acan Vinicio Alexander, con cédula de ciudadanía 0604653618 y Zambrano Silva Pierina Fernanda, con cédula de ciudadanía 2100798970, autores del trabajo de investigación titulado: Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante la aplicación del modelo IVE en el cantón Guano, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedemos a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 26 de noviembre de 2024.



Vinicio Alexander Pacheco Acan

C.I: 0604653618



Pierina Fernanda Zambrano Silva

C.I: 2100798970

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Marco Marcel Paredes catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación **Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante la aplicación del modelo IVE en el cantón Guano**, bajo la autoría de Vinicio Alexander Pacheco Acan y Pierina Fernanda Zambrano Silva; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 19 días del mes de noviembre de 2024



Firmado electrónicamente por:
**MARCO MARCEL
PAREDES HERRERA**

Marco Marcel Paredes

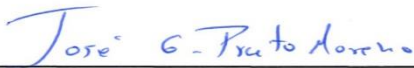
C.I: 0603783184

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

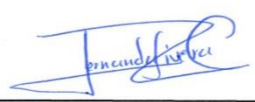
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante la aplicación del modelo IVE en el cantón Guano**, presentado por Vinicio Alexander Pacheco Acán con cédula de identidad número 0604653618 y Pierina Fernanda Zambrano Silva, con cédula de identidad número 2100798970, bajo la tutoría de Mgs. Marco Marcel Paredes Herrera certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de sus autores; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 26 de noviembre de 2024.

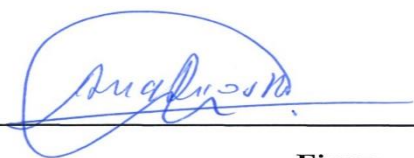
Ing. José Prato, PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma

Mgs. María Fernanda Rivera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma

Dra. Anita Ríos Rivera
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO


Firma



Dirección
Académica
VICERRECTORADO ACADÉMICO



UNACH-RGF-01-04-08.17
VERSIÓN 01: 06-09-2021

CERTIFICACIÓN

Qué, **PACHECO ACAN VINICIO ALEXANDER** con CC: **0604653618** y **ZAMBRANO SILVA PIERINA FERNANDA** con CC: **2100798970**, estudiantes de la carrera de **Ingeniería Ambiental**, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría del trabajo de investigación titulado **“Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante la aplicación del modelo IVE en el cantón Guano”**, cumple con el 1% de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **TURNITIN**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 18 de noviembre del 2024



Ing. Marcel Paredes Herrera MSc.
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Dedico a mis padres Mariano y Delfina pilares fundamentales en mi vida, quienes me brindaron su apoyo incondicional y motivación para cumplir mis objetivos, estuvieron día a día con su presencia, con un mensaje, con una llamada, cada una estuvo llena de amor y esperanza. A mis hermanos Marcia, Magaly y Fabricio por su confianza, por ser soporte emocional en mi vida, por demostrarme las amistades y el amor de hermanos más sincero del mundo. Finalmente, a mi amada abuelita Isidora por sus oraciones y bendiciones, ella es la luz de mi vida. Dedico a mi familia, pues sin ellos no lo habría logrado, ellos nunca permitieron que me rindiera.

Vinicio Alexander Pacheco Acán

DEDICATORIA

Dedico a mi madre Fátima Silva quien desde un inicio de la carrera me ha apoyado hasta ahora sin importar las circunstancias, me ha animado en todo momento a no rendirme, a continuar para culminar este gran sueño que ha sido con gran esfuerzo y dedicación que he logrado, dedico también a mi esposo Omar Salas quien ha estado apoyándome y ayudándome en cada etapa de la carrera estudiantil, quien también me ha dado ánimo para continuar, este logro también quiero dedicarlo a mi hijo, quien se ha tenido que conformar con el poco tiempo que disponía yo ara darle, quien también con sus ocurrencias me animaba y me decía que lo iba a lograr, y también me ha tenido mucha paciencia y tolerancia en mis momentos de estrés. Agradezco a cada uno de los docentes quienes fueron los que me instruyeron y enseñaron en cada nivel cursado en la carrera, quienes han dado sus conocimientos para poderme instruir con mucho amor y paciencia.

Pierina Fernanda Zambrano Silva

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mis pasos, por la oportunidad de vivir y disfrutarla con las personas que amo. A lo largo de este camino, muchas personas han sido fundamentales para la realización de este proceso, y quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas ellas. En primer lugar, agradezco a Ing. Marcel Paredes por su guía, paciencia y valiosas orientaciones a lo largo del desarrollo de esta tesis. Sus conocimientos y experiencia fueron esenciales para lograr este trabajo. A mi familia, por su amor incondicional, apoyo constante y por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí y darme la fuerza para seguir adelante. A mis amigos y compañeros de estudio, por compartir ideas, momentos de aprendizaje y por hacer este proceso más llevadero con su compañía y ánimo. A la Universidad Nacional de Chimborazo, por brindarme los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación y por ser un espacio que fomentó mi crecimiento académico y personal. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de alguna manera, contribuyeron a que este proyecto se convirtiera en una realidad. A todos ustedes, este logro también les pertenece.

Vinicio Alexander Pacheco Acán

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser mi guía, por siempre acompañarme en todo el proceso, porque me dio la oportunidad de poder estudiar una carrera, porque me dio la fuerza de permanecer y seguir hasta el final, final que casi no lo veía llegar, pero llegó. Agradecer a mis seres queridos por todo el apoyo brindado, por todas las esperanzas que pusieron en mí, a pesar de que yo ya no confiaba en mí, ellos permanecieron ahí levantándose. Gracias a ello hoy se me permite culminar esta gran etapa de mi vida, proceso donde hubo momentos difíciles, pero también hubo momentos hermosos compartidos. Agradezco enormemente el esfuerzo y sacrificio de mi madre y mi esposo, quienes fueron ese pilar fundamental en mi carrera universitaria, que sin ellos no hubiera logrado esta meta. Este triunfo no es sólo mío, sino de mi familia también. Agradezco en gran manera a mi hijo, por la paciencia y tolerancia que ha tenido a pesar del poco tiempo que le he podido brindar, y quien también me ha motivado a no rendirme en ningún momento, brindándome su apoyo incondicional. Agradezco también a mi tutor Marcel Paredes, quien ha tenido mucha paciencia, y que sin confianza no hubiera sido posible este logro, porque fue muy importante su apoyo para poder realizar este trabajo de investigación, que llevó tiempo y esfuerzo para alcanzar los objetivos, y quedo infinitamente agradecida también con la Universidad y todos quienes hacen parte de ella.

Pierina Fernanda Zambrano Silva

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL
CERTIFICADO ANTIPLAGIO
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
ÍNDICE GENERAL
ÍNDICE DE TABLAS
ÍNDICE DE FIGURAS
RESUMEN
ABSTRACT

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	17
1.1 Planteamiento del Problema	18
1.2 Justificación	20
1.3 Objetivos.....	21
1.3.1 Objetivo General	21
1.3.2 Objetivos Específicos	21
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	22
2.1 Estado de arte.....	22
2.2 Contaminación del aire	22
2.3 Fuentes móviles	23
2.4 Emisión vehicular	24
2.4.1 Factores que determinan la contaminación del aire por el parque automotor	24
2.5 Modelo IVE	24
2.5.1 Componentes necesarios del modelo IVE	25
2.5.2 Contaminantes con los que trabaja el modelo IVE.....	25
CAPÍTULO III METODOLOGIA.....	30
3.1 Selección de rutas de primer y segundo orden del cantón Guano	30
3.1.1 Investigación bibliográfica	30
3.1.2 Selección de rutas	30
3.1.3 Selección de sitios de conteo de las rutas del cantón	31

3.2	Análisis de la incidencia de las variables distancia y tiempo en función a las características del parque automotor que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Guano.....	31
3.2.1	Flota vehicular	31
3.2.2	Localidad	33
3.2.3	Cálculo de la emisión de contaminantes	37
3.2.4	Cálculo de las emisiones de contaminantes en el modelo IVE	38
3.3	Desarrollo e interpretación del modelo computacional de emisiones vehiculares con respecto a los protocolos establecidos en el software IVE.....	38
3.3.1	Desagregación espacial	38
3.3.2	Desagregación temporal	39
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		40
4.1	Selección de las rutas de investigación de primer y segundo orden dentro del cantón Guano	40
4.1.1	Rutas de primer orden.....	40
4.1.2	Rutas de segundo orden	42
4.1.3	Selección de sitios de conteo de las rutas de primer y segundo orden del cantón Guano	47
4.2	Análisis de la incidencia de la variable distancia/tiempo en función a las características del parque automotor que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Guano	58
4.2.1	Flota vehicular	58
4.2.2	Localidad	59
4.2.3	Intensidad Vehicular.....	61
4.2.4	Cálculo de las emisiones evaporativas vehiculares	63
4.2.5	Inventario de emisiones	66
4.3	Interpretar el modelo computacional de emisiones vehiculares con respecto a los protocolos establecidos en el software IVE	67
4.3.1	Desagregación espacial	67
4.3.2	Desagregación temporal	75
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		80
5.1	CONCLUSIONES	80
5.2	RECOMENDACIONES.....	81
6	BIBLIOGRAFÍA	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones de las abreviaciones utilizadas en el archivo flota	32
Tabla 2. Parámetros para el factor de localidad	33
Tabla 3. Categorías de Soak para Patrones de Partidas en el modelo IVE	36
Tabla 4. Contaminantes criterio y de calentamiento global	37
Tabla 5. Promedio del conteo vehicular diario en las rutas de primer orden	53
Tabla 6. Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Guano Urbano.....	54
Tabla 7. Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Guano Rural.....	56
Tabla 8. Categorización de la flota vehicular	59
Tabla 9. Condiciones climáticas del cantón Guano.....	59
Tabla 10. Porcentaje de tiempo uso de aire acondicionado.....	60
Tabla 11. Porcentaje tiempo Soak.....	60
Tabla 12. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de primer orden (ton/año)	63
Tabla 13. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden Guano rural (ton/año).....	64
Tabla 14. Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden Guano urbano (ton/año)	65
Tabla 15. Inventario de emisiones anuales del cantón Guano.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ruta Guano – Quero	40
Figura 2. Ruta Guano – Riobamba.....	41
Figura 3. Ruta: Guano Urbano La Matriz – Santa Teresita	42
Figura 4. Ruta: Guano urbano San José de Chocón – La Capilla	43
Figura 5. Ruta: Guano rural Guano - San Andrés	44
Figura 6. Ruta: Guano rural Guano – San Isidro.....	45
Figura 7. Ruta: Guano rural Valparaíso – Santa Fe de Galán	46
Figura 8. Ruta: Guano rural San Gerardo – San José de Chazo.....	46
Figura 9. Puntos de conteo en la ruta de Guano – Cantones.....	48
Figura 10. Puntos de conteo para las parroquias urbanas de Guano.	49
Figura 11. Puntos de conteo para las parroquias rurales de Guano.....	51
Figura 12. Conteo de rutas de primer orden Guano – Cantones	53
Figura 13. Conteo Flota Vehicular Guano - Cantones	54
Figura 14. Conteo de ruta de segundo Orden Guano – Parroquias Urbanos	55
Figura 15. Conteo Flota Vehicular Guano – Parroquias Urbanas.....	56
Figura 16. Conteo de rutas de segundo orden Guano – Parroquias Rurales	57
Figura 17. Conteo Flota Vehicular Guano – Parroquias Rurales.....	58
Figura 18. Mapa de Intensidad Vehicular	62
Figura 19. Mapa de desagregación espacial de CO en el cantón Guano	68
Figura 20. Mapa de desagregación espacial de VOC en el cantón Guano.....	69
Figura 21. Mapa de desagregación espacial de VOC-evap en el cantón Guano.....	70
Figura 22. Mapa de desagregación espacial de NOx en el cantón Guano	71
Figura 23. Mapa de desagregación espacial de SOx en el cantón Guano	72
Figura 24. Mapa de desagregación espacial de PM en el cantón Guano	73
Figura 25. Mapa de desagregación espacial de CO ₂ en el cantón Guano	74
Figura 26. Mapa de desagregación espacial de CH ₄ en el cantón Guano	75
Figura 27. Desagregación temporal de CO en el cantón Guano	76
Figura 28. Desagregación temporal de VOC en el cantón Guano	76
Figura 29. Desagregación temporal de VOC-evap en el cantón Guano	77
Figura 30. Desagregación temporal de SOx en el cantón Guano.....	77
Figura 31. Desagregación temporal de NOx en el cantón Guano	78
Figura 32. Desagregación temporal de PM en el cantón Guano	78

Figura 33. Desagregación temporal de CO ₂ en el cantón Guano	79
Figura 34. Desagregación temporal de CH ₄ en el cantón Guano	79

RESUMEN

El objetivo de este proyecto de investigación es determinar la concentración de las emisiones gaseosas vehiculares por medio del uso del Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE por las siglas en inglés) en el cantón Guano para el año 2024. Para ello se realizó una selección de rutas tanto de primer orden como de segundo orden, considerando la zona urbana y rural, respetando los límites geográficos del cantón. Se asignaron tres zonas socioeconómicas en cada una de las rutas seleccionadas, las cuales incluyen vías arteriales, residenciales y autopistas, realizando así un conteo característico del parque automotor. Se identificaron seis categorías vehiculares: camión, bus, camioneta, jeep/SUV, sedan, taxi y motocicleta, donde se determinó características del combustible, conducción y partidas, hecho que fue indispensable para adquirir información sobre el tiempo, velocidad y altura segundo a segundo por medio de las rutas por cada categoría vehicular, para adquisición de VSP. Asimismo, fue necesaria la búsqueda de datos de las condiciones climáticas y el uso del aire acondicionado de la flota vehicular. Todas estas variables fueron unos datos importantes para el cálculo de seis contaminantes criterio (CO, VOC, VOCs, NO_x, SO_x y PM) y también dos contaminantes de calentamiento global (CO₂ y CH₄). Después de haber obtenido la concentración de contaminantes en el modelo IVE, se realizó en forma organizada un inventario de emisiones con su respectiva interpretación mediante la desagregación espacial que dio lugar a la distribución de cada uno de los contaminantes en las rutas del cantón Guano, y la desagregación temporal para distribuir las emisiones de cada contaminante durante el día.

Palabras claves: Emisiones vehiculares, modelo IVE, desagregación espacial y temporal, distancia/tiempo y partidas, flota vehicular y localidad.

Abstract

The aim of this research is to determine the concentration of vehicular gas emissions by using the International Vehicle Emission Model (IVE) in Guano Canton by the year 2024. Therefore, a selection of both first and second order routes was made, considering urban and rural areas, respecting the geographical limits of the canton. Three socioeconomic zones were assigned to each one of the selected routes, including arterial roads, residential roads and highways, thus making a characteristic counting of the vehicle fleet. Six vehicle categories were identified: truck, bus, van, jeep/SUV, sedan, cab and motorcycle, where it was determined the characteristics of fuel, driving and departures, which was essential to get information about time, speed and height second by second by means of the routes for each vehicle category, for the purchase of VSP. Moreover, it was necessary to search for data on weather conditions and the use of air conditioning in the vehicle fleet. All these parameters were important data for the calculation of six criteria pollutants (CO, VOC, VOCs, NO_x, SO_x and PM) and also two global warming pollutants (CO₂ and CH₄). After getting the concentration of pollutants in the IVE model, it was performed an organized emissions inventory with its respective interpretation through spatial disaggregation that produced the distribution of each one of the pollutants along the roads in Guano canton, and the timely disaggregation to distribute the emissions of each pollutant during the day.

Keywords:

VEHICULAR EMISSIONS, IVE MODEL, SPATIAL AND TEMPORAL DISAGGREGATION, DISTANCE/TIME AND DEPARTURES, VEHICLE FLEET AND LOCALITY.



Reviewed by
Msc. ENRIQUE GUAMBO YEROVI
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0601802424

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial el volumen vehicular se incrementa de forma acelerada en algunas ciudades al utilizarse los vehículos en numerosas actividades tanto comerciales como turísticas provoca un incremento inevitable de la contaminación ambiental debido a su permanencia en las vías (Muñoz Pérez et al., 2021).

Esta contaminación del parque automotor es debida a las cantidades de dióxido de carbono, la presencia de los metales pesados generados en el aire y al deterioro de paisaje urbano, entre otros aspectos que afectan directamente la salud mundial que se considera a los medios de transporte terrestre son los que más contaminan en el mundo (Muñoz Pérez et al., 2021).

Las emisiones de los vehículos contribuyen significativamente a los inventarios nacionales y locales de hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO), tienen graves consecuencias para la salud humana debido a las concentraciones atmosféricas de contaminantes en el aire ya que las fuentes móviles son los principales factores de la contaminación atmosférico (Llanes Cedeño et al., 2018).

Según los informes de la Organización Mundial de la Salud, la contaminación del aire sigue siendo un peligro elevado en muchas partes del mundo, durante el año 2019 cerca el 99% de la población no cumplían las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire en sus viviendas y provocó en todo el mundo 4,2 millones de muertes prematuras (OMS, 2022). Sobre la calidad del aire revelan contenidos de varios gases y material particulado que exponen al 92% de la población mundial que viven en lugares donde la calidad del aire supera los límites permisibles (Velepucha-Sánchez & Sabando-Piguabe, 2021).

El cantón Guano es popular por la visita de turistas nacionales y extranjeros gracias a sus artesanías, gastronomía, museo, paisajes, el parque acuático los Elenes, entre otros, contribuyendo así un incremento de tráfico vehicular (Lema & Aguirre, 2021). La

investigación tiene como objetivo analizar la concentración de los contaminantes provocados durante el proceso de combustión de los motores vehiculares, durante su recorrido por las vías de primer y segundo orden.

El modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) es un software que calcula factores de corrección para los factores de emisión, en la cual se tomaron en cuenta variables ambientales particulares de la ciudad como humedad, temperatura ambiente y la altura, entre otros (Valencia-Arroyave et al., 2015). Por otro lado, el modelo computacional permitirá no sólo estimar las emisiones gaseosas de la actividad vehicular que servirá como apoyo para futuras propuestas como estrategias de control y planificación para movilidad vehicular.

1.1 Planteamiento del Problema

La contaminación del aire en la actualidad constituye uno de los principales problemas ambientales de las zonas urbanas en el mundo, como puede ser tanto en los países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo, en el primer caso, por la gran y variada producción industrial y el intenso tráfico de automóviles (Hernández et al., 2010).

La contaminación es la incorporación al medio ambiente de sustancias nocivas de origen biológico, físico y químico en el medio ambiente. Sin embargo, el tráfico de automóviles es un problema importante que predomina en las zonas urbanas. Cabe mencionar que la contaminación del aire se debe al rápido crecimiento de la población, a medida que la población aumenta, las necesidades también junto con ella, siendo así que cada vez se requiere mayor cantidad de vehículos para movilizarse (Carin et al., 2018).

Según Lozano Hernández et al. (2018) Los vehículos que transitan por las carreteras ecuatorianas son los automóviles, los camiones, autobuses, entre otros, del total de vehículos que circulan en el país se determina que el 95 % son automotores de uso particular, el 3,3% de alquiler, 2% pertenece al Estado y el 0,4% de uso Municipal, lo que libera una emisión excesiva de gases contaminantes que afectan al medio ambiente. Solamente 3 de las 17

ciudades que presentan una degradación en la calidad del aire implementaron planes de acción para combatir las causas de la contaminación atmosférica como la ciudad de Quito y Cuenca (Peña, 2018). Si la población no toma conciencia para cuidar la atmosfera, se estima que para el año 2030 las partículas $PM_{2.5}$ se incrementara a un 90%, siendo inhalada la población (Alejandra & Arredondo, 2022).

El cantón Guano no tiene el Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes. Según el Plan Estratégico de Desarrollo Cantonal de Guano, la contaminación se origina principalmente por la actividad humana en actividades industriales y agropecuarias, donde a menudo hay un uso excesivo de los recursos. La calidad del aire ha sido alterada tanto en sus propiedades físicas como químicas, debido a diversas fuentes de contaminación, tales como emisiones de industrias, flota vehicular, manejo ineficiente de residuos sólidos, incendios forestales, uso de pesticidas y fertilizantes, y la quema de desechos, entre otros (GADM Guano, 2024).

Actualmente, el transporte público es una necesidad básica del cantón Guano, debido al desplazamiento obligatorio que realizan los habitantes por motivos como el comercio, turismo, labores cotidianas, instituciones educativas y administrativas entre otras actividades. Guano recibe turistas todos los años, la mayoría de los cuales llegan por transporte terrestre, convirtiéndose en un punto importante a medida que crece la población y aumentan las necesidades de transporte. La debilidad del cantón es la falta de terminales terrestres que faciliten la circulación de personas y el intercambio de mercancías (Lema & Aguirre, 2021).

Hasta ahora no se da mucha importancia al análisis de la calidad del aire, y es ahí donde debemos poner énfasis e interés, realizando este estudio queremos contribuir a obtener datos que puedan ser útiles para el análisis del aire en el país, que más adelante se cuente con información verídica y confiable.

1.2 Justificación

En los últimos años, el impacto ambiental de las emisiones vehiculares se ha convertido en una preocupación crítica para la salud pública y el medio ambiente. Estas emisiones contienen contaminantes como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (COV) y material particulado (PM), que contribuyen a problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares y el cambio climático (Hernández Cerda et al., 2022).

Según Ferrer-Dávalos, (2023). Los inventarios de emisiones sirven como base fundamental para la regulación de los contaminantes vehiculares, permitiendo cuantificar y reconocer las principales fuentes de emisión. El uso del modelo IVE (International Vehicle Emissions Model) permite evaluar con precisión las emisiones de gases producidas por vehículos en áreas específicas, tomando en cuenta variables como el tipo de combustible, las características del tráfico y las condiciones de operación de los vehículos en la región de estudio (International Sustainable Systems Research Center, 2008). Aplicar el modelo IVE en el cantón Guano permitirá obtener datos cuantitativos y cualitativos sobre los contaminantes más relevantes, ayudando a construir una línea base de emisiones vehiculares que sea útil para futuros estudios ambientales.

Además, la investigación contribuirá a fortalecer la capacidad de gestión ambiental del cantón y a proponer recomendaciones específicas para reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire. En este sentido, la presente tesis no solo aportará al conocimiento científico en el área de modelación de emisiones, sino que también constituirá una herramienta de apoyo para la formulación de políticas y programas de control de calidad del aire en Guano y zonas aledañas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Determinar la concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE en rutas del cantón Guano.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Delimitar las rutas de primer y segundo orden dentro del cantón Guano para el monitoreo de las emisiones gaseosas.
- Analizar la incidencia de las variables distancia y tiempo en función a las características del parque automotor, generadoras de emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Guano.
- Desarrollar el modelo computacional de emisiones vehiculares con respecto a los protocolos establecidos en el software IVE.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Estado de arte

Según el estudio del cantón Ambato, con el modelo IVE se mencionó que el 85% de las emisiones totales corresponde a CO₂, mientras que el CO representa alrededor del 13%. Las demás emisiones, aunque no superan el 1% individualmente, en conjunto suman el 2% restante. En Ambato, el contaminante en menor cantidad es el SO_x, con apenas 1,2081 kg diarios, mientras que las emisiones de NO_x alcanzan un 0,4%. Estos niveles de emisiones son característicos de ciudades con velocidades promedio reducidas y un tráfico vehicular denso (Robalino Torres, 2023).

Según Medina, (2019). Las emisiones anuales de CO₂ producidas por taxis de 1400 cc en condiciones de conducción normal son de 16679,033 g/km en el mejor escenario, correspondiente a la "hora valle," y de 17456,446 g/km en el peor escenario, que corresponde a la "hora pico." Esto representa una diferencia porcentual del 5%. Expresadas en toneladas, las emisiones serían de 16,67 t en el mejor escenario y de 17,46 t en el peor.

En los estudios recientes como en el cantón Riobamba y cantón Chambo el modelo IVE (*International Vehicle Emissions Model*) permite una evaluación detallada de las emisiones vehiculares en una región con un parque automotor en constante crecimiento y una diversidad de tipos de vehículos y combustibles.

2.2 Contaminación del aire

Cada año, son cientos de millones de personas que sufren enfermedades respiratorias, tanto en ambientes interiores como exteriores (Acuña Monteverde, 2022). Hay grupos poblacionales que se encuentran expuestos a fuentes fijas de contaminantes atmosféricos que no tienen zonas de protección sanitaria; industrias que tienen chimeneas de baja altura y esto aumenta la acción contaminante de sus emanaciones, no teniendo medidas de control para disminuir la contaminación a la atmósfera (Placeres et al., 2006).

La contaminación es la integración de agentes nocivos al medio ambiente, en cualquier estado y de origen ya sea biológico, físico y químico, que son perjudiciales para la salud de los seres humanos, plantas y animales (Carin et al., 2018).

La contaminación atmosférica puede ser primaria o secundaria, cuando las concentraciones directamente son emitidas a la atmósfera y mantiene su estado químico original, se considera contaminante primario, por ejemplo, cenizas de la quema de la basura (Cari Otiz, 2015). Los contaminantes secundarios sufren un cambio sea por exposición de sus compuestos con otros elementos o también como parte de su proceso de descomposición, por ejemplo, el ozono que genera emanaciones orgánicas o como el óxido de nitrógeno que se producen en las estaciones de servicio o que son provenientes de las unidades vehiculares (Huarisueca & Ramos, 2020).

2.3 Fuentes móviles

Estas comprenden a vehículos particulares, transporte público y de carga. Esta contaminación se incrementa por el aumento del parque automotor, principalmente derivado del uso masivo de vehículos particulares. Comprende los medios de locomoción (transporte automotor) (Samaniego Meneses, 2021).

Las fuentes móviles se clasifican en:

Fuentes Móviles en Ruta: Estas fuentes incluyen cualquier fuente que normalmente transite en carreteras, incluye a los autos de pasajeros, camiones, buses, motocicletas y vehículos de tres ruedas. En el área urbana, las emisiones en ruta serán quienes tengan mayor emisión (Giraldo Serna, 2013).

Fuentes Móviles fuera de Ruta: Esta clasificación de fuentes enmarca a los aviones, equipamiento de construcción, barcos y trenes (Giraldo Serna, 2013).

2.4 Emisión vehicular

Las emisiones que provienen del parque automotor son compuestas por una gran cantidad de contaminantes (CO, NO_x, SO_x y PM) que se generan a través de varios procesos, el proceso más considerado es la emisión del escape, que es el resultado de la combustión del combustible (gasolina o diésel), y siendo liberados por el escape a la atmósfera.

Los otros procesos a continuación:

- Emisiones evaporativas del motor caliente
- Emisiones evaporativas de operación
- Emisiones evaporativas durante la recarga de combustible
- Emisiones diurnas
- Emisiones evaporativas en reposo (Calla Durandal & Luján Pérez, 2018).

2.4.1 Factores que determinan la contaminación del aire por el parque automotor

- El desmesurado uso y el deficiente rendimiento de los automóviles particulares.
- Insuficiente tecnología de la mejora de combustibles para la generación de una baja cantidad de contaminación, además de la aplicación de dispositivos que aminoren la misma.
- Escasa eficacia del mantenimiento del parque automotor
- Desactualización de la normativa vigente con respecto a los estándares e emisión permitidos dentro del Ecuador.
- Déficit cualitativo y cuantitativo con los pasajeros del transporte público.
- Insuficiente adecuación de la normativa ambiental acerca de las emisiones gaseosas producidas por los vehículos (Rivera et al., 2020).

2.5 Modelo IVE

Este modelo fue desarrollado para estimar las emisiones de contaminantes criterio, gases efecto invernadero y otras sustancias tóxicas que provienen de vehículos de pasajeros (particulares y taxis), motocicletas, buses y camiones. Para la estimación del inventario de emisiones, el modelo necesita la siguiente información: la tasa de emisión de contaminantes de los vehículos (factores de emisión), el nivel de actividad de los vehículos y también la

distribución tecnológica de la flota como es el caso del uso del aire acondicionado, el tipo de combustible usado, sistema de control de emisiones (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

El modelo IVE tiene la opción de ingresar los factores de emisión que hay en cada ciudad. En caso de que esta información no se hallara, el modelo utiliza factores de emisión que son desarrollados a partir del ciclo de conducción del Método de Prueba Federal (FTP) de Estados Unidos que será luego ajustado a la realidad de las características observadas de la ciudad de donde se realiza el análisis (Samaniego Meneses, 2021).

El Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) fue creado con el Centro Internacional de Investigación en Sistemas Sustentables (ISSRC, por sus siglas en inglés) desarrollado como una estrategia de control para las emisiones atmosféricas. Su uso va dirigido para países en vías de desarrollo, con la finalidad de estimar las emisiones producidas por los motores de vehicules (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

2.5.1 Componentes necesarios del modelo IVE

Para la aplicación del modelo, IVE está diseñado para emplear tres variables requeridas que se acoplan a las características de cada localidad del área especificada. Estas son:

- Factores de emisión (Base de factores de emisión y factores de corrección).
- Actividad vehicular (Datos de entrada de la localidad).
- Distribución de la flota vehicular (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

2.5.2 Contaminantes con los que trabaja el modelo IVE

El modelo IVE (International Vehicle Emissions) es una herramienta utilizada para estimar las emisiones de contaminantes de vehículos en diferentes contextos urbanos. Fue desarrollado por el International Sustainable Systems Research Center (ISSRC) y se aplica en estudios de transporte y medio ambiente, particularmente en países en desarrollo. Este

modelo se basa en datos de actividad de vehículos y en factores de emisión específicos para diferentes tipos de contaminantes. Con respecto a los contaminantes primarios, se encuentran el monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y el material particulado (MP). Se mencionan también otros gases tóxicos como el plomo (Pb), 1,3 butadieno, acetaldehído, formaldehído, amoníaco (NH₃) y el benceno. Finalmente se añaden gases de calentamiento global como el dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrógeno (N₂O) y metano (CH₄) (Hilario Roman, 2017).

El Modelo IVE categoriza los contaminantes de la siguiente forma:

2.5.2.1 -Contaminantes Criterio:

Monóxido de Carbono (CO)

El CO es un gas incoloro, inodoro y venenoso, que se forma cuando los combustibles no se oxidan completamente. Es uno de los principales gases contaminantes que se emiten por los tubos de escape de los vehículos. La emisión de CO produce problemas de contaminación del aire de tipo interior y exterior. En términos de muertes accidentales por asfixia, son mucho más críticas las concentraciones, y por tanto las exposiciones, que se generan en el interior de viviendas y espacios cerrados (Samaniego Meneses, 2021).

Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Los compuestos orgánicos volátiles son sustancias químicas que contienen principalmente carbono e hidrógeno, aunque también contienen elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno, se evaporan fácilmente a temperatura ambiente; están presentes principalmente en las emisiones provenientes de la industria del petróleo y gas, también están presentes en productos de consumo, materiales de construcción, la industria de pinturas y artes gráficas, el uso de disolventes orgánicos, entre otros (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Compuestos Orgánicos Volátiles Evaporativos (COVs)

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) son contaminantes generados por la combustión incompleta de combustibles. Tienen propiedades tóxicas o mutagénicas que pueden poner en riesgo la salud de las personas. Además, los COVs contribuyen a la formación de contaminantes secundarios, como el ozono (Herrera Murillo et al., 2012).

Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Aunque el nitrógeno puede formar ocho tipos de óxidos con el oxígeno, en el contexto de la contaminación los más relevantes son el monóxido de nitrógeno (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO₂) debido a su impacto en la contaminación local. No obstante, el óxido nitroso (N₂O) también es de gran interés. Los primeros dos compuestos se producen principalmente a partir de la combustión y de tormentas eléctricas en las capas bajas de la troposfera, y tienden a oxidarse en ácido nítrico, el cual cae sobre la superficie terrestre como lluvia ácida sin alcanzar la estratósfera. En cambio, el N₂O es un gas más estable y las radiaciones en la troposfera no tienen suficiente energía para descomponerlo, permitiendo que ascienda hasta la estratósfera. Allí, mediante fotólisis, se descompone en nitrógeno molecular y oxígeno excitado, que a su vez reacciona con otras moléculas de N₂O y forma NO (Mercado, 2020).

Óxidos de Azufre (SOx)

El dióxido de azufre es el derivado del azufre que más frecuentemente contamina el aire, producido por la combustión del carbón y del petróleo que tienen un contenido variable de azufre. Sin embargo, esta no es la única fuente de contaminación, ya que tiene diversos orígenes:

Fuentes naturales

- Mares, océanos y descomposición de algas
- Volcanes
- Reducción bacteriana en suelos y humedales
- Incendios forestales

Fuentes antropogénicas

- Combustibles fósiles
 - Automóviles
 - Calefacciones domésticas
 - Plantas generadoras de electricidad
 - Fundiciones
 - Fabricación de papel
- Producción de ácido sulfúrico (Cari Otiz, 2015).

Material Particulado (PM)

El material particulado (PM, por sus siglas en inglés) es una mezcla de partículas sólidas y gotas líquidas presentes en el aire, las cuales varían en tamaño y composición. Este tipo de contaminante se clasifica según el diámetro de las partículas, siendo las más comunes el PM₁₀ (partículas de hasta 10 micrómetros) y el PM_{2.5} (partículas de hasta 2,5 micrómetros). Según la normatividad colombiana, el MP no sedimenta en períodos cortos, sino que permanece suspendido en el aire debido a su tamaño y densidad. Estas partículas en suspensión (MP) son una compleja mezcla de productos químicos y/o elementos biológicos, como metales, sales, materiales carbonosos, orgánicos volátiles, compuestos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y endotoxinas que pueden interactuar entre sí formando otros compuestos (Arciniégas Suárez, 2012).

2.5.2.2 -Contaminantes Calentamiento Global:

Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono (CO₂) es reconocido como el principal gas de efecto invernadero (GEI). Las causas principales del incremento en sus emisiones incluyen la combustión de carbón y derivados del petróleo, el uso de automóviles y las actividades industriales. Debido a los impactos del calentamiento global, la comunidad científica ha iniciado la búsqueda de estrategias para reducir las emisiones de CO₂ y mitigar sus efectos sobre el medio ambiente.

Hoy en día existen métodos de captura, almacenamiento y conversión de CO₂ con el objetivo de generar productos útiles para la industria (Ochoa, Trejo, González, & Rojo, 2024).

Metano (CH₄)

El metano (CH₄) es un gas incoloro e inodoro que pertenece a la categoría de los gases de efecto invernadero (GEI), con una capacidad de retener el calor mucho mayor que el dióxido de carbono (CO₂) en el corto plazo. Aunque el metano tiene una vida atmosférica más corta que el CO₂, su potencial de calentamiento global es aproximadamente 25 veces mayor en un periodo de 100 años. Actualmente, las emisiones totales de metano procedentes de actividades humanas podrían aumentar hasta 13% entre 2020 y 2030 (Vivanco Font, 2023).

Desagregación Espacial y Temporal

La desagregación espacial se puede realizar mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales facilitan la visualización de datos. Estos sistemas son compatibles con inventarios de emisiones, permitiendo la consolidación, almacenamiento, visualización y manejo de la información. Para ello, se han desarrollado herramientas que se integran con modelos de calidad del aire específicos de la zona de estudio. (Gómez, 2018).

La desagregación temporal es importante porque permite estimar valores de alta frecuencia a partir de observaciones de baja frecuencia. En la literatura se encuentran diversos métodos de desagregación temporal, tanto univariados como multivariados. Algunas de estas metodologías incorporan variables adicionales a la variable principal para estimar la serie de alta frecuencia requerida. Estas variables se incluyen para capturar la dinámica de alta frecuencia de la serie a desagregar (Hurtado & Melo, 2014).

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

3.1 Selección de rutas de primer y segundo orden del cantón Guano

3.1.1 Investigación bibliográfica

Para obtener información se realizó mediante la revisión bibliográfica a través de documentos descritos por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, para así definir las rutas de primer y segundo orden que rigen en el cantón. Además, sobre la base de la “Ley de categorización de la red vial nacional” será posible identificar las rutas más transitadas del cantón Guano que servirán como área de estudio para el análisis de la concentración de emisiones vehiculares. Se podrá obtener datos específicos de cada zona de las rutas que se seleccionaron con ayuda de información secundaria como proyectos de investigación, tesis y artículos científicos entre otros.

3.1.2 Selección de rutas

En el cantón Guano, existe un total de 2 parroquias urbanas y 9 rurales lo cual las rutas de primer y segundo orden fueron seleccionadas dentro y fuera del área urbana y rural del cantón Guano.

3.1.2.1 Rutas de primer orden

En esta investigación se consideraron las rutas de primer orden como aquellas que facilitan la conexión entre el cantón y los cantones vecinos, donde se observa mayor flujo vehicular. Además, se obtuvo información sobre los límites geográficos del cantón a través del GAD municipal del cantón y del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2024 de Guano, de modo que las rutas seleccionadas de primer orden abarcan únicamente el trayecto desde Guano hasta su límite cantonal.

3.1.2.2 Rutas de segundo orden

Para las rutas de segundo orden, se identificaron aquellas vías que facilitan la conexión entre las distintas parroquias, tanto urbanas como rurales. Estas rutas de segundo orden se

seleccionaron exclusivamente para conectar una parroquia con otra, hasta alcanzar los límites del cantón. Además, a través del software ArcGIS, se representaron todas las rutas en mapas geográficos del cantón Guano y se calculó la distancia total de cada una.

3.1.3 Selección de sitios de conteo de las rutas del cantón

De acuerdo con el Manual de usuario del modelo IVE, se estableció que cada ruta seleccionada dentro de la localidad debe incluir áreas con zonas residenciales (de alto ingreso), zonas comerciales (de ingreso medio) y autopistas (de bajo ingreso). En cada zona de las rutas seleccionadas se llevarán a cabo conteos diurnos en un horario específico durante una semana. Para el conteo vehicular nocturno, se aplicará un producto con factores de interpolación o aforo.

3.2 Análisis de la incidencia de las variables distancia y tiempo en función a las características del parque automotor que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Guano

La variable distancia/tiempo será fundamental dentro del factor de localidad. Otro factor que será indispensable es la tecnología de la flota vehicular, que en conjunto con el factor localidad permitirán el cálculo de las emisiones vehiculares en el modelo IVE.

3.2.1 Flota vehicular

Para clasificar la flota vehicular, se considerarán las características de cada vehículo según lo descrito en el Manual de Usuario del Modelo IVE (2008), tales como:

- Tamaño
- Tipo de combustible
- Uso de vehículo
- Sistema de entrega de combustible
- Sistema de control emisiones evaporativas
- Sistema/Estándar de control de escape

El modelo IVE incluye categorías adicionales basadas en la antigüedad del vehículo, su tamaño y el control de emisiones evaporativas. Se asignarán un total de 6 categorías de vehículos, cada una con patrones de conducción específicos, lo que permitirá estimar las emisiones contaminantes de forma independiente para cada categoría vehicular. A cada categoría asignada se le asoció un patrón de conducción identificado mediante abreviaturas características, las cuales se explican en la tabla 1:

Tabla 1.

Definiciones de las abreviaciones utilizadas en el archivo flota

ABREVIATURA	DESCRIPCIÓN	SIGNIFICADOS
Pt	Gasolina	Vehículo a gasolina
Ds	Diesel	Vehículo a diésel
SgPt FI	Inyección Monopunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico único al múltiple de admisión.
MPF	Inyección Multipunto	Vehículo equipado con un sistema de inyección electrónico múltiple
Pre-Inj	Pre-Inyección	Vehículo a diésel equipado con un sistema de inyección tradicional
Dir-Inj	Inyección Directa	Vehículo a diésel equipado con un sistema de inyección electrónica y entrega de combustible directamente en cada inyector.
Auto/Sm	Auto/Camioneta	Vehículo de pasajeros (automóviles, camionetas o SUV) de peso menor a 9000 lb.
Truck/Bus	Camión/Bu	Vehículo de peso mayor a 9000 lb.
Lt	Liviano	Vehículo con tamaño de motor menor a 1,5 litros (menor a 5000 lb)
Md	Mediano	Vehículo con motor de tamaño entre 1,5 litros y 3 litros (entre 5000 y 6600 lb.)

Hv	Pesado	Vehículo con motor de tamaño mayor a 3 litros y peso menor a 9000 lb.
PCV	Ventilación positiva del cárter	Control que desvía los gases desde el cárter a la cámara de combustión eliminando las emisiones evaporativas.
EGR	Recirculación de gases de escape	Válvula de control que recircula una porción del escape a la cámara de combustión para bajar la temperatura de combustión y así reducir la formación de NOx

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

3.2.2 Localidad

Para la localidad, el modelo IVE emplea datos sobre las condiciones climáticas del área de estudio, también información sobre la actividad vehicular. Se obtendrán las características de conducción a través de la Distribución de Potencia Específica Vehicular (Bins VSP), la Distribución de Tiempo (Bins Soak), la relación distancia/tiempo, las partidas y la velocidad promedio. Otros parámetros importantes incluyen las características del combustible y el uso del aire acondicionado, los cuales se detallan en la tabla 2:

Tabla 2.

Parámetros para el factor de localidad

PARÁMETROS	DEFINICIÓN	MÉTODOS
Condiciones climáticas	Altitud, temperatura y humedad relativa	PDOT cantón Guano
Uso del aire acondicionado	Porcentaje del tiempo del uso del aire acondicionado en el día	Encuestas

Características del combustible	Tipo y calidad de combustible, aditivos e impurezas	Normativa INEN 935 Normativa INEN 1489:2011
Características de conducción	Distancia/tiempo y partidas	GPS, conteo de vehículos, distancia del recorrido
Características de partidas	Velocidad promedio, Bins VPS y Bins Soak	Velocímetro y Speed emissions evaluation

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

– **Condiciones climáticas**

Se obtendrá información de la altitud, humedad relativa y temperatura del área de estudio a través del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Guano 2024.

– **Uso del aire acondicionado**

Se medirá en porcentaje según el tiempo en que un vehículo mantiene encendido el aire acondicionado durante el día. Esta información se recopilará mediante encuestas realizadas a los conductores de la flota vehicular.

– **Características del combustible**

De acuerdo con la categorización vehicular se determinará si el motor funciona a Diesel o gasolina.

– **Características de conducción**

Para la variable distancia/tiempo será necesaria la obtención de dos valores. Primero el conteo de vehículos en las zonas establecidas en las vías de primer y segundo orden de acuerdo con la distribución de la flota vehicular y la distancia total recorrida por cada vía asignada.

$$\text{Distancia/Tiempo} = N^{\circ} \text{ de vehículo} * \text{distancia recorrida} \quad (1)$$

Mientras que para el factor partidas se tendrá en cuenta el conteo de los vehículos y adicionalmente la cantidad de veces que el vehículo se detiene sin apagar el motor durante su recorrido por las vías elegidas.

$$\text{Partidas} = N^{\circ} \text{ de vehículo} * N^{\circ} \text{ veces que se detiene sin apagar el motor} \quad (2)$$

Características de partidas

Bines VSP

En el modelo IVE, para los patrones de conducción se usaron dos parámetros:

Potencia específica vehicular (VSP siglas en inglés).

Estrés del motor.

Los datos de estos parámetros se obtuvieron conociendo el tipo de vehículo, la velocidad y la altitud segundo a segundo. El Manual de Usuario del Modelo IVE proporciona dos ecuaciones para el cálculo de ambos parámetros, las cuales son descritas a continuación:

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

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

Donde:

pendiente = $(h_{t=0} - h_{t=-1}) / v$ (t=-1 a 0 segundos)

v = velocidad (m/s)

a = aceleración (m/s²)

h = Altitud (m)

$$\text{Estrés del Motor} = \text{Índice RPM} + \left(0,08 \frac{\text{ton}}{\text{kW}}\right) * \text{Potencia Prepromedio} \quad (4)$$

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

Donde:

Potencia Prepromedio = Promedio (VSP_{t=5sec to -25 sec}) (kW/ton)

Índice RPM = Velocidad_t = 0/Divisor Velocidad (sin unidades)

Mínimo Índice RPM = 0,9

Para el procesamiento de datos se tiene un resultado que es la fracción de tiempo que se recorrió en cada una de las categorías de VSP y estrés. Hay 3 categorías que son de estrés y así como hay 20 categorías de VSP siendo un total de 60 bins (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

Según las directrices establecidas en los Apéndices C y D de los Anexos del IVE, otra metodología para calcular las variables VSP y estrés consistió en recopilar información utilizando sistemas combinados de posicionamiento global (CGPS). Esta recolección se realizó mediante recorridos en rutas previamente seleccionadas, considerando las diferentes categorías de la flota vehicular. Para este propósito, se empleó la aplicación “Velocímetro”, la cual proporciona datos de velocidad, tiempo y altitud en intervalos de un segundo. Posteriormente, estos datos fueron ingresados en la herramienta “Speed Emission Evaluation”, permitiendo así registrar y analizar los patrones de conducción mediante los 60 bins definidos.

Velocidad promedio

Con la aplicación del “Speed Emission Evaluation” se pudo obtener el valor de la velocidad media representado en km/h o millas/h.

Bins Soak

La distribución del tiempo de Soak representa el período en el que el motor caliente de un vehículo permanece apagado antes de volver a encenderse durante su recorrido. Esta información se obtuvo a través de encuestas realizadas a los conductores de la flota vehicular seleccionada. Además, se definió el intervalo de tiempo entre cada encendido y apagado del motor. Los datos recopilados para este parámetro se muestran en la tabla 3.

Tabla 3.

Categorías de Soak para Patrones de Partidas en el modelo IVE

Descripción Bins	Inicio DTS (Distribución Tiempo Soak)	Final DTS (Distribución Tiempo Soak)
-------------------------	--	---

15 min	0 min	15 min
30 min	16 min	30 min
1 hora	30 min	60 min
2 horas	61 min	120 min
3 horas	121 min	180 min
4 horas	181 min	240 min
6 horas	241 min	360 min
8 horas	361 min	480 min
12 horas	481 min	720 min
18 horas	721 min	n/a

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

3.2.3 Cálculo de la emisión de contaminantes

El modelo IVE funciona considerando dos factores principales: la localidad y la flota vehicular. Con base en estos factores, se calcula la concentración diaria de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero, expresada en kilogramos (kg). Además, las emisiones se estimarán de forma separada para las rutas de primer y segundo orden en las zonas urbanas y rurales de Guano, obteniendo los valores en toneladas por año (ton/año). Esta estimación de emisiones se fundamentará en los contaminantes especificados en la Tabla 4, de acuerdo con la categorización vehicular y las rutas seleccionadas.

Tabla 4.

Contaminantes criterio y de calentamiento global

CONTAMINANTES CRITERIO	
Monóxido de Carbono	CO
Compuestos orgánicos volátiles	VOC
Compuestos orgánicos volátiles evaporativos	VOCs

Óxidos de nitrógeno	NO _x
Óxidos de azufre	SO _x
Material particulado	PM
CONTAMINANTES DE CALENTAMIENTO GLOBAL	
Dióxido de carbono	CO ₂
Metano	CH ₄

Fuente: (International Sustainable Systems Research Center, 2008).

3.2.4 Cálculo de las emisiones de contaminantes en el modelo IVE

Se ingresaron los datos correspondientes a cada categoría de vehículo, incluyendo el archivo de la localidad y la cantidad de vehículos en su flota respectiva. Posteriormente, se realizaron los cálculos de las emisiones atmosféricas en kilogramos por día (kg/d), diferenciando entre las rutas principales y secundarias de Guano. Finalmente, se exportaron las emisiones generadas por los contaminantes criterio (CO, COV, COV evap, NO_x, SO_x, MP) y de gases de efecto invernadero (CO₂ y CH₄), expresadas en toneladas por año (Ton/año).

3.3 Desarrollo e interpretación del modelo computacional de emisiones vehiculares con respecto a los protocolos establecidos en el software IVE

Se realizó una desagregación espacial y temporal para interpretar de mejor manera los contaminantes obtenidos en el modelo IVE donde se podrá distinguir la concentración de emisiones de cada contaminante en el cantón Guano.

3.3.1 Desagregación espacial

Para el cálculo de datos del factor de desagregación espacial se utilizaron las herramientas del software ArcGIS; Create Thiessen Polygons insertando los datos de coordenadas UTM de las zonas de conteo y Create Fishnet, para crear una malla vectorial de parcelas de 1km x 1km sobre el área de investigación. Se realizó una intersección de ambas capas, para la

obtención de los valores de cada celda y se calculó el factor de desagregación aplicando la siguiente ecuación:

$$DF_j = \frac{\sum_o^i f_{ij} * l_{ij}}{\sum_o^i \sum_o^i f_{ij} * l_{ij}} \quad (5)$$

Fuente: (Gómez et al., 2018)

Donde:

DF_j , i = Factor de desagregación

l_j = Longitud total de los segmentos contenidos en la celda j

F_j , i = Flujo de tráfico en la celda j de la categoría vehicular i

Obtenido el factor de desagregación se continúa calculando la concentración de emisiones por celda, que será representado en un mapa de desagregación espacial para cada contaminante.

$$E_{n,j} = TE_n * DF_j \quad (6)$$

Fuente: (Gómez et al., 2018)

Donde:

$E_{n,j}$ = Emisión por celda

TE_n = Emisión total anual del contaminante n

DF_j = Factor de desagregación para la celda j

3.3.2 Desagregación temporal

Mediante gráficos de barra se representará la distribución de emisiones vehiculares de cada contaminante durante el día.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

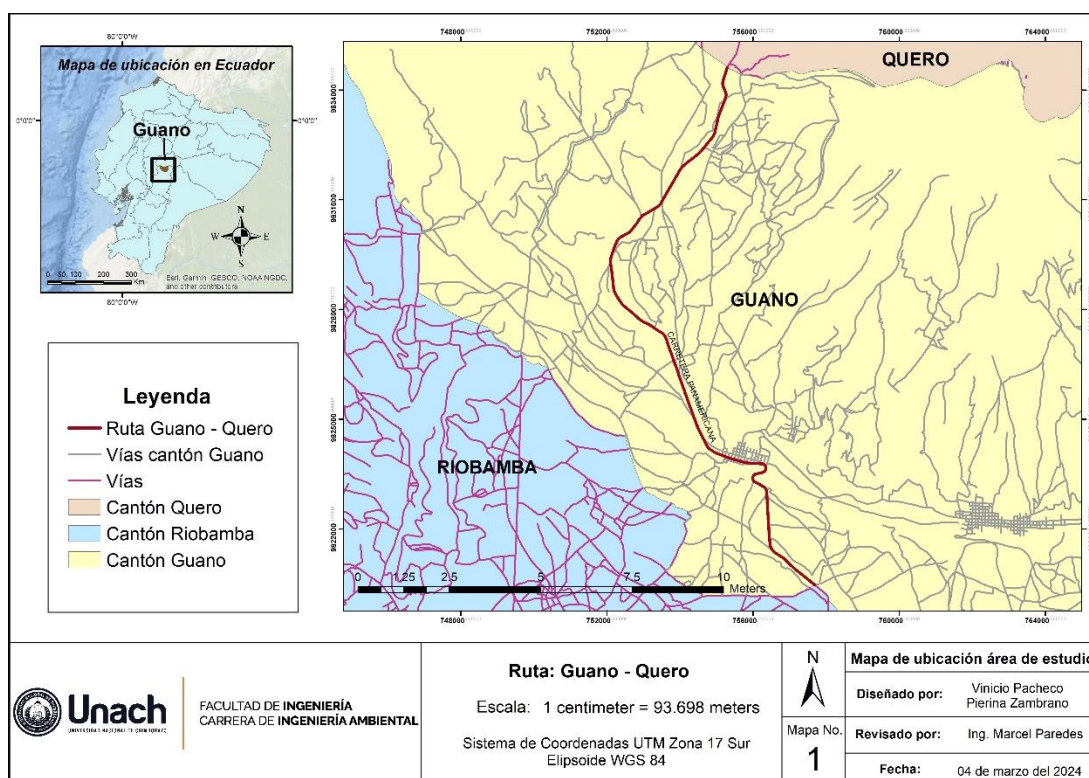
4.1 Selección de las rutas de investigación de primer y segundo orden dentro del cantón Guano

4.1.1 Rutas de primer orden

Las rutas de primer orden se definieron como aquellas rutas que permitan la comunicación del cantón Guano con respecto a otros cantones, tomando en cuenta que estas rutas incluyen a distintas zonas de producción y cuyo recorrido no sobrepase los límites geográficos del cantón. Por tal motivo, se tomó en cuenta únicamente dos rutas que se dirigen a los cantones: Quero y Riobamba debido a que su recorrido ocupa solamente el límite del cantón Guano.

Figura 1.

Ruta Guano – Quero

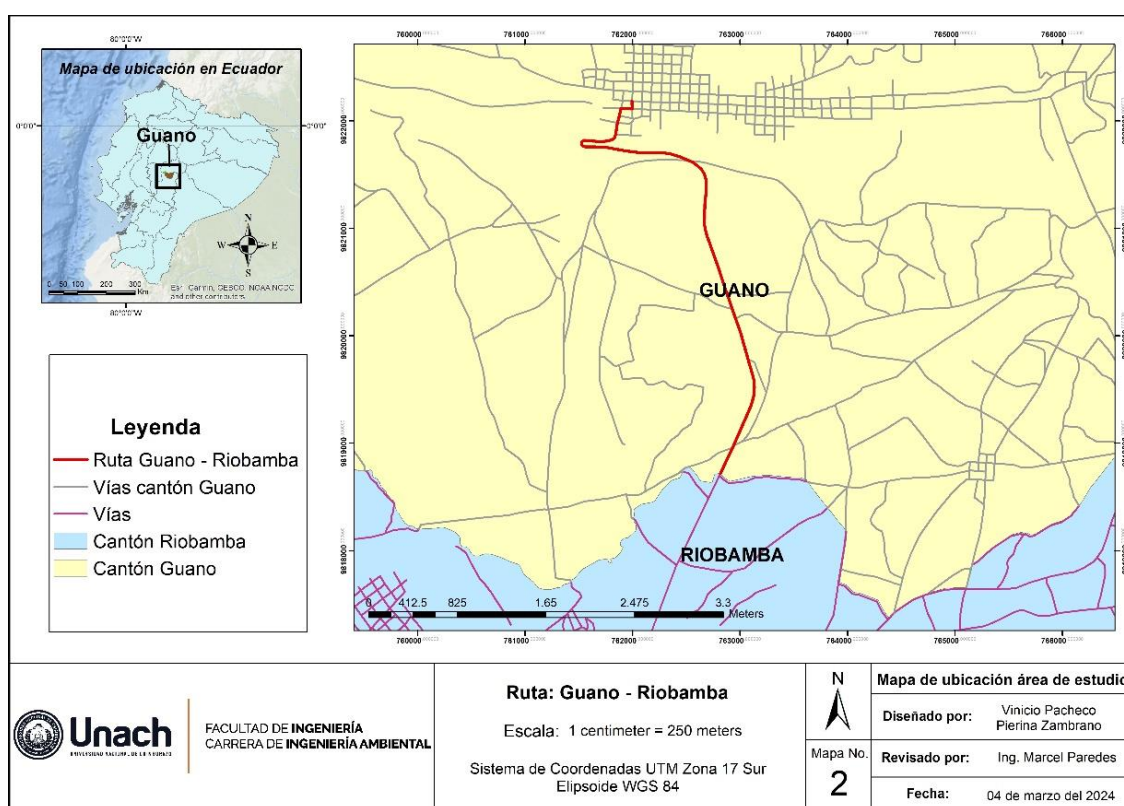


Elaborado por: Autores

De acuerdo al primer objetivo, podemos observar en la figura 1. La ruta Guano – Quero comienza su recorrido desde Langos parroquia San Andrés, continuando por vía Panamericana pasando por la gasolinera petroecuador, la Unidad Educativa y el UPS de San Andrés, llegando al Peaje con dirección hacia la vía Guano - Quero, hasta el límite geográfico del cantón Guano, específicamente donde se encuentra la entrada al cantón Quero, esta ruta cuenta con una distancia total de 19,63 kilómetro.

Figura 1.

Ruta Guano – Riobamba



Elaborado por: Autores

En la figura 2. La ruta Guano – Riobamba comienza su recorrido desde el parque del cantón Guano por la Av. 20 de diciembre y la vía Asunción, pasando, el mirador de guano y la gasolinera Petroecuador con dirección hacia la vía Guano – Riobamba, hasta el límite geográfico del cantón Guano llegando específicamente a la Capilla de Guano, esta ruta cuenta con una distancia total de 5,32 kilómetro.

4.1.2 Rutas de segundo orden

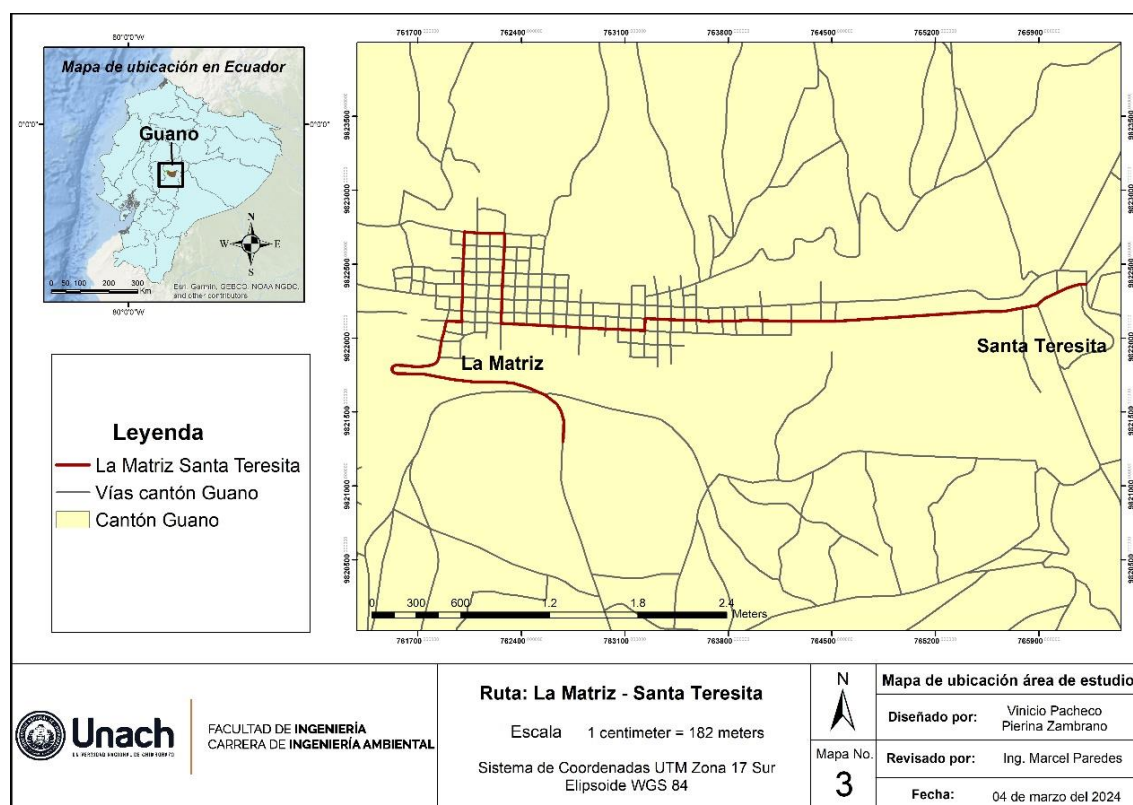
Las rutas de segundo orden se definieron como aquellas rutas que permitan la conexión de las diferentes parroquias del cantón, tomando en cuenta que Guano posee un sector urbano y un sector rural.

4.1.2.1 Rutas de segundo orden: Guano Urbano

En el caso de Guano urbano, se tomó dos rutas que conectan a las parroquias de esta zona las cuales son: El Matriz – Santa Teresita y San José de Chocón – La capilla.

Figura 2.

Ruta: Guano Urbano La Matriz – Santa Teresita



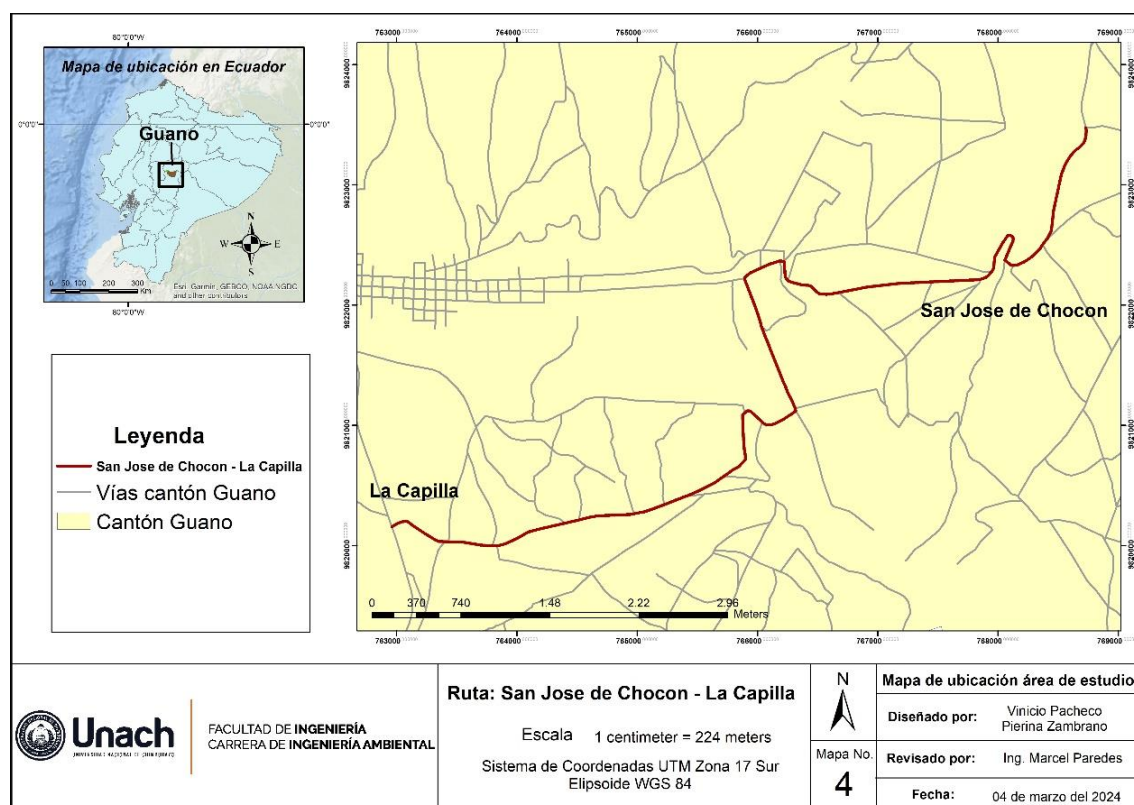
Elaborado por: Autores

De acuerdo con la figura 3. Podemos observar que la ruta La Matriz – Santa teresita, comienza su recorrido desde la vía Riobamba Guano pasando el mirador de Guano hasta llegar a la vía Asunción y desviando por la Av. 20 de diciembre llegando al parque y el GAD de Guano, desviando por la vía León Hidalgo hasta llegar al cementerio y estadio de Guano,

desviando por la vía Marcos Montalvo hasta llegar y desviar por la vía Tomas Ramírez pasando el mercado y registro civil de Guano hasta llegar al desvío de la vía Av. 20 de diciembre hasta llegar a la iglesia católica María Inmaculada y desviar a la vía López de Galarza hasta llegar al desvío de García Moreno hasta llegar a Santa teresita a la parada de los Buses, esta ruta cuenta con una distancia total de 10,72 kilómetros.

Figura 3.

Ruta: Guano urbano San José de Chocón – La Capilla



Elaborado por: Autores

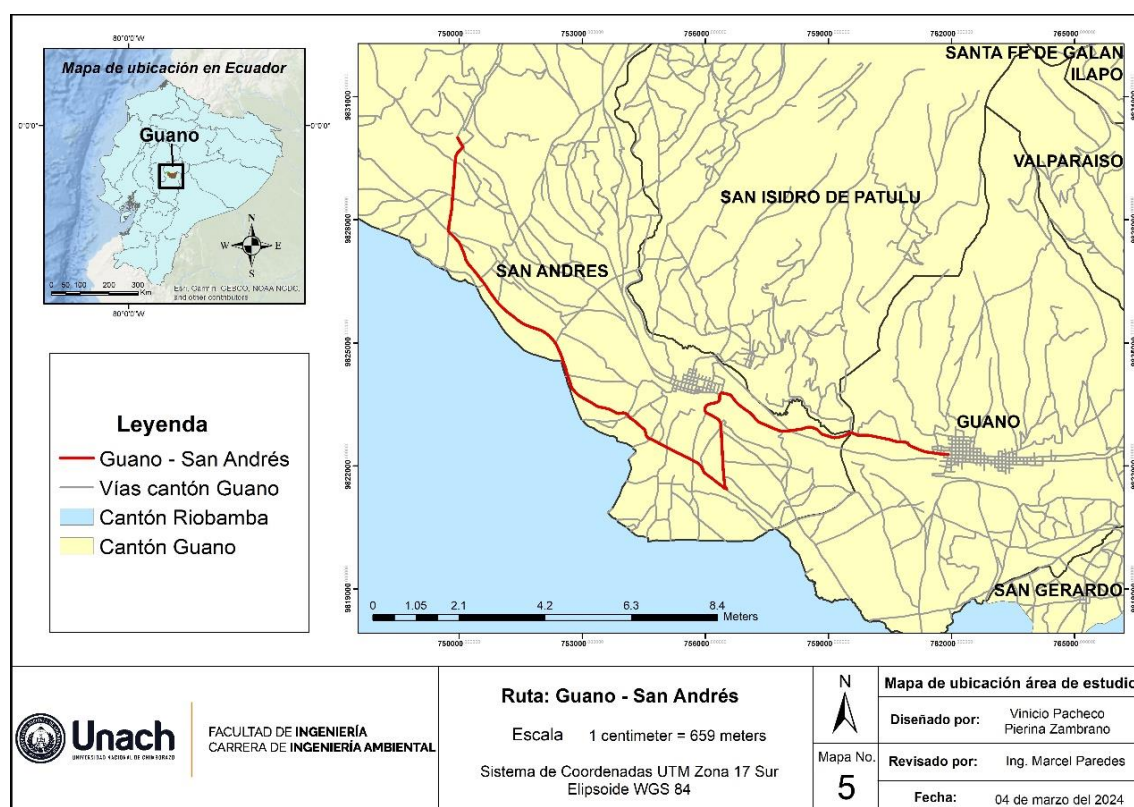
En la figura 4. La ruta San José de Chocón – La Capilla comienza desde la comunidad San José de Chocón pasando por la iglesia católica siguiendo la vía Agustín Dávalos llegando al barrio Santa Teresita donde se encuentra la parada de los buses de la Cooperativa de Transporte 20 de diciembre y Andina y desviando por la vía Santa Teresita pasando Balneario los Elenes e iglesia de Rosario católica hasta llegar a la capilla que es una vía Guano – Riobamba, cuenta con una distancia total de 9,74 kilómetros.

4.1.2.2 Rutas de segundo orden: Guano rural

En el caso de Guano rural, se tomó cuatro rutas que conectan a las parroquias rurales de esta zona las cuales son: Guano – San Andrés, Guano – San Isidro, Valparaíso – Santa Fe de Galán, San Gerardo – San José de Chazo.

Figura 4.

Ruta: Guano rural Guano - San Andrés



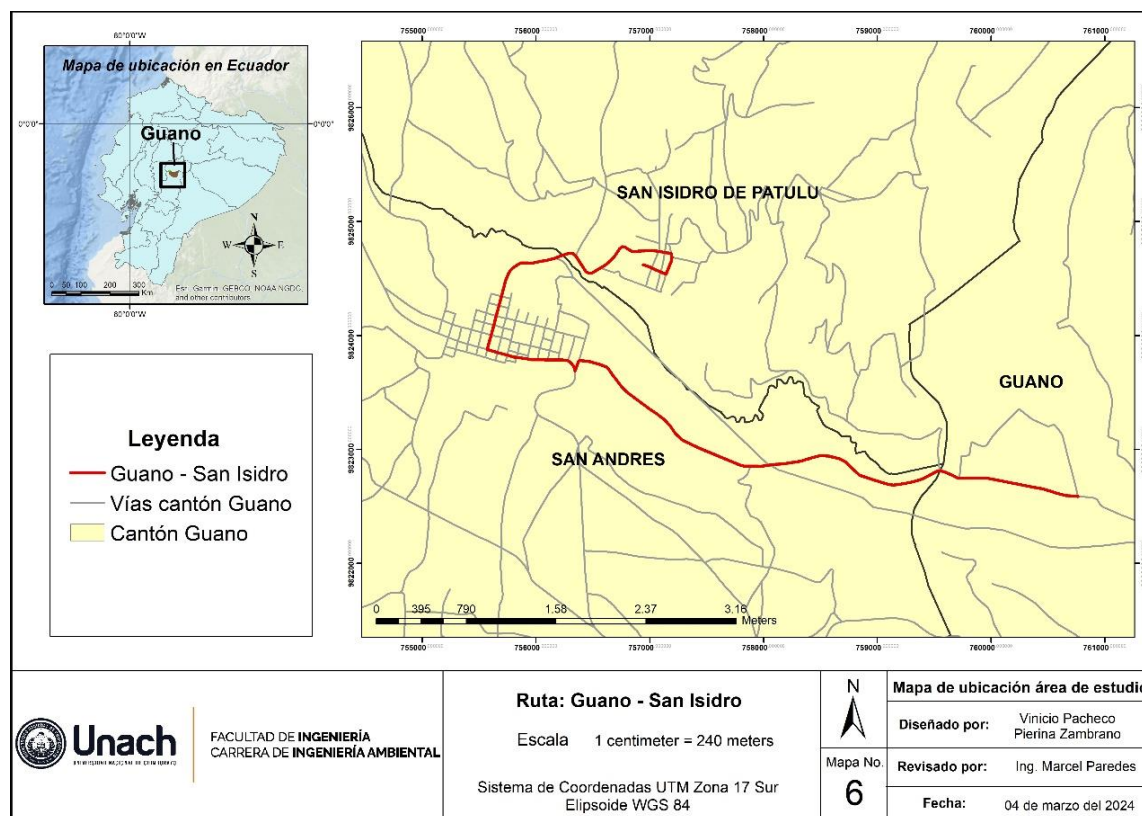
Elaborado por: Autores

Como podemos visualizar en la figura 4. La ruta Guano - San Andrés comienza su recorrido desde la vía Agustín Dávalos y Asunción siguiendo recto la vía Agustina Dávalos pasando la unidad educativa “Alfredo Pérez Guerrero”, Hacienda Tunkahua, fabrica Lasland y llegando a la Unidad Educativa “San Andrés”, desviando por la panamericana hasta llegar a la vía García Moreno y seguir el recorrido recto, pasando diferentes moteles, bodega de cervezas de Dinadec Riobamba hasta llegar a la comunidad de Sigsipamba pasando la iglesia católica, fábrica aserradero Moderno de la comunidad hasta llegar a la comunidad de

Batzacon, también pasando la comunidad de Laturun, la comunidad de Tunsalao, La plaza de rastro de la comunidad de Pulingui, la comunidad de cuatro esquinas, la comunidad de la Silveria, cuenta con una distancia total de 21,67 kilómetros.

Figura 5.

Ruta: Guano rural Guano – San Isidro.



Elaborado por: Autores

Observando la figura 6. La ruta Guano – San Isidro comienza su recorrido desde la unidad educativa “Alfredo Pérez Guerrero”, siguiendo la vía Agustín Dávalos, pasando la Hacienda Tunkahua, fabrica Lasland y llegando a la Unidad Educativa “San Andres”, desviando por la panamericana E35 hasta llegar a la parroquia San Andrés hasta llegar a un desvio vía Chiriboga pasando la escuela Imbabura hasta llegar a la parroquia San Isidro, cuenta con una distancia total de 27,20 kilómetros.

Figura 6.

Ruta: Guano rural Valparaíso – Santa fe de Galán



Elaborado por: Autores

Como podemos ver en la figura 7. La ruta Valparaíso– Santa fe de Galán comienza su recorrido desde la parroquia Valparaíso hasta llegar al Barrio Santa teresita pasando la parada de los buses de la cooperativa de transporte 20 de diciembre y Andina siguiendo la Ruta de San Lucas pasando por la iglesia Católica San José de Chocón, iglesia Católica de Santa Rosa de Cullog, seguro campesino de Santa Rosa de Cullog siguiendo la vía Manuel Bonilla, llegando la parroquia Ilapo pasando el colegio Manuel Rodríguez Orozco, Parque central de Ilapo, llegando a la parroquia Santa fe de Galán donde se encuentra un coliseo y el UPC, cuenta con una distancia total de 27,71 kilómetros.

Figura 7.

Ruta: Guano rural San Gerardo – San José de Chazo



Elaborado por: Autores

Como podemos observar en la figura 8. La ruta San Gerardo– San José de Chazo comienza su recorrido desde la parroquia San Gerardo pasando el parque, iglesia y plaza central de San Gerardo entre la vía 24 de mayo y 15 de enero siguiendo recto la vía 15 de enero hasta llegar a la vía Penipe, pasando la comunidad de Pungal San Pedro y Pungal Grande hasta llegar a la parroquia La Providencia desviando por la vía San José de Chazo hasta llegar a la parroquia de San José de Chazo, con una distancia total de 24,075 kilómetros.

4.1.3 Selección de sitios de conteo de las rutas de primer y segundo orden del cantón

Guano

De acuerdo con el “Manual de usuario del modelo IVE”, se planteó tres puntos de conteo de vehículos para cada ruta seleccionada, tomando en cuenta que cada punto sea representado con un nivel socioeconómico alto, mediano y bajo ingreso de acuerdo con:

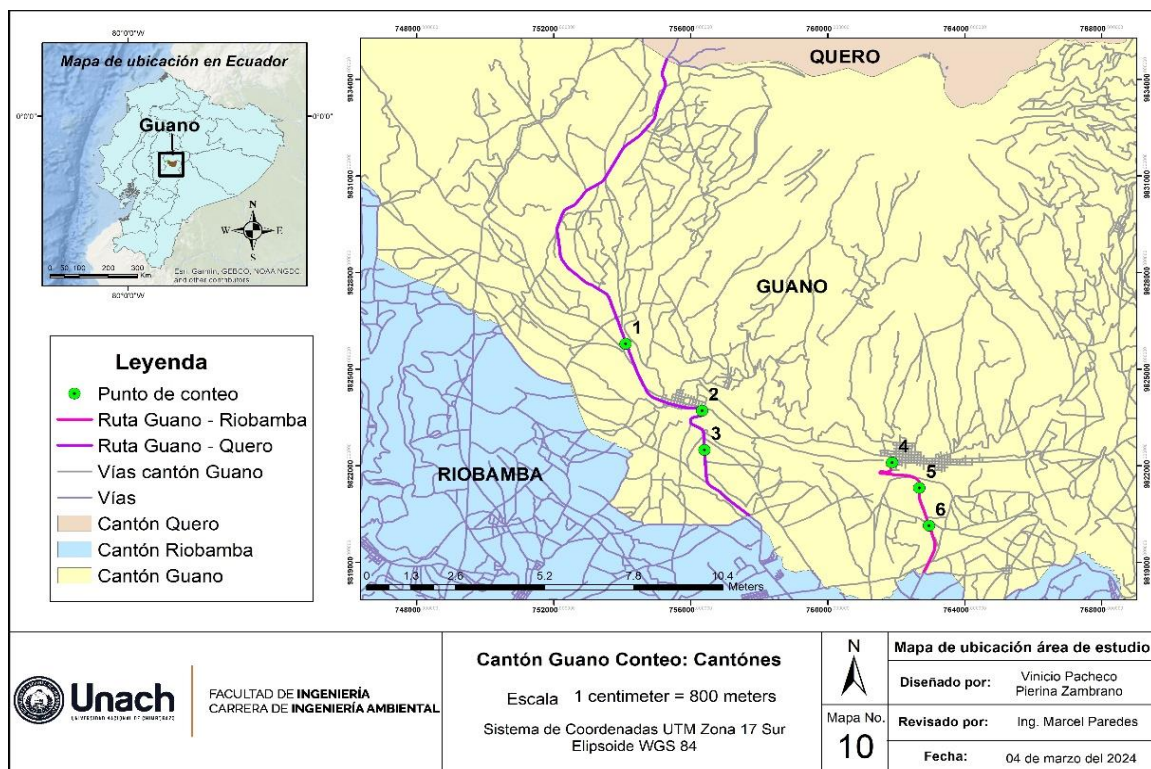
- zonas residenciales (alto ingreso),
- zonas comerciales (mediano ingreso) y,
- autopistas (bajo ingreso).

4.1.3.1 Rutas de primer orden

Para las rutas de primer orden, se unificaron las vías que se dirigen hacia Quero y Riobamba, teniendo así un total de 6 puntos para un conteo representativo de vehículos que transitan a lo largo de las rutas seleccionadas como se muestra en la Figura 9.

Figura 8.

Puntos de conteo en la ruta de Guano – Cantones



Elaborado por: Autores

En la figura 9. Podemos observar los puntos alto, medio y bajo de cada ruta.

✓ Puntos de conteo para la ruta Guano – Quero

Punto 1. En el Peaje de San Andrés por la vía Panamericana.

Punto 2. En la entrada principal de la Unidad Educativa “San Andrés” vía a Guano.

Punto 3. En la Gasolinera Petroecuador por la vía Panamericana.

✓ Puntos de conteo para la ruta Guano - Riobamba

Punto 4. En el parque central de Guano y GAD de Guano por la Av. 20 de diciembre y Asunción vía Guano – Riobamba.

Punto 5. En la vía Riobamba – Guano con el desvío a la parroquia Inmaculada.

Punto 6. En la Capilla Católica de Langos Panamericana y Punto Pecuario “Zootecnista Veterinaria”.

4.1.3.2 Rutas de segundo orden

Para las rutas de segundo orden, se unificaron las vías que corresponden al sector urbano y rural del cantón Guano, teniendo así un total de 6 puntos para Guano urbano y 12 puntos para Guano rural. Cada punto, representa zonas socioeconómicas de nivel alto, mediano y bajo ingreso para un conteo representativo de vehículos que transitan a lo largo de cada una de las rutas seleccionadas.

Figura 9.

Puntos de conteo para las parroquias urbanas de Guano.



Elaborado por: Autores

En la figura 10. Podemos observar los puntos alto, medio y bajo de cada ruta.

✓ Ruta La Matriz – Santa Teresita

Punto 1. En la Av. 20 de diciembre y León Hidalgo donde se encuentra el parque, GAD y Ministerio de Ambiente de Guano y la parada de Taxi.

Punto 2. En el mercado de Guano entre la vía Agustín Dávalos y Ramírez.

Punto 3. En la vía García Moreno y Francisco Cajo que se encuentra un desvío al Riobamba.

✓ Ruta San José de Chocón – La Capilla

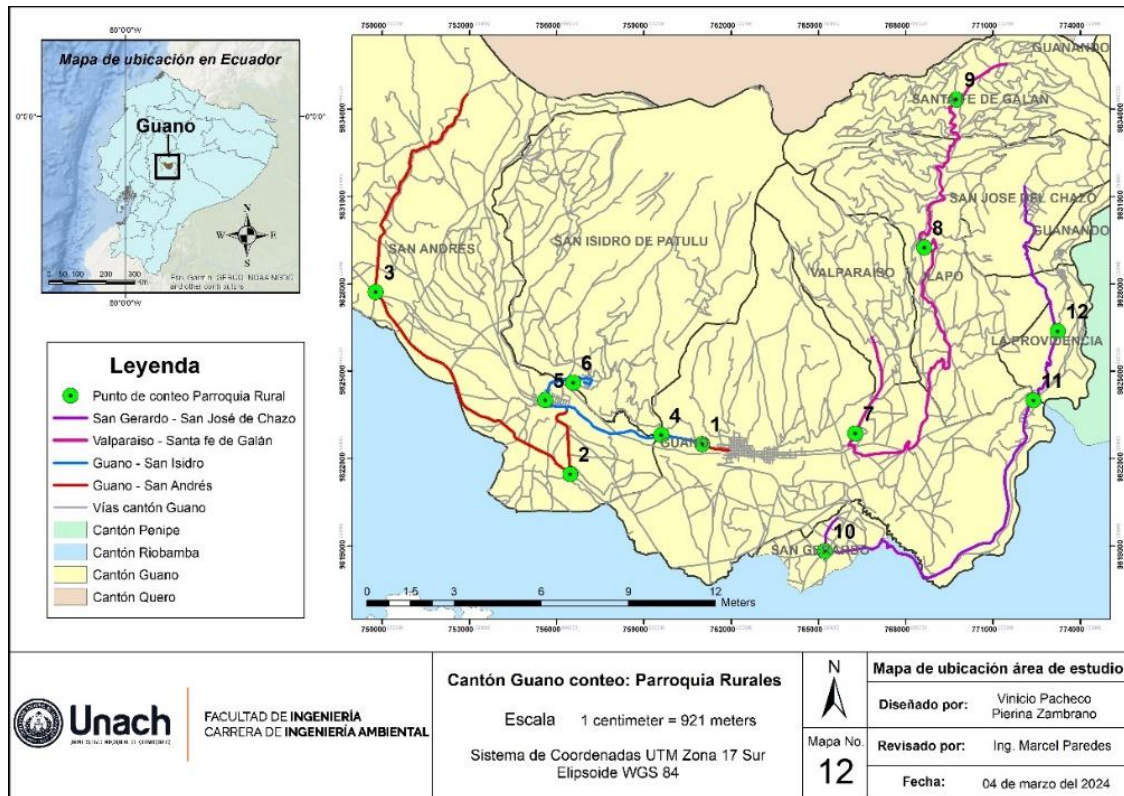
Punto 4. En la vía García Moreno y Santa Teresita donde se encuentra la Compañía de Taxi ServiGuano y la iglesia Católica Parroquial Santa Teresita.

Punto 5. En la vía Guano y San Gerardo donde se encuentra la Capilla Católica del Rosario.

Punto 6. En la vía Santa Teresita donde se encuentra el depósito de cerveza Jenny por llegar a la vía Riobamba Guano.

Figura 10.

Puntos de conteo para las parroquias rurales de Guano



Elaborado por: Autores

En la figura 11. Podemos observar los puntos alto, medio y bajo de cada ruta.

✓ Ruta Guano - San Andrés

Punto 1. En la vía Agustín Dávalos donde se encuentra el colegio “Alfredo Pérez Guerrero”.

Punto 2. En la vía García Moreno donde se encuentra los moteles como motel Manjar, Motel Erros y Motel Seducción en la comunidad de Sigsipamba,

Punto 3. En la Comunidad Cuatro Esquinas donde hay un desvío a Riobamba y a la panamericana.

✓ Ruta Guano – San Isidro

Punto 4. En la vía Agustín Dávalos donde se encuentra una hacienda y un desvío, vía San Isidro en la parroquia Guano.

Punto 5. En la vía Chiriboga en San Andrés donde se encuentra la escuela Imbabura.

Punto 6. En la entrada a la Parroquia San Isidro donde se encuentra el puesto de salud de San Isidro de Patulu.

✓ Ruta Valparaíso – Santa Fe de Galán

Punto 7. En la vía Agustín Dávalos en la entrada Valparaíso en el sector de Santa Teresita.

Punto 8. En la parroquia Ilapo donde se encuentra el estadio de Ilapo.

Punto 9. En la parroquia Santa Fe de galán donde se encuentra el desvío a Tungurahua y centro de Santa Fe de Galán donde se visualiza el estadio de Santa fe de Galán.

✓ Ruta San Gerardo – San José de Chazo

Punto 10. En la parroquia San Gerardo en la vía 24 de mayo y 15 de enero donde se encuentra el parque central de San Gerardo.

Punto 11. En la parroquia Pangal Grande donde se encuentra la empresa de alfalfa.

Punto 12. En la parroquia la Providencia donde se encuentra la finca de Bertita y un desvío a Santa Fe de galán, Providencia y Guanando.

4.1.3.3 Conteo Vehicular

En cada punto seleccionado se realizó tres días de conteos vehiculares con un horario de 07h00 a 13h00, de lunes a viernes durante 3 meses y medio aproximadamente sin tomar en cuenta los días feriados. Dado que no se recopilaban datos entre las 00h00 a 07h00, y 13h00 a 00h00, estos valores se estimaron utilizando factores de interpolación o aforo.

Rutas de primer orden

Tabla 5.

Promedio del conteo vehicular diario en las rutas de primer orden

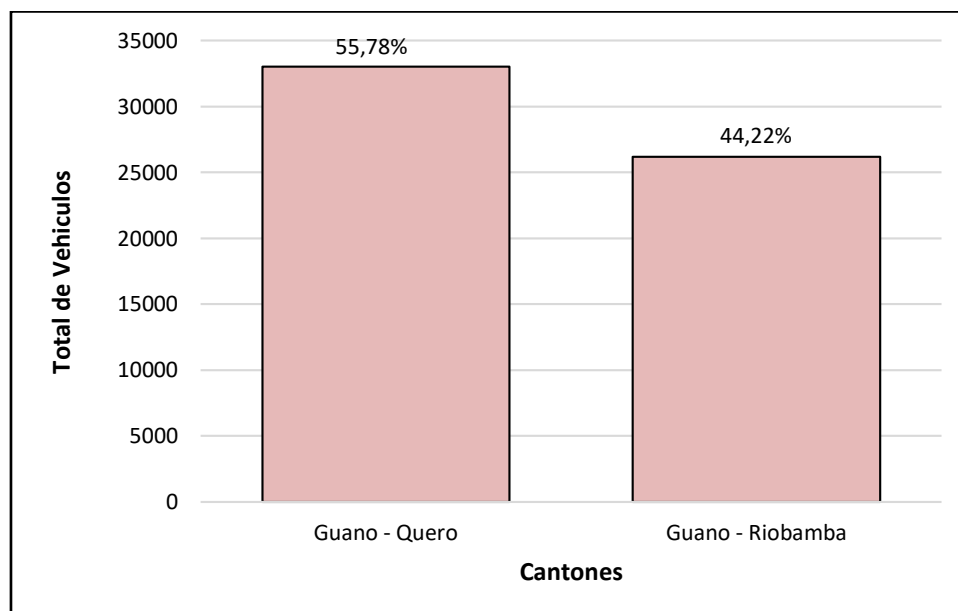
Categoría	RUTAS DE PRIMER ORDEN		Total
	Guano – Quero	Guano-Riobamba	
Camión	5014	995	6009
Bus	1490	713	2203
Camioneta	7217	5333	12550
Jeep/SUV	6633	4777	11410
Sedan	9833	9369	19202
Taxi	1743	3492	5235
Motocicleta	1084	1492	2576
Total	33014	26171	59185

Elaborado por: Autores

En la Tabla 5. se recopiló los datos de los conteos vehiculares diarios en cada una de las rutas de primer orden respecto a la categorización de la flota vehicular. El valor de cada celda de la matriz fue el valor obtenido a través de un promedio entre los dos conteos realizados en cada punto.

Figura 11.

Conteo de rutas de primer orden Guano – Cantones



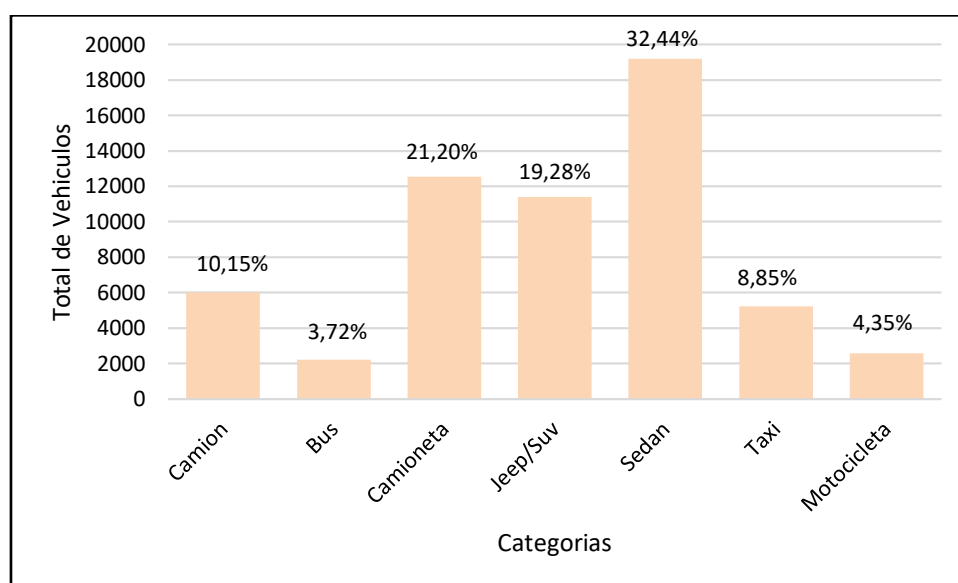
Elaborado por: Autores

De acuerdo con la Figura 12, se tiene que en la ruta Guano - Quero transita un mayor porcentaje de 55,785% de vehículos respecto a las demás rutas, esto se debe a que la ruta

seleccionada ya que es una carretera panamericana que tiene la presencia de un peaje “San Andrés”, estación de servicio de combustible, establecimiento educativo “Unidad Educativa San Andrés”, varios establecimientos de abastos, por lo que es una ruta muy concurrida, mientras que la ruta Guano – Riobamba transita un 44.22% .

Figura 12.

Conteo Flota Vehicular Guano - Cantones



Elaborado por: Autores

En la figura 13. Tomando en cuenta el conteo de las rutas de primer orden, se tuvo que la mayor cantidad de vehículos que transitan en estas vías fue la categoría denominada sedan con un 32,44% respecto al resto de vehículos. Además, los buses son la categoría con menor porcentaje debido a que cuenta con un horario específico para transitar y cumplir su recorrido.

Tabla 6.

Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Guano Urbano

RUTAS DE SEGUNDO ORDEN URBANO			
Categoría	La Matriz - Santa Teresita	San José de Chocón - La Capilla	Total
Camión	417	630	1047
Bus	600	292	892
Camioneta	2482	1353	3835

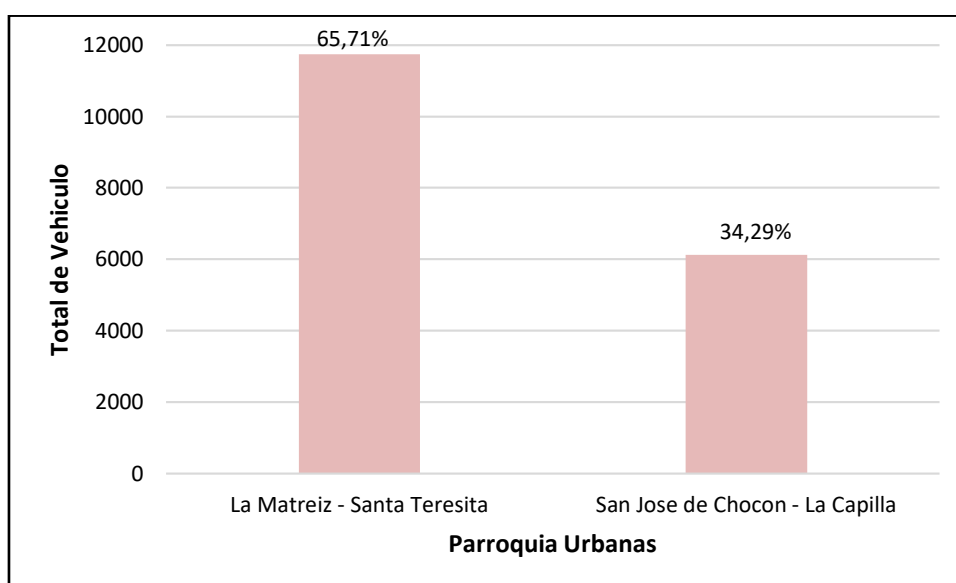
Jeep/Suv	1774	693	2467
Sedan	3062	1259	4321
Taxi	2614	1120	3734
Motocicleta	789	777	1566
Total	11738	6124	17862

Elaborado por: Autores

En la Tabla 6, se recopiló los datos de los conteos diarios de vehículos en cada una de las rutas de segundo orden Guano parroquias Urbanas, clasificando la flota vehicular. El valor de cada celda en la matriz corresponde al promedio de los dos conteos efectuados en cada punto.

Figura 13.

Conteo de ruta de segundo Orden Guano – Parroquias Urbanas

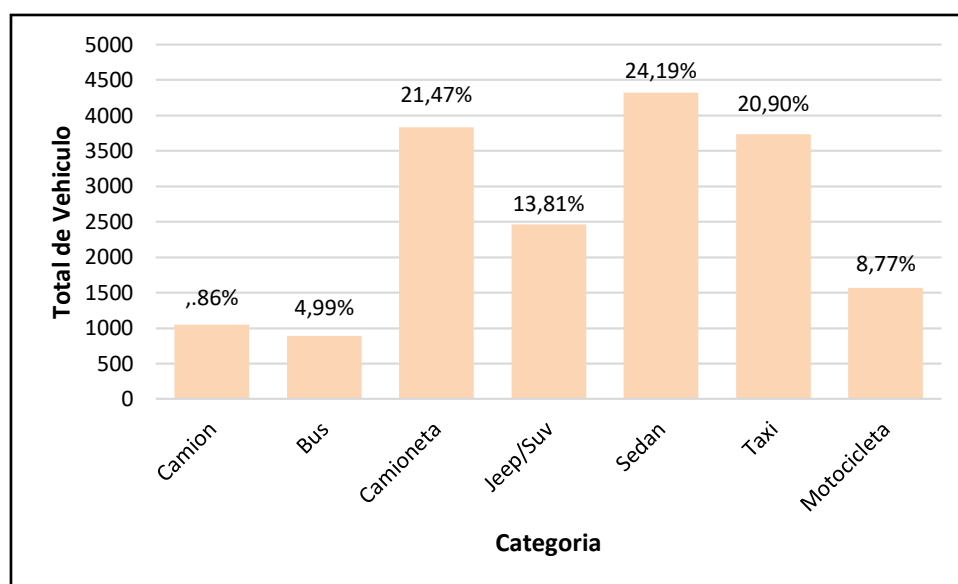


Elaborado por: Autores

De acuerdo con la Figura 14, se tiene que en la ruta La Matriz – Santa Teresita transita un mayor porcentaje de vehículos respecto a las demás rutas, esto se debe a que la ruta seleccionada tiene la presencia de un Parque central, GAD municipal, Mercado, iglesias y varios establecimientos de abastos, por lo que es una ruta muy concurrida.

Figura 14.

Conteo Flota Vehicular Guano – Parroquias Urbanas



Elaborado por: Autores

Como podemos ver en la figura 15. En el caso de las rutas de segundo orden de Guano parroquias Urbanas, se determinó que la mayor cantidad de vehículos que transitan en estas vías fueron la categoría denominada sedan con un de 24,19%, seguida de las camionetas con un 21,47%. Además, los buses son la categoría con menor porcentaje debido a que cuenta con un horario específico para transitar y cumplir su recorrido.

Tabla 7.

Conteo vehicular en las rutas de segundo orden – Guano Rural

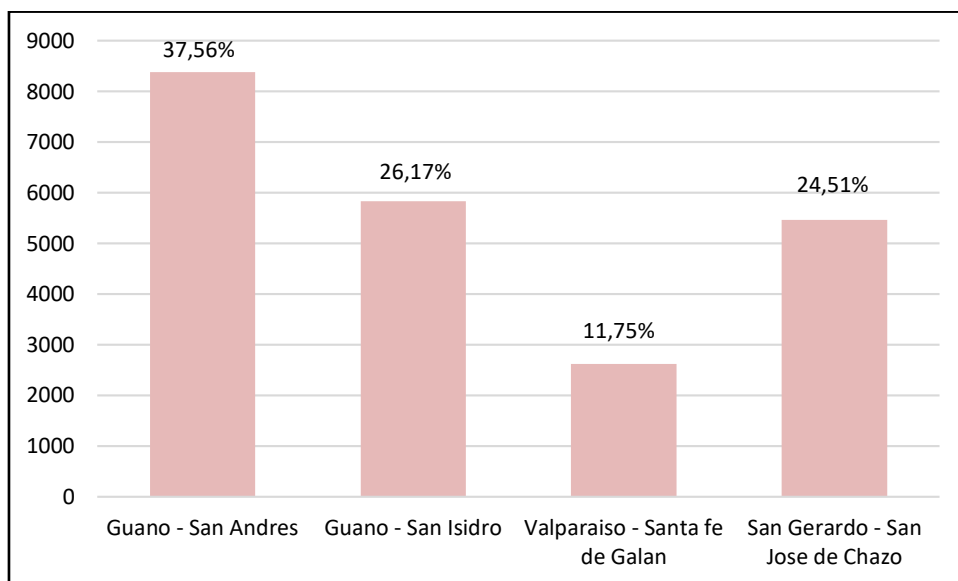
RUTAS DE SEGUNDO ORDEN RURAL					
Categoría	Guano - San Andrés	Guano - San Isidro	Valparaíso - Santa fe de Galán	San Gerardo - San José de Chazo	TOTAL
Camión	813	403	140	378	1734
Bus	177	110	70	216	573
Camioneta	2199	1382	1214	1569	6364
Jeep/Suv	1071	575	145	782	2573
Sedan	2197	1953	408	1517	6075
Taxi	1214	935	291	698	3138
Motocicleta	707	480	353	307	1847
Total	8378	5838	2621	5467	22304

Elaborado por: Autores

En la Tabla 7. se recopiló los datos de los conteos diarios de vehículos en cada una de las rutas de segundo orden Guano parroquias Rurales, clasificando la flota vehicular. El valor de cada celda en la matriz corresponde al promedio de los dos conteos efectuados en cada punto.

Figura 15.

Conteo de rutas de segundo orden Guano – Parroquias Rurales

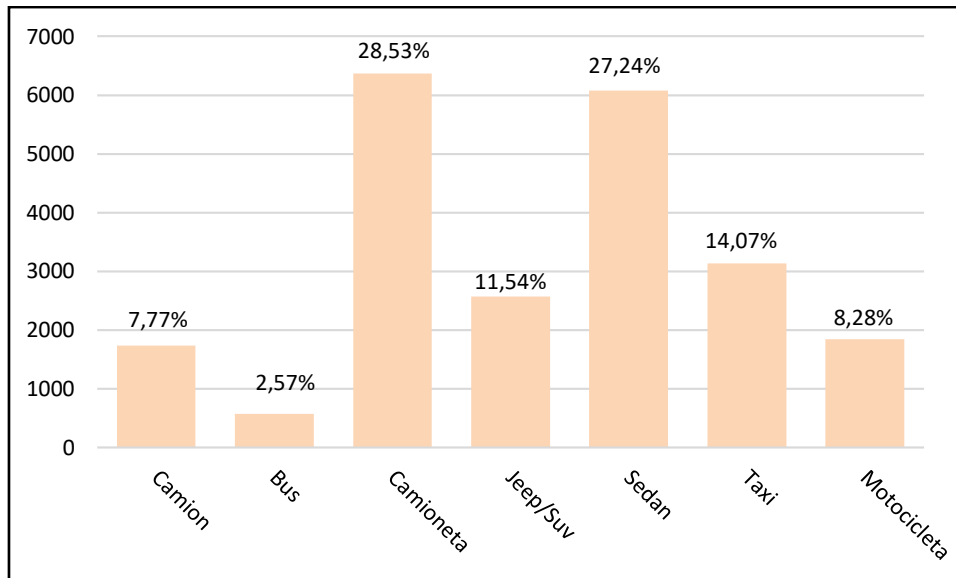


Elaborado por: Autores

De acuerdo con la Figura 16. Se tiene que en la ruta Guano – San Andrés transita un mayor porcentaje de vehículos respecto a las demás rutas, esto se debe a que la ruta seleccionada tiene la presencia de establecimiento educativos “Alfredo Pérez Guerrero”, Moteles, Parque, iglesias, feria de rastro y varios establecimientos de abastos, por lo que es una ruta muy concurrida.

Figura 16.

Conteo Flota Vehicular Guano – Parroquias Rurales



Elaborado por: Autores

En el caso de la figura 17. Las rutas de segundo orden de Guano parroquias rurales, se determinó que la mayor cantidad de vehículos que transitan en estas vías fueron la categoría denominada Camionetas con un 28,53%, seguida de sedan con un 27,24%, debido a que la ruta cuenta con más zonas comerciales de las comunidades. Además, los buses son la categoría con menor porcentaje debido a que cuenta con un horario específico para transitar y cumplir su recorrido.

4.2 Análisis de la incidencia de la variable distancia/tiempo en función a las características del parque automotor que generan emisiones durante su recorrido por las vías del cantón Guano

El modelo IVE trabaja con dos factores: flota vehicular y localidad. La variable distancia/tiempo es uno de los parámetros de localidad para el cálculo de las emisiones.

4.2.1 Flota vehicular

La flota vehicular se refiere al conjunto de vehículos que circulan en una determinada área o que pertenecen a una empresa o entidad. Esto puede incluir automóviles, camiones,

autobuses y otros tipos de vehículos, Además, el modelo IVE necesita este parámetro para llevar a cabo el cálculo de emisiones, el cual exige una clasificación específica como podemos observar en la tabla 8.

Tabla 8.

Categorización de la flota vehicular

Categoría	Abreviatura
Camión	TK
Camioneta	Cmt
Bus	Bus
Jeep/SUV	Jp
Sedan	Sd
Taxi	Tx
Motocicleta	Mt

Elaborado por: Autores

4.2.2 Localidad

– Condiciones climáticas

El modelo IVE requiere ciertas características que se presentan en la tabla 9:

Tabla 9.

Condiciones climáticas del cantón Guano

Parámetros	Valores	Unidades
Altitud	3000	m.s.n.m
Temperatura	14	°C
Humedad	65	%

Elaborado por: Autores

– Uso del aire acondicionado

Para determinar el porcentaje de tiempo de uso diario del aire acondicionado, se realizaron encuestas a los usuarios de cada categoría vehicular. Al considerar un total de 10 encuestados por cada flota, se obtuvo un resultado representativo del porcentaje de uso, como se presenta en la Tabla 10:

Tabla 10.*Porcentaje de tiempo uso de aire acondicionado*

Categoría	Uso de aire acondicionado %
Camión	0
Camioneta	5
Bus	0
Jeep/SUV	25
Sedan	20
Taxi	10
Motocicletas	0

Elaborado por: Autores

Este parámetro es crucial para el factor de Localidad, ya que un mayor uso del aire acondicionado implica que el motor de cada vehículo debe trabajar más, lo que aumenta el consumo de energía y combustible, afectando directamente el incremento de emisiones. Cabe destacar que, en vehículos con motores pequeños, el consumo será aún mayor.

– Bin Soak

Para el parámetro relacionado con el porcentaje de distribución del tiempo Bin Soak, se recopiló información mediante encuestas sobre el tiempo que un motor de vehículo permanece apagado antes de comenzar su trayecto. Se realizaron varias preguntas a los usuarios de cada flota vehicular para determinar la duración durante la cual sus vehículos permanecen apagados.

Tabla 11.*Porcentaje tiempo Soak*

Categoría	% Tiempo SOAK						
	Camiones	Camionetas	Buses	Jeep/SUV	Sedan	Taxis	Motocicletas
15 min	24	46	24	46	46	46	46
30 min	-	-	-	-	-	-	-
1 hora	-	-	-	-	-	-	-
2 horas	26	25,2	26	25,2	25,2	25,2	25,2
3 horas	-	-	-	-	-	-	-
4 horas	-	-	-	-	-	-	-
6 horas	44	23,3	44	23,3	23,3	23,3	23,3

8 horas	-	-	-	-	-	-	-
12 horas	6	5,5	6	5,5	5,5	5,5	5,5
18 horas	-	-	-	-	-	-	-
Total	100	100	100	100	100	100	100

Elaborado por: Autores

La Tabla 11, muestra el porcentaje de tiempo de SOAK. En el caso de los buses y camiones, se determinó que el 24% corresponde a paradas de 15 minutos, debido a la alta frecuencia de circulación que deben cumplir antes de iniciar cada recorrido, el 26% corresponde a pausas de 2 horas, relacionadas principalmente con los descansos durante la hora del almuerzo. El 44% refleja que, durante el día, estos vehículos casi no se detienen, ya que operan desde temprano hasta tarde, por lo que la mayor detención es de 6 horas. Finalmente, el 6% corresponde a 12 horas de parada, cuando finalizan su jornada y regresan a sus hogares.

En el caso de los vehículos livianos, el 46% del tiempo de SOAK corresponde a pausas de 15 minutos, que se realizan para diversas actividades y necesidades. Un 25,2% se asocia con detenciones de 2 horas, principalmente durante el almuerzo. El 23,3% representa pausas de 6 horas, ya que los usuarios estacionan sus vehículos mientras cumplen su jornada laboral. Finalmente, el 5,5% corresponde a paradas de 12 horas, relacionadas con el regreso a sus hogares al final del día.

Este parámetro fue fundamental para el cálculo de las emisiones, ya que el modelo IVE considera dos tipos de arranques: en caliente y en frío. Se menciona que, cuando un vehículo ha estado apagado durante 18 horas o más, al encenderse nuevamente genera un mayor volumen de emisiones debido a que el motor tarda más tiempo en alcanzar su temperatura de funcionamiento. En cambio, si el vehículo ha estado apagado por 5 minutos o menos, el motor llegará a su temperatura de operación mucho más rápido, reduciendo así las emisiones.

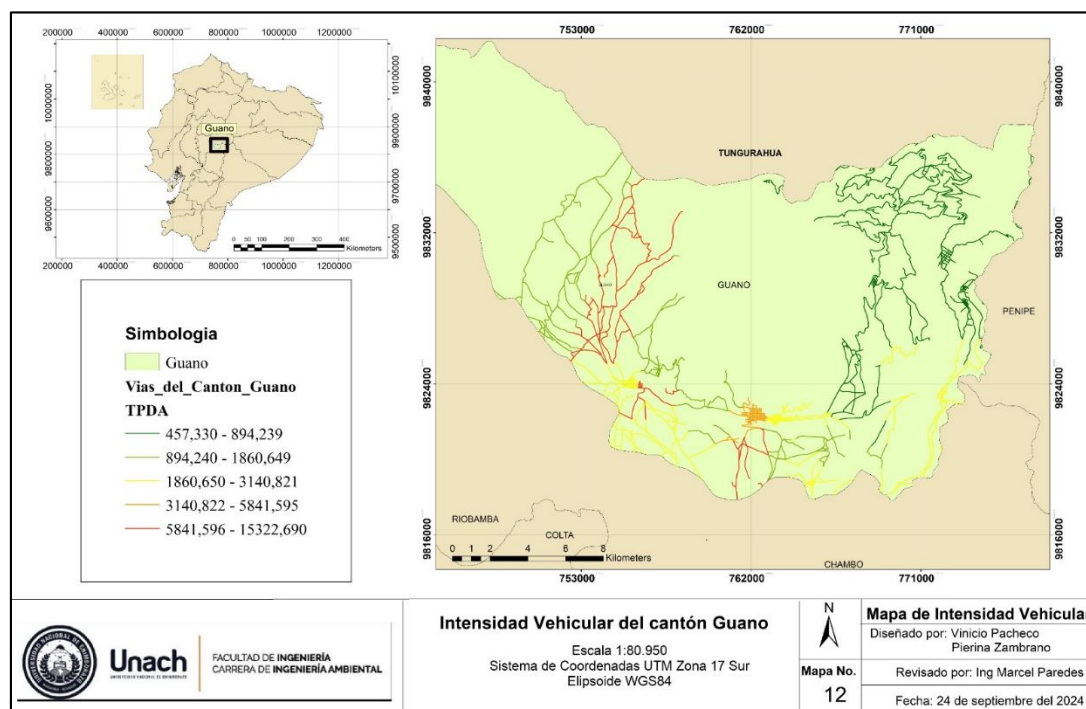
4.2.3 Intensidad Vehicular

Para la identificación de la intensidad vehicular del cantón Guano, se hizo un

promedio con el total de los vehículos que circulan en las rutas de primer y segundo orden.

Figura 17.

Mapa de Intensidad Vehicular



Elaborado por: Autores

En la Figura 18. se observa de acuerdo con la cantidad promedio de los vehículos que circulan diariamente en las rutas del cantón Guano, que las rutas de primer orden que conectan a Guano con Quero y Riobamba representan una mayor circulación de vehículos ya que son autopistas y panamericanas que conectan los dos cantones.

Las rutas de segundo orden de la zona urbana que representa el centro de Guano y la ruta que dirige hacia la parroquia Santa Teresita representaron una circulación vehicular superior a 6 mil, mientras que en el caso de las rutas de segundo orden que se dirigen hacia las parroquias de San Andrés, San Isidro, Valparaíso, Santa Fe de Galán, San Gerardo y San José de Chocón representan una intensidad inferior a 900 vehículos diarios.

4.2.4 Cálculo de las emisiones evaporativas vehiculares

4.2.4.1 RUTAS DE PRIMER ORDEN

Tabla 12.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de primer orden (ton/año)

Categoría	Guano y Cantones							
	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	CH ₂
Camiones	59,72	13,95	0,00	210,81	1,03	145,08	10274,48	0,00
Buses	54,08	7,10	0,00	68,68	0,87	40,48	8595,41	0,00
Camionetas	3174,55	283,86	39,93	298,12	1,91	52,38	16126,03	50,81
Jeep/SUV	3021,54	254,54	33,90	249,18	1,78	18,05	14808,90	48,68
Sedan	8463,30	416,20	81,80	381,45	2,33	1,95	17015,69	83,24
Taxis	1256,84	94,79	12,63	70,99	0,43	0,35	2979,25	18,96
Motocicletas	100,64	33,79	2,91	0,61	0,04	0,93	346,78	6,76
Total (Ton/año)	16130,67	1104,25	171,17	1279,84	8,39	259,20	70146,54	208,44

Elaborado por: Autores

Según la tabla 12, en las rutas de primer orden que conectan al cantón Guano con otros cantones se generó un total de 16130,67 ton/año de CO, siendo la categoría de Sedan el mayor aportador de emisiones con un valor de 8463,30 mientras que la categoría de Bus fue la que menos aportó con un valor de 54,08 ton/año de emisiones de CO. Para los VOC se produjo un total de 1104,25 ton/año, donde la categoría sedan con 416,20 ton/año aportó más, y los buses con 7,10 ton/año aportó menos. En el caso de los VOCs, el que aportó con mayor cantidad emisiones es la categoría sedan con un 81,80 ton/año seguido de las camionetas con un valor de 39,93 ton/año, obteniendo que la concentración total de los VOCs fue de 171,17 ton/año. Para los NO_x se generó un total de 1279,84 ton/año, teniendo que los sedan aportan en mayor cantidad con un valor de 381,45 ton/año, seguido a este valor se encuentra el de las camionetas que es de 298,12 ton/año. La generación de SO_x fue de 8,39 ton/año teniendo en su mayor valor a la categoría Sedan con 2,33 ton/año y las camionetas seguidos a este valor con una cantidad de 1,91 ton/año. En el caso del PM se obtuvo una concentración de 259,20, donde quien aportó con mayor cantidad fueron los

camiones con un valor de 145,08 ton/año. Para los contaminantes del cambio climático se tiene el CO₂ y CH₄, donde el CO₂ tiene un valor de 70146,54 ton/año siendo los sedan los que aportan en mayor cantidad con un valor de 17015,69 ton/año y el CH₄ con un total de 208,44 ton/año, donde los sedan aportan en mayor cantidad con 83,24 ton/año.

4.2.4.2 RUTAS DE SEGUNDO ORDEN

Emisiones Guano rural

Tabla 13.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden Guano rural (ton/año)

Categoría	CO	VOC	VOC evap.	NOx	SOx	PM	CO ₂	CH ₄
Camiones	26,12	5,71	0,00	87,97	0,47	55,40	4693,51	0,00
Buses	16,06	2,83	0,00	21,52	0,24	11,33	2339,42	0,00
Camionetas	1694,94	170,71	23,52	139,68	1,04	29,77	8824,08	30,31
Jeep/SUV	775,68	73,59	7,32	64,18	0,59	4,23	5053,58	14,22
Sedan	5003,32	221,65	25,98	178,92	1,32	0,80	10027,52	44,33
Taxis	938,35	88,08	10,58	48,12	0,38	0,24	2706,62	17,61
Motocicletas	141,27	51,08	5,32	0,96	0,04	1,24	386,45	10,22
Total (Ton/año)	8595,73	613,64	72,72	541,36	4,08	103,01	34031,17	116,70

Elaborado por: Autores

En la tabla 13. Para las rutas de segundo orden que son aquellas que conectan las parroquias rurales, se generó un total de 8585,73 ton/año de CO, donde la categoría Sedan aportó con un mayor valor que es de 5003,32 ton/año, y los buses con un valor mínimo de 16,06 ton/año. Para los VOC se obtuvo un valor total de 613,64 ton/año, con un valor máximo de aporte por parte de la categoría Sedan con un valor de 221,65 ton/año mientras que los buses están con un valor mínimo de emisiones de 2,83 ton/año. La concentración total para los VOCs fue de 72,72 ton/año, siendo los Sedan los que aportan mayor cantidad con un valor de 25,98 ton/año, siguiéndole a este valor se encuentran las camionetas con 23,52 ton/año. Tenemos también el valor total de NO_x de 541,36 ton/año, donde el valor que

mayormente aporta es el de los Sedan con 178,92 ton/año y así como también las camionetas con 169,38 ton/año. De igual manera, para las emisiones de SO_x se obtuvo un valor total de 4,08 ton/año donde los Sedan las camionetas y los Jeep/SUV fueron los que más contribuyeron con su emisión. Para el PM se obtuvo un valor total de 103,01 ton/año, donde los camiones son los que mayormente aportan con 55,40 ton/año. Con un valor total de 34031,17 ton/año está el CO₂, donde los que aportan mayor cantidad con 10027,52 ton/año son los Sedan y con 8824,08 ton/año las camionetas, y para el CH₄ hay un valor total de emisiones de 116,70 ton/año siendo aquí que los Sedan aportan con mayor concentración de emisión 44,33 ton/año seguido de las camionetas con 30,31 ton/año y los taxis con 17,61 ton/año.

Emisiones Guano Urbano

Tabla 14.

Emisiones generadas por cada categoría vehicular en las rutas de segundo orden Guano urbano (ton/año)

Categoría	Guano Urbano							
	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	CH ₄
Camiones	12,37	2,44	0,00	41,24	0,22	32,61	2242,25	0,00
Buses	20,44	3,04	0,00	26,48	0,31	17,75	3008,32	0,00
Camionetas	808,00	80,29	11,70	69,43	0,51	14,69	4306,88	14,25
Jeep/SUV	463,33	42,77	7,26	32,27	0,22	3,20	1771,42	8,09
Sedan	1363,41	105,35	21,32	52,27	0,39	0,39	2786,20	21,07
Taxis	1469,50	103,58	20,95	74,36	0,35	0,50	2134,17	20,72
Motocicletas	157,63	48,36	6,08	1,26	0,03	1,31	277,97	9,67
Total (Ton/año)	4294,70	385,82	67,31	297,31	2,03	70,46	16527,21	73,80

Elaborado por: Autores

Según la tabla 14. Para las rutas de segundo orden, para este caso las parroquias urbanas del cantón Guano se produjo un total de 4294,70 ton/año para el CO, donde los taxis fue la categoría que más aportó con un valor de 1469,50 ton/año, y con menor aporte los camiones con un valor de 12,37 ton/año. En el caso de VOC con un total de 385,82 ton/año donde el que mayor aportó fueron los Sedan con un valor 105,35 ton/año y los que menos cantidad

aportan son los camiones con un valor de 2,44 ton/año. Se produjo un total de 67,31 ton/año para los VOCs donde el mayor aporte fue de parte de los Sedan con 21,32 ton/año y la categoría bus y camión con un valor de 0ton/año. En el caso de las emisiones de NO_x se obtuvo un total de 297,31 ton/año donde las camionetas aportan con un valor de 69,43 ton/año siendo este el mayor aporte, y las motocicletas con un valor de 1,26 ton/año siendo este valor el menor aporte de emisiones para los NO_x. Con relación a SO_x se obtuvo un valor total de emisiones de 2,03 ton/año donde el mayor aporte lo dan las camionetas con un valor de 0,51 ton/año siguiéndoles los sedan con 0,39 ton/año y los taxis con 0,31 ton/año. Con un total de emisiones de 70,46 ton/año está el PM, dentro del cual se encuentran aportando mayor cantidad de emisiones los camiones con 32,61 ton/año y haciendo el menor aporte los Sedan con 0,39 ton/año. Para el CO₂ se tiene un valor total de emisiones de 16527,21 ton/año, donde el mayor aporte lo realizan las camionetas con 4306,88 ton/año y 277,97 ton/año el menor aporte por parte de las motocicletas. Para el CH₄ un valor total de 73,80 ton/año y con un valor de 21,07 ton/año siendo para el mayor aportador que es Sedan y el menor aporte con un valor de 0 ton/año para los camiones y buses.

4.2.5 *Inventario de emisiones*

Tabla 15.

Inventario de emisiones anuales del cantón Guano

Emisiones Cantón Guano (ton/año)								
Categoría	CO	VOC	VOC evap	NO _x	SO _x	PM	CO ₂	CH ₄
Camión	98,21	22,10	0,00	340,02	1,72	233,09	17210,24	0,00
Buses	90,59	12,96	0,00	116,68	1,42	69,56	13943,14	0,00
Camioneta	5677,49	534,86	75,15	507,24	3,46	96,84	29256,98	95,37
Jeep/SUV	4260,55	370,90	48,48	345,63	2,59	25,48	21633,90	71,00
Sedan	14830,03	743,20	129,10	612,65	4,04	3,14	29829,40	148,64
Taxi	3664,69	286,45	44,15	193,46	1,17	1,08	7820,05	57,29
Moto	399,54	133,23	14,31	2,83	0,11	3,48	1011,21	26,64
Total (Ton/año)	29021,10	2103,71	311,20	2118,50	14,50	432,67	120704,92	398,94

Elaborado por: Autores

Como podemos ver en la tabla 15. La información de las rutas de primer y segundo orden fueron gran aporte para el inventario de emisiones del cantón Guano para realizar la interpretación de la desagregación espacial y temporal.

La mayor cantidad de emisiones en el cantón Guano fue de 120704,92 ton/año que corresponde al contaminante CO₂, seguido a este valor se encuentra con 29021,10 ton/año el CO, y el NO_x con 2118,50 ton/año, dando así que estos tres son los mayores contaminantes en el cantón Guano.

4.3 Interpretar el modelo computacional de emisiones vehiculares con respecto a los protocolos establecidos en el software IVE

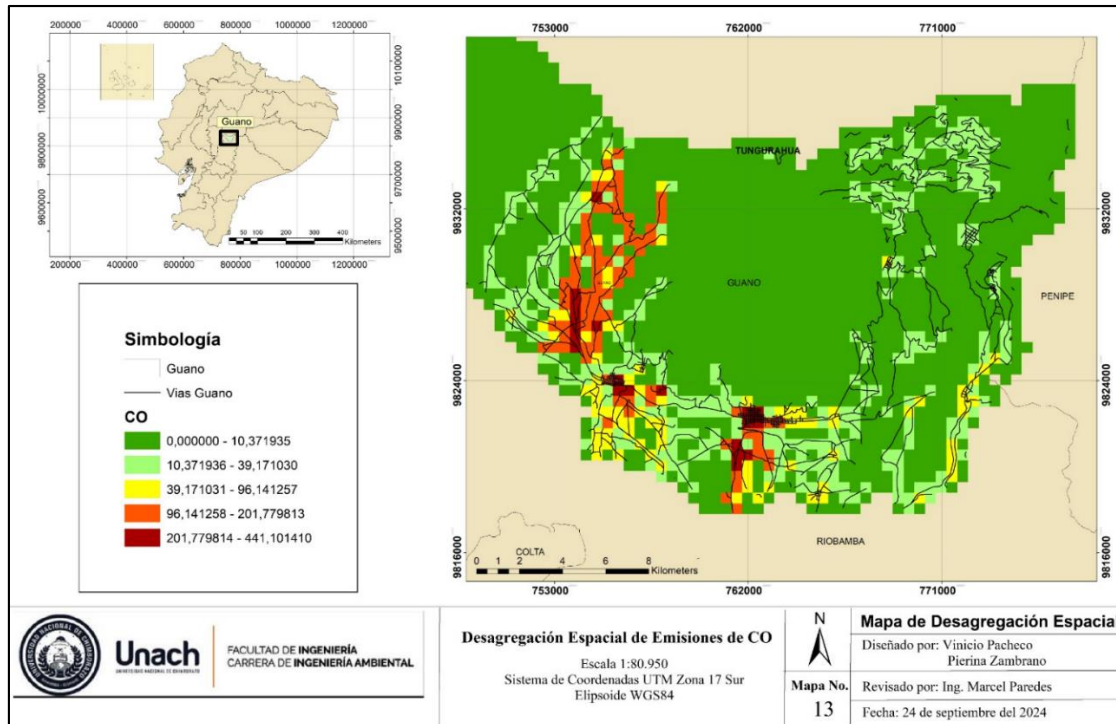
Se ha podido interpretar las emisiones vehiculares obtenidas en el modelo IVE con ayuda del desarrollo de la desagregación espacial y temporal con la guía de los protocolos de la metodología Top Down descrita por Gómez et al., (2018) de acuerdo con el inventario de emisiones de las rutas de primer orden y de segundo orden con una resolución espacial de 1km x 1km y una resolución temporal de 1 hora.

4.3.1 Desagregación espacial

La desagregación espacial se basó en el análisis de los niveles de flujo de tráfico y la distribución de la red vial, se hizo una intersección entre las vías concernientes a las de primer orden y segundo orden y el total de las emisiones por cada contaminante.

Figura 18.

Mapa de desagregación espacial de CO en el cantón Guano

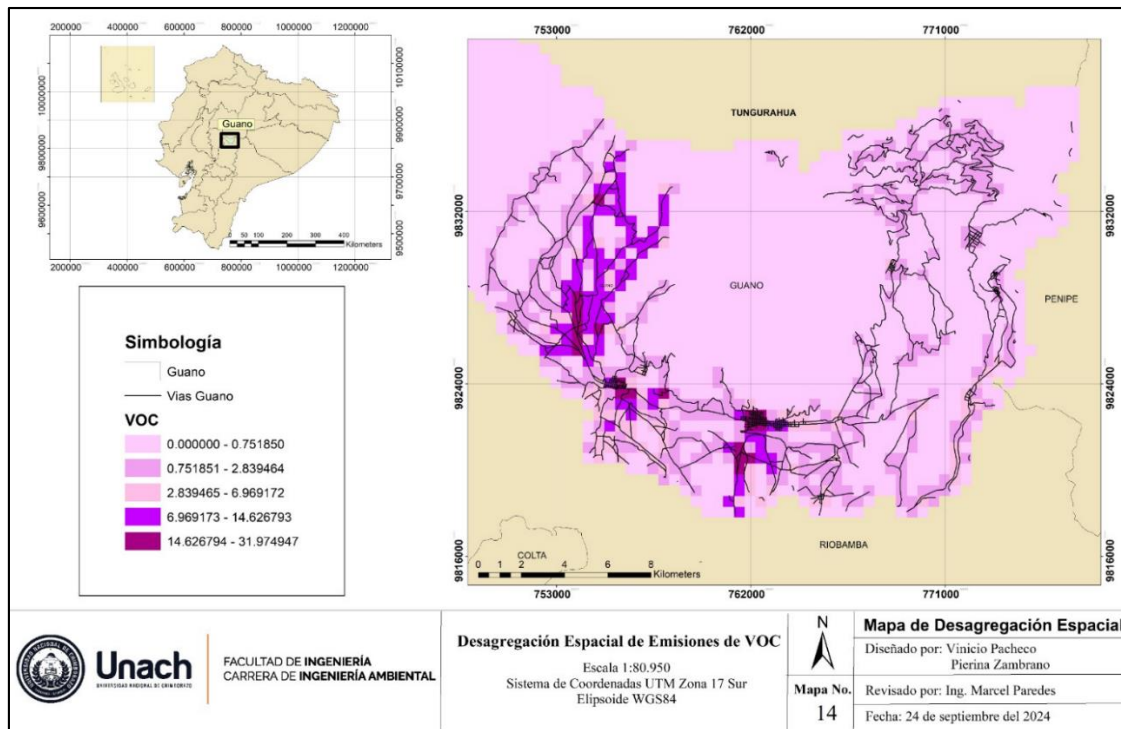


Elaborado por: Autores

En la figura 19, se observa que la mayor concentración de CO se encuentra en el centro de Guano y la salida que conecta con Riobamba, y también San Andrés el peaje, pasando por la panamericana que conecta a Guano con Riobamba e inclusive con otros cantones. Las emisiones que son a medio grado para CO se encuentran en la vía que va a San José de Chazo delimitando con el cantón Riobamba y Penipe, y también una parte de San Andrés, San Gerardo. Donde no se registró emisiones fue en San Isidro de Patulú y Valparaíso.

Figura 19.

Mapa de desagregación espacial de VOC en el cantón Guano

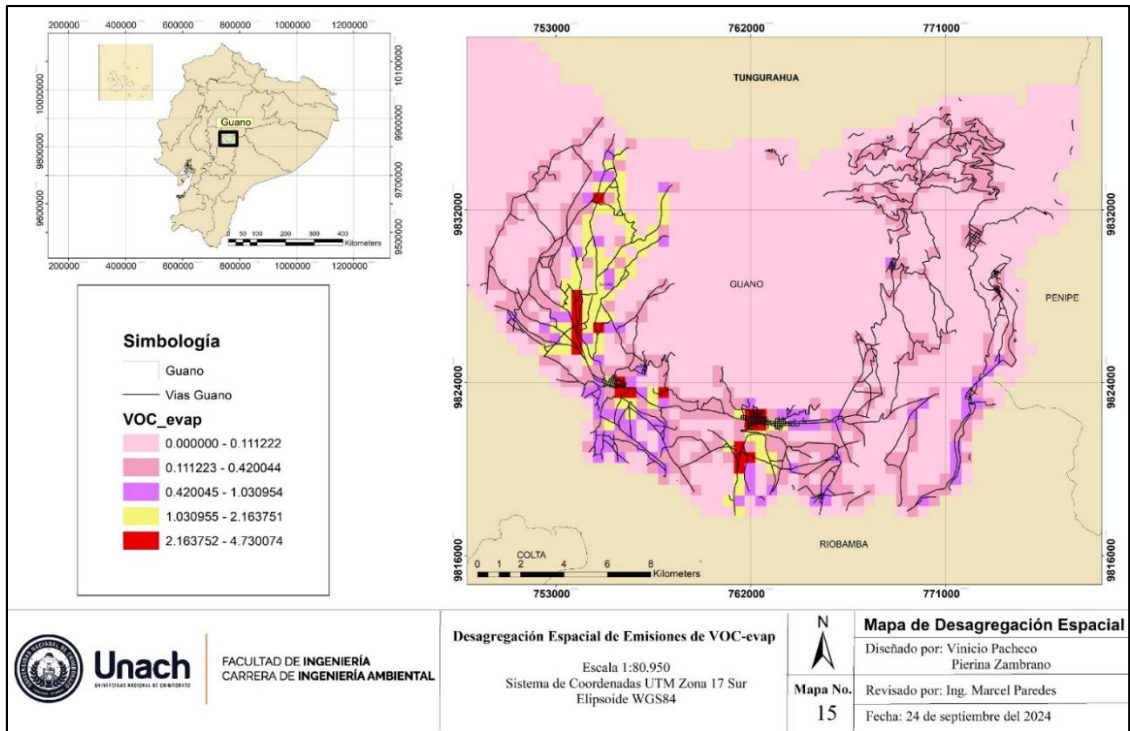


Elaborado por: Autores

En la figura 20. El mayor alto valor de VOC se encontró en la zona centro de Guano, también gran cantidad se evidenció en San Andrés, esto se debe al alto número de vehículos que circulan en estas vías. Un valor intermedio se da para la vía principal que conecta a Riobamba con Guano, Santa fe de Galán, una parte de San Andrés y San Gerardo. Las parroquias que no presentaron emisiones son Guanando, San Isidro de Patulú y parte de Valparaíso.

Figura 20.

Mapa de desagregación espacial de VOC-evap en el cantón Guano

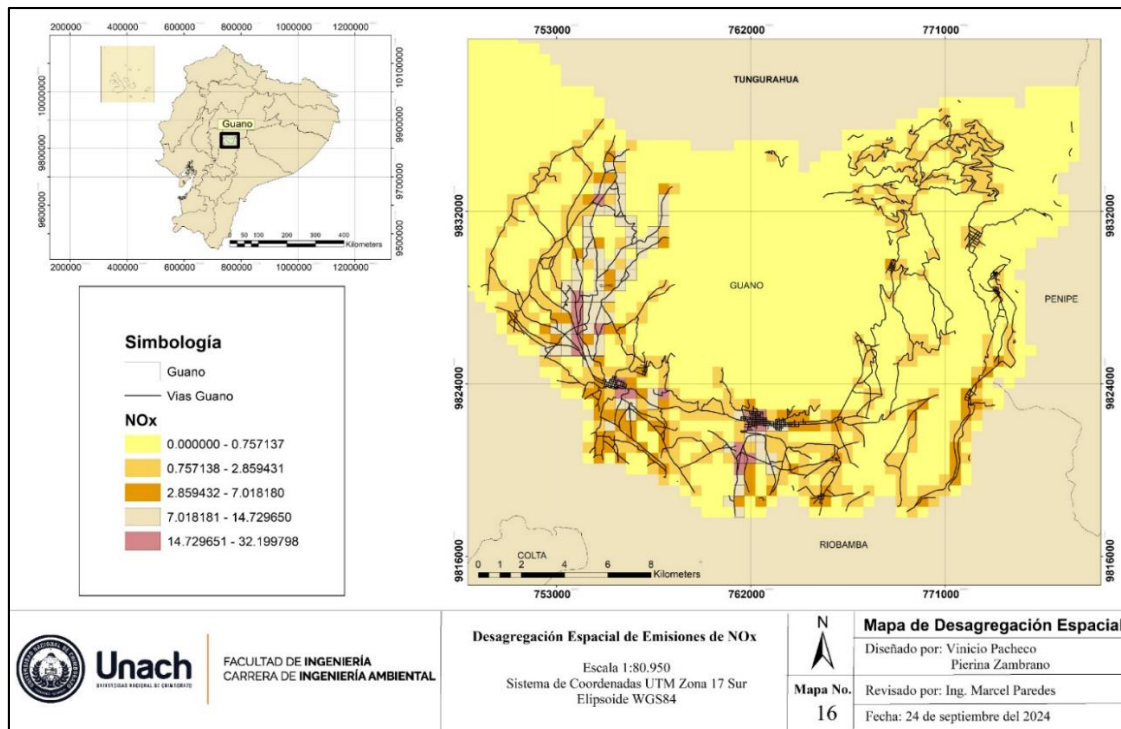


Elaborado por: Autores

En la figura 21. La emisión de VOC-evap se evidenció que hay mayor cantidad en la vía principal que conecta a Guano con Riobamba, en el peaje de San Andrés y en el centro de Guano. Mientras que los valores intermedios que se presentaron fueron en las parroquias de Santa Fe de Galán, Ilapo, San Gerardo. Y las parroquias que no tuvieron emisiones de VOC-evap fueron Guanando, San Isidro de Patulú y también una parte del norte de Guano.

Figura 21.

Mapa de desagregación espacial de NOx en el cantón Guano

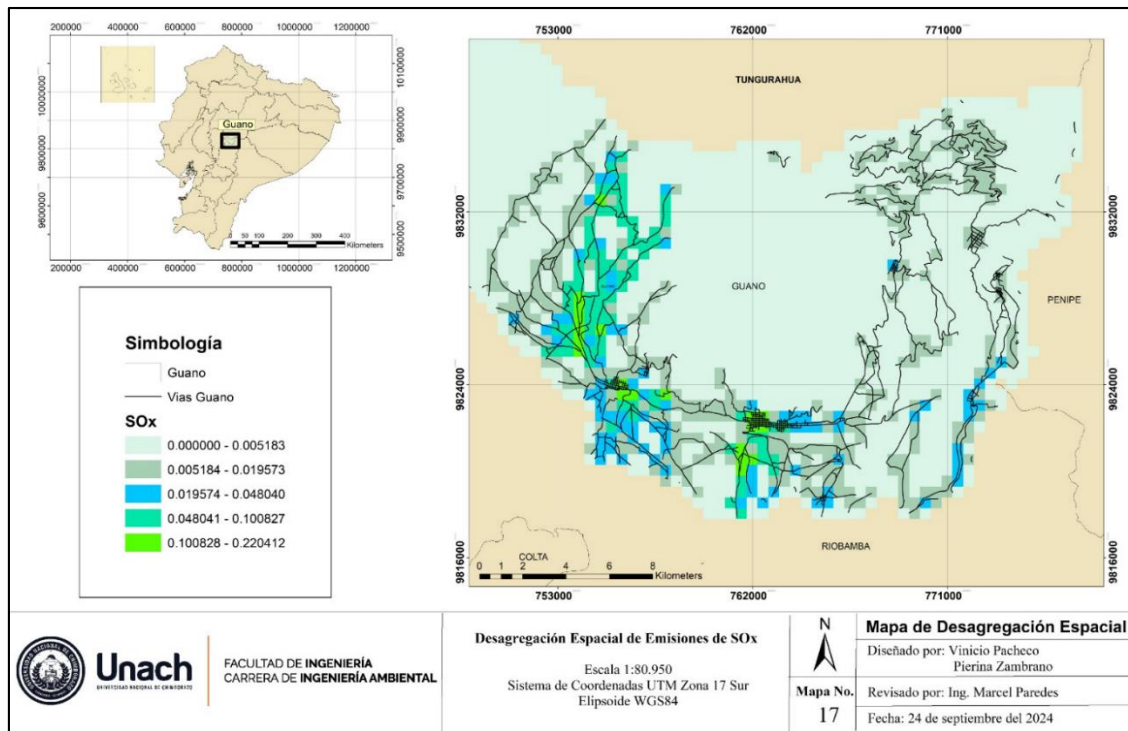


Elaborado por: Autores

Como se puede observar en la figura 22, apreciamos que la mayor cantidad de emisiones para NOx se encuentra en la cabecera cantonal, así también como en San Andrés el peaje y en La Capilla que está en la vía que conecta a Riobamba con Guano. Se observa también que para los valores intermedios de emisiones se encuentra en las parroquias de San Andrés y parte de San Isidro de Patulú. Y las parroquias en las que no se evidenció presencia de NOx fue en Guanando y San José de Chazo.

Figura 22.

Mapa de desagregación espacial de SOx en el cantón Guano

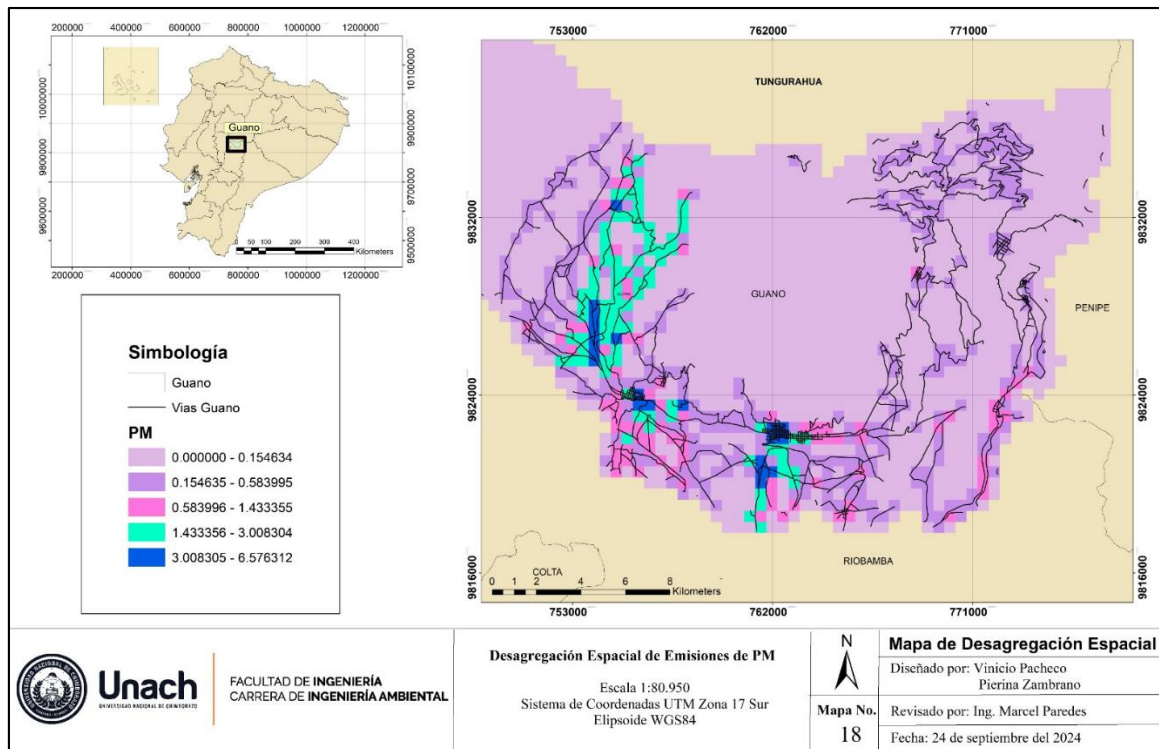


Elaborado por: Autores

En la figura 23, se observa que mayor presencia de emisiones de SOx se presenta en la cabecera cantonal, así también como en la Capilla y en San Andrés. Las emisiones a nivel intermedio se encuentran en Santa Fe de Galán, en los alrededores de la cabecera cantonal y una parte de San Andrés. En las parroquias de Guanando, San Isidro de Patulú y Valparaíso no presentaron emisiones de SOx.

Figura 23.

Mapa de desagregación espacial de PM en el cantón Guano

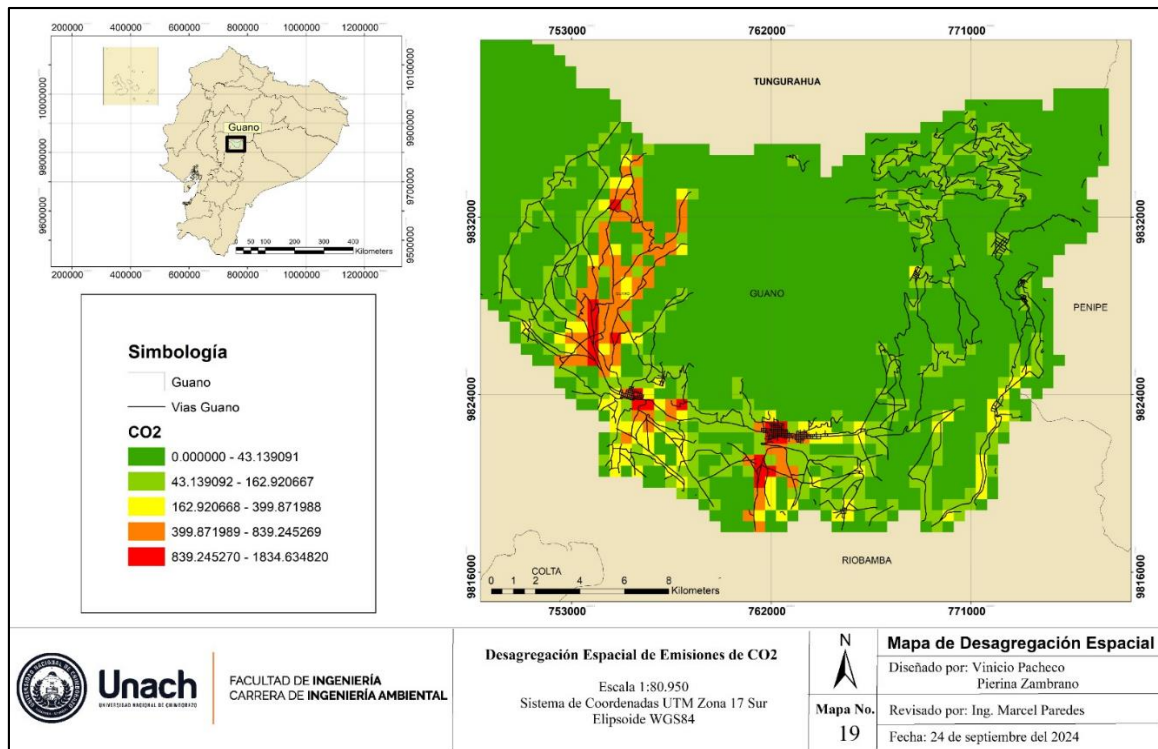


Elaborado por: Autores

Se puede apreciar en la figura 24 que gran cantidad de emisiones para PM se encuentra en la cabecera cantonal, así como en la Capilla y también en San Andrés (peaje). Las emisiones de grado medio se presentan en las parroquias Santa Fe de Galán, San Gerardo debido a que son zonas con poca población y por ende menos circulación de vehículos. En las parroquias donde no se evidenció emisiones de PM fue en Guanando, la Providencia, San Isidro de Patulú y Valparaíso.

Figura 24.

Mapa de desagregación espacial de CO₂ en el cantón Guano

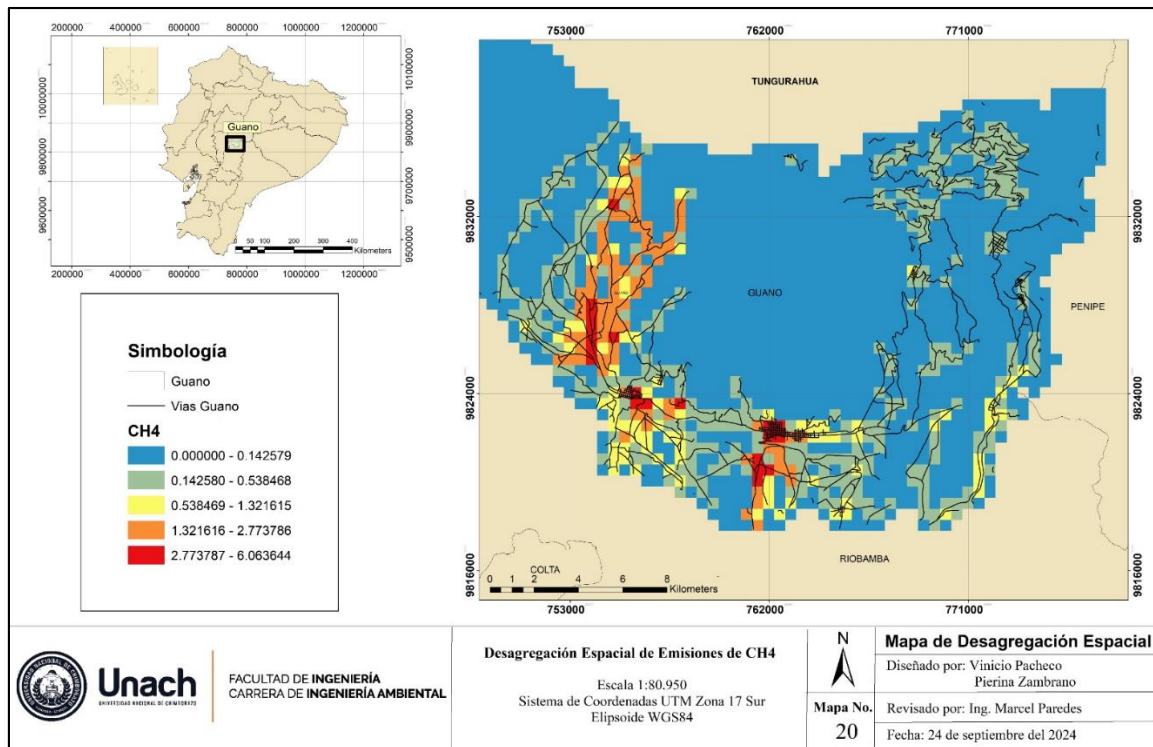


Elaborado por: Autores

En la figura 25 se puede observar que gran parte de la concentración de emisiones se da en el casco Urbano de Guano, también en la Capilla, y en San Andrés. Emisiones con valor intermedio se puede apreciar en las parroquias San Gerardo, parte de Guano que limita con Riobamba y Penipe. Donde no hubieron emisiones de CO₂ fue en Guanando, San Isidro de Patulú y Valparaíso.

Figura 25.

Mapa de desagregación espacial de CH₄ en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Según se observa en la figura 26, hay mayor concentración de emisiones de CH₄ es en la cabecera cantonal de Guano, la Capilla, San Andrés y Urbina. Para las emisiones de grado medio están Santa Teresita, la Capilla y la Providencia. Las parroquias que no se encuentran afectadas por las emisiones de CH₄ son Guanando, San Isidro de Patulú, Valparaíso y parte de San Andrés donde se encuentra ubicado el Chimborazo.

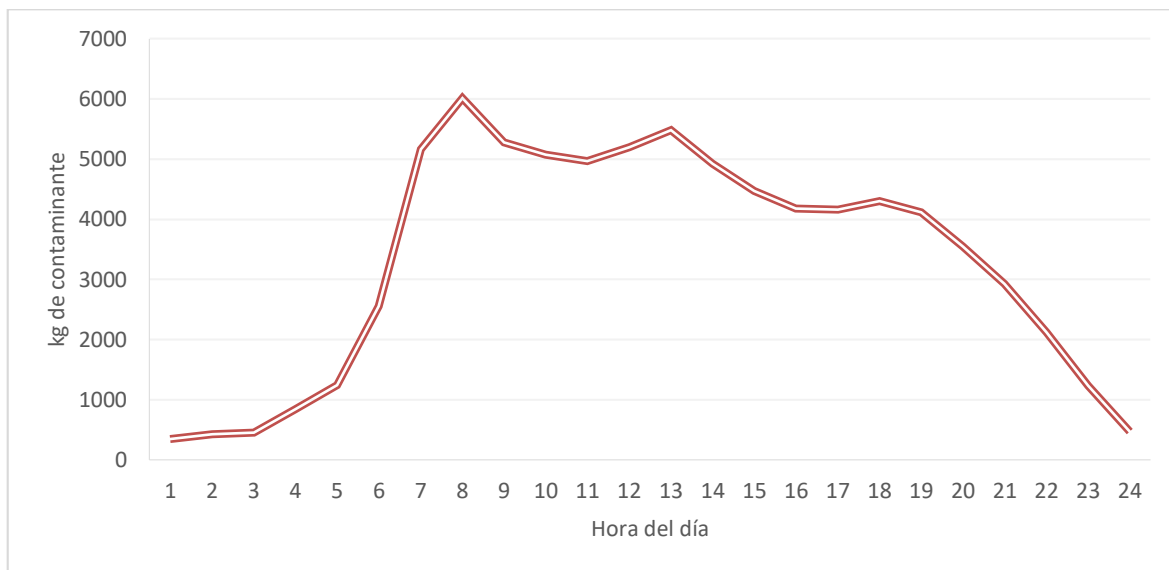
4.3.2 Desagregación temporal

La desagregación temporal de los contaminantes mostró que, entre las 00h00 y las 06h00, la concentración fue bastante baja, debido al menor flujo vehicular durante estas horas en comparación con el resto del día. Entre las 06h00 y las 08h00, se observó un crecimiento exponencial, alcanzando el más alto de tráfico vehicular, coincidiendo con las horas por el ingreso a las instituciones educativas y trabajos. Posteriormente, entre las 08h00 a las 12h00, las emisiones de contaminantes se mantuvieron constantes debido a un flujo vehicular

moderado. De las 12h00 a las 13h00, hubo un leve incremento en el tráfico por la salida de escuelas, colegios y universidades. Desde las 14h00 hasta las 21h00, el flujo vehicular permaneció constante. Finalmente, después de las 21h00, los niveles de contaminantes disminuyeron progresivamente hasta el final del día, como se presenta en las Figuras 27-34.

Figura 26.

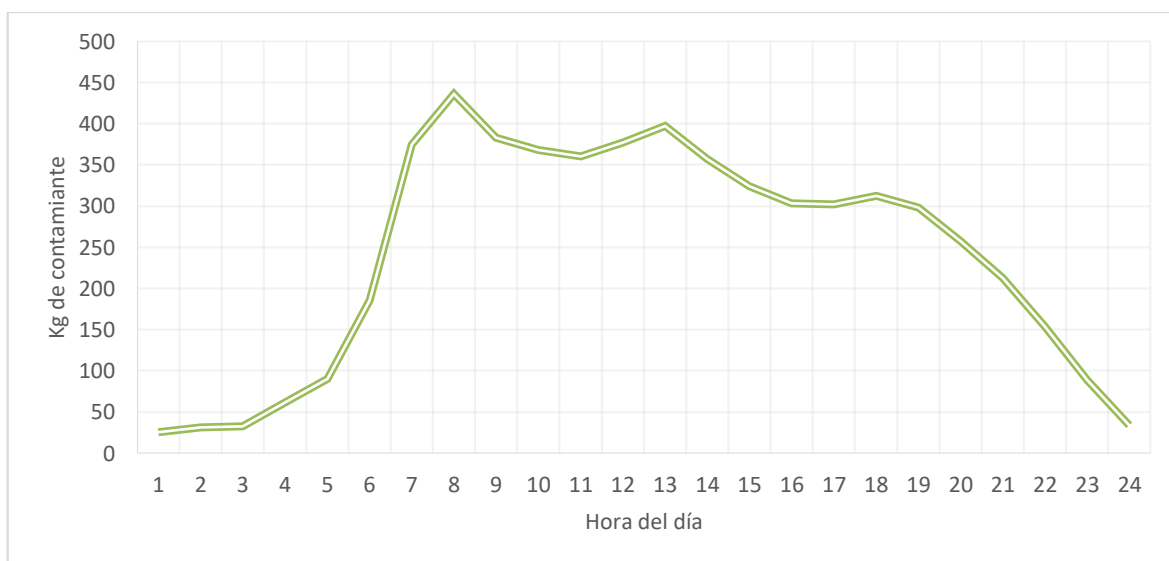
Desagregación temporal de CO en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Figura 27.

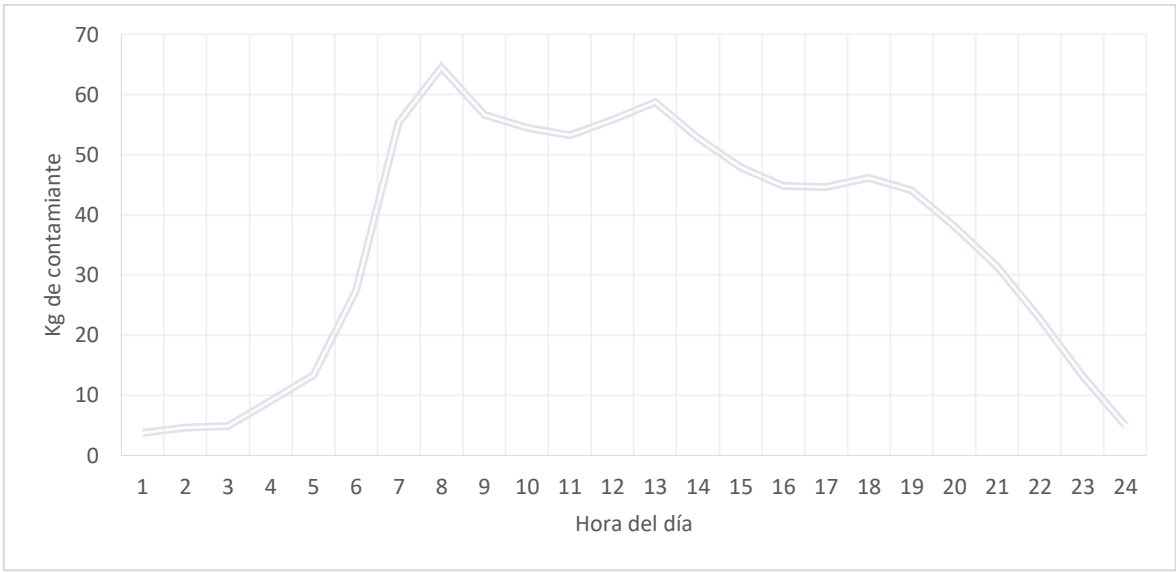
Desagregación temporal de VOC en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Figura 28.

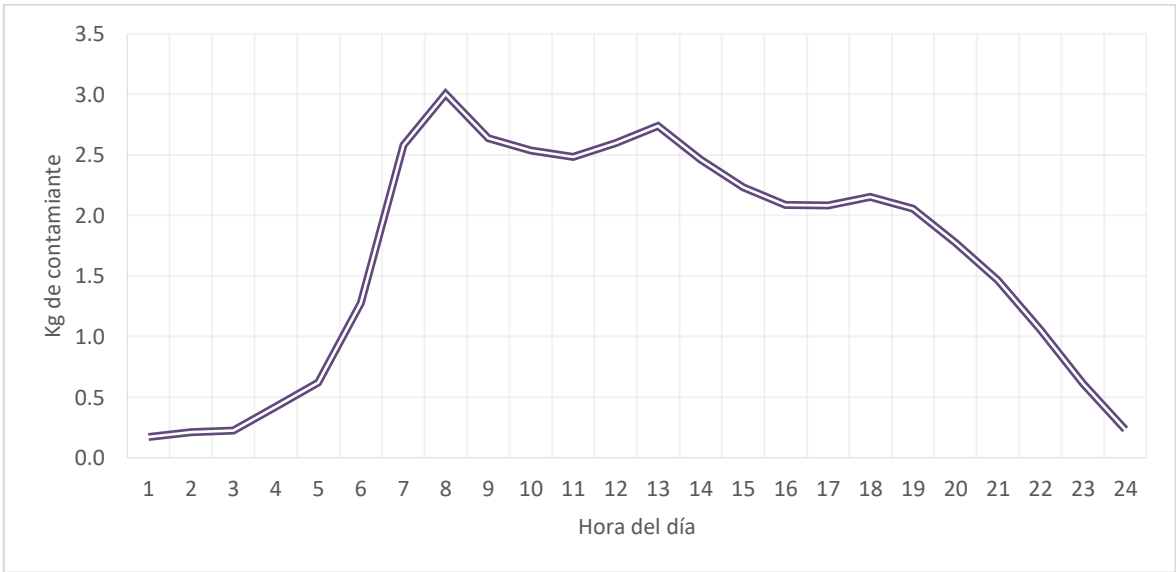
Desagregación temporal de VOC-evap en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Figura 29.

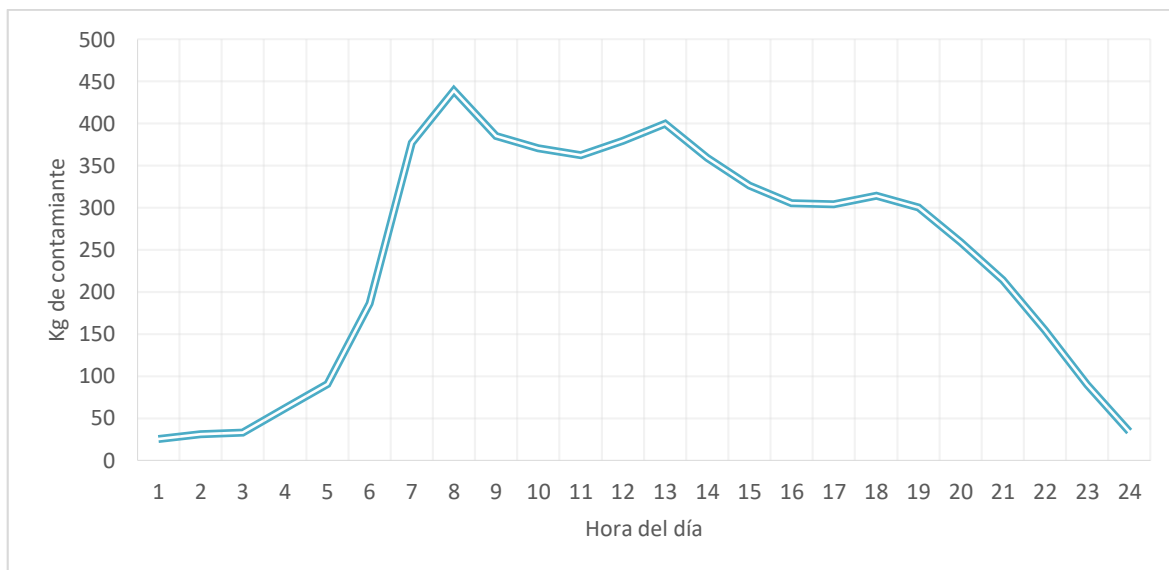
Desagregación temporal de SOx en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Figura 31

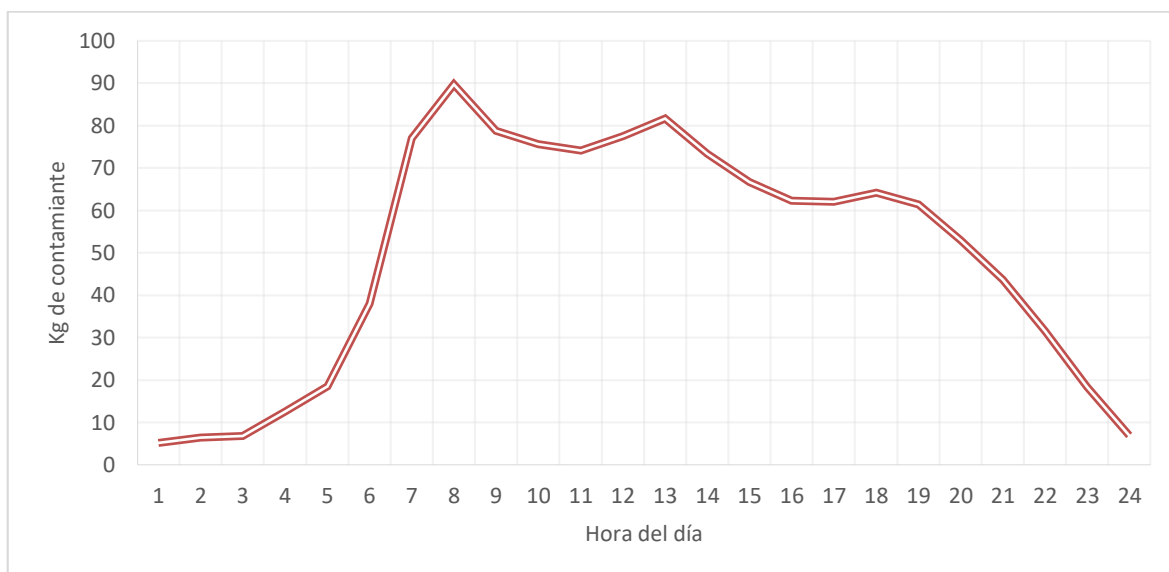
Desagregación temporal de NOx en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Figura 30.

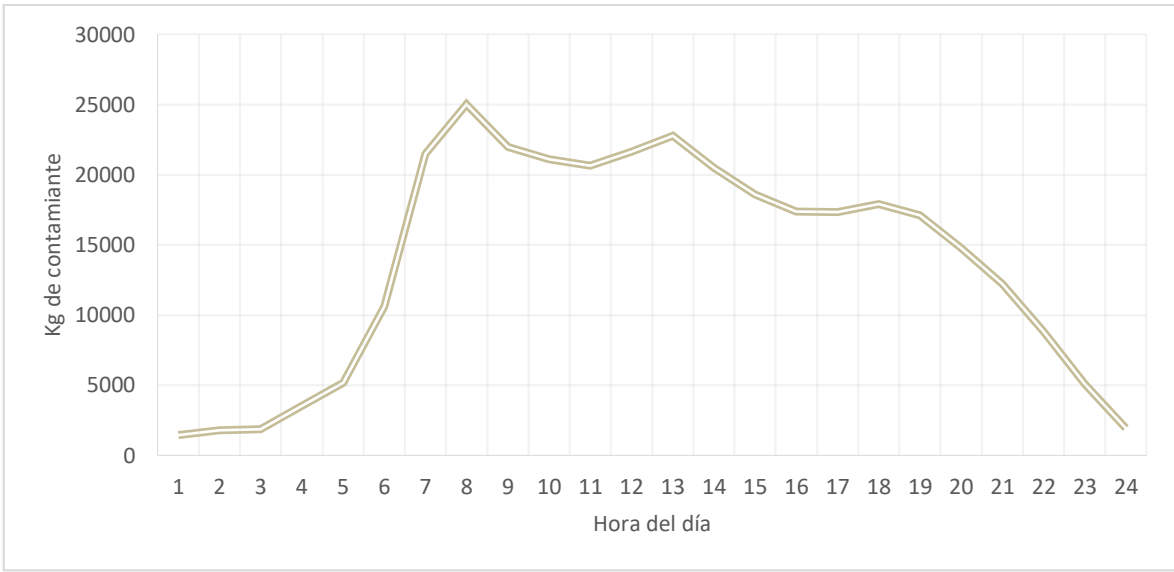
Desagregación temporal de PM en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Figura 31.

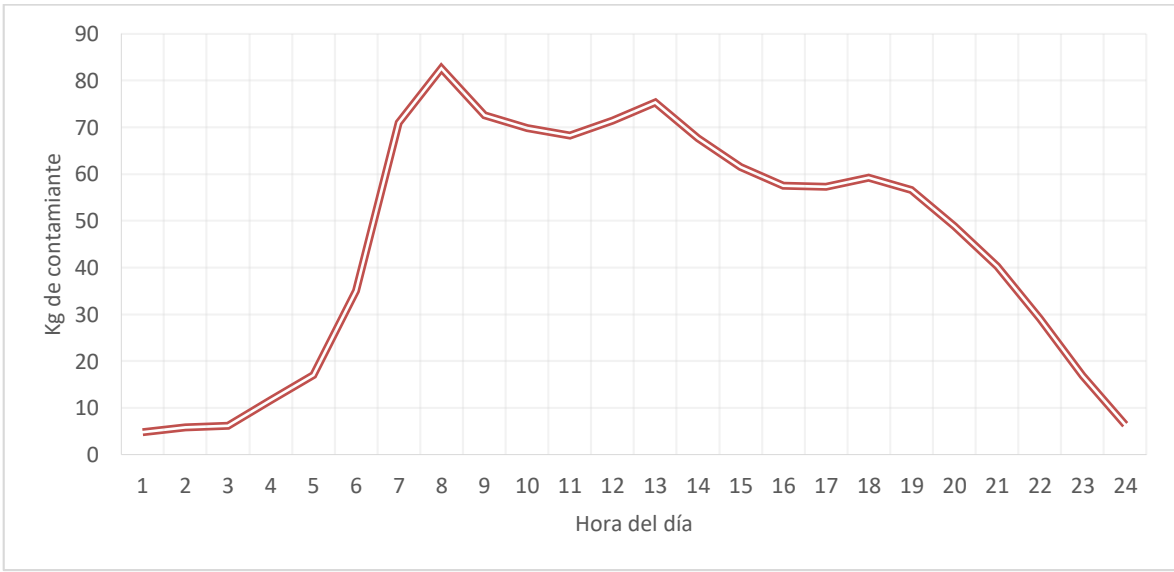
Desagregación temporal de CO₂ en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

Figura 32.

Desagregación temporal de CH₄ en el cantón Guano



Elaborado por: Autores

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Para la selección de las rutas de primer orden, se definieron tres rutas de entrada y salida desde Guano hacia otros cantones, abarcando hasta el límite geográfico del mismo. En cuanto a las rutas de segundo orden, se consideraron dos áreas: una correspondiente a la zona urbana, basada en las áreas más transitadas del cantón, y otra en la zona rural, con las vías principales que conectan las parroquias rurales. Además, cada ruta seleccionada incluyó tres zonas socioeconómicas: alta (zonas residenciales), media (zonas arteriales y comerciales), y baja (autopistas), para realizar el conteo del parque automotor. Se consideró que las carreteras panamericanas y autopistas presentaron el mayor flujo vehicular en las rutas de primer orden, mientras que las rutas de segundo orden, especialmente en las parroquias rurales, mostraron un mínimo de vehículos debido a la baja densidad vial y poblacional.

La variable distancia/tiempo, junto con los factores de localidad y la flota vehicular, fueron esenciales para el cálculo, ya que influyen directamente en la generación de emisiones. Se realizó una categorización representativa de vehículos que incluyó camiones, camionetas, buses, jeep/SUV, sedanes, taxis y motocicletas, siendo los sedanes los principales responsables de la generación de emisiones contaminantes. El modelo IVE calculó la concentración de estos contaminantes, reflejada en el inventario de emisiones del cantón Guano. Los resultados indicaron que el CO₂ fue el contaminante con mayor porcentaje de emisiones, alcanzando el 77,82%, seguido del CO con el 18,71%. Otros contaminantes tuvieron una menor contribución: el NO_x representó el 1,37%, los VOC el 1,36%, el PM el 0,28%, los VOCs el 0,20% y el CH₄ el 0,26%. El SO_x solo contribuyó con un 0,01% debido al bajo contenido de azufre en el combustible ecuatoriano, lo que hace que sus emisiones sean menos significativas en comparación con otros contaminantes.

La desagregación espacial permitió identificar que las rutas de primer orden, como la carretera Panamericana y las autopistas de entrada y salida del cantón Guano, concentraron el mayor flujo vehicular y el nivel más alto de emisiones. Además, en la zona central de Guano, correspondiente a la parroquia urbana, se observó un elevado grado de emisiones debido a la actividad del GAD municipal y a la presencia de áreas comerciales de gran dinamismo. Por otro lado, la desagregación temporal permitió determinar que las emisiones alcanzan su punto máximo durante las horas de la mañana, específicamente entre las 6:00 y las 8:30, coincidiendo con el ingreso a los centros de trabajo y a los establecimientos educativos, siendo los sedanes el tipo de vehículo con mayor presencia en este periodo.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar cámaras en puntos estratégicos para poder visualizar el flujo vehicular y dividir las rutas para el conteo depende de cuantas personas realizan la investigación formativa. Para el cálculo de las emisiones vehiculares en el modelo IVE es necesario que los datos sean puntuales con el mínimo grado de error.

Es importante el uso del manual de usuario de IVE porque favorece con ecuaciones manuales para obtener el estrés del motor y potencia específica vehicular (VSP), así también el uso de aplicaciones para el cálculo de los bins, en este caso Speed Emissions Evaluation y Velocímetro.

Aconsejable el uso de Sistema de Información Geográfica (SIG) para hacer una unión de las rutas seleccionadas y lograr realizar una comparación de todo el cantón Guano con respecto a las emisiones de contaminantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Monteverde, H. (2022). Contaminación ambiental. *Salud Publica de Mexico*, 15(2), 263–265. [https://doi.org/10.26820/recimundo/6.\(2\).abr.2022.93-103](https://doi.org/10.26820/recimundo/6.(2).abr.2022.93-103)
- Alejandra, E., & Arredondo, A. (2022). *Estimación del inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes móviles en el*. 1–87.
- Cari Otiz, E. F. (2015). *Aplicación del modelo IVE 2.0.2 en el cálculo de las emisiones de contaminantes atmosféricos gaseosos (CO₂, NO_x, CO, SO₂) generados por el parque automotor en el cercado de Ilo, provincia de Ilo, región Moquegua - 2019*. 052, 1–18.
- Carin, A. A., Sund, R. ., & Lahkar, B. K. (2018). Modelo de predicción de la calidad del aire a partir de datos meteorológicos e información del tráfico automovilístico. *Journal of Controlled Release*, 11(2), 430–439.
- Ferrer-Dávalos, R. M. (2023). Influence of technology adoption on organizational performance: evidence from Paraguayan microenterprises. *South Florida Journal of Development*, 4(2), 696–718. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n2-007>
- GADM Guano. (2024). *Plan de Territorial de Medellín*. <https://www.medellin.gov.co/es/wp-content/uploads/2022/10/POT-Medellin.pdf>
- Hernández Cerda, C. N., Ávila Galarza, A., & Cerda Alonso, D. G. (2022). Impacto de la movilidad urbana en la calidad del aire de la zona metropolitana de San Luis Potosí, México. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1), 1–27. <https://doi.org/10.15359/rca.57-1.8>
- Hernández, M., Encalada, M., & Molina, S. (2010). Plan Nacional de Calidad del Aire. *Ministerio Del Medio Ambiente*, 1(Reintegración Comunitaria), 5–90.
- Herrera Murillo, J., Rodríguez Román, S., & Rojas Marín, J. F. (2012). Determinación de las emisiones de contaminantes del aire generadas por fuentes móviles en carreteras de Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 25(1), 54.

<https://doi.org/10.18845/tm.v25i1.176>

Hilario Roman, N. (2017). Emisiones Contaminantes De Vehiculos Del Distrito De Huancayo.

Universidad Nacional Del Centro de Perú, 165.

Huarisueca, E., & Ramos, B. (2020). “Índice de contaminación ambiental vehicular y su relación con los mantenimientos preventivos en el taller del concesionario Autoespar

Toyota - Lima, 2019.” *Universidad Andina Del Cusco*, 1–118.

http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

International Sustainable Systems Research Center. (2008). *Manual del Usuario del Modelo*

IVE Mayo, 2008. 55.

Lema, R. P., & Aguirre, P. G. (2021). Análisis e intervención del sistema de transporte público

del cantón Guano. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 3(2), 6.

Llanes Cedeño, E. A., Rocha-Hoyos, J. C., Peralta Zurita, D. B., & Leguísamo Milla, J. C.

(2018). Evaluación de emisiones de gases en un vehículo liviano a gasolina en condiciones de altura. Caso de estudio Quito, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 149–158.

<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.201>

Lozano Hernández, C. J., Daza Guerra, O. R., Clavijo Cevallos, M. P., & Mantilla Parra, C.

(2018). Determinación De Los Contaminantes Mediante La Opacidad, Producto De La

Combustión Por Fuentes Móviles a Diésel En El Cantón La Maná, Provincia De Cotopaxi. *Ciencia Digital*, 2(4.2.), 29–50.

<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.2..200>

Medina, D. D. Q. (2019). Estimación de emisiones de CO2 en taxis con cilindrada 1400 cc bajo parámetros de conducción normal en la ciudad de cuenca, utilizando el modelo

IVE. *Tesis Pregrado-Universidad Del Azual*, 1–12.

<http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6819/1/07260.pdf>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Guía nacional para el control, monitoreo y seguimiento de emisiones de compuestos orgánicos volátiles* (Vol. 2). <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/guia-nacional-para-el-control-monitoreo-y-seguimiento-de-emisiones-de-compuestos-organicos-volatiles/>
- Muñoz Pérez, S., Salcedo Reátegui, J., & Sotomayor Mendoza, A. (2021). Contaminación ambiental producida por el tránsito vehicular y sus efectos en la salud humana: revisión de literatura. *Inventum*, 16(30), 20–30. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.30.2021.20-30>
- OMS. (2022). *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Peña, S. (2018). Impacto Impact of Atmospheric Contamination in Two Main Cities of Ecuador. *Universidad y Sociedad*, 10(2), 284–288. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>
- Placeres, M. R., Olite, F. D., & Toste, M. Á. (2006). La contaminación del aire: Su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 44(2).
- Rivera, N., Mata, C., Lalangui, J., Bermeo, A., Valdez, L., & Morocho, J. (2020). Análisis de emisiones contaminantes originados por el parque automotor en Cuenca. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, E30, 376–392. <https://www.proquest.com/openview/1efbc5d7cdd350b1d8db42721dd0fc72/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>
- Robalino Torres, C. geovanny. (2023). *Elaboración de un inventario de emisiones atmosféricas de fuentes móviles del cantón Ambato del año 2019, mediante la aplicación del modelo IVE*.
- Samaniego Meneses, W. D. (2021). “Estimación de las emisiones atmosféricas provenientes de fuentes móviles del cantón Guano aplicando el modelo computacional international vehicle emissions (IVE).” *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*

*FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA
AMBIENTAL.*

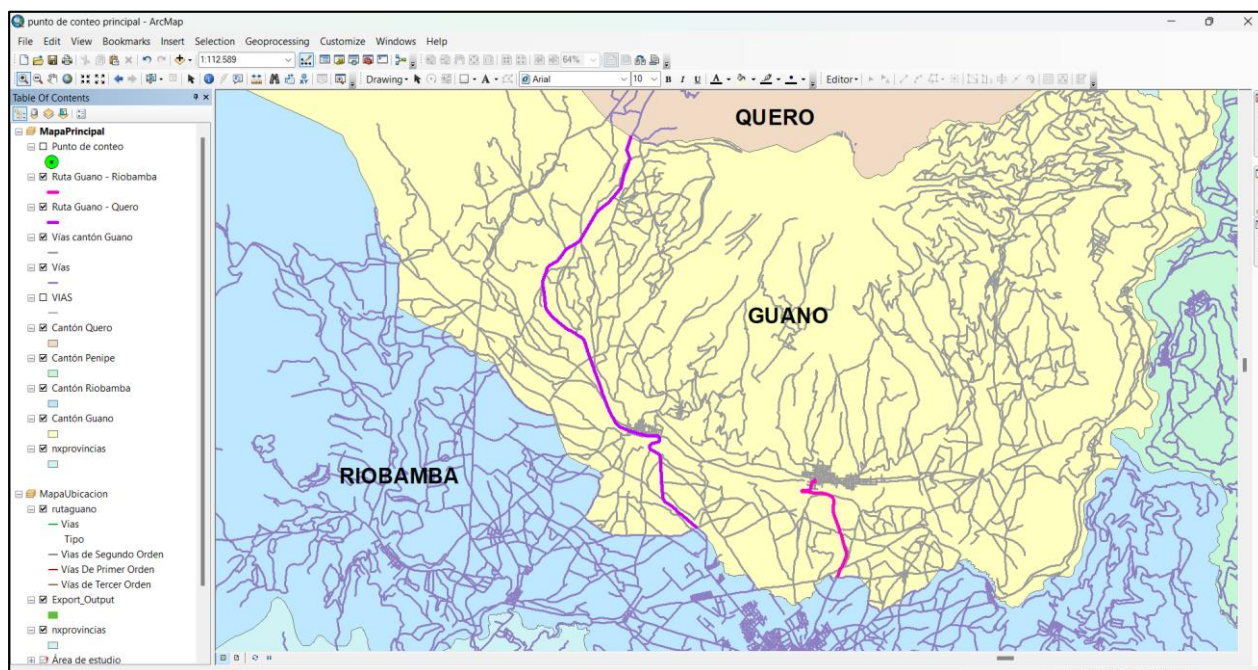
Valencia-Arroyave, D., Muñoz-Duque, M. A., Ramírez Muñoz, A., Alejandro, L., Jaramillo, B., & Hoyos-Restrepo, C. A. (2015). *A commuting emissions estimation model as a tool for the institutional environmental management Modelo para a estimativa de emissões veiculares como ferramenta para a administração ambiental institucional*. 10(1), 1–22.

Velepucha-Sánchez, J. M., & Sabando-Piguabe, L. F. (2021). Emisiones de gases contaminantes en vehículos livianos a gasolina. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8), 78–95.
<https://doi.org/10.46296/ig.v4i8.0024>

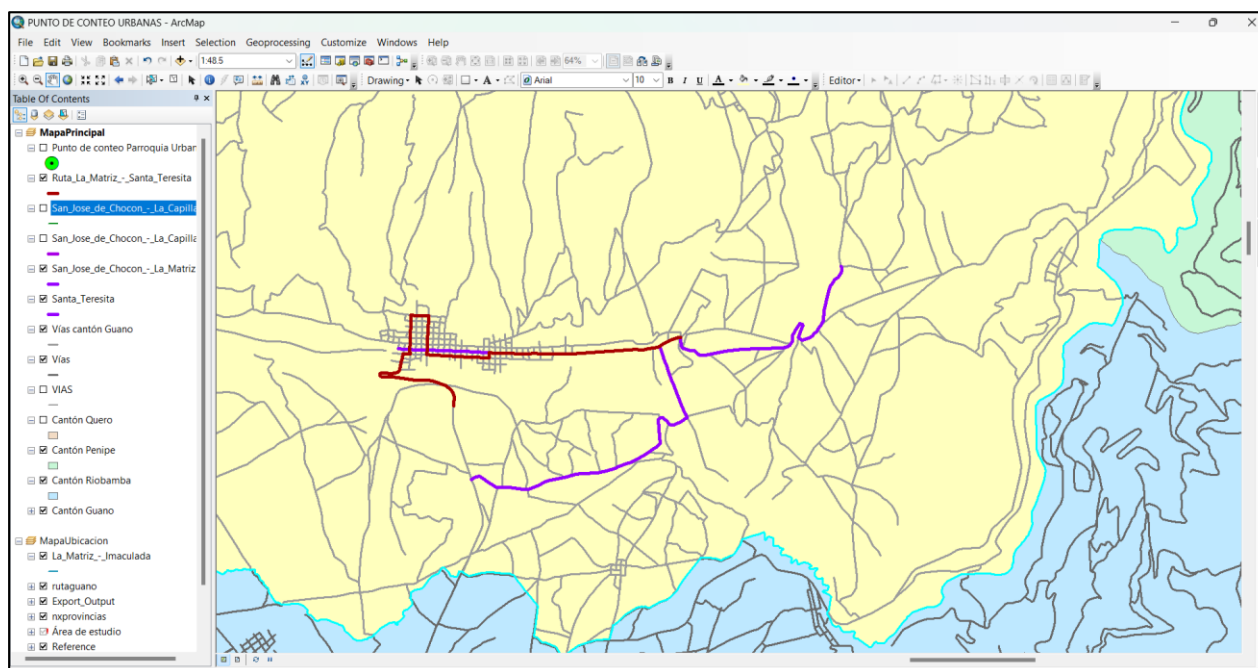
ANEXOS

Anexo A: Selección de Rutas

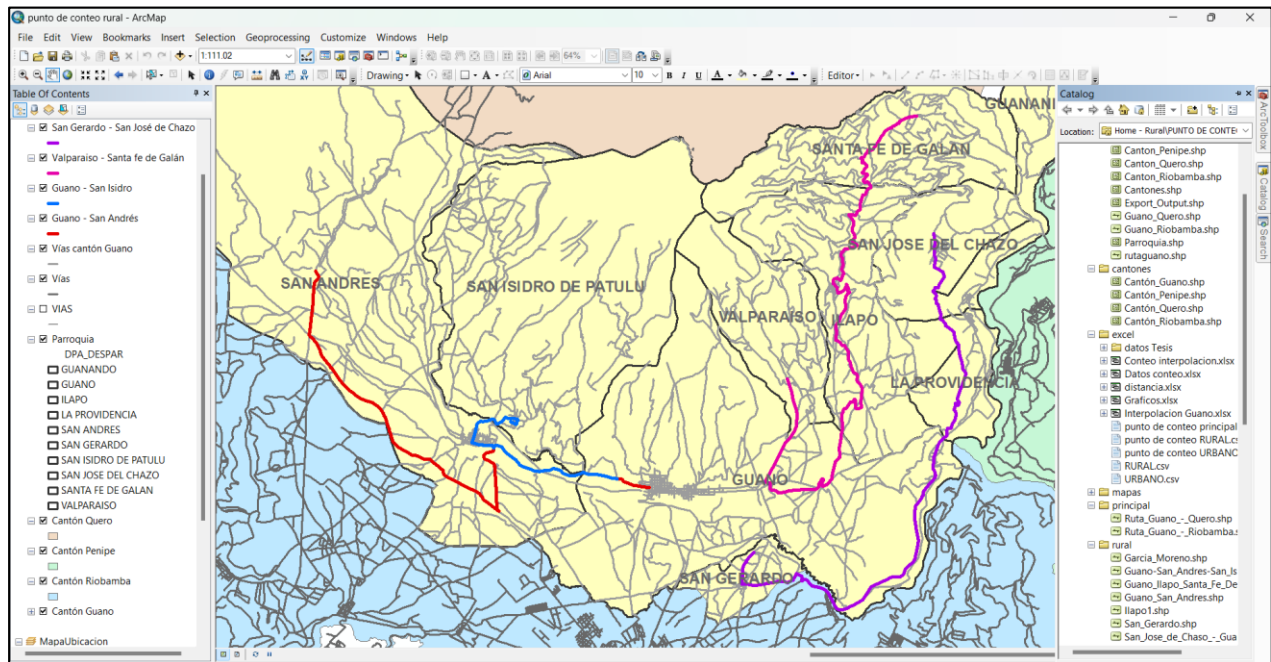
1. Ruta de primer orden



2. Ruta de segundo orden Guano parroquia Urbano



3. Ruta de segundo orden Guano Parroquia Rurales



Anexo B: Conteo Vehicular

Toma de datos en el sitio





➤ **Conteo ruta principal**

Promedio de conteo diario en ruta Guano-Quero

Distancia	Vía	Hora	Punto 1							Punto 2							Punto 3						
			Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep	Sedan	Taxi	Moto
19,63 km	Guano-Quero	0:00	11	3	14	12	18	2	1	13	4	21	21	38	8	6	8	4	13	11	23	4	5
		1:00	11	3	14	12	18	2	1	13	4	21	21	38	8	6	8	4	13	11	23	4	5
		2:00	11	3	14	12	18	2	1	13	4	21	21	38	8	6	8	4	13	11	23	4	5
		3:00	21	6	27	24	37	4	1	26	8	42	42	76	15	12	16	7	27	21	45	8	9
		4:00	21	6	27	24	37	4	1	26	8	42	42	76	15	12	16	7	27	21	45	8	9
		5:00	53	15	68	61	92	11	3	66	20	105	106	191	38	30	39	18	67	54	114	20	23
		6:00	96	26	122	110	166	19	5	119	35	188	190	344	68	53	70	32	121	96	204	35	41
		7:00	106	29	135	122	184	21	5	132	39	209	211	382	75	59	78	36	134	107	227	39	45
		8:00	93	29	157	138	197	12	4	147	40	231	207	272	64	36	99	35	141	118	146	48	21
		9:00	112	25	144	123	164	16	4	165	32	236	209	233	70	38	87	30	131	114	163	26	24
		10:00	113	27	134	120	143	15	6	142	30	209	195	253	56	25	98	35	148	104	143	31	16
		11:00	117	29	138	130	144	13	5	145	35	218	203	269	60	25	78	29	122	119	140	32	19
		12:00	110	30	135	123	156	13	4	140	37	204	208	321	68	40	83	33	132	110	169	30	22
		13:00	99	27	122	111	140	12	4	126	33	184	187	289	61	36	75	30	119	99	152	27	20
		14:00	88	24	108	98	125	11	3	112	30	163	166	257	54	32	67	26	106	88	135	24	18
		15:00	77	21	95	86	109	9	3	98	26	143	146	225	48	28	58	23	93	77	119	21	15
		16:00	77	21	95	86	109	9	3	98	26	143	146	225	48	28	58	23	93	77	119	21	15
		17:00	88	24	108	98	125	11	3	112	30	163	166	257	54	32	67	26	106	88	135	24	18
		18:00	88	24	108	98	125	11	3	112	30	163	166	257	54	32	67	26	106	88	135	24	18
		19:00	77	21	95	86	109	9	3	98	26	143	146	225	48	28	58	23	93	77	119	21	15
		20:00	66	18	81	74	94	8	2	84	22	122	125	193	41	24	50	20	79	66	102	18	13
		21:00	55	15	68	62	78	7	2	70	19	102	104	161	34	20	42	17	66	55	85	15	11
		22:00	33	9	41	37	47	4	1	42	11	61	62	96	20	12	25	10	40	33	51	9	7
		23:00	11	3	14	12	16	1	0	14	4	20	21	32	7	4	8	3	13	11	17	3	2
TOTAL			1636	438	2059	1862	2451	227	67	2115	550	3154	3112	4748	1020	624	1263	502	2003	1659	2634	496	394

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Guano-Riobamba

Distancia	Vía	Horario	Punto 1							Punto 2							Punto 3						
			Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto
5,32 km	Guano-Riobamba	0:00	0	0	3	2	8	9	0	0	0	8	7	29	9	0	0	0	8	6	29	9	0
		1:00	0	0	3	4	16	9	0	1	0	8	14	58	9	0	1	0	8	12	58	9	0
		2:00	0	0	3	4	16	9	0	1	0	8	14	58	9	0	1	0	8	12	58	9	0
		3:00	1	0	7	8	24	9	0	2	0	16	28	86	9	0	3	0	15	25	87	9	0
		4:00	2	2	13	12	32	18	2	4	2	31	41	115	18	6	5	2	30	37	116	18	7
		5:00	3	3	33	25	56	18	2	9	3	79	83	202	18	6	10	3	76	74	204	18	7
		6:00	5	14	59	37	76	63	9	13	16	141	124	274	62	36	15	16	136	112	276	64	43
		7:00	8	15	65	41	80	90	15	21	17	157	138	288	88	59	25	16	151	124	291	91	71
		8:00	10	14	43	46	77	83	16	27	18	136	98	238	87	30	37	18	146	110	243	82	58
		9:00	12	14	46	37	81	92	21	24	17	143	110	210	79	31	29	17	139	114	204	75	41
		10:00	14	15	55	72	69	79	19	29	16	133	112	206	64	43	44	14	156	107	212	67	49
		11:00	12	15	75	69	75	84	18	22	19	145	120	225	72	36	45	18	168	120	196	71	52
		12:00	13	15	63	75	78	80	23	20	18	149	129	247	79	42	58	20	172	134	256	85	62
		13:00	11	15	57	68	74	64	19	16	17	134	116	235	63	34	46	19	155	121	243	68	50
		14:00	9	12	50	60	70	64	19	14	14	119	103	222	63	34	41	16	138	107	230	68	50
		15:00	11	12	50	60	62	64	19	16	14	119	103	198	63	34	46	16	138	107	205	68	50
		16:00	9	12	50	60	62	64	19	14	14	119	103	198	63	34	41	16	138	107	205	68	50
		17:00	8	12	50	60	62	64	16	12	14	119	103	198	63	29	35	16	138	107	205	68	43
		18:00	7	12	44	60	62	64	12	10	14	105	103	198	63	21	29	16	120	107	205	68	31
		19:00	5	12	38	53	55	56	9	8	14	90	91	173	56	17	23	16	103	94	179	60	25
		20:00	4	8	32	45	47	48	7	6	9	75	78	148	48	13	17	10	86	80	154	51	19
		21:00	3	6	19	30	39	24	5	4	7	45	52	124	24	8	12	8	52	54	128	26	12
		22:00	1	0	13	15	23	16	2	2	0	30	26	74	16	4	6	0	34	27	77	17	6
		23:00	0	0	6	8	8	8	0	0	0	15	13	25	8	0	0	0	17	13	26	9	0
TOTAL			150	209	878	953	1255	1180	251	276	247	2125	1911	4026	1134	516	570	257	2330	1914	4088	1178	725

Elaborado por: Autores

➤ **Conteo ruta de segundo orden parroquias urbanas**

Promedio de conteo diario en ruta La Matriz-Santa Teresita

Distancia	Vía	Horario	Punto 1							Punto 2							Punto 3							
			Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	
10,72 km	Matriz-Santa Teresita	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		2:00	0	0	4	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
		3:00	0	0	7	3	6	13	0	0	0	7	1	4	6	0	0	0	3	1	2	4	0	0
		4:00	2	0	14	13	23	13	0	1	0	14	6	17	6	0	1	0	7	4	8	4	0	0
		5:00	3	2	29	20	46	25	2	2	2	27	9	34	12	3	2	1	13	6	17	9	2	2
		6:00	11	16	65	61	108	89	14	9	14	61	26	80	41	18	6	14	30	19	40	30	13	13
		7:00	15	17	72	67	114	127	24	12	15	68	29	84	58	30	8	14	33	21	42	43	21	21
		8:00	13	14	80	58	99	103	22	16	14	66	22	70	43	18	3	14	38	18	41	41	16	16
		9:00	12	15	88	66	111	115	20	13	16	56	34	60	36	14	8	14	35	16	39	23	11	11
		10:00	12	15	74	97	130	113	28	11	14	55	35	60	26	26	6	14	31	21	33	26	19	19
		11:00	12	14	90	88	132	108	29	12	15	53	39	63	46	20	9	14	36	16	39	25	13	13
		12:00	14	15	87	76	79	110	23	11	16	59	38	75	42	26	8	16	30	17	39	31	17	17
		13:00	13	14	78	68	75	99	18	10	15	53	34	72	38	21	7	15	27	16	37	28	14	14
		14:00	11	12	70	61	71	88	18	9	13	47	31	68	34	21	7	13	24	14	35	25	14	14
		15:00	11	12	70	61	63	88	18	9	13	47	31	60	34	21	7	13	24	14	31	25	14	14
		16:00	11	12	70	61	63	88	18	9	13	47	31	60	34	21	7	13	24	14	31	25	14	14
		17:00	10	12	70	61	63	88	16	8	13	47	31	60	34	18	6	13	24	14	31	25	12	12
		18:00	10	12	61	53	63	88	12	8	13	41	27	60	34	13	6	13	21	12	31	25	9	9
		19:00	7	12	52	46	56	77	9	6	13	35	23	53	29	11	4	13	18	10	27	22	7	7
		20:00	3	5	44	30	48	66	7	2	5	30	15	45	25	8	2	5	15	7	23	19	5	5
		21:00	1	0	26	23	32	33	5	1	0	18	11	30	13	5	1	0	9	5	16	9	3	3
		22:00	0	0	17	15	16	22	2	0	0	12	8	15	8	3	0	0	6	3	8	6	2	2
		23:00	0	0	9	8	8	11	0	0	0	6	4	8	4	0	0	0	3	2	4	3	0	0
TOTAL			171	199	1176	1037	1407	1565	287	149	203	854	485	1079	601	299	96	199	453	252	576	448	204	

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta San José de chocón- La Capilla

Distancia	Vía	Horario	Punto 1							Punto 2							Punto 3						
			Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto
9,74 km	San José de Chocón- La Capilla	0:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		2:00	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
		3:00	0	0	7	1	2	4	0	0	0	3	1	1	3	0	0	0	3	1	1	3	0
		4:00	1	0	14	3	8	4	0	2	0	6	3	4	3	0	2	0	6	3	5	3	0
		5:00	2	2	28	5	17	8	2	4	0	13	5	9	6	2	3	0	11	4	11	6	2
		6:00	8	15	62	16	39	28	13	14	3	29	14	21	20	11	12	2	25	13	26	21	13
		7:00	11	16	69	17	41	40	21	20	3	32	15	22	28	19	17	2	28	14	27	30	22
		8:00	9	16	69	17	40	42	15	15	2	24	12	18	15	17	20	2	20	9	20	16	16
		9:00	15	18	67	16	39	49	17	22	2	27	18	20	10	20	19	2	25	15	18	9	19
		10:00	14	16	58	17	39	39	20	18	3	19	11	17	7	13	21	2	20	10	19	10	15
		11:00	14	17	50	17	44	39	22	23	2	25	13	15	18	16	18	2	25	15	13	16	18
		12:00	11	19	40	18	43	35	21	19	2	18	17	21	21	24	20	2	19	20	25	26	27
		13:00	10	18	36	16	41	32	17	17	2	16	15	20	19	19	18	2	17	18	24	24	22
		14:00	9	15	32	15	39	28	17	15	2	14	14	19	17	19	16	2	15	16	23	21	22
		15:00	9	15	32	15	35	28	17	15	2	14	14	17	17	19	16	2	15	16	20	21	22
		16:00	9	15	32	15	35	28	17	15	2	14	14	17	17	19	16	2	15	16	20	21	22
		17:00	8	15	32	15	35	28	15	13	2	14	14	17	17	17	14	2	15	16	20	21	19
		18:00	8	15	28	13	35	28	11	13	2	13	12	17	17	12	14	2	14	14	20	21	14
		19:00	6	15	24	11	30	25	8	10	2	11	10	15	15	10	10	2	12	12	18	18	11
		20:00	2	6	20	7	26	21	6	4	1	9	7	13	13	7	4	1	10	8	15	16	8
		21:00	1	0	12	5	17	11	4	2	0	5	5	8	6	5	2	0	6	6	10	8	5
		22:00	0	0	8	4	9	7	2	0	0	4	3	4	4	2	0	0	4	4	5	5	3
		23:00	0	0	4	2	4	4	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	2	2	3	3	0
TOTAL			146	237	728	245	619	528	245	242	29	315	217	296	273	252	242	26	310	232	344	320	280

Elaborado por: Autores

➤ **Conteo ruta de segundo orden parroquias rurales**

Promedio de conteo diario en ruta Guano-San Andrés

Distancia	Vía	Horario	Punto 1							Punto 2							Punto 3						
			Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto
21,67 km	Guano-San Andrés	0:00	0	0	4	1	4	0	0	0	0	4	2	3	0	0	0	0	2	0	1	0	0
		1:00	0	0	4	1	4	0	0	0	0	4	2	3	0	0	0	0	2	0	1	0	0
		2:00	0	0	4	1	4	4	0	0	0	4	2	3	2	0	0	0	2	0	1	0	0
		3:00	0	0	7	1	4	4	0	0	0	8	2	3	2	0	0	0	4	0	1	0	0
		4:00	2	0	22	6	16	8	2	4	0	25	9	12	4	3	3	0	11	1	4	1	3
		5:00	4	0	29	8	32	15	2	9	1	34	13	25	8	3	5	1	14	1	9	1	3
		6:00	10	3	65	25	76	53	12	22	5	76	39	59	27	19	13	10	32	4	21	4	17
		7:00	19	3	72	28	80	75	20	44	5	84	43	62	39	32	25	10	36	4	22	6	29
		8:00	17	3	60	28	66	54	18	25	5	37	26	62	17	15	27	7	32	12	12	6	36
		9:00	15	1	55	34	61	55	17	19	5	39	21	47	15	7	20	5	35	10	19	4	13
		10:00	16	1	41	20	50	42	17	23	3	40	18	36	16	7	22	6	31	10	18	4	15
		11:00	27	0	54	38	56	52	18	44	5	35	33	55	26	19	39	7	32	11	19	5	23
		12:00	18	3	70	24	72	64	15	32	6	51	46	58	21	23	21	6	33	15	24	2	17
		13:00	16	3	63	22	69	58	12	29	6	46	41	55	19	18	19	6	30	14	23	2	14
		14:00	14	2	56	19	65	51	12	26	5	41	37	52	17	18	17	5	27	12	22	2	14
		15:00	13	2	56	19	58	51	12	22	5	41	37	46	17	18	15	5	27	12	19	2	14
		16:00	11	2	56	19	58	51	12	19	5	41	37	46	17	18	13	5	27	12	19	2	14
		17:00	9	2	56	19	58	51	11	16	5	41	37	46	17	16	11	5	27	12	19	2	12
		18:00	7	2	49	17	58	51	8	13	3	36	32	46	17	12	9	3	23	11	19	2	9
		19:00	2	0	42	14	51	45	6	3	0	31	28	41	15	9	2	0	20	9	17	1	7
		20:00	0	0	35	10	43	38	5	0	0	26	18	35	13	7	0	0	17	6	14	1	5
		21:00	0	0	21	7	29	19	3	0	0	15	14	23	6	5	0	0	10	5	10	1	3
		22:00	0	0	14	2	14	6	2	0	0	10	5	12	2	2	0	0	7	2	5	0	2
		23:00	0	0	7	0	7	3	0	0	0	5	0	6	1	0	0	0	3	0	2	0	0
TOTAL			200	29	942	367	1037	850	203	351	65	774	542	838	317	253	261	83	483	162	322	47	251

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Guano-San Isidro

Distancia	Vía	Horario	Punto 1							Punto 2							Punto 3						
			Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto
9,84 km	Guano - San Isidro	0:00	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0
		1:00	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	1	0	2	0	0
		2:00	0	0	2	1	2	2	0	0	0	2	1	4	1	0	0	0	1	0	2	1	0
		3:00	0	0	4	1	2	2	0	0	0	5	1	4	1	0	0	0	3	0	2	1	0
		4:00	2	0	12	3	9	4	0	2	0	14	3	16	3	0	1	0	8	2	9	1	0
		5:00	3	0	16	5	18	8	1	4	1	18	5	32	5	2	3	1	10	3	18	2	3
		6:00	8	2	36	15	44	27	7	9	7	41	15	75	18	13	7	5	23	8	43	8	16
		7:00	15	2	40	17	46	38	11	18	7	46	16	79	25	21	13	5	25	9	45	11	27
		8:00	12	1	36	15	42	21	4	16	3	39	18	58	17	13	15	5	14	8	16	10	10
		9:00	13	0	28	18	20	33	6	22	3	49	21	62	29	8	8	3	9	10	20	13	7
		10:00	7	1	39	19	29	35	13	5	2	52	14	53	19	16	7	1	20	7	17	9	10
		11:00	9	0	33	18	27	23	4	13	2	41	13	56	23	20	6	3	21	9	20	19	6
		12:00	10	1	29	12	32	36	7	18	5	40	22	67	23	24	9	4	22	7	33	10	10
		13:00	9	1	26	11	30	32	6	16	5	36	20	64	21	19	8	4	20	6	31	9	8
		14:00	8	1	23	10	29	29	6	14	4	32	18	60	18	19	7	3	18	6	30	8	8
		15:00	7	1	23	10	26	29	6	13	4	32	18	54	18	19	6	3	18	6	26	8	8
		16:00	6	1	23	10	26	29	6	11	4	32	18	54	18	19	5	3	18	6	26	8	8
		17:00	5	1	23	10	26	29	5	9	4	32	18	54	18	17	5	3	18	6	26	8	7
		18:00	4	1	21	8	26	29	4	7	3	28	16	54	18	12	4	2	15	5	26	8	5
		19:00	1	0	18	7	22	25	3	2	0	24	13	47	16	10	1	0	13	4	23	7	4
		20:00	0	0	15	5	19	22	2	0	0	20	9	40	14	7	0	0	11	3	20	6	3
		21:00	0	0	9	4	13	11	1	0	0	12	7	27	7	5	0	0	7	2	13	3	2
		22:00	0	0	6	1	6	4	1	0	0	8	2	13	2	2	0	0	4	1	7	1	1
		23:00	0	0	3	0	3	2	0	0	0	4	0	7	1	0	0	0	2	0	3	1	0
TOTAL			119	12	470	200	503	468	91	180	53	613	268	987	317	246	104	45	300	107	464	151	143

Elaborado por: Autores

Promedio de conteo diario en ruta Valparaíso-Santa Fe de Galán

Distancia	Vía	Horario	Punto 1							Punto 2							Punto 3						
			Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión	Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto
27,71 km	Valparaíso-S.F.Galan	0:00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		1:00	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
		2:00	0	0	1	0	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0
		3:00	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	3	0	1	0	0
		4:00	1	0	6	1	2	2	0	1	0	15	1	5	1	0	1	0	17	2	4	0	0
		5:00	1	0	9	1	5	4	1	1	0	20	2	10	2	2	1	0	23	2	9	0	1
		6:00	3	1	19	4	11	13	7	3	3	45	5	25	6	11	3	2	52	7	21	1	6
		7:00	5	1	21	4	12	18	12	5	3	50	5	26	9	18	6	2	57	8	22	1	10
		8:00	3	1	17	3	10	12	8	5	4	46	7	8	4	9	2	3	53	4	4	4	16
		9:00	4	1	19	5	8	17	7	9	2	30	2	8	3	5	1	2	26	0	3	0	5
		10:00	8	1	18	4	9	14	9	4	2	25	3	9	3	9	0	2	22	1	7	2	7
		11:00	3	0	15	3	8	11	6	5	2	28	3	7	1	3	1	2	23	2	5	0	14
		12:00	6	1	17	4	10	15	10	1	2	22	4	5	5	9	7	4	33	1	4	1	10
		13:00	5	1	16	4	10	14	8	1	2	20	4	5	5	7	6	4	30	1	4	1	8
		14:00	5	1	14	3	9	12	8	1	2	18	3	5	4	7	6	3	26	1	4	1	8
		15:00	4	1	14	3	8	12	8	1	2	18	3	4	4	7	5	3	26	1	3	1	8
		16:00	4	1	14	3	8	12	8	1	2	18	3	4	4	7	4	3	26	1	3	1	8
		17:00	3	1	14	3	8	12	7	1	2	18	3	4	4	6	4	3	26	1	3	1	7
		18:00	1	0	12	3	8	12	5	0	0	15	3	4	4	5	1	0	23	1	3	1	5
		19:00	0	0	10	2	7	11	4	0	0	13	2	4	4	4	0	0	20	1	3	1	4
		20:00	0	0	9	2	6	9	3	0	0	11	2	3	3	3	0	0	17	0	2	1	3
		21:00	0	0	5	1	4	5	2	0	0	7	1	2	2	2	0	0	10	0	2	0	2
		22:00	0	0	3	0	2	2	1	0	0	4	0	1	1	1	0	0	7	0	1	0	1
		23:00	0	0	2	0	1	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0
TOTAL			55	10	257	54	149	207	115	37	26	430	57	146	68	115	48	34	527	34	113	16	124

Elaborado por: Autores

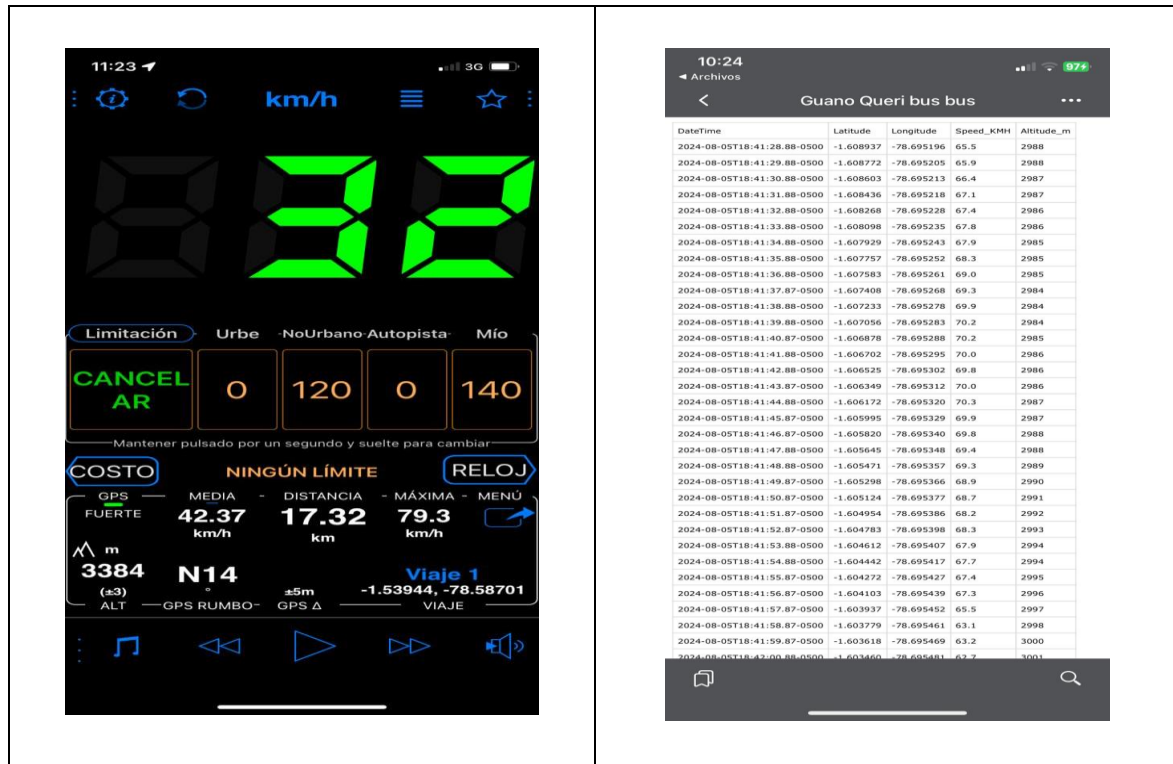
Promedio de conteo diario en ruta San Gerardo-San José de Chazo

Distancia	Vía	Horario	Punto 1								Punto 2						Punto 3								
			Camión		Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	camión		Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto	Camión		Bus	Camioneta	Jeep/SUV	Sedan	Taxi	Moto
24,075 Km	San Gerardo - San José Chazo	0:00	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1:00	0	0	3	0	2	0	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		2:00	0	0	3	1	2	0	0	0	0	4	1	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
		3:00	0	0	5	1	2	2	0	0	0	7	1	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	
		4:00	1	0	16	3	10	5	0	2	0	21	5	12	1	0	1	0	5	1	1	0	0	0	
		5:00	2	0	21	4	20	10	1	4	1	28	7	23	2	1	1	0	6	2	3	0	2	2	
		6:00	5	2	48	12	47	35	4	10	13	63	22	55	7	5	3	2	14	5	7	1	9	9	
		7:00	10	2	53	13	49	49	6	19	14	70	24	58	10	9	5	2	16	5	7	2	15	15	
		8:00	7	1	49	13	34	27	9	22	16	62	30	67	11	9	3	1	15	3	5	2	9	9	
		9:00	14	3	37	15	21	25	7	18	12	52	28	41	21	4	3	0	10	2	5	2	7	7	
		10:00	18	4	52	19	29	31	6	13	16	41	38	48	7	11	2	0	10	2	3	4	6	6	
		11:00	9	2	55	11	36	44	13	17	10	65	22	55	5	8	5	1	6	4	4	0	7	7	
		12:00	17	3	43	21	31	42	11	16	16	43	43	69	8	8	4	1	10	3	6	1	6	6	
		13:00	15	3	39	19	29	38	9	14	15	39	39	66	7	6	4	1	9	3	6	1	5	5	
		14:00	14	2	35	17	28	34	9	13	13	34	35	62	6	6	3	1	8	2	5	1	5	5	
		15:00	12	2	35	17	25	34	9	11	13	34	35	55	6	6	3	1	8	2	5	1	5	5	
		16:00	10	2	35	17	25	34	9	10	13	34	35	55	6	6	2	1	8	2	5	1	5	5	
		17:00	9	2	35	17	25	34	8	8	13	34	35	55	6	6	2	1	8	2	5	1	4	4	
		18:00	7	2	30	15	25	34	6	6	8	30	30	55	6	4	2	1	7	2	5	1	3	3	
		19:00	2	0	26	13	22	30	4	2	0	26	26	48	6	3	0	0	6	2	4	1	2	2	
		20:00	0	0	22	8	19	25	3	0	0	22	17	41	5	2	0	0	5	1	4	1	2	2	
		21:00	0	0	13	6	12	13	2	0	0	13	13	28	2	2	0	0	3	1	2	0	1	1	
		22:00	0	0	9	2	6	4	1	0	0	9	4	14	1	1	0	0	2	0	1	0	1	1	
		23:00	0	0	4	1	3	2	0	0	0	4	2	7	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	
TOTAL			151	31	668	244	506	553	116	185	173	739	492	927	126	99	42	12	161	45	85	20	93		

Elaborado por: Autores

Anexo C: Cálculo de emisiones

Aplicación de velocímetro



Cálculo en Excel _datos Velocímetro

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled 'Guanu-Quero Jeep-SUV - Excel (Error de activación de productos)'. The spreadsheet contains data for a vehicle test, including speed, distance, and altitude over time. The data is organized into columns for time, speed, distance, and altitude.

Time (sec)	Speed (mph)	Altitude (m)
13:16:00	0	2926
13:17:00	0.1863	2926
13:17:02	0.1242	2926
13:17:03	0.2484	2926
13:17:08	0.1863	2926
13:17:13	0.0621	2926
13:17:14	0.1863	2926
13:17:22	4.6575	2926
13:17:30	5.6511	2926
13:17:31	9.2529	2926
13:17:32	11.799	2926
13:17:33	13.8483	2927
13:17:34	16.0218	2928
13:17:35	16.4565	2928
13:17:36	17.6364	2928
13:17:37	10.751	2929

Aplicación Speed Emission Evaluation

Select Files to Evaluate

- ☐ All
- ☐ Example001.txt
- ☐ Example002.txt
- ☐ Example003.txt
- ☐ GPS_03_NE_MIC_050905.txt
- ☒ Guano-Quero Bus.txt
- ☐ Guano-Quero Camion.txt
- ☐ Guano-Quero Camioneta.txt
- ☐ Guano-Quero Jeep-SUV.txt
- ☐ Guano-Quero Moto.txt
- ☐ Guano-Quero Sedan.txt

PM Adj: 1.0 CO Adj: 1.0 CO2 Adj: 1.0 NO2 Adj: 1.0 THC Adj: 1.0
Test 001/Nissan Sunny 1992 KAH365V:Comments
Clear CALCULATE Sel All CALCULATE SAVE RESULTS

Calculation Results (%)

File Initials:

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

Cold Start Emissions: g/200 sec
Hot Start Emissions: g/200 sec

Running Emissions: g/km g/km
Actual Corrected to FTP

Low Stress	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.001	0.005	0.006	0.020	0.065	0.106	0.278	0.390	0.100	0.000	0.000	0.000	0.000
Med Stress	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.006	0.000	0.000	0.000
High Stress	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Data Number: 946 Average Speed: 54.468 km/hr

Desarrollo del modelo IVE

1. Datos flota

IVE Model 2.0.2

Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo Localidad Flota Ajustes Generales

Flota
Bus

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
1121	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroI : None : >161K km	20.0			
1113	Ds: Tk/Bus : Hv : FI : Particulate/NOx : None : <79K km	32.0			
1145	Ds: Tk/Bus : Lt : FI : EuroIV : None : >161K km	3.0			
1142	Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroIII : None : >161K km	45.0			

100.0% + 0.0% = 100.0% Normalización

2. Parámetro de localidad

IVE Model 2.0.2

Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo **Localidad** Flota Ajustes Generales

Localidad: **Guano-Quero Camioneta** Flota: **Camioneta** Ajustes Generales: **- ninguno -**

Día: **08** Mes: **Julio** Año: **2024** Día de la Semana: **Lunes** Altitud: **3000.0** metros Tipo de I/M: **ninguno**

Aire Acondicionado a 27°C: **5.0** % Pendiente Terreno: **0.0** %

Características Combustible

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

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

Hora: **0:00/día...** ☒ Use esta Hora

Características de Conducción ☐ Bins VSP ☐ Bins Soak

Humedad: **65.0** % Distancia/Tiempo: **142614.0** kilómetros Partidas: **145301.7**

Temperatura: **14.0** °Celsius

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
3.6	5.7	7.5	16.4	29.8	16.3	0.4	0.4	1.0	0.7
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
Bin VSP 20	Bin VSP 21	Bin VSP 22	Bin VSP 23	Bin VSP 24	Bin VSP 25	Bin VSP 26	Bin VSP 27	Bin VSP 28	Bin VSP 29
Bin VSP 30	Bin VSP 31	Bin VSP 32	Bin VSP 33	Bin VSP 34	Bin VSP 35	Bin VSP 36	Bin VSP 37	Bin VSP 38	Bin VSP 39
Bin VSP 40	Bin VSP 41	Bin VSP 42	Bin VSP 43	Bin VSP 44	Bin VSP 45	Bin VSP 46	Bin VSP 47	Bin VSP 48	Bin VSP 49
Bin VSP 50	Bin VSP 51	Bin VSP 52	Bin VSP 53	Bin VSP 54	Bin VSP 55	Bin VSP 56	Bin VSP 57	Bin VSP 58	Bin VSP 59

Velocidad Promedio: **61.6** km/hr

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

15 min: **46.0** 30 min: **25.2** 1 hora: **25.2** 2 horas: **25.2** 3 horas: **25.2** 4 horas: **25.2** 6 horas: **25.2** 8 horas: **25.2** 12 horas: **25.2** 18 horas: **25.2**

Total: **100.0** % Distribución Tiempo Soak

3. Cálculo de contaminantes critica

IVE Model 2.0.2

Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo **Localidad** Flota Ajustes Generales

Grupo Localidad: **- localidad Individual -**

Calcular Localidades: **Valparaíso-Santa Fe de Galán Buses (Bus)**

Localidades Disponibles:

- Guano-Quero Camion (Camion)
- Guano-Quero Buses (Bus)
- Guano-Quero Sedan (Sedan)
- Guano-Quero Jeep-SUV (Jeep-SUV)
- Guano-Quero Moto (Moto)
- Guano-Quero Camioneta (Camioneta)
- Guano-Quero Taxi (Taxi)
- Guano-Riobamba Buses (Bus)
- Guano-San Andres Camioneta (Camioneta)
- Guano-San Andres Buses (Bus)
- Guano-San Andres Camion (Camion)

Calcular una Hora

Calcular un Día

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

Distancia/Tiempo: **1949.0** km Partidas: **1195.9**

Contaminantes	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Partidas Hora	0.84	0.07	0.0	1.16	0.01	2.05
En Ruta Hora	5.51	1.17	0.0	7.48	0.08	1.7
Total Hora	6.35	1.23	0.0	8.64	0.09	3.75
Partidas Dia	0.84	0.07	0.0	1.16	0.01	2.05
En Ruta Dia	5.51	1.17	0.0	7.48	0.08	1.7
Total Dia	6.35	1.23	0.0	8.64	0.09	3.75

4. Cálculo de contaminantes de calentamiento global

IVE Model 2.0.2

Archivo Idioma

Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares

Cálculo Localidad Flota Ajustes Generales

Grupo Localidad
- localidad Individual -

Calcular Localidades
Valparaizo-Santa Fe de Galan Buses (Bus)

Localidades Disponibles

- Guano-Quero Camion (Camion)
- Guano-Quero Buses (Bus)
- Guano-Quero Sedan (Sedan)
- Guano-Quero Jeep-SUV (Jeep-SUV)
- Guano-Quero Moto (Moto)
- Guano-Quero Camioneta (Camioneta)
- Guano-Quero Taxi (Taxi)
- Guano-Riobamba Buses (Bus)
- Guano-San Andres Camioneta (Camioneta)
- Guano-San Andres Buses (Bus)
- Guano-San Andres Camion (Camion)

Agregar Remove

Calcular una Hora
Calcular un Día

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

Distancia/Tiempo 1949.0 km Partidas 1195.9

Contaminantes Criterio Tóxicos Calentamiento Global

	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
Partidas Hora	92.28	0.07	0.0
En Ruta Hora	818.64	0.09	0.0
Total Hora	910.93	0.16	0.0
Partidas Dia	92.28	0.07	0.0
En Ruta Dia	818.64	0.09	0.0
Total Dia	910.93	0.16	0.0

Resultados

Partidas Hora
En Ruta Hora
Total Hora
Partidas Dia
En Ruta Dia
Total Dia

Anexo D: Encuesta

Encuesta de caracterización de la flota vehicular

B I U

Análisis de concentración de emisiones gaseosas vehiculares mediante el modelo IVE de canton Guano

Señale que categoría vehicular ocupa

☒ Varias opciones

☐ Camion

☐ Bus

☐ Camioneta

☐ Sedan

☐ Jeep-Suv

☐ Taxi

