



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Y SANITARIA**



**ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES Y GASES DE EFECTO
INVERNADERO PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES EN EL MUNICIPIO DE
BECERRIL, CESAR**

AUTORES

**URIAH ARON BUSH FELIPE
JENNY MAJERLY SALAZAR VELOZA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR / CESAR**

2022

**www.unicesar.edu.co
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia**



**ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES Y GASES DE EFECTO
INVERNADERO PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES EN EL MUNICIPIO DE
BECERRIL, CESAR**

AUTORES

**URIAH ARON BUSH FELIPE
JENNY MAJERLY SALAZAR VELOZA**

DIRECTOR

JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ CASTILLA

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS
INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR / CESAR
2022**



DEDICATORIA

A Dios.

**A mis padres, por su esfuerzo, paciencia y apoyo para que este proyecto saliera
adelante.**

A todos los familiares que me ayudaron y brindaron su acompañamiento.

URIAH ARON BUSH FELIPE.





DEDICATORIA

Mi abuela Rosa Elena Martínez Marín que gracias a su amor, a su entrega y esfuerzo me ha dado la oportunidad de cumplir hoy este sueño, inculcando en mí el ejemplo de responsabilidad y me ha enseñado a tener fé para poder superar los obstáculos que se me han presentado a lo largo de este camino, siempre confiando en la voluntad de Dios.

A mi madre Jenny y a mi tía Flor por su amor y apoyo incondicional durante todo este proceso muchas gracias.

A toda mi familia que de alguna u otra manera con sus consejos y oraciones hicieron de mí una mejor persona acompañándome siempre en mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar está tesis a todas y cada una de las personas, amigos, compañeros, por ayudarnos mutuamente en este proceso de verdad muchas gracias siempre tendrán un espacio en mi corazón.

JENNY MAJERLY SALAZAR VELOZA.





AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en primer lugar a Dios por permitirnos llegar hasta este punto, por llenarnos de inteligencia, sabiduría y disciplina para culminar este proyecto. Agradecer a nuestro director José Luis Rodríguez Castilla, por ser guía en este proceso, por cada uno de sus aportes, sugerencias, por confiar y creer en los resultados de esta investigación. ¡Gracias por su dedicación y paciencia! Asimismo, gracias a los docentes en general y evaluadores de este estudio por siempre estar dispuesta a ayudar y compartir sus conocimientos; gracias por enseñarnos que antes de ser profesionales debemos aprender a ser personas.

También, queremos agradecer a la Universidad Popular del Cesar por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de crecer personal y profesionalmente y al programa de ingeniería ambiental y sanitaria.

URIAH ARON BUSH FELIPE.

JENNY MAJERLY SALAZAR VELOZA.





TABLA DE CONTENIDO

1.	TÍTULO.....	12
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
3.	JUSTIFICACIÓN	16
4.	OBJETIVOS	18
	4.1. OBJETIVO GENERAL	18
	4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5.	MARCO REFERENCIAL.....	19
	5.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	19
	5.2. MARCO TEÓRICO.....	22
	5.2.1. Contaminación atmosférica.....	22
	5.2.2. Efectos sobre la salud.....	23
	5.2.3. Inventario de emisiones.....	24
	5.2.4. Metodologías para la estimación de emisiones atmosféricas.....	24
	5.2.5. Fuentes móviles.....	26
	5.2.6. Principales contaminantes atmosféricos desde fuentes móviles	26
	5.3. MARCO CONCEPTUAL.....	28
	5.4. MARCO CONTEXTUAL	32
	5.4.1. UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR	32
	5.4.2. ÁREA DE ESTUDIO.....	34
	5.5. MARCO LEGAL	34
6.	MARCO METODOLÓGICO.....	39
	6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	39
	6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	39
	6.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	39
	6.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	39



6.5.	MUESTRA POBLACIONAL.....	39
6.6.	DESARROLLO METODOLÓGICO	39
6.6.1.	Fase 1. Caracterizar los vehículos automotores presentes en las vías identificadas con mayor tránsito vehicular en el municipio de Becerril, Cesar.....	40
6.6.2.	Fase 2. Determinar los aportes de emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero de las fuentes móviles municipio de Becerril, Cesar.	41
6.6.3.	Fase 3. Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mitigar el impacto ambiental causado por el tráfico vehicular	44
7.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	45
7.1.	IDENTIFICACIÓN DE VÍAS CON MAYOR AFLUENCIA VEHICULAR... ..	45
7.2.	AFOROS VEHICULARES EN LAS VÍAS DE ESTUDIO.....	46
7.3.	CARACTERÍSTICAS DE CONDUCCIÓN.	50
7.4.	CÁLCULO DE EMISIONES UTILIZANDO EL MODELO IVE.	57
7.5.	ANÁLISIS NORMATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	66
7.6.	ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE	71
8.	CONCLUSIONES	75
9.	RECOMENDACIONES.....	77
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78





LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato de registro de vehículo	81
Anexo 2. Formato de Encuestas.....	85
Anexo 3. Evidencia de la utilización del Software	86
Anexo 4. Evidencia de la grabación del aforo vehicular.	96
Anexo 5. Evidencia de la utilización de la app RELIVE.....	99
Anexo 6. Evidencia de la aplicación de las encuestas	100





LISTA DE TABLA

	Pág.
Tabla 1. Lineamientos legales.....	35
Tabla 2. Coeficientes de velocidad.	42
Tabla 3. Resultados del aforo vehicular.....	46
Tabla 4. Resultados aforo vehicular por cada tipología de becerril.....	48
Tabla 5. Selección de la velocidad promedio.....	50
Tabla 6. Límites definidos para los bins VSP/Estrés del motor - Modelo IVE.	52
Tabla 7. Categorías de Soak para Patrones de Partidas - Modelo IVE.	53
Tabla 8. Distribución de tecnologías IVE.....	54
Tabla 9. Características ambientales de la zona de estudio.	57
Tabla 10. Contaminantes criterios - emisiones resultantes.	57
Tabla 11. Calentamiento Global - emisiones resultantes.....	62
Tabla 12. Tóxicos - emisiones resultantes.	65
Tabla 13. Límite máximo de emisión para vehículos medianos y livianos.	66
Tabla 14. Límite máximo de emisión para motocicletas.	67
Tabla 15. Límite máximo de emisión para vehículos livianos y medianos.	67
Tabla 16. Límite máximo de emisión para vehiculo pesado motor Diesel.....	68
Tabla 17. Estrategia 1.....	71
Tabla 18. Estrategia 2.....	71
Tabla 19. Estrategia 3.....	71
Tabla 20. Estrategia 4.....	72
Tabla 21. Estrategia 5.....	73
Tabla 22. Estrategia 6.....	73
Tabla 23. Estrategia 7.....	74





LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo de los contaminantes a la atmosfera.....	23
Figura 2. División política departamento del Cesar.....	33
Figura 3. Ubicación de la vía de mayor afluencia vehicular.....	45
Figura 4. Cantidad de Vehículos transitados en el periodo de estudio.	49
Figura 5. Distribución porcentual de la de flota vehicular.....	49
Figura 6. Emisiones de CO (g). En la via principal de Becerril.....	59
Figura 7. Emisiones de VOC (g). En la via principal de Becerril.....	59
Figura 8. Emisiones de VOC evap (g). En la via principal de Becerril.	60
Figura 9. Emisiones de NOx (g). En la via principal de Becerril.	60
Figura 10. Emisiones de SOx (g). En la via principal de Becerril.....	61
Figura 11. Emisiones de PM10 (g). En la via principal de Becerril.	61
Figura 12. Emisiones de CO2 (g). En la via principal de Becerril.....	63
Figura 13. Emisiones de N2O (g). En la via principal de Becerril.	64
Figura 14. Emisiones de CH4 (g). En la via principal de Becerril.....	645





RESUMEN

La contaminación atmosférica es un tema de gran interés debido a las consecuencias que esta tiene sobre la salud pública y el medio ambiente. Este estudio tuvo como objetivo estimar las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero provenientes de fuentes móviles en el municipio de Becerril, Cesar. La metodología fue descriptiva y de campo, se realizó la caracterización de vehículos, luego los datos fueron registrados en el programa IVE con el fin de conocer las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero de las fuentes móviles del municipio de estudio. En cuanto a los resultados, las motos son los vehículos que más transitan por la vía con 53900 unidades, seguido del carro particular con 12502 unidades, en total se establecieron 16 categorías vehiculares; la velocidad promedio de los vehículos por la vía fue de 25 kilómetros por hora, y una aceleración de 6.96 m/s^2 , el valor de la potencia específica del motor (VSP) fue de 3.575 y los bins de 12 – 32 – 52. Para el contaminante CO el grupo de motos es el que más concentraciones emite siendo de 40984968.81 g, para los NOx, las motos emiten 633428.84 g, en el caso de PM10 la emisión fue de 349857, 05 g. En cuanto a los Gases de Efecto Invernadero, el CO2 tuvo una emisión de 20900346,4 g, el N2O con un valor de 785,45 g, seguido del CH4 con 1550981,09 g. cabe señalar que ningún vehículo cumple con la concentración permitida por la resolución 910 de 2008 y resolución 1111 de 2013.

Palabras clave: Calidad del Aire, Contaminación; Gases de Efecto Invernadero; IVE.





ABSTRACT

Air pollution is a subject of great interest due to the consequences it has on public health and the environment. The objective of this study was to estimate the emissions of pollutants and greenhouse gases from mobile sources in the municipality of Becerril, Cesar. The methodology was descriptive and field, the characterization of vehicles was carried out, then the data was registered in the IVE program in order to know the emissions of pollutants and greenhouse gases from the mobile sources of the study municipality. Regarding the results, motorcycles are the vehicles that travel the most on the road with 53,900 units, followed by the private car with 12,502 units, in total 16 vehicle categories were established; the average speed of the vehicles on the road was 25 kilometers per hour, and an acceleration of 6.96 m/s^2 , the value of the engine's specific power (VSP) was 3.575 and the bins were 12 – 32 – 52 For the CO pollutant, the group of motorcycles is the one that emits the highest concentrations, being 40984968.81 g, for NOx, the motorcycles emit 633428.84 g, in the case of PM10 the emission was 349857.05 g. Regarding Greenhouse Gases, CO₂ had an emission of 20900346.4 g, N₂O with a value of 785.45 g, followed by CH₄ with 1550981.09 g. It should be noted that no vehicle complies with the concentration allowed by resolution 910 of 2008 and resolution 1111 of 2013.

Keywords: Air Quality, Pollution; Greenhouse gases; IVE.





1. TÍTULO

**ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES Y GASES DE EFECTO
INVERNADERO PROVENIENTES DE FUENTES MÓVILES EN EL MUNICIPIO DE
BECERRIL, CESAR**





INTRODUCCION

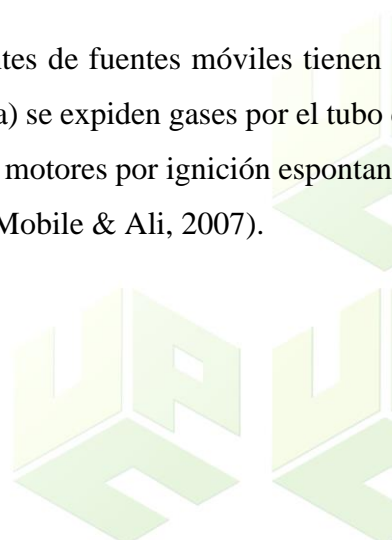
Cada día es más alarmante la contaminación ambiental y el calentamiento global en el planeta tierra, el ser humano ha dejado atrás el equilibrio entre crecer como civilización y cuidar la parte ambiental y notamos que en la carrera del hombre por crecer como civilización crece la preocupación por el ambiente el cual se ve gravemente afectado.

Por esta razón es importante que determinemos los niveles de contaminación atmosférica, el cual es el problema más grave que se presentan en las ciudades, ya que los diversos gases y el material particulado que se encuentran suspendidos en el aire representan un gran daño para la salud humana y el ambiente, y de esta forma poder crear estrategias de mitigación, control y posterior prevención de estos contaminantes.

En base a esta problemática se recurre a un método para la estimación de emisiones de manera indirecta, usando el modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE). El cual predice contaminantes atmosféricos locales, gases responsables de efecto invernadero y tóxicos (International Sustainable Systems Research Center, 2008; Londoño, Correa, & Palacio, 2011).

Por medio de este estudio se determinará los contaminantes y gases efecto invernadero del municipio de Becerril, teniendo en cuenta toda la flota vehicular que circula por la vía principal del municipio, ya que esta es la que presenta mayor circulación durante el día y aporta en gran manera a los contaminantes atmosféricos.

Las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de fuentes móviles tienen su origen en el tipo de combustión que utiliza, por chispa (a gasolina) se expiden gases por el tubo de escape, el carburador, el Carter y el tanque combustible; para los motores por ignición espontánea (a Diésel) las mayores emisiones provienen del tubo de escape (Mobile & Ali, 2007).





2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades económicas, sociales y tecnológicas generan una cantidad significativa de emisiones de gases de efecto invernadero principalmente de dióxido de carbono; estos gases provocan que la radiación infrarroja se detenga en la atmosfera calentando la superficie de la tierra y la parte interior de la atmosfera (Londoño, Correa y Palacio, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona en algunas de sus cifras que una de cada ocho muertes ocurridas a nivel mundial, es por la contaminación del aire. Debido a esto en Colombia, se ha tomado un monitoreo y control de la contaminación atmosférica y se le da mayor importancia. A nivel nacional, el Departamento Nacional de Planeación (DNP) estimó que, durante el año 2015 los efectos de este fenómeno estuvieron asociados a 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades. Adicionalmente, los 320 costos ambientales asociados a la contaminación atmosférica en Colombia durante los últimos años se incrementaron pasando de 1,1% del Producto Interno Bruto (PIB) de 2009 (\$5,7 billones de pesos) a 1,59% del PIB de 2014 (\$12 billones de pesos) y del 1,93% del PIB en 2015 (\$15.4 billones de pesos), estos datos dejan evidencia de implementar estrategias para inspeccionar, evaluar y monitorear estas sustancias. (IDEAM, 2014).

Asimismo, según los últimos datos del estado de la calidad del aire, elaborados por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), el contaminante con mayor potencial de afectación en el territorio nacional es el Material Particulado Menor a 2,5 micras (PM_{2.5}), el cual está constituido por partículas muy pequeñas producidas principalmente por los vehículos pesados, que utilizan diésel como combustible y que pueden transportar material muy peligroso para la salud humana como metales pesados, compuestos orgánicos y virus, afectando de este modo las vías respiratorias (IDEAM, 2014).

Las fuentes móviles emiten gases por el tubo de escape y emisiones evaporativas, entre ellos se tiene a los contaminantes criterio como: CO, COV, COV evap, NO_x, SO_x, MP y gases de efecto invernadero como: CO₂, N₂O y CH₄. Bajo ciertas condiciones meteorológicas estos gases



pueden propiciar la formación de smog fotoquímico, formación de lluvias acidas e inversión térmica, que afectan la calidad del aire. Los efectos del calentamiento atmosférico son la expansión de los desiertos, el derretimiento del hielo polar, el aumento del nivel del mar, catástrofes climatológicas, estrés biológico y posiblemente otros efectos desconocidos hasta el momento con sus correspondientes impactos sobre el bienestar humano y la economía mundial (Londoño, 2006).

Este estudio tiene lugar en el municipio de Becerril ubicado en el departamento del Cesar el cual tiene una actividad económica muy activa y es uno de los municipios que se encuentra dentro del área de influencia de la actividad minera, debido a estas situaciones se presenta una alta afluencia vehicular generando así emisiones de diferentes contaminantes y gases de efecto invernadero que se encuentran por encima de la normatividad y por consecuencia impactan de manera negativa en la salud de la comunidad y en el medio ambiente.

¿Cuáles son los niveles de emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero provenientes de fuentes móviles en el municipio de Becerril, Cesar?





3. JUSTIFICACIÓN

Una de las estrategias de seguimiento y monitoreo de la calidad de aire se realiza mediante los inventarios de emisiones atmosféricas de contaminantes criterio (CO, NO₂, SO₂, O₃) y dióxido de carbono (por su aporte al efecto invernadero) (Dávila Pinzón, 2015) originadas por fuentes móviles que constituyen una herramienta fundamental para la planeación de programas de prevención y control de la contaminación así como el cumplimiento de los compromisos adquiridos sobre el Cambio Climático (Londoño et al., 2011).

Dentro de los múltiples beneficios que presentan los inventarios de emisiones atmosféricas se destaca que estos se constituyen como una fuente de información para la toma de decisiones porque dan cuenta si las emisiones son significativas para el lugar en donde se haga el estudio con lo cual se pueden plantear estrategias de prevención y/ o mitigación en aras de garantizar una excelente calidad del aire que no tenga perjuicios sobre el ambiente y la salud de los habitantes, además, de acuerdo con (Hilario 2017); los inventarios de emisiones permiten entender los problemas relacionados con la calidad del aire ya que permiten hacerle seguimiento al avance de la aplicación de las políticas públicas ambientales determinando sí estas han sido eficientes.

Los beneficiarios directos de estudio será la comunidad de Becerril debido a que por medio de los resultados de esta investigación la secretaría de medio ambiente municipal y CORPOCESAR podrán diseñar e implementar planes de descontaminación con estrategias de diferente naturaleza en las que se defina su objetivo, medidas reglamentarias, cronogramas para el mejoramiento del aire que respiran los habitantes de este municipio.

Por último, el inventario de emisiones de contaminantes y GEI proporciona una herramienta para la gestión de la calidad del aire. Los resultados de la investigación describen la magnitud de la carga de contaminante y características de la fuente contaminante (que para este caso son las fuentes móviles) de manera que se actualice y diseñe planes de acción con estrategias más efectivos para el mejoramiento de la calidad del aire y alcanzar los Estándares de Calidad



Ambientales. La investigación pretende contribuir en la solución de los problemas de contaminación atmosférica.





4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Estimar las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero provenientes de fuentes móviles en el municipio de Becerril, Cesar.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar los vehículos automotores presentes en las vías identificadas con mayor tránsito vehicular en el municipio de Becerril, Cesar.
- Determinar los aportes de emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero de las fuentes móviles municipio de Becerril, Cesar.
- Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mitigar el impacto ambiental causado por el tráfico vehicular





5. MARCO REFERENCIAL

5.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Calla y Luján (2018) realizaron una investigación titulada Inventario de emisiones de fuentes móviles con una distribución espacial y temporal para el área metropolitana de Cochabamba, Bolivia para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad Católica Boliviana; para tal fin se realizó una proyección exponencial (para el 2016) del parque automotor del lugar, de esa manera se logró conocer la población con la que se trabajó; para el cálculo de las emisiones se utilizó el programa IVEM (International Vehicle Emission Model) se calculó las emisiones horarias de contaminantes atmosféricos y gases de efecto invernadero, considerando que el día empezaba las 6:00 hasta 20:00 y así se generó la distribución temporal. Para conocer la distribución espacial se utilizaron los programas ArcGIS®, Google Earth y SAS Planet, con la ayuda de estos programas se exportó imágenes raster donde se demarcó las calles por tramos dentro de áreas delimitadas para cada municipio, se obtuvo información para las calles más transitadas como las de menor tráfico, de tal manera que se puede conocer el grado de exposición a estos contaminantes. El contaminante que se emitió en mayor cantidad, dentro del área de estudio, fue el CO₂ con un valor de 791.091,71 Mg año⁻¹ que es un gas de efecto invernadero, el siguiente contaminante con mayor emisión fue el CO con un valor de 148.480,19 Mg año⁻¹, estos se generaron en mayor cantidad a comparación de los demás contaminantes, en las horas de embotellamiento del tráfico vehicular y en las zonas céntricas de cada municipio.

Hilario (2017) realizó una investigación titulada Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo para optar por el título de doctor en ciencias ambientales y desarrollo sostenible de la Universidad Nacional del centro del Perú; cuyo objetivo principal fue estimar la cantidad de emisiones contaminantes de vehículos en el distrito de Huancayo para el año 2016, específicamente de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes criterio utilizando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), la población fue de 61.504 unidades registradas.



Se caracterizó la flota vehicular, se recopiló información de tecnología vehicular mediante encuestas, paralelamente se realizó grabaciones y conteo vehicular para determinar la fracción de categorías vehiculares. Se determinó los patrones de conducción de las diferentes categorías vehiculares, mediante el software Speed Analysis Evaluation y las unidades de posicionamiento global satelital (GPS). El procesamiento de la información recopilada consistió en la generación de dos archivos: archivo localidad y archivo flota, dichos archivos son el insumo principal para el ingreso de información al modelo (IVE), generando así 44.511,4 toneladas anuales de contaminantes criterio, el monóxido de carbono (CO) se emite en mayor cantidad de 36.348,4 Tm/año y se emite en menor cantidad los óxidos de azufre (SOX) de 138,8 Tm/año. Los gases de efecto invernadero es de 255.824,9 toneladas anuales, el dióxido de carbono (CO₂) se emite en mayor cantidad de 255.047,4 Tm/año y se emite en menor cantidad los óxidos nitrosos (N₂O) de 7.3 Tm/año, los automóviles es la categoría que más aporta contaminantes.

Albornoz y Guerrero (2019) realizó una investigación titulada Inventario de emisiones atmosféricas de CO₂ provenientes de fuentes móviles en el municipio de Mosquera por medio del modelo IVE para optar por el título de ingeniero ambiental de la Universidad de Cundinamarca; para tal fin se realizó un aforo vehicular por medio de un formulario de registro y cámaras de video durante una semana en cuatro (4) vías del municipio con mayor flujo vehicular con el fin de determinar el número de vehículos que transitan por cada vía estudiada. Se clasificó el parque automotor según su tecnología, tamaño de vehículo, tipo de combustible y uso de vehículo en 9 categorías vehiculares determinadas por IVE. Adicionalmente, se usó la aplicación Avenza para conocer la velocidad promedio, velocidad segunda a segundo, altitud, distancia y ubicación; con esta información se calculó la aceleración, potencia específica del motor (VSP), índice RPM, estrés del motor y distribución SOAK, datos requeridos para que el modelo IVE genere las emisiones vehiculares en el municipio de Mosquera. Finalmente, se pudo observar que las emisiones diarias totales en el municipio de Mosquera son de 434.302,53 Kg/día, donde la vía Mosquera-Funza aporta el 67,75% de las emisiones totales, vía Panamericana 27,03%, Biblioteca 3,94 % y Parque principal 1,29%.



Por último, se modeló la dispersión de emisiones de CO₂ con el fin de conocer los puntos neurálgicos de mayor impacto y como son distribuidas estas emisiones alrededor del municipio, teniendo en cuenta que estas emisiones son dirigidas hacia los municipios de Funza y Madrid.

Londoño, Correa y Palacio (2011) Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia; para la estimación de contaminantes atmosféricos (CO, NO_x, SO₂, PM₁₀ y COV) provenientes de fuentes móviles en la zona urbana del municipio de Envigado para el año 2010 se utilizó información de vehículos matriculados en el municipio, aforos, distribución y actividad vehiculares. Las emisiones fueron estimadas mediante los factores establecidos en el método IVE que mejor se ajustaron a los patrones de movilidad, características del parque automotor y tipo de combustibles presentes en la zona de estudio. Como resultado, fue posible estimar las emisiones horarias y diarias de los contaminantes analizados, y con la ayuda de un sistema SIG, se representaron gráficamente. A partir de los resultados, se evidenció que las mayores emisiones se presentaron sobre las vías con mayor tránsito vehicular (Carrera 50 o Avenida Regional, carrera 48 o Avenida Las Vegas, carrera 43A o Avenida El Poblado y vía paralela a la quebrada La Ayurá); el mayor aporte lo hace el monóxido de carbono (CO) con 18,4 t d⁻¹ (71,3 %), la hora del día con mayor emisión de este contaminante es las 12:00 horas con 1,4 t h⁻¹ (7,4 %) y la categoría vehicular que más aporta a los niveles ambientales con este contaminante es Autos con 8,3 ton d⁻¹ (32,7 %).

Rojas (2015) realizó una investigación titulada Estimación de Emisiones de Contaminantes Provenientes de Fuentes Móviles en la Jurisdicción CAR, para optar por el título de Magister en ingeniería ambiental de la Universidad Nacional de Colombia; para tal fin se implementó la metodología IVE para la recolección de datos representativos de la región, incluyendo patrones de conducción y la actividad y distribución de la flota vehicular. Adicionalmente, por medio de simulación de Monte Carlo y propagación de errores se determinó la incertidumbre asociada al inventario. Las categorías vehiculares incluidas en la investigación fueron las flotas de vehículos particulares, buses, camiones, taxis y motocicletas.



El inventario junto con la incertidumbre (U) asociada muestran que en la región se emitieron, 1.523 ton PM10/año ($U = -235 + 468$ ton PM10/año), 109.253 ton CO/año ($U = -17.805 + 33.942$ ton CO/año), 27.260 ton NOX/año ($U = -3.942 + 7.246$ ton NOX/año), 250 ton SOX/año ($U = -33 + 60$ ton SOX/año) y 24.820 ton COV/año ($U = -5.422 + 11.279$ ton COV/año), en el año 2012. Los vehículos particulares, taxis y motocicletas emiten primordialmente CO. En el caso de NOX y SOX, la flota de buses, camiones y vehículos de pasajeros son las principales fuentes de emisión. Las motocicletas constituyen la principal fuente de COV y la tercera fuente de PM10, después de la flota de camiones y buses.

Echávez, K., Pastran, Y., & Polo, A. (2015). Realizaron una investigación titulada Estimación del CO₂ emitido y capturado en la sede sabanas y el campus deportivo de la universidad popular del cesar. En el cual las emisiones de CO₂ generadas por fuentes móviles fueron estimadas a partir del factor de emisión acorde a la cilindrada de los mismos y la distancia recorrida por los vehículos en la universidad. Los resultados obtenidos sustentan que para el año 2014 se generaron 47,67 ton CO₂/año, siendo los automóviles la principal fuente generadora, aportando a la atmósfera 24,49 ton CO₂/año. Por otro lado, las especies forestales presentes en ambas sedes han capturado en su ciclo de vida un equivalente a 39364,03 Ton de CO₂. Adicionalmente, se sugieren las especies con mayor fijación de carbono y menor problema fitosanitario que podrían implementarse en futuras ampliaciones de zonas verdes en el claustro.

5.2.MARCO TEÓRICO

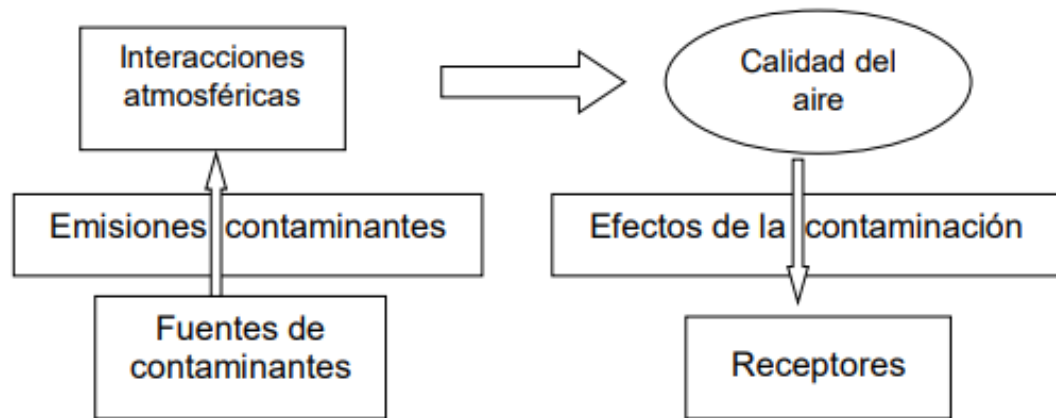
5.2.1. Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica se refiere a la alteración de la atmosfera por la adición de gases, partículas sólidas y líquidas en suspensión en proporciones distintas a las naturales. Por lo general se aplica a las alteraciones que tienen efectos perjudiciales sobre la salud de los seres vivos y los elementos materiales. Los principales mecanismos de contaminación atmosférica son los procesos industriales que implican combustión, tanto en las industrias como en los vehículos que generan dióxido, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y azufre entre otros contaminantes (Guzmán y Cerón, 2019).

Además, Hilario (2017) define la contaminación del aire como la condición de la atmósfera que ocurre posterior a la emisión en ella de sustancias que alteran su estado natural y que dañan al medio ambiente y a la salud humana.

En la figura 1 se observa en forma esquemática el ciclo completo por el que pasan los contaminantes en la atmósfera (CEPIS y OMS, 1999).

Figura 1. Ciclo de los contaminantes a la atmosfera



Fuente: CEPIS y OMS, 1999 citado en Hilario (2017)

5.2.2. Efectos sobre la salud

La contaminación atmosférica afecta de distintas formas a diferentes grupos de 35 personas, los efectos más graves proceden en las personas que ya están enfermas. Además, los grupos más vulnerables, como los niños, los ancianos y las familias de pocos ingresos y con acceso limitado a la asistencia médica son más susceptibles a los efectos nocivos de dicho fenómeno (Organización Mundial de la Salud, 2018 citado por Guzmán y Cerón, 2019).

Numerosos estudios alrededor del mundo muestran un vínculo entre los niveles de material particulado en tiempos cortos y largos de exposición con el aire exterior, la morbilidad y mortalidad de la población está relacionado con índices de mortalidad (NILU, 2015 citado por Guzmán y Cerón, 2019).

La exposición a emisiones contaminantes puede causar efectos agudos y crónicos a corto plazo y largo plazo en la salud; los efectos agudos más comunes para el ser humano son: la



irritación de los ojos, dolor de cabeza y náuseas, generalmente estos efectos son inmediatos y reversibles cuando cesa la exposición. Los efectos crónicos tardan en manifestarse, duran indefinidamente y tienen a ser irreversibles; los efectos crónicos en la salud incluyen la disminución de la capacidad pulmonar y cáncer en los pulmones debido a un prolongado periodo de exposición a contaminantes tóxicos del aire (Guzmán y Cerón, 2019).

5.2.3. Inventario de emisiones

Un inventario de emisiones es una base de datos que enumera, según la fuente, la cantidad de contaminantes atmosféricos descargados en el ambiente durante un periodo de tiempo determinado, en una región definida (EPA, 2015). Las emisiones son el resultado de actividades económicas y sociales como la industria, el transporte, el uso de productos, la agricultura y el tratamiento de residuos. Los datos de emisiones contenidos en los inventarios son el núcleo de la comprensión de los problemas ambientales (Rojas, 2015).

5.2.4. Metodologías para la estimación de emisiones atmosféricas

Para la estimación de emisiones hay tres métodos que son ampliamente utilizados debido a su facilidad para la recopilación de datos:

El primer método es la estimación directa, este consiste en el uso de dispositivos que son instalados en la fuente emisora permitiendo tener un informe detallado sobre las emisiones generadas. Este tipo de dispositivos debido a que requieren de una instalación en la fuente y de materiales altamente resistentes regularmente tienen un precio elevado, por este motivo son utilizados en estudios muy específicos o en grandes industrias donde se requiere de un control óptimo de las emisiones (IPCC, 2006).

El segundo método es la estimación con balances de masas, este consiste en conocer o determinar la composición química de un compuesto como la gasolina, luego se identifica el proceso por el cual se genera la emisión con sus correspondientes productos y finalmente se realiza un balance de masas entre los productos y reactivos (Morris, Geiger y Fine, 2011). En el caso de las estimaciones para fuentes móviles se basan principalmente en el proceso de combustión, sin



embargo, debido a las variables composiciones de los combustibles los resultados de este método suelen presentar altos índices de variabilidad (Seinfeld y Pandis, 2016).

El tercer método más utilizado para la estimación de emisiones atmosféricas es el uso de factores de emisión. Los factores de emisión son ecuaciones que relacionan una actividad con una emisión, este método se basa en un estándar establecido a partir del análisis de diversos estudios donde se evaluaron las emisiones de una actividad para distintos casos y sus resultados (actualmente la EPA tiene un listado conocido como AP-42 donde se presentan diversos factores de emisión para múltiples actividades (EPA, S.f)), por este motivo tienen una alta precisión y pueden ser aplicados en diversos contextos (NAEI, 2016). Para el caso específico de las emisiones vehiculares estos datos son utilizados por modelos de emisiones como el IVE, el cual relaciona datos correspondientes a patrones de conducción, condiciones climáticas y tecnología de los vehículos con las emisiones generadas.

Modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE)

El modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) es un software diseñado para la estimación de las emisiones vehiculares a partir de variables de la localidad, su objetivo principal es el de ayudar a los países en vías de desarrollo que no cuentan con un modelo propio, facilitando la generación de un inventario de emisiones para llevar un seguimiento a las fuentes emisoras y facilitar el desarrollo y evaluación de proyectos que afecten la calidad del aire. El diseño de este software se basa principalmente en el uso de información existente y/o de fácil cuantificación como la tecnología de los vehículos facilitando su uso en países que no cuentan información de profundidad sobre las emisiones vehiculares.

El modelo IVE tiene la capacidad de estimar contaminantes criterio (CO, NO_x, SO_x, PM₁₀ y COV), gases de efecto invernadero (CO₂, N₂O y CH₄) y otras sustancias tóxicas (NH₃, C₆H₆, Pb, 1.3-butadieno, acetaldehídos y formaldehídos) a través del uso de factores de emisión. Para realizar los cálculos necesarios el modelo requiere de variables topográficas, información sobre la tecnología de los vehículos, estado de los vehículos, composición del combustible y patrones de conducción.



5.2.5. Fuentes móviles

Las fuentes móviles son aquellas que se pueden desplazar en forma autónoma, emitiendo contaminantes a través de su trayectoria. En áreas urbanas se considera como fuente móvil al parque automotor constituido por automóviles, trenes, camiones, buses, aviones y otros. Estos son responsables de emitir directamente contaminantes primarios que reaccionan para convertirse en secundarios (EPA, 2016)

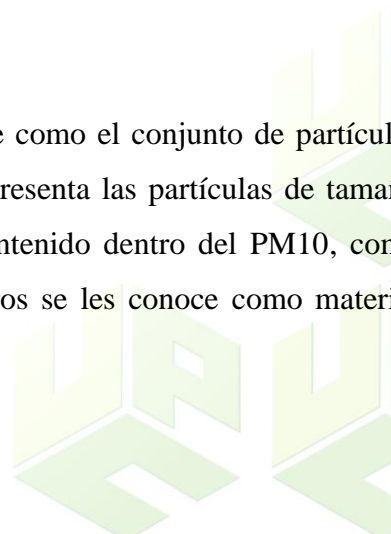
Las emisiones provenientes del parque automotor están compuestas por una gran cantidad de contaminantes (como ser CO, NO_x, SO_x y PM) provenientes de muchos procesos diferentes. Uno de los procesos comúnmente más considerado son las emisiones del escape que resultan de la combustión del combustible y son liberados por el escape (Radian International, 2000).

5.2.6. Principales contaminantes atmosféricos desde fuentes móviles

Las emisiones contaminantes en las diferentes clases de vehículos pertenecientes al parque automotor son generadas según el funcionamiento del motor del vehículo, el combustible y el oxígeno del aire generan calor, dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua, sin embargo, esta reacción no es completa y añadiéndole una incorrecta relación entre aire y combustible, temperaturas muy altas y muy bajas, piezas desgastadas y un descuidado mantenimiento del motor, entre otros; se origina una mayor cantidad de contaminantes en los gases de escape entre estos se encuentran:

Material Particulado (PM10)

Es uno de los contaminantes atmosféricos que se define como el conjunto de partículas sólidas o líquidas presentes en la suspensión atmosférica y representa las partículas de tamaño menor a 10 micrómetros, esto significa que el PM_{2,5} este contenido dentro del PM₁₀, como también a las partículas con tamaño entre 2,5 y 10 micrómetros se les conoce como material particulado grueso (Guzmán y Cerón, 2019).





Las fuentes principales que producen el PM10 involucran los procesos mecánicos como: el desgaste de asfalto, neumáticos, frenos de los carros, fenómenos de suspensión, actividades de construcción, incendios forestales y actividades industriales (Guzmán y Cerón, 2019).

Material Particulado (PM 2,5)

El material particulado fino corresponde a todas las partículas que tienen un tamaño menor a 2,5 micrómetros. Las fuentes principales que producen el PM2,5 se encuentran en los incendios forestales, las emisiones de escape de los vehículos y la industria (Guzmán y Cerón, 2019).

Monóxido de carbono (CO)

Se forma a partir de la combustión incompleta de combustibles que contienen carbonos tales como gasolina, diésel y madera considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre. Esto pasa cuando la proporción del carbón se oxida solamente a monóxido de carbono (Guzmán y Cerón, 2019).

Las principales fuentes productoras de este contaminante son los vehículos automotores que utilizan como combustible el diésel o gasolina, los procesos industriales, los incendios forestales y orgánicos. Los vehículos automotores y los procesos industriales son responsables de aproximadamente el 80% de las emisiones de CO en la atmósfera (Guzmán y Cerón, 2019).

Dióxido de carbono (CO₂)

Es un gas no irritante, incoloro, inodoro, insípido, tóxico y se genera cuando la combustión se realiza incompleta de combustibles que contienen carbono este gas es muy estable y tiene una vida media de 2 a 4 meses (Guzmán y Cerón, 2019).

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Es un proceso donde el nitrógeno en los combustibles se convierte por combustión en altas temperaturas a óxidos de nitrógeno NO_x, que corresponde a la suma de NO₂ y NO. El monóxido de nitrógeno (NO) se encuentra en mayor proporción entre el óxido de nitrógeno, sin embargo, este no genera mayor contribución a la afectación de la salud en las concentraciones ambiente



usuales, pero es el oxidado rápidamente por el ozono troposférico disponible para formar una contribución adicional al NO₂ que si tiene efectos dañinos a la exposición prolongada (Guzmán y Cerón, 2019).

Óxidos de azufre (SO₂)

Es un gas incoloro, irritante, con un olor penetrante que se comienza a percibir con 0,3 a 14 ppm y es perfectamente distinguible a partir de 3 ppm, su densidad es el doble que la del aire y no es un gas inflamable ni explosivo además tiene mucha estabilidad, es muy soluble en agua y en contacto con ella se convierte en ácido sulfúrico. Se forma a partir de la combustión de sustancias que contiene azufre, principalmente petróleo y carbón, así como los numerosos procesos industriales, las plantas de energía, el uso de gasolina y diésel con alto contenido de azufre son fuentes principales de las emisiones en la actualidad (Guzmán y Cerón, 2019).

Oxidantes fotoquímicos

La contaminación fotoquímica se produce como consecuencia de la aparición en la atmósfera de oxidantes, originados al reaccionar entre sí los óxidos de nitrógeno, los hidrocarburos y el oxígeno en presencia de la radiación ultravioleta de los rayos del sol. La formación de los oxidantes se ve favorecida en situaciones estacionarias de altas presiones asociados a una fuerte insolación y vientos débiles que dificultan la dispersión de los contaminantes primarios (Guzmán y Cerón, 2019).

5.3.MARCO CONCEPTUAL

Para la interpretación del presente proyecto, regulaciones, requerimientos y especificaciones técnicas necesarias para su desarrollo es necesario aclarar los siguientes términos:

Bines: representan las variaciones de potencia y estrés del motor que los vehículos pueden alcanzar en un segundo determinado (Vélez, 2016).

Contaminación atmosférica: la presencia de sustancias o emisiones en la atmosfera en cantidades y/o concentraciones que implique molestias o riesgos para la salud de las personas o el ambiente (Martínez et al., 2004).



Contaminante: Forma de materia o energía presente en un medio al que no pertenece, o bien, se encuentre por encima de su concentración natural en un medio no contaminado (Espinoza, 2018).

Contaminantes criterio: Se han identificado como comunes y perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos. (Hilario, 2017)

Contaminantes Primarios: Contaminante emitido en la atmosfera a partir de una fuente identificable, por ejemplo, CO, NO_x, SO₂, y partículas (Espinoza, 2018).

Contaminantes secundarios: Contaminante formado posterior a la emisión desde la fuente producto de reacciones químicas en el medio ambiente. Son aquellos que se generan en la atmosfera mediante reacciones de dos o más contaminantes primarios entre sí o con alguno de los componentes habituales del aire, con o sin la acción de la luz ultravioleta del sol, ejemplo el ozono. (Hilario, 2017).

Dióxido de azufre (SO₂): El dióxido de azufre es un gas ácido incoloro. Se produce en la combustión de carbón o petróleo que contengan cantidades de azufre importantes. La contaminación del dióxido de azufre es más intensa en condiciones inmóviles del aire, ya sea en verano o invierno. (Hilario, 2017).

Dióxido de nitrógeno (NO_x): El término NO_x hace referencia al óxido nítrico (NO) y al dióxido de nitrógeno (NO₂). Los óxidos de nitrógeno se producen cuando se alcanzan altas temperaturas en las cámaras de combustión, disociando el nitrógeno gaseoso N₂ presente en el aire y oxidándolo. (Hilario, 2017).

Dióxido de Carbono (CO₂): Es uno de los gases más abundantes en la atmosfera y es de vital importancia para procesos de plantas, animales y del ser humano. El CO₂ en cantidades adecuadas es uno de los gases de efecto invernadero que contribuye a que la tierra tenga una temperatura habitable (Albornoz y Guerrero, 2019).

El dióxido de carbono no se puede considerar como un contaminante que afecte la salud. Se trata de un contaminante de efecto global, ya que es la contribución al calentamiento global lo



que está causando preocupación y está forzando a los gobiernos a convenir reducciones de emisión de este gas. Se produce por la ignición de combustibles fósiles y corresponde a la máxima oxidación del carbono. Es por esto que la única forma de reducirlo es disminuyendo el consumo de combustible, haciendo motores más eficientes. (Hilario, 2017).

Dispersión de contaminantes: es el transporte de los contaminantes en el aire, esta depende del estado de la atmosfera y de las condiciones meteorológicas como velocidad, dirección del viento y radiaciones solares (Zuluaga y Parra, 2010).

Emisión: Según el decreto 948 de 1995 se define como las descargas de una sustancia o elementos al aire provenientes de fuentes de emisión fijas o móviles (Albornoz y Guerrero, 2019)

Factor de emisión: definido como la relación entre la cantidad de contaminante emitido por solo una unidad de actividad (Baquero y González, 2016).

Fuentes de emisión: Operación, actividad o proceso realizado por los seres humanos susceptible a emitir contaminantes al aire. Las principales fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos se pueden clasificar en fuentes móviles y fuentes fijas (Albornoz y Guerrero, 2019)

Fuentes móviles: Se entiende por fuente móvil a aquellas que se desplazan de forma autónoma emitiendo contaminantes en su trayectoria (Calla et al., 2018). Se consideran como fuente móvil todo el parque automotor constituidos por automóviles, camiones y autobuses, entre otros diseñado para operar en carretera pública (Castro et al., 2006) y son la fuente principal de emisiones de contaminantes primarios que reaccionan entre componentes de la atmosfera y se convierten en secundarios. (Calla et al., 2018)

Gases de efecto invernadero: Son componentes gaseosos de la atmosfera que pueden ser naturales o antropogénicos, estos emiten y absorben radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la tierra, las nubes, y la atmosfera (Aristizábal y Ballesteros, 2004).

Los gases de efecto invernadero presentes en la atmosfera terrestre incluyen: vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno



(NOX), ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), y los clorofluorocarbonos (CFC). Los gases de efecto invernadero son gases que provocan que la radiación infrarroja se detenga en la atmósfera, por lo que se calientan la superficie de la tierra y la parte inferior de la atmósfera (Ciesla, 1996).

Inventario de emisiones de fuentes móviles: Un inventario de emisiones es una base de datos diseñada para estudiar la tasa de emisión de contaminantes desde cualquier tipo de fuente móvil identificada en el área de estudio y a lo largo del tiempo (Dávila y Pinzón 2015). Además, pretende cuantificar la emisión de contaminantes con diferentes características y patrones de desplazamiento (Quiñones, 2012).

Material particulado: Es una mezcla de partículas sólidas microscópicas y gotas líquidas suspendidas en el aire (aerosoles), el cual se clasifica de acuerdo con su tamaño, en partículas con diámetro menor a 10 micras, 2,5 micras y 1 micra. Proviene en su mayoría del uso de combustibles fósiles que contienen azufre y de los oxidantes fotoquímicos formados en la atmósfera por reacciones químicas complejas entre los hidrocarburos (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), todos relacionados con las emisiones vehiculares. Las partículas gruesas contienen usualmente material de la corteza terrestre y polvo de las carreteras y de la industria. La fracción fina contiene mayor acidez y actividad mutagénica. La mayor parte de las partículas se hallan como finas (entre 100 nm y 2,5 µm), pero hay otro porcentaje importante que están como ultrafinos (menores a 100 nm). (Hilario, 2017).

Metano (CH₄) El metano es también un gas de efecto invernadero generado durante los procesos de combustión en los vehículos. Tiene un potencial de calentamiento 21 veces mayor al del bióxido de carbono (Iniestra et al., 2009).

Modelo IVE: El modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE) tiene como función predecir contaminantes atmosféricos locales, gases responsables del efecto invernadero y tóxicos (Albornoz y Guerrero, 2019).

Monóxido de carbono: El monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico producido en la combustión incompleta en base a carbono en ambientes con poca presencia de oxígeno. Puesto que el gas es inodoro, insípido e incoloro, a menudo no hay advertencia en las personas sobre la



exposición a este gas. El monóxido de carbono sobrevive en la atmósfera típicamente por cuatro semanas, tiempo durante el cual se oxida gradualmente y forma dióxido de carbono. (Hilario, 2017).

Óxido nitroso (N₂O). Este contaminante, que pertenece a la familia de los óxidos de nitrógeno, también contribuye al efecto invernadero y su potencial de calentamiento es 310 veces mayor que el bióxido de carbono (Iniestra et al., 2009).

5.4.MARCO CONTEXTUAL

5.4.1. UBICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR

El Departamento del Cesar, es uno de los treinta y dos departamentos que componen el territorio de la República de Colombia, teniendo como Distrito Capital Bogotá. El departamento se encuentra localizado al norte del país, en la llanura del caribe, siendo el límite por el Este de la región caribe. Su área superficial abarca 22.905 Km², los cuales representan el 2.01% del territorio de la República de Colombia. Su capital es la ciudad de Valledupar, la cual esta política y administrativamente dividida en 25 municipios (Ver figura 1).



Figura 1. División política departamento del Cesar



Fuente: Gobernación del Cesar

El Cesar limita por el Norte con los departamentos de Magdalena y La Guajira, por el Este con la República de Venezuela y el departamento de Norte de Santander, además por la parte Sur limita con los departamentos del Santander y Norte del Santander, además por el Oeste limita con los departamentos de Magdalena y Bolívar.

El departamento cuenta con una hidrografía la cual se ve representada por Ríos y Corrientes menores que riegan el área superficial del departamento del Cesar en diferentes direcciones; entre algunos de los más importantes podemos mencionar el Magdalena, Badillo, Guatapurí, Cesar,



Manaure, Lebrija, Ariguaní, Donachuí, María Angola, Magiriamo y Cáchira del Espíritu Santo. El departamento cuenta con numerosas ciénagas dentro de su jurisdicción se destaca la de Zapatoza, formada por el río Cesar, y otras como las de Chimichagua, Saloa, Cascajo, Combú, Doña María, Guamalito, Mata de Palma, Morales, Panchuiche, Pital Sahaya, y Santo Domingo.

5.4.2. ÁREA DE ESTUDIO

Geografía: El municipio de Becerril está localizado en la zona Nor-este del Departamento del Cesar y sus coordenadas extremas son: Latitud Norte, entre 9°-53'-23'' y 9°-38'-38''; Latitud Este - Oeste, 72°56'-08'' y 73°38'-34'', según Meridiano de Greenwich.¹

Habitantes: Becerril cuenta con una población de 15 584 habitantes.

Economía del municipio: La principal fuente es la minería con la explotación del carbón de hulla, seguida cuenta con explotación agropecuaria en la cual se cultiva la palma africana, plátano, ñame, malanga, yuca; en la serranía del Perijá se cultiva el café, frijol y aguacate, estos productos sirven como base alimentaria de la población de becerril y sirve para comercializar con poblaciones vecinas. Cuenta con actividad ganadera, en la cual se cría el ganado bovino el cual surte el centro del país. Limita Al norte, con el municipio de Agustín Codazzi; al sur, con el municipio de la Jagua de Ibírico; por el este con Venezuela y por el oeste con los municipios de Agustín Codazzi y El Paso¹

5.5.MARCO LEGAL

En el desarrollo de una investigación se deben tener en cuenta los lineamientos legales para enfocar los resultados al cumplimiento de lo convenido y ratificado tanto en la normativa internacional y nacional:

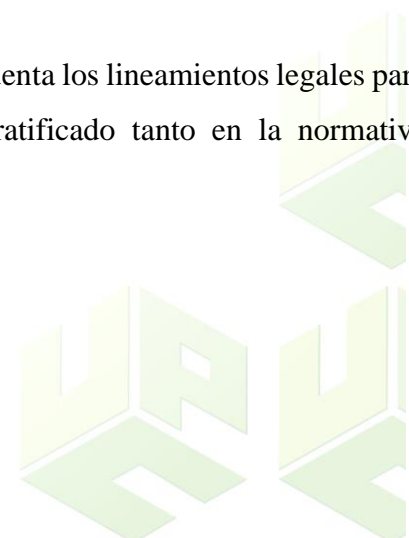




Tabla 1. Lineamientos legales.

Ámbito internacional	
Normatividad	Descripción
Ley 30 de 1990	Por medio del cual se aprueba el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, Viena, 22 de marzo de 1985.
Ley 29 de 1992	Por medio del cual se aprueba el “Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono”, suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987, con sus enmiendas adoptadas en Londres el 29 de junio de 1990 y en Nairobi el 21 de junio de 1991
Ley 164 de 1994	Por el cual Colombia aprueba la Convención Marco de Cambio Climático y por medio del cual rectifica su compromiso con la adopción de políticas que contribuyan al control del cambio climático.
Ley 629 del 2000 (protocolo de Kyoto)	Por el cual Colombia se acoge y aprueba el Protocolo de Kyoto de la Convención de la Naciones Unidas para el Cambio Climático, el cual tiene como objetivo reducir las emisiones de 6 gases de efecto invernadero (GEI), dióxido de carbono (CO ₂), gas metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O), hidrofluorocarbonos



	<p>(HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). (Congreso de la República, 1998)</p>
<p>NTC-ISO 14064-1, 2006</p>	<p>Especifica los principios y requisitos que una organización de tener en cuenta para el diseño, desarrollo e informar los niveles de inventario de GEI. Esta incluye los criterios para determinar los límites cuantificar las emisiones e identificas las acciones o alternativas que la organización puede implementar para mejorar su gestión de GEI. Así mismo, define los requisitos para la gestión de calidad del inventario de GEI, la presentación de informes, auditorias y la responsabilidad de las organizaciones frente a la verificación (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normatización [ICONTEC], 2006)</p>
<p>NTC-ISO 14064-2, 2006</p>	<p>Esta norma se enfatiza en los requisitos, criterios, principios y guía para que las organizaciones que llevan a cabo la validación y la verificación de los datos de GEI. Esta describe un proceso para proporcionar seguridad a los potenciales clientes de una organización o de un proyecto de GEI</p>



	(Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Normatización [ICONTEC], 2006)
Ámbito nacional	
Normatividad	Descripción
Constitución Política de Colombia, 1991	A través de la carta magna se incluyen las disposiciones ambientales en la legislación colombiana. En sus artículos 79 y 80 señala la obligación del Estado de prevenir los factores de deterioro, garantizar el medio ambiente sano y promover el desarrollo sostenible.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental y el SINA. Mediante esta ley se logra concretar en un solo documento las normas y principios que influyen en el control y formulación de políticas ambientales a escala nacional (Congreso de la República, 1993)
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de los Recursos Naturales de Protección al Medio Ambiente. Establece que el medio ambiente es



	<p>patrimonio común, el Estado y particulares deben participar en su preservación y manejo.</p>
<p>Decreto 1076 de 2015</p>	<p>En la sección disposiciones generales sobre normas de calidad del aire, niveles de contaminación, emisiones contaminantes y de ruido explica los tipos de contaminantes del aire donde se incluyen como de segundo grado a aquellos que contribuyen al agravamiento del efecto invernadero, o cambio climático global. Reconoce al IDEAM como la entidad encargada de realizar estudios e investigaciones científicas sobre el cambio global y sus repercusiones en el terreno nacional.</p>
<p>Resolución 2254 de 2017</p>	<p>Artículo 2 establece los niveles máximos permisibles a condiciones de referencia que para el caso del Pm_{10} no debe pasar de 50 U/gm^3 anual y 100 U/gm^3 a las 24 hr.</p>
<p>Resolución 910 de 2008/1111 de 2013</p>	<p>Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por fuentes móviles terrestres, se definen los equipos y procedimientos de medición de dichas emisiones, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.</p>

Fuente: Autores, 2022.



6. MARCO METODOLÓGICO

6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación de la facultad corresponde a sostenibilidad y gestión ambiental y la Sublínea del programa corresponde a aire.

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación se determina como investigación descriptiva ya que busca que los autores de este proyecto describan situaciones y eventos. En ella se destacan las características o rasgos de la situación, fenómeno u objeto de estudio (Sierra, 2012). Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis, miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar (Ibarra, 2011).

6.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El diseño de esta investigación fue de campo, de acuerdo con Arias (2006) “Es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes”. (p.31).

6.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

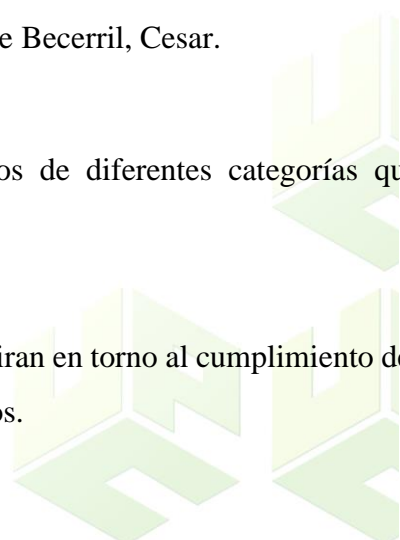
La población de este estudio correspondió al municipio de Becerril, Cesar.

6.5. MUESTRA POBLACIONAL

La muestra estuvo conformada por todos los vehículos de diferentes categorías que frecuentan las vías del municipio.

6.6. DESARROLLO METODOLÓGICO

Las fases y actividades que a continuación se presentan giran en torno al cumplimiento del desarrollo o cumplimiento de los objetivos específicos propuestos.





6.6.1. Fase 1. Caracterizar los vehículos automotores presentes en las vías identificadas con mayor tránsito vehicular en el municipio de Berril, Cesar.

Actividad 1.1. Identificación de vías con mayor afluencia vehicular

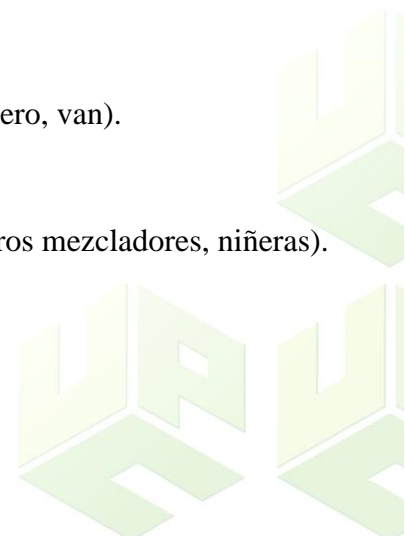
Descripción: en aras de poder cumplir con esta actividad se realizaron diferentes visitas a las vías que por conocimiento de la población son más transitadas, las visitas a estas vías permitieron confirmar esta información, y poder tener la certeza que el inventario de emisiones fue representativo.

Actividad 1.2. Aforos vehiculares en las vías de estudio

Descripción: fue necesario identificar el flujo vehicular promedio en cada vía por tipo de vehículo y hora del día, para lo cual durante una semana y todos los días de 8 a.m. a 6 p.m. se llenó un formato de registro de vehículos (Observar anexo 1). Es menester mencionar que fue necesario el uso de cámaras de vídeos con el fin de facilitar el aforo.

Además, para la realización del aforo vehicular se tuvo en cuenta las directrices de la resolución 0478 de 2010 del Ministerio de Transporte, el cual recomienda las variables tenidas para el conteo vehicular, entre las cuales se destacan:

- 1) Número de vehículos (diferenciados por clases)
- 2) Clases de vehículos considerados:
 - Automóvil (automóviles particulares, taxis, campero, van).
 - Bus, busetas, colectivos y buses de turismo.
 - Camiones (camiones, furgones grandes, gras, carros mezcladores, niñeras).
 - Motocicletas.





6.6.2. Fase 2. Determinar los aportes de emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero de las fuentes móviles municipio de Becerril, Cesar.

Para estimar las emisiones de contaminantes y gases de efecto invernadero emitido por las fuentes móviles en el tramo objeto de estudio, se utilizará el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE) versión 2.0.2, el cual sirve para estimar las emisiones provenientes de fuentes móviles en países en vías de desarrollo. El modelo hace predicciones para contaminantes de referencia, gases de efecto invernadero y contaminantes tóxicos. Fue desarrollado conjuntamente por la University of California en Riverside, College of Engineering – Center for Environmental Research and Technology (CE-CERT), Global Sustainable Systems Research (GSSR), y el International Sustainable Systems Research Center (ISSRC). La Agencia Ambiental de los Estados Unidos (EPA) financió el desarrollo del modelo (González, 2018).

Actividad 2.1. Características de conducción

Descripción: fue necesario utilizar la aplicación Relive para determinar los datos referentes a velocidad promedio, distancia recorrida y número de partidas de cada categoría vehicular, para este fin la aplicación fue usada estando dentro de cada vehículo de las categorías estudiadas procurando hacer el recorrido que hace el vehículo en un día normal.

Actividad 2.2. Cálculo potencia específica del motor (VSP)

$$VSP = v [1,1a + 9,81 (\text{atan}(\sin(\text{pendiente}))) + 0.132] + 0000302v^3$$

Dónde:

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

v= velocidad (m/s)

a= aceleración (m/s²)

h= altitud (m)



Luego de hallar el valor de VSP se procedió a determinar los bins de potencia para lo cual se debe tener en cuenta la categoría vehicular y el estrés del motor calculado; dicho de otro modo, el modelo IVE propone tres categorías de estrés y 20 categorías de VSP para un total de 60 bins que son los elegibles. (Observar anexo 2).

Actividad 2.3. Cálculo de estrés del motor

$$\text{Estrés del motor} = \text{índice RPM} \left(0,08 \frac{\text{ton}}{\text{Kw}} \right) * \text{Potencia prepromedio}$$

Donde:

Potencia prepromedio = promedio (VSP_{t= 5 segundos to- 25 segundos}) (Kw/ton)

Índice RPM= Velocidad _{t=0}/Divisor de velocidad (sin unidades)

Para hallar el índice RPM fue necesario encontrar el coeficiente de velocidad, para este caso el programa IVE plantea la siguiente tabla de donde se puede obtener dicho valor a partir del rango de velocidades y rango de potencia específica, la cual nos sirve para todos los vehículos estudiados.

Tabla 2. Coeficientes de velocidad.

Rango de velocidades		Rango de potencia específica		Coeficiente de velocidad
Min	Máx.	Mín.	Máx.	0
0,0	5,4	-20	400	3
5,4	8,5	-20	16	5
5,4	8,5	16	400	3
8,5	12,5	-20	16	7
8,5	12,5	16	400	5
12,5	50	-20	16	13
12,5	50	16	400	5

Fuente: Modelo IVE.

Una vez se tuvo este resultado se pudo decir: estrés bajo (-1.6 – 3.1), estrés medio (3.1 – 7.8) y estrés alto (7.8 – 12.6).



Actividad 2.4. Determinación de patrones de partida

Descripción: De acuerdo con Albornoz y Guerrero (2019) en el modelo IVE una partida en frío es cuando el motor se ha enfriado completamente, reposando por 18 horas o más, y es una partida en caliente cuando el periodo de tiempo que un motor es apagado por 5 minutos o menos antes de ponerse en marcha de nuevo.

Actividad 2.5. Características técnicas de las categorías vehiculares

Descripción: se realizaron entrevistas a los conductores de diferentes vehículos para conocer tipo de combustible, kilometraje (El modelo IVE requiere la clasificación de kilómetros recorridos de los vehicular en tres categorías, <79.000 km, 80.000 – 161.000 km, y, finalmente, > 161.000 km), tamaño del vehículo o del cilindro (pequeño < 1301, mediano 1301- 2000 y grande > 2000), y, por último, el uso de que se le da al vehículo.

Actividad 2.6. Características ambientales de la zona de estudio

Descripción: fue necesario consultar la información del IDEAM sobre temperatura y humedad relativa y calcular la media anual que es el dato requerido por el modelo IVE.

Cálculo de las emisiones de fuentes móviles

Para el cálculo de las emisiones se tuvo en cuenta el factor de emisión obtenido en el modelo IVE para cada punto aforado y los valores de concentración vehicular (vehículos por día). Se realizó un promedio ponderado del porcentaje de cada tipo de vehículo y su respectivo factor de emisión para cada punto de aforo, y de esta manera obtener el factor de emisión por punto. Teniendo esto se procedió a multiplicarlo por los valores de concentración vehicular para obtener el valor de la emisión. Se utilizó la ecuación que se muestra a continuación (MADTV, 2010):

$$E = FE \times D \times T$$

Donde:

E: Emisión (g/día)





FE: Factor de emisión (g/veh-km)

D: Longitud del tramo (Km)

T: Tráfico Vehicular (Vehículos/día)

6.6.3. Fase 3. Proponer estrategias de gestión ambiental que permitan mitigar el impacto ambiental causado por el tráfico vehicular

Actividad 3.1. Creación de estrategias

Descripción: De acuerdo con los aportes de emisiones atmosféricas de dióxido de carbono se procedió a la creación de estrategias que permitan a futuro minimizar la concentración del contaminante.

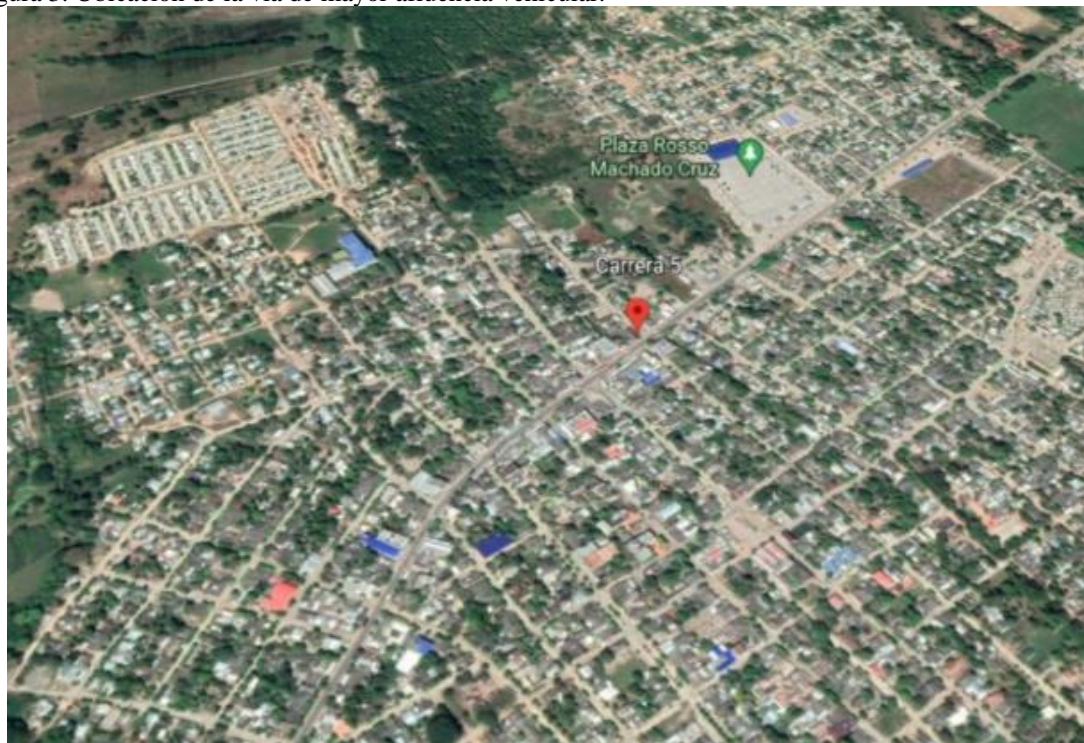


7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1. IDENTIFICACIÓN DE VÍAS CON MAYOR AFLUENCIA VEHICULAR.

Fue necesario diferentes visitas a campo que se realizaron entre los días primero de octubre del 2021 al cuatro de octubre en donde por medio de la inspección visual se pudo conocer las diferentes vías en las cuales transitabas más vehículos, luego de esto se llegó a la conclusión que la vía en la cual se iba a trabajar fue la Cra. 5 conocida como la avenida principal de Becerril, a continuación, se presenta la vía la cual tiene una longitud de 2.5 km.

Figura 3. Ubicación de la vía de mayor afluencia vehicular.



Fuente: tomada y adaptada de Google Earth.

Además de la inspección visual mencionada en el párrafo anterior se tuvo en cuenta el conocimiento de la comunidad, por lo cual se interrogó sobre cuáles eran las vías más transitadas con el fin de tener la certeza que se estaría trabajando con la vía más representativa del municipio objeto de estudio.



7.2. AFOROS VEHICULARES EN LAS VÍAS DE ESTUDIO.

En el caso del aforo vehicular se realizaron dichas mediciones durante una semana desde el 5 de octubre hasta el 11 de octubre del 2021 en horarios comprendidos entre las 8 a.m. y 6 p.m. llenado así el formato que se encuentra en el anexo 1 de este documento, cabe mencionar que fue necesaria la utilización de cámaras de vídeo con el fin de tener una medida más exacta de la cantidad de vehículos que transita por el sitio de estudio (ver anexo 4). A continuación, se presentan los resultados del aforo diferenciados por clases como estipula el decreto 0478 del 2010.

Tabla 3. Resultados del aforo vehicular.

Tipo Vehículo	Días							Total
	5	6	7	8	9	10	11	
Ambulancia	23	26	23	34	24	21	29	180
Bus Publico	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Brasilia	8	8	9	12	10	5	8	60
Bus Contracegua	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Contracosta	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus Copetran	30	35	48	83	46	28	57	327
Bus Servicio Especial	17	9	15	10	12	5	11	79
Bus Vip	1	0	0	0	0	0	0	1
Camión	99	78	84	74	82	39	43	499
Camión Doble-Troque	1	4	4	7	8	6	11	41
Camión Acueducto	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión Águila	0	0	2	4	1	0	0	7
Camión Barredor De Calle	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión Recolector De Basuras	8	12	7	10	8	0	7	52
Camión Carro	0	0	2	0	0	0	0	2
Camión Cemento	4	0	5	11	0	0	0	20
Camión Coca-Cola	0	3	2	3	1	0	5	14
Camión Dinero Brinks	0	2	0	0	1	0	0	3
Camión Dinero Prosegur	0	1	0	0	0	0	2	3
Camión Postes	0	0	0	0	0	0	0	0
Camión Postobón	0	1	0	0	3	0	4	8



Carro Particular	1315	1211	1253	1303	1249	1241	1394	8966
Camioneta Particular	562	483	544	589	477	419	372	3446
Camioneta Estaca	9	14	14	18	17	5	13	90
Campero	21	40	29	24	59	12	19	204
Carro Policía	7	12	9	5	16	10	15	74
Furgón	186	207	202	214	178	67	101	1155
Moto	3592	3452	3239	3099	2802	3509	3720	23413
Moto 80"	44	54	40	47	83	19	43	330
Moto Automática	414	509	395	437	413	578	417	3163
--Moto Carga	164	167	153	140	215	49	134	1022
Moto Carro Torito	534	671	567	569	701	308	505	3855
Moto Carro Tvs	109	0	71	85	22	3	16	306
Moto Chapi	6	2	3	1	7	4	0	23
Moto Enduro	375	459	462	489	481	178	368	2812
Moto Moto Carro	1459	2011	1986	2053	1004	747	1951	11211
Moto Semiautomática	1024	1139	1134	1007	1094	1347	1020	7765
Moto Policía	17	16	15	13	22	11	17	111
Retro Excavadora	1	4	2	0	0	0	0	7
Taxi	18	24	21	30	38	17	26	174
Taxi Camioneta Estaca Servicio Especial	190	168	187	205	205	77	138	1170
Taxi Camioneta Servicio Especial	95	59	72	55	62	31	41	415
Taxi Servicio Especial	0	7	0	0	5	0	4	16
Tractocamión (C2s1)	0	0	0	0	0	0	0	0
Tractocamión (C2s2)	0	0	0	0	0	0	0	0
Tractocamión (C3s1)	0	0	0	0	0	0	0	0
Tractocamión (C3s2)	7	7	9	8	20	4	14	69
Tractocamión (C3s3)	69	94	87	81	129	42	95	597
Tractor	2	4	2	2	0	0	5	15
Van	67	63	70	77	88	34	65	464
Volqueta	44	24	33	31	34	12	25	203
Volquetas Doble-Troque	9	0	4	3	2	0	3	21

Fuente: autores, 2022.

De manera abreviada o resumida por las categorías agrupadas en donde las motos son los vehículos que más transitan por la vía con 53.900 unidades, seguido del carro particular con 12,502



unidades; mientras que la retroexcavadora solo circuló 7 unidades durante el periodo de muestreo, en total circularon por la vía 72.393 vehículos, los resultados se presentan a continuación:

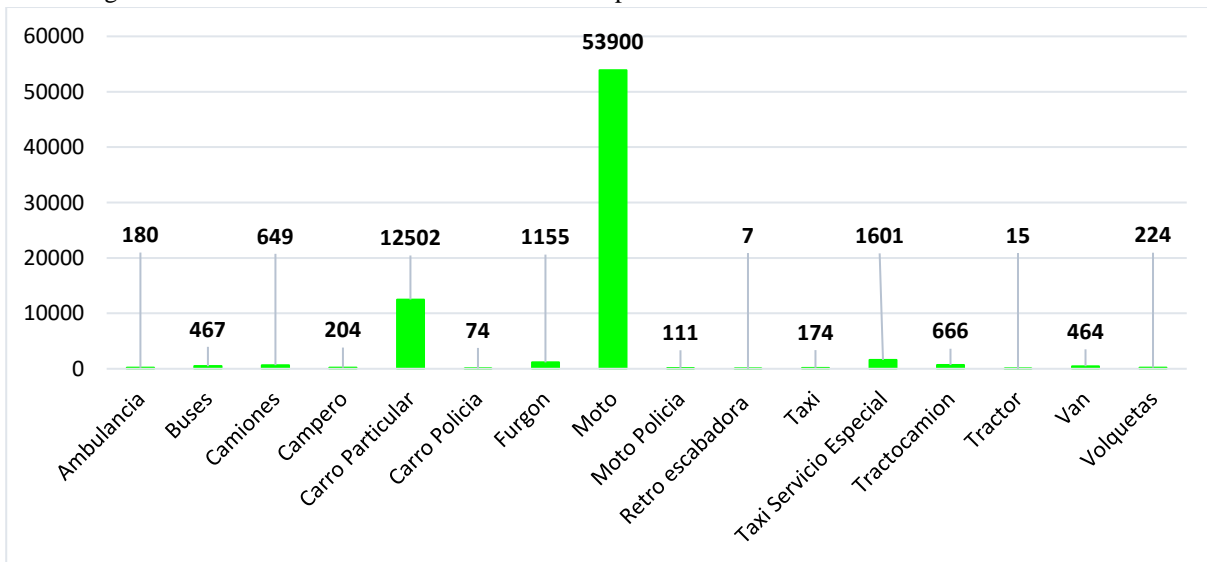
Tabla 4. Resultados aforo vehicular por cada tipología de becerril.

No.	Categoría Vehicular	Numero Vehículos
1	Ambulancia	180
2	Bus	467
3	Camión	649
4	Campero	204
5	Carro Particular	12502
6	Carro Policía	74
7	Furgón	1155
8	Moto	53900
9	Moto Policía	111
10	Retro Excavadora	7
11	Taxi	174
12	Taxi Servicio Especial	1601
13	Tractocamión	666
14	Tractor	15
15	Van	464
16	Volquetas	224
Total, Flota Vehicular		72393

Fuente: Autores 2022.

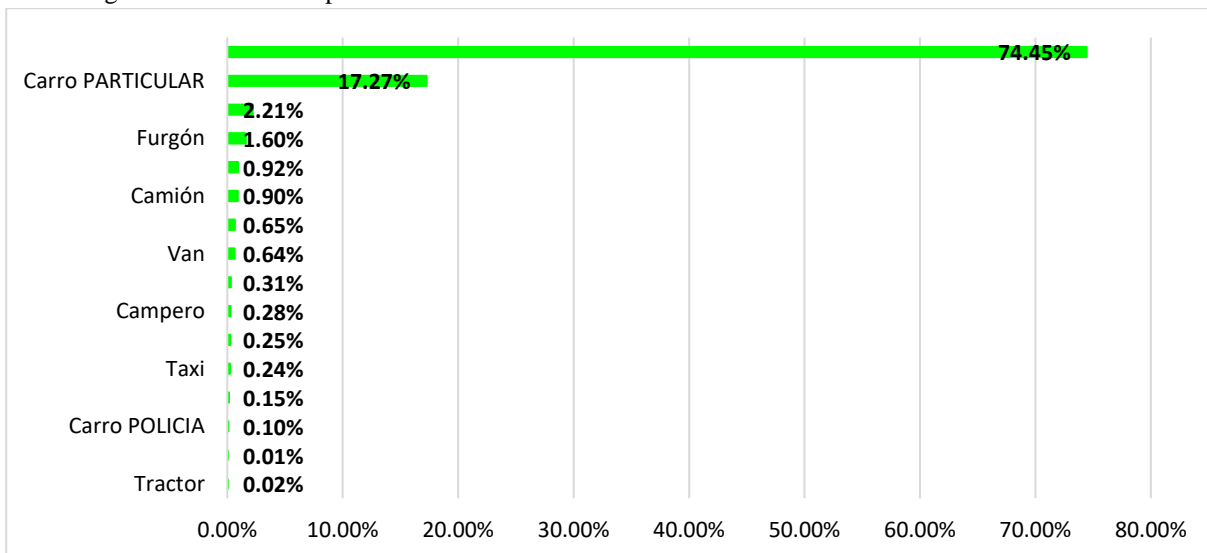
Estos resultados son de gran importancia porque muestran la tipología vehicular entendiendo que cada uno tiene particularidades como gasolina, cilindraje, tamaño que influyen directamente en las emisiones que pueden emitir a la atmosfera, por tal razón es necesario dicho aforo, a continuación, se presenta la cantidad de vehículos en gráficas, así como su representatividad por medio de porcentajes.

Figura 4. Cantidad de Vehículos transitados en el periodo de estudio.



Fuente: Autores 2022.

Figura 5. Distribución porcentual de la de flota vehicular.



Fuente: Autores 2022.



7.3. CARACTERÍSTICAS DE CONDUCCIÓN.

Selección de horario de velocidad

El día 28 de septiembre del 2021 se procedió a realizar un análisis para determinar el comportamiento de las velocidades en la vía de becerril y así obtener una velocidad media de la vía, para esto se establecieron 3 horarios distintos, el primer horario fue entre las 6 a 8 a.m. luego entre las 12 a 2 p.m., y, por último, entre las 6 p.m. a 8 p.m. la velocidad y aceleración se calculó por medio de la utilización de la aplicación Relive la cual es de uso gratuito. Cabe señalar que la vía objeto de estudio tiene un límite de velocidad el cual es de 30 Kilómetros por hora.

Tabla 5. Selección de la velocidad promedio.

28 de septiembre del 2021		
6:00 AM -- 8:00 AM	12:00 PM -- 2:00 PM	6:00 PM -- 8:00 PM
6 min	5.37 min	6.57 min
2.5 Km	2.5 Km	2.5 Km
24.9 Km-h	26.7 Km-h	21.3 Km-h
0	5.57 Min	6.04 Min
	2.5 Km	2.5 Km
	25.0 Km-h	24.5 Km-h

Fuente: Autores 2022.

$$\frac{121.9}{5} = 24.38 \text{ Km/h} \cong 25 \text{ Km/h}$$

Se realizó un promedio de las velocidades y se obtuvo como resultado una velocidad para la vía de becerril de 25 kilómetros por hora, y una aceleración de 6.96 m/s^2



Cálculo potencia específica del motor (VSP)

Para este cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$VSP = v [1,1a + 9,81 (\text{atan}(\sin(\text{pendiente}))) + 0.132] + 0000302v^3$$

Dónde:

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

v= velocidad (m/s)

a= aceleración (m/s²)

h= altitud (m)

$$VSP = 25 \text{ km/hr} \left[1,1(6,96 \frac{\text{m}}{\text{s}}) + 9,81 (0) + 0.132 \right] + 0000302(25 \frac{\text{km}}{\text{hr}})^3$$

$$VSP = 3.575$$

Teniendo en cuenta que el valor de la potencia especifica del motor (VSP) fue de 3.575, se procedió a determinar los bins de potencia para lo cual se debió tener en cuenta la categoría vehicular y el estrés del motor calculado, en este caso el BIN fue de 12 – 32 – 52 según la tabla dada por IVE, como se muestra a cotinuación:





Tabla 6. Límites definidos para los bins VSP/Estrés del motor - Modelo IVE.

Bin	VSP (kW/Ton)		Estrés del motor	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
0	-80.0	-44.0	-1.6	3.1
1	-44.0	-39.9	-1.6	3.1
2	-39.9	-35.8	-1.6	3.1
3	-35.8	-31.7	-1.6	3.1
4	-31.7	-27.6	-1.6	3.1
5	-27.6	-23.4	-1.6	3.1
6	-23.4	-19.3	-1.6	3.1
7	-19.3	-15.2	-1.6	3.1
8	-15.2	-11.1	-1.6	3.1
9	-11.1	-7.0	-1.6	3.1
10	-7.0	-2.9	-1.6	3.1
11	-2.9	1.2	-1.6	3.1
12	1.2	5.3	-1.6	3.1
13	5.3	9.4	-1.6	3.1
14	9.4	13.6	-1.6	3.1
15	13.6	17.7	-1.6	3.1
16	17.7	21.8	-1.6	3.1
17	21.8	25.9	-1.6	3.1
18	25.9	30.0	-1.6	3.1
19	30.0	1000.0	-1.6	3.1
20	-80.0	-44.0	3.1	7.8
21	-44.0	-39.9	3.1	7.8
22	-39.9	-35.8	3.1	7.8
23	-35.8	-31.7	3.1	7.8
24	-31.7	-27.6	3.1	7.8
25	-27.6	-23.4	3.1	7.8
26	-23.4	-19.3	3.1	7.8
27	-19.3	-15.2	3.1	7.8
28	-15.2	-11.1	3.1	7.8
29	-11.1	-7.0	3.1	7.8
30	-7.0	-2.9	3.1	7.8
31	-2.9	1.2	3.1	7.8
32	1.2	5.3	3.1	7.8
33	5.3	9.4	3.1	7.8
34	9.4	13.6	3.1	7.8
35	13.6	17.7	3.1	7.8
36	17.7	21.8	3.1	7.8
37	21.8	25.9	3.1	7.8
38	25.9	30.0	3.1	7.8
39	30.0	1000.0	3.1	7.8
40	-80.0	-44.0	7.8	12.6
41	-44.0	-39.9	7.8	12.6
42	-39.9	-35.8	7.8	12.6
43	-35.8	-31.7	7.8	12.6
44	-31.7	-27.6	7.8	12.6
45	-27.6	-23.4	7.8	12.6
46	-23.4	-19.3	7.8	12.6
47	-19.3	-15.2	7.8	12.6
48	-15.2	-11.1	7.8	12.6
49	-11.1	-7.0	7.8	12.6
50	-7.0	-2.9	7.8	12.6
51	-2.9	1.2	7.8	12.6
52	1.2	5.3	7.8	12.6
53	5.3	9.4	7.8	12.6
54	9.4	13.6	7.8	12.6
55	13.6	17.7	7.8	12.6
56	17.7	21.8	7.8	12.6
57	21.8	25.9	7.8	12.6
58	25.9	30.0	7.8	12.6
59	30.0	1000.0	7.8	12.6

Fuente: Modelo IVE.





Determinación de patrones de partida

Bines SOAK: Es la distribución del tiempo dada en porcentaje en el que el motor se mantuvo apagado antes de cada partida. Hay un total de 10 bins y su total debe ser un 100%. Para analizar el comportamiento en el que el vehículo está estacionado en la localidad de Becerril se realizó una encuesta (Ver anexo 2).

Tabla 7. Categorías de Soak para Patrones de Partidas - Modelo IVE.

Bin SOAK	Periodo de tiempo en minutos
15 Min	0 a 15
30 Min	16 a 30
1 Hora	31 a 60
2 Hora	61 a 120
3 Hora	121 a 180
4 Hora	181 a 240
6 Hora	241 a 360
8 Hora	361 a 480
12 Hora	481 a 720
18 Hora	721 o mayor

Fuente: Autores 2022.

Actividad 2.5. Características técnicas de las categorías vehiculares

Para el estudio se caracterizó en 16 categorías vehiculares con su tecnología respectiva, para esto se analizó el video y se buscaron las fichas técnicas de cada vehículo en otros casos se buscó el tipo de motor y sus características. Además, se realizaron entrevistas a los conductores para conocer el kilometraje del vehículo, combustible y tamaño del vehículo.



La distribución de tecnologías de cada una de las 16 categorías se presenta a continuación con un código que permite hacer la consulta de las características en el programa IVE.

Tabla 8. Distribución de tecnologías IVE.

Tipo de vehículo	Tecnología IVE
Ambulancia	759 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : <79K km
	768 Ds: Auto/SmTk : Med : FI : Particulate : None : <79K km
Bus	1140 Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroIII : None : <79K km
	1141 Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroIII : None : 80-161K km
Camión	1137 Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroIII : None : <79K km
	741 Ds: Auto/SmTk : Med : Pre-Inj : None : None : <79K km
	102 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none : PCV : <79K km
	1158 Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroV : None : <79K km
	1149 Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroIV : None : <79K km
	1087 Ds: Tk/Bus : Hv : Dir-Inj : Improved : None : 80-161K km
	835 Pt: Tk/Bus : Hv : Carb : None : PCV : 80-161K km
Campero	99 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none : PCV : <79K km
	1 Pt: Auto/SmTk : Lt : Carb : None : PCV : 80-161K km
	0 Pt: Auto/SmTk : Lt : Carb : None : PCV : <79K km
Carro Particular	756 Ds: Auto/SmTk : Lt : Dir-Inj : EGR+Improv : None : <79K km
	759 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : <79K km
	99 Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none : PCV : <79K km
	102 Pt: Auto/SmTk : Med : MPFI: none : PCV : <79K km
	48 Pt: Auto/SmTk : Med : SgPt FI : none : PCV : <79K km
	45 Pt: Auto/SmTk : Lt : SgPt FI : none : PCV : <79K km
Carro Policía	1152 Ds: Tk/Bus : Lt : FI : EuroV : None : <79K km
	759 Ds: Auto/SmTk : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : <79K km
Furgón	1155 Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroV : None : <79K km
	1092 Ds: Tk/Bus : Med : Dir-Inj : EGR+Improv : None : <79K km
	1146 Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroIV : None : <79K km
	1128 Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroII : None : <79K km



Moto	1176	Pt: SmlEng : Hv : 2Cyc : None : None : <25K km
	1170	Pt: SmlEng : Lt : 2Cyc : None : None : <25K km
	1173	Pt: SmlEng : Med : 2Cyc : None : None : <25K km
	1212	Pt: SmlEng : Hv : 4Cyc Carb : None : None : <25K km
	1209	Pt: SmlEng : Med : 4Cyc Carb : None : None : <25K km
	1206	Pt: SmlEng : Lt : 4Cyc Carb : None : None : <25K km
Moto Policía	1213	Pt: SmlEng : Hv : 4Cyc Carb : None : None : 26-50K km
Retro Excavadora	1140	Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroIII : None : <79K km
Taxi	99	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none : PCV : <79K km
	100	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none : PCV : 80-161K km
Taxi Servicio Especial	738	Ds: Auto/SmTk : Lt : Pre-Inj : None : None : <79K km
	1080	Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : <79K km
	954	Pt: Tk/Bus : Lt : FI : EuroV : PCV : <79K km
	198	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: EuroIV : PCV/Tank : <79K km
	189	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: EuroIII : PCV/Tank : <79K km
	99	Pt: Auto/SmTk : Lt : MPFI: none : PCV : <79K km
Tractocamión	1159	Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroV : None : 80-161K km
	1158	Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroV : None : <79K km
Tractor	756	Ds: Auto/SmTk : Lt : Dir-Inj : EGR+Improv : None : <79K km
Van	1081	Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : 80-161K km
	1080	Ds: Tk/Bus : Lt : Dir-Inj : Improved : None : <79K km
	1128	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroII : None : <79K km
	1129	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroII : None : 80-161K km
	1137	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroIII : None : <79K km
	1138	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroIII : None : 80-161K km
	1146	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroIV : None : <79K km
	1147	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroIV : None : 80-161K km
	1155	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroV : None : <79K km
	1156	Ds: Tk/Bus : Med : FI : EuroV : None : 80-161K km



Volqueta	1086	Ds: Tk/Bus : Hv : Dir-Inj : Improved : None : <79K km
	1149	Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroIV : None : <79K km
	1158	Ds: Tk/Bus : Hv : FI : EuroV : None : <79K km
	835	Pt: Tk/Bus : Hv : Carb : None : PCV : 80-161K km
	1087	Ds: Tk/Bus : Hv : Dir-Inj : Improved : None : 80-161K km

Fuente: Autores 2022.

Característica del combustible

En este estudio se tomó en cuenta la calidad del combustible de la especificación técnica del catálogo de los productos de Ecopetrol S.A. Gasolina Básica Corriente la cual nos dice lo siguiente:

- Azufre: 50 PPM.
- Plomo 0,013 g/L.
- Benceno 1,0%.
- Oxigenado se tomó como 0% ya que la gasolina no tiene aditivos para incrementar el oxígeno del combustible.

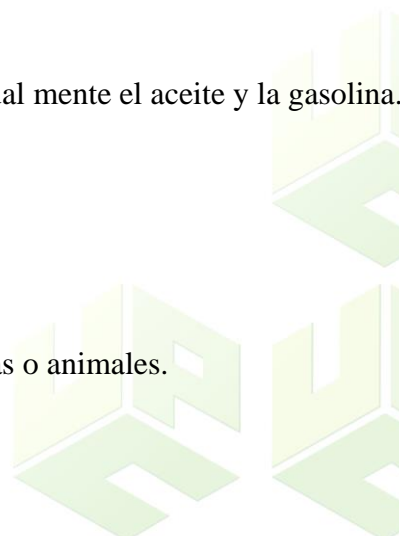
Esta información se corrobora con la Resolución número (1180) Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Minas y Energía, en la tabla 2A y 2B las cuales establecen las características generales del combustible para Colombia.

Para clasificar la gasolina se tiene en cuenta las características:

- Moderada- premezcla, no tiene efecto en las emisiones.
- Sin premezcla cuando el dueño de vehículo mezcla manualmente el aceite y la gasolina.

Para la clasificación del diesel:

- Moderada no tiene efectos en las mediciones.
- Limpio o biodiesel mejoran las emisiones.
- Biodiesel el cual es un derivado de aceites grasos, plantas o animales.





Características ambientales de la zona de estudio

Se tenía planeado solicitar la información al IDEAM sobre temperatura, humedad relativa media anual y altitud, sin embargo, esta institución no envió la información por lo cual se recurrió a tomar los datos brindados por la Gobernación del Cesar y un atlas interactivo del IDEAM, los cuales se relacionan a continuación:

Tabla 9. Características ambientales de la zona de estudio.

Parámetro	Unidad	Resultado
Altitud	MSNM	137
Humedad relativa	%	70
Temperatura	°C	29

Fuente: Gobernación del cesar y atlas interactivo del IDEAM

7.4. CÁLCULO DE EMISIONES UTILIZANDO EL MODELO IVE.

Una vez teniendo completa la caracterización de la ficha flota de todas las categorías vehiculares y de la ficha localidad se procedió a obtener todos los resultados los cuales están dados en gramos, los resultados se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 10. Contaminantes criterios - emisiones resultantes.

Contaminantes Criterio						
Tipo de vehículo	CO (g)	VOC (g)	VOC evap (g)	NOx (g)	SOx (g)	PM 10 (g)
Ambulancia	3364.13	842.5	0	944.86	3.22	678.47
Bus	4957.94	797.96	0	21473.28	24.36	1678.96
Camión	365027.72	7888.84	978.32	61405.22	41.06	6598.28
Campero	94826.42	4273.88	426.21	5102.07	6.23	16.57



Carro Particular	2750833.1	162387.64	6211.5	227132.8	265.41	14452.9
Carro Policía	597.35	147.76	0	410.5	1.41	132.42
Furgón	3445.13	667.38	0	23665.22	40.33	3201.3
Moto	40984968.8	7754905.4	1899457.3	633428.8	387.6	349857.0
Moto Policía	85671.3	10204.96	2714.78	3614.61	0.88	647.77
Retro Excavadora	68.35	11.57	0	307.82	0.35	16.1
Taxi	65870.77	3559.5	342.36	4188.48	4.06	14.51
Taxi Servicio Especial	823556.44	21910.31	1308.64	37465.71	42.97	1875.15
Tractocamión	531.86	58.96	0	10133.34	31.1	561.55
Tractor	261.93	66.69	0	85.62	0.18	58.51
Van	1604.04	308.27	0	12510.66	15.36	1871.69
Volqueta	123043.78	2494.62	328.65	18843.42	12.88	1860.13

Fuente: Autores 2022.

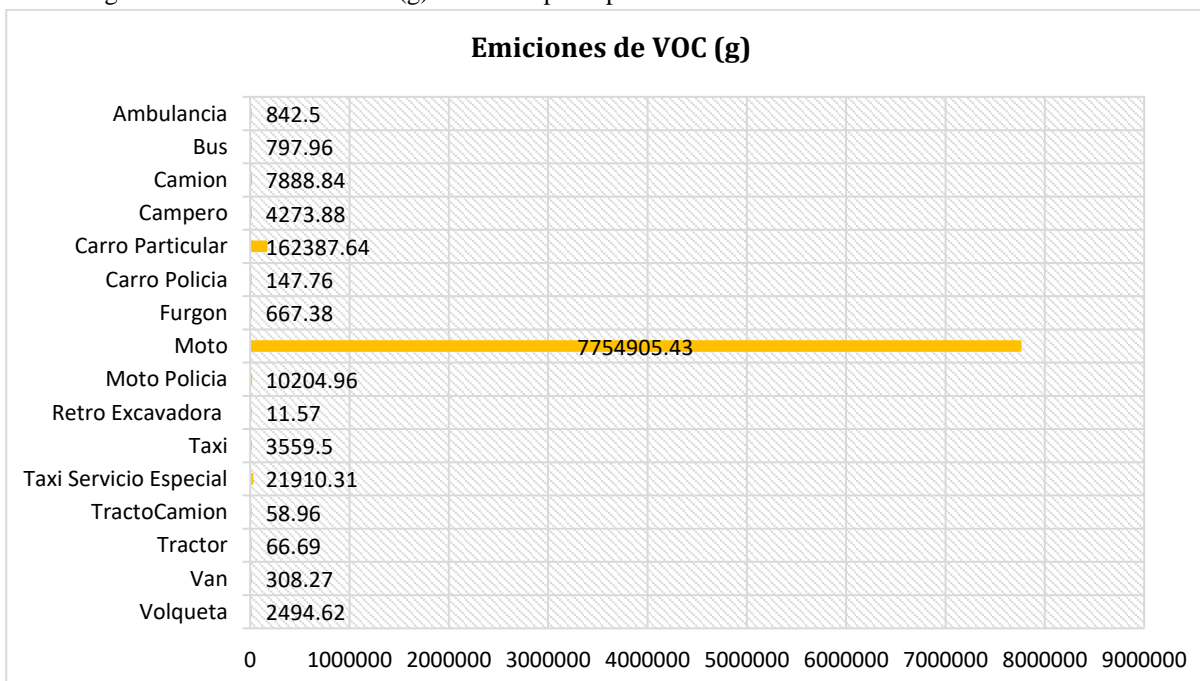
Como se puede observar en la anterior tabla para todos los contaminantes criterios, la moto es el vehículo que más concentración de contaminante arroja hacia el ambiente, para mejor interpretación y lectura de los datos a continuación se presentan los gráficos del total de emisiones por cada una de las 16 categorías:

Figura 6. Emisiones de CO (g). En la vía principal de Becerril.



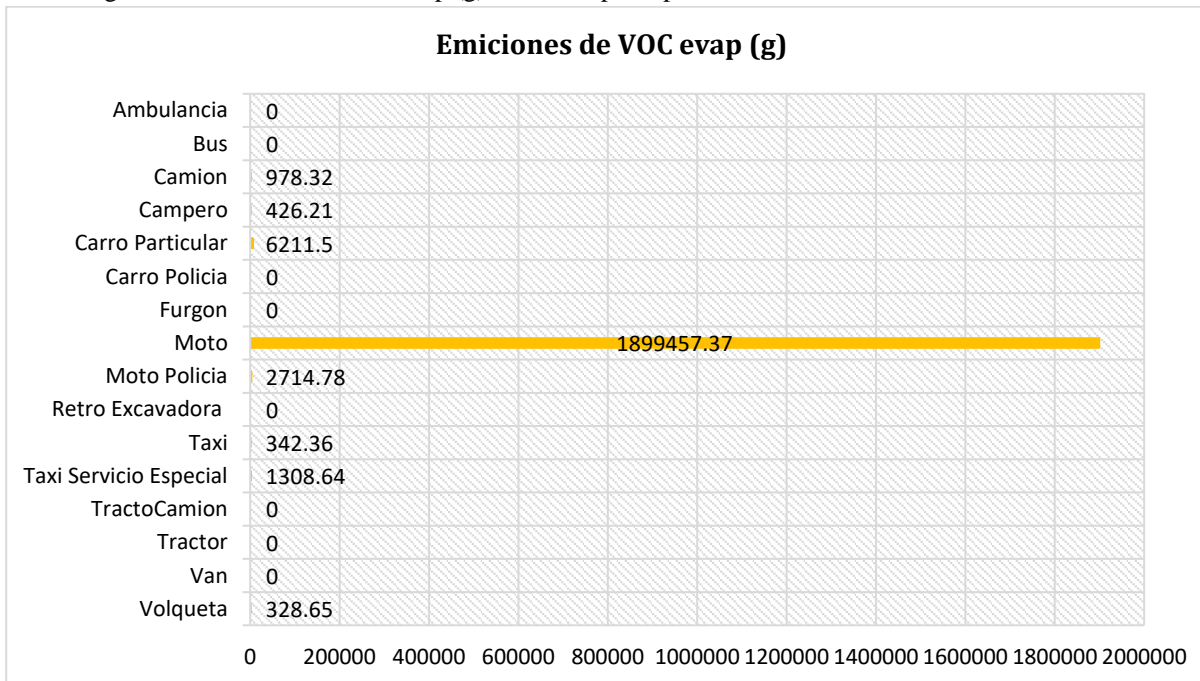
Fuente: Autores 2022.

Figura 7. Emisiones de VOC (g). En la vía principal de Becerril.



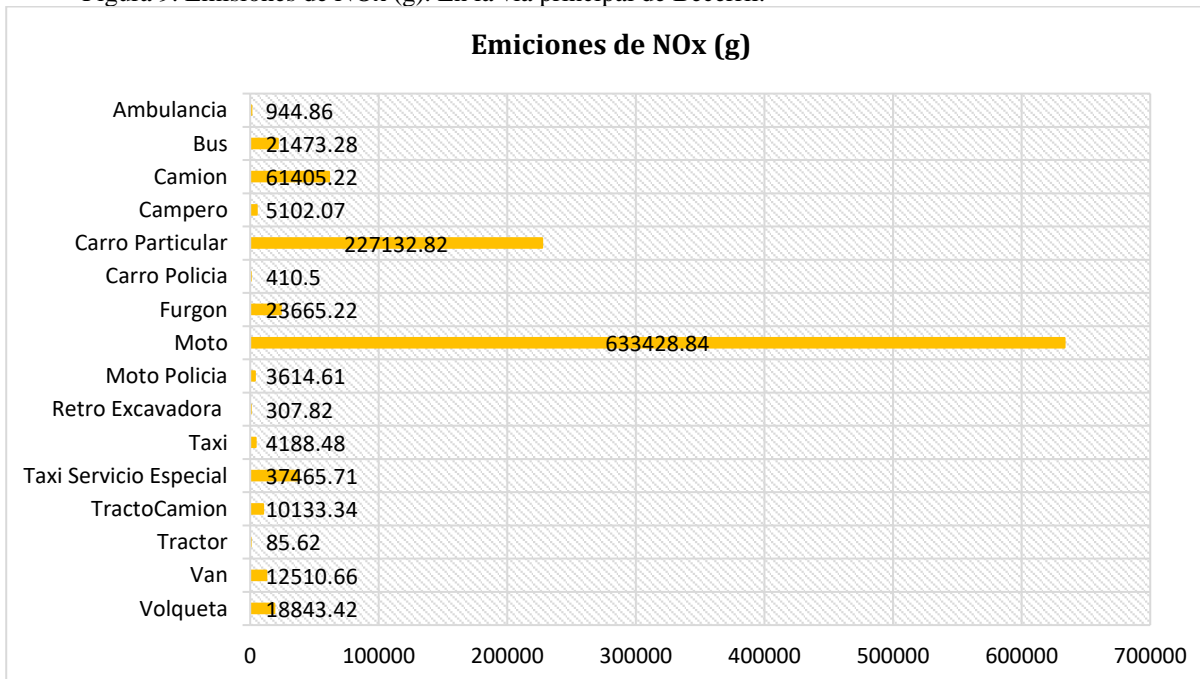
Fuente: Autores 2022.

Figura 8. Emisiones de VOC evap (g). En la vía principal de Becerril.



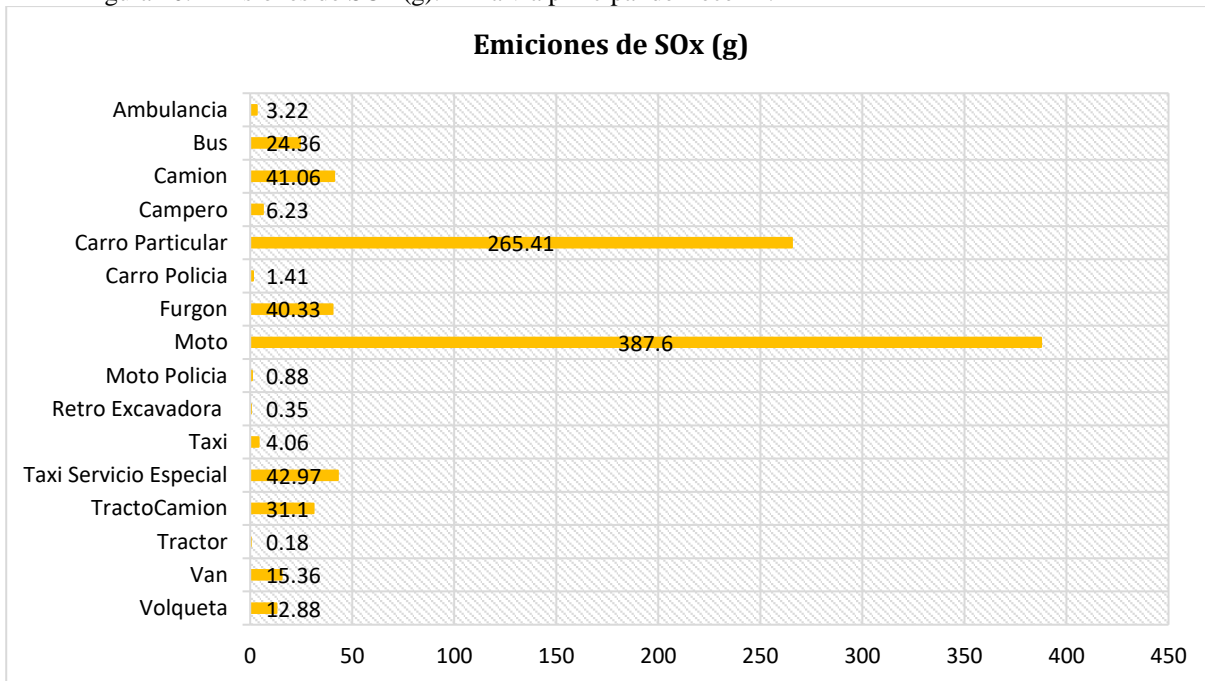
Fuente: Autores 2022.

Figura 9. Emisiones de NOx (g). En la vía principal de Becerril.



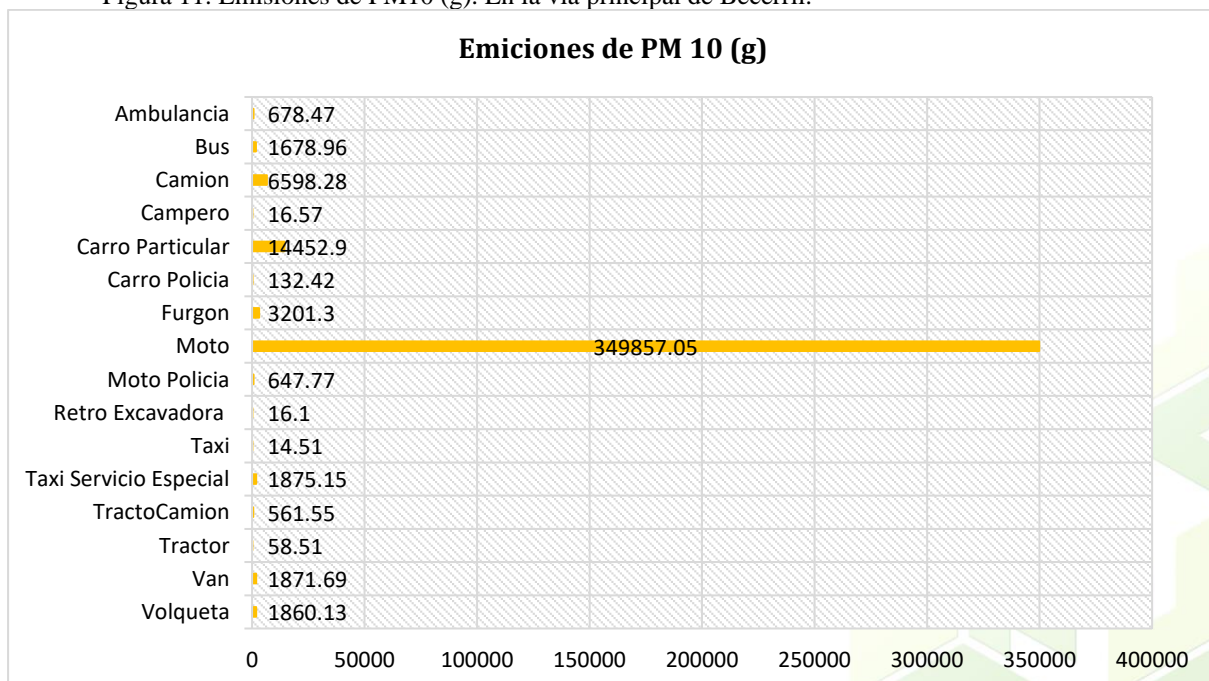
Fuente: Autores 2022.

Figura 10. Emisiones de SO_x (g). En la vía principal de Becerril.



Fuente: Autores 2022.

Figura 11. Emisiones de PM₁₀ (g). En la vía principal de Becerril.



Fuente: Autores 2022.



Por otro lado, se presenta también las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la siguiente tabla:

Tabla 11. Calentamiento Global - emisiones resultantes.

Calentamiento Global			
Tipo de vehículo	CO2 (g)	N2O (g)	CH4 (g)
Ambulancia	286614.7	6.71	0
Bus	2382347.15	541.88	0
Camión	2863249.12	98.86	1420.71
Campero	311196.9	1.48	854.78
Carro Particular	14918096.5	141.26	29287.6
Carro Policía	138509.97	7.09	0
Furgón	3976089.48	448.04	0
Moto	20900346.4	348.55	1550981.09
Moto Policía	58175.8	0.58	2040.99
Retro Excavadora	34049.98	7.32	0
Taxi	491153.36	1.3	711.9
Taxi Servicio Especial	2345369.13	64.59	4317.78
Tractocamión	3040075.43	785.45	0

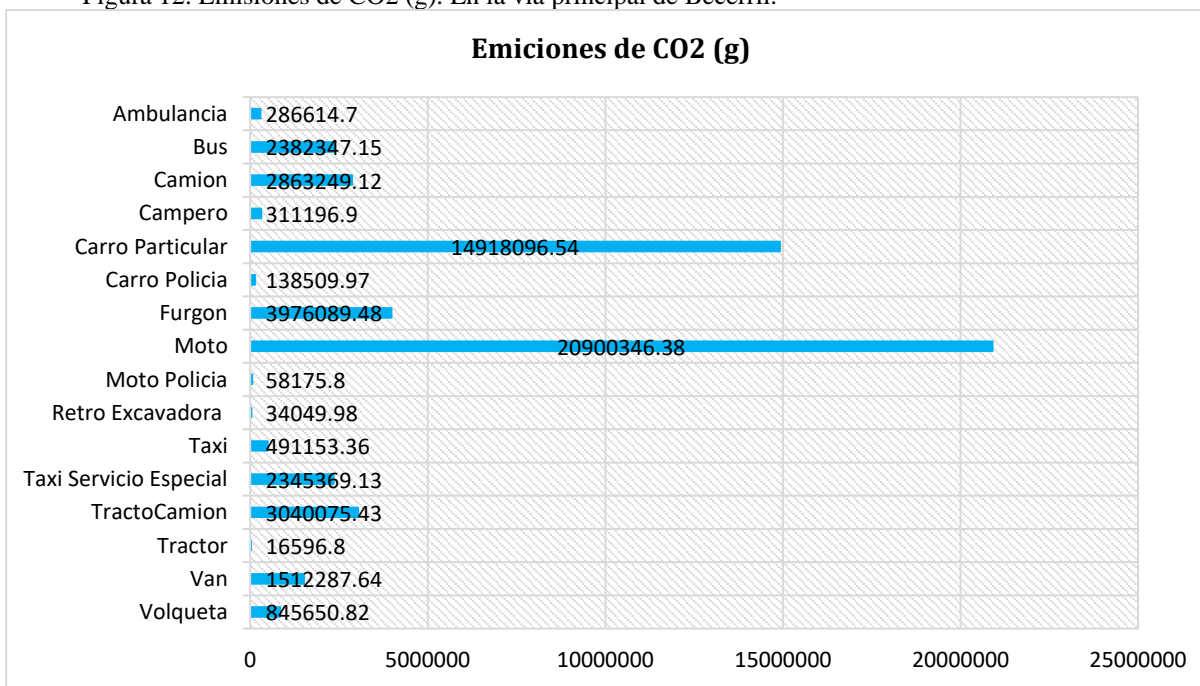


Tractor	16596.8	0.1	0
Van	1512287.64	216.42	0
Volqueta	845650.82	34.62	465.02

Fuente: Autores 2022.

En el caso de los GEI se observa que la moto ocupa el primer lugar en emisiones de CO₂ y metano, sin embargo, el Tractocamión es el vehículo que más contaminante de N₂O emite al medio ambiente. Con el fin de tener una mayor lectura de los datos y su interpretación se hace necesario la presentación de los resultados en las siguientes figuras:

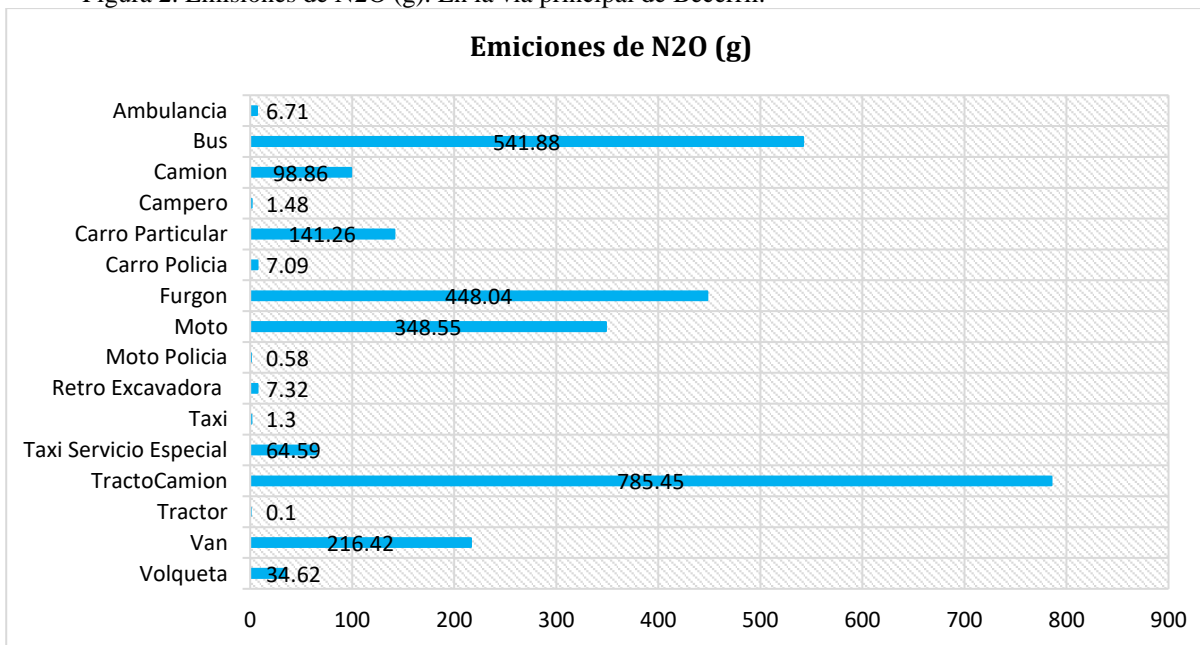
Figura 12. Emisiones de CO₂ (g). En la vía principal de Becerril.



Fuente: Autores 2022.

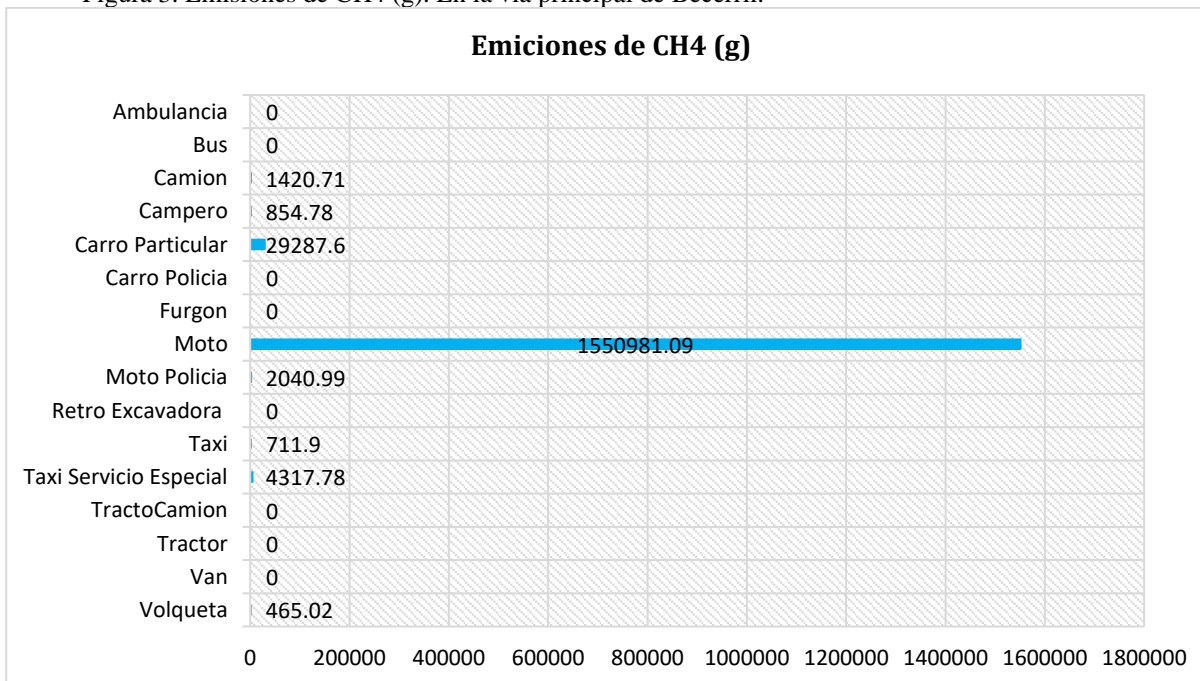


Figura 2. Emisiones de N₂O (g). En la vía principal de Becerril.



Fuente: Autores 2022.

Figura 3. Emisiones de CH₄ (g). En la vía principal de Becerril.



Fuente: Autores 2022.



Como complemento, se presentan otras emisiones resultantes que también puede contaminar, estas se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 12. Tóxicos - emisiones resultantes.

Tóxicos						
Tipo de vehículo	Plomo (g)	1,3 Butadieno (g)	Acetaldehídos (g)	Formaldehídos (g)	NH3 (g)	Benceno (g)
Ambulancia	10.14	0.52	0.72	2.23	4.14	17.68
Bus	76.8	2	10.74	24.34	31.53	8.38
Camión	102.5	13.04	46.91	132.41	105.53	380.78
Campero	11.53	3.66	4.66	8.18	64.79	225.23
Carro Particular	559.54	91.03	121.04	237.87	4716.61	8052.23
Carro Policía	4.45	0.1	0.14	0.43	2.99	3.1
Furgón	127.28	4.8	22.65	61.5	75.63	7
Moto	3172.63	18153.59	126084.93	504303.01	224528.	170330.
Moto Policía	9.84	53.37	233.48	933.85	415.72	239.42
Retro Excavadora	1.1	0.03	0.13	0.34	0.44	0.12



Taxi	7.53	2.86	3.67	6.4	101.07	187.59
Taxi Servicio Especial	88.17	13.46	29.6	67.91	578.74	1117.61
Tractocamión	98.23	0.16	0.74	2.02	39.31	0.61
Tractor	0.54	0.03	0.07	0.18	0.33	1.41
Van	48.48	1.59	7.54	20.48	30.84	3.24
Volqueta	31.44	3.98	14.03	40.2	31.1	122.91

Fuente: Autores 2022.

7.5. ANÁLISIS NORMATIVO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

Con base en las normas de emisiones por fuentes móviles: Resolución 910 de 2008 y Resolución 1111 de 2013 Se procede a realizar un análisis de los contaminantes encontrados en las normas las cuales relacionan la variable dada en IVE de g para fuentes móviles.

- **Resolución 910 de 2008**

Vehículo Liviano y mediano - Motor a gasolina

En la tabla 8 de la resolución se encuentran los límites máximos de emisión para vehículos livianos y medianos. Basados en los ciclos de prueba de estados unidos FLP-75.. (Resolución 910 de 2008, Art 19, Tabla 8)

Tabla 13. Límite máximo de emisión para vehículos medianos y livianos.

Categoría	Subcategoría	CO	HC	HCNM	NO _x	
		(g/km)				
LDV	-	2.11	0.25	0.16	0.25	
LDT	LLDT	LDT1	2.11	-	0.16	0.25
		LDT2	2.73	-	0.20	0.44
	HLDT	LDT3	2.73	0.20	-	0.44

		LDT4	3.11	0.24	-	0.68
--	--	-------------	------	------	---	------

Fuente: Autores 2022.

Motocicletas, motociclos y moto triciclos con motor a gasolina

En la tabla 14 de la resolución se encuentran los límites máximos de emisión para Motocicletas Basados en los ciclos de prueba de la Unión Europea ECE R-40. (Resolución 910 de 2008, Art 21, Tabla 14)

Tabla 14. Límite máximo de emisión para motocicletas.

Categoría	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)
Cilindrada menor 150 CC	5.5	1.2	0.3
Cilindrada mayor o igual 150 CC	5.5	1.0	0.3

Fuente: Autores 2022.

- **Resolución 1111 de 2013**

Vehículo Liviano y mediano - Motor DIESEL

En la tabla 19 de la resolución se encuentran los límites máximos de emisión para vehículos livianos y medianos, basados en los ciclos de prueba de la Unión Europea. (Resolución 1111 de 2013, Art 3, Tabla19)

Tabla 15. Límite máximo de emisión para vehículos livianos y medianos.

Subcategoría	CO	NOx	HC + NOx	PM10	
	g/km				
M1	0.50	0.25	0.30	0.025	
N1	Clase I	0.50	0.25	0.30	0.025
	Clase II	0.63	0.33	0.39	0.04
	Clase III	0.74	0.39	0.46	0.06

Fuente: Autores 2022.



Vehículo Pesado - Motor DIESEL

En la tabla 21 de la resolución se encuentran los límites máximos de emisión para vehículos pesados. Basados en los ciclos ESC ciclo europeo del estado continuo y Ciclo ETC ciclo europeo de transición. (Resolución 1111 de 2013, Art 4, Tabla21)

Tabla 16. Límite máximo de emisión para vehículos pesado-motor Diesel.

Subcategoría	CO		HC		HCNM		NO _x		MP		Opacidad
	(g/kW-h)										(m ⁻¹)
	ESC	ETC	ESC	ETC	ESC	ETC	ESC	ETC	ESC	ETC	ELR
N2, N3, M2, M3	1.5	4.0	0.46	-	-	0.55	3.5	3.5	0.02	0.03	0.5

Fuente: Autores 2022.

En base a la norma se procedió a dividir en categorías la flota vehicular en:

- Motos. (Moto, Moto Policía)
- Vehículos Livianos a gasolina (Ambulancia, Campero, Carro Particular, Carro Policía, Taxi, Taxi Servicio Especial, Van)
- Vehículos pesados a Diesel (Bus, Camión, Furgón, Retro Excavadora, Tractocamión, Tractor, Volqueta)

*Nota: La norma establece para esta categoría unidades de g/kw-h, mientras que el modelo IVE nos da los valores en g/km, por lo tanto, para esta categoría la comparamos con la norma para vehículos livianos y medianos a Diesel, en la clase máxima N1 – Clase 3

Teniendo en cuenta lo anterior se procede con el cálculo de cada categoría con el fin de conocer el cumplimiento con la normatividad:

Cumplimiento de la normatividad en el caso de CO.

Motos. (Moto, Moto Policía)

$$\text{Valor Permitido Norma} * \text{km de la vía} = 5.5 \text{ g} * 2.5 = 13,75 \text{ g}$$



$$13,75 \text{ g} * \# \text{ de Motos} = 13.75 \text{ g} * 54011 = 742651 \text{ g}$$

Emisiones Permitida Norma – Emisiones IVE

$$742651 \text{ g} - 41070640 \text{ g} = 40327989 \text{ g}$$

Vehículos Livianos a gasolina (Ambulancia, campero, carro particular, carro policía, taxi, taxi Servicio especial, van)

$$\text{Valor Permitido Norma} * \text{km de la vía} = 2.11 \text{ g} * 2.5 = 5.275 \text{ g}$$

$$5.275 \text{ g} * \# \text{ de Vehiculos livianos a gasolina} = 5.275 \text{ g} * 15199 = 80174 \text{ g}$$

Emisiones Permitida Norma – Emisiones IVE

$$80174 \text{ g} - 3740652 \text{ g} = 3660478 \text{ g}$$

Vehículos pesados a Diesel (Bus, Camión, Furgón, Retro Excavadora, Tractocamión, Tractor, volqueta)

$$\text{Valor Permitido Norma} * \text{km de la vía} = 0.74 \text{ g} * 2.5 = 1.85 \text{ g}$$

$$1.85 \text{ g} * \# \text{ de Vehiculos pesados a Diesel} = 1.85 \text{ g} * 3183 = 5888 \text{ g}$$

Emisiones Permitida Norma – Emisiones IVE

$$5888 \text{ g} - 497,336.7 \text{ g} = 491447 \text{ g}$$

Cumplimiento de la normatividad en el caso de NOx.

Motos. (Moto, Moto Policía)

$$\text{Valor Permitido Norma} * \text{km de la vía} = 0.3 \text{ g} * 2.5 = 0.75 \text{ g}$$

$$0.75 \text{ g} * \# \text{ de Motos} = 0.75 \text{ g} * 54011 = 40508 \text{ g}$$

Emisiones Permitida Norma – Emisiones IVE

$$40508 \text{ g} - 637043 \text{ g} = 596535 \text{ g}$$



Vehículos Livianos a gasolina (Ambulancia, campero, carro particular, carro policía, taxi, taxi Servicio especial, van)

$$\text{Valor Permitido Norma} * \text{km de la vía} = 0.25 \text{ g} * 2.5 = 0.62 \text{ g}$$

$$0.62 \text{ g} * \# \text{ de Vehiculos livianos a gasolina} = 0.62 \text{ g} * 15199 = 9499 \text{ g}$$

$$\text{Emisiones Permitida Norma} - \text{Emisiones IVE}$$

$$9499 \text{ g} - 287755 \text{ g} = 278255 \text{ g}$$

Vehículos pesados a Diesel (Bus, Camión, Furgón, Retro Excavadora, Tractocamión, Tractor, volqueta)

$$\text{Valor Permitido Norma} * \text{km de la vía} = 0.39 \text{ g} * 2.5 = 0.975 \text{ g}$$

$$0.975 \text{ g} * \# \text{ de Vehiculos pesados a Diesel} = 0.975 \text{ g} * 3183 = 3103 \text{ g}$$

$$\text{Emisiones Permitida Norma} - \text{Emisiones IVE}$$

$$3103 \text{ g} - 135,913 \text{ g} = 132810 \text{ g}$$

Cumplimiento de la normatividad en el caso de PM10.

La norma no establece un valor para comparar el PM10 en motos lo cual muestra una problemática por la gran cantidad de motos que circulan en la vía, ni establece valor para vehículos livianos a gasolina. Por lo que se realiza únicamente la comparación con los vehículos pesados a Diesel.

Vehículos pesados a Diesel (Bus, Camión, Furgón, Retro Excavadora, Tractocamión, Tractor, volqueta)

$$\text{Valor Permitido Norma} * \text{km de la vía} = 0.06 \text{ g} * 2.5 = 0.15 \text{ g}$$

$$0.15 \text{ g} * \# \text{ de Vehiculos pesados a Diesel} = 0.15 \text{ g} * 3183 = 477.45 \text{ g}$$

$$\text{Emisiones Permitida Norma} - \text{Emisiones IVE}$$

$$477.45 \text{ g} - 13974 \text{ g} = 13496 \text{ g}$$



7.6. ESTRATEGIAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Con base en los resultados obtenidos de las etapas anteriores se diseñaron las siguientes estrategias:

- **Estrategia 1.**

Tabla 13. Estrategia 1.

Estrategia	Inventarios de emisiones atmosféricas
Descripción	Realizar la caracterización de las fuentes fijas y móviles, identificando el tipo y la cantidad de sustancias emitidas a y en un intervalo de tiempo determinado.
Objetivo	Realizar de inventarios atmosféricos
Meta	Determinar el parque automotor del corregimiento y las fuentes fijas generadoras de emisiones.

Fuente: autores, 2022.

- **Estrategia 2**

Tabla 14. Estrategia 2.

Estrategia	Caracterización fisicoquímica del material particulado
Descripción	Comprende la identificación y cuantificación de las especies químicas por las cuales está compuesta el material particulado.
Objetivo	Caracterizar fisicoquímicamente el material particulado.
Meta	Conocer las características del material particulado

Fuente: autores, 2022.

- **Estrategia 3**

Tabla 15. Estrategia 3.

Estrategia	Modelización de la calidad del aire
Descripción	Consiste en simular los procesos de concentración, dilución y la forma en la que se transforman los contaminantes y se



	<p>transportan con lo cual se puede identificar las zonas con mayor contaminación y el área de influencia de la contaminación, para así relacionarla con el estado de salud de las personas.</p> <p>La modelización constituye un insumo necesario para el diseño o ajuste de los sistemas de vigilancia de calidad de aire, para la identificación de las principales fuentes de emisión, la elaboración de pronósticos con fines preventivos y para la declaratoria y seguimiento de estados excepcionales por contaminación.</p>
Objetivo	Modelar la calidad del aire
Meta	Modelar los contaminantes criterios emitidos por fuentes fijas y móviles del corregimiento.

Fuente: autores, 2022.

- **Estrategia 4**

Tabla 16. Estrategia 4.

Estrategia	Incorporación de tecnologías vehiculares de cero y bajas emisiones
Descripción	Con apoyo de las autoridades ambientales competentes dotar al corregimiento de vehículos que tengan bajas emisiones de contaminantes con el fin de disminuir la contaminación.
Objetivo	Actualizar el parque automotor con vehículos de baja emisiones
Meta	Cambiar la flota de vehículos de baja emisión principalmente los de servicio público.

Fuente: autores, 2022.



- **Estrategias 5**

Tabla 17. Estrategia 5.

Estrategia	Charlas de educación ambiental a la comunidad
Descripción	Esto se realiza con el fin que la ciudadanía se capaz de entender cómo desde sus comportamientos diarios pueden afectar la calidad del aire, de los temas a tratar serían: *Que es la calidad del aire *Impacto de la quema de basura. *Cómo la contaminación del aire afecta la salud humana.
Objetivo	Educar ambientalmente a la población del corregimiento de la Loma, Cesar.
Meta	Crear consciencia en los ciudadanos sobre el problema de la calidad del aire.

Fuente: autores, 2022.

- **Estrategia 6**

Tabla 18. Estrategia 6.

Estrategia	Implementación de barreras vivas
Descripción	Las barreras vegetativas son setos de árboles y otras plantas que se usan para bordear carreteras por su capacidad de moderar la velocidad del viento, amortiguar el ruido y los olores, minimizar el flujo de ventiscas de material particulado y otras muchas ventajas. (EPA, 2010). La vegetación en el control de las emisiones de material particulado actúa como cerco vivo, disminuyendo el radio de dispersión.
Objetivo	Implementar barreras vivas
Meta	Plantar y mantener las barreras vivas en vías de mayor tráfico vehicular.

Fuente: autores, 2022.



- **Estrategia 7**

Tabla 19. Estrategia 7.

Estrategia	Control de la velocidad de los vehículos
Descripción	Todos los vehículos deben transitar con una velocidad que no exceda los 60 km/hr sobre todo en vías sin pavimentar esto con el fin de evitar el levantamiento del material particulado.
Objetivo	Controlar la velocidad de los vehículos
Meta	No exceder los 60 km/h, permitido en las vías del corregimiento.

Fuente: autores, 2022.





8. CONCLUSIONES

La vía con mayor congestión vehicular es la carrera 5 conocida como la vía principal del municipio de Becerril, Cesar, por esta transitan vehículos que van desde una moto hasta un vehículo pesado, se encontró que las motos son las más transitadas con 53.900 unidades, seguido del carro particular con 12,502 unidades mientras que en total circularon por la vía 72.393 vehículos. Estos vehículos transitan a una velocidad promedio de 25 kilómetros por hora, y una aceleración de 6.96 m/s^2 siendo las horas de mayor congestión entre las 6 a 8 a.m. La potencia específica del motor (VSP) fue de 3.575, mientras que los bins fue de 12 – 32 – 52.

En cuanto a las emisiones para todos los contaminantes la moto es el vehículo que más concentración arroja hacia el ambiente, en el caso del CO la concentración emitida fue de 40984968,81 g, para los NOx, las motos emiten 633428.84 g, en el caso de PM10 la emisión fue de 349857, 05 g. En cuanto a los Gases de Efecto Invernadero, el CO2 tuvo una emisión de 20900346,4 g, el N2O con un valor de 785,45 g, seguido del CH4 con 1550981,09 g.

El total de CO emitido por los vehículos que transitan por esta vía fue de 45185584 g, en el caso de NOx las emisiones totales ascienden a 1060712,41 g, mientras que para los SOx el valor fue de 877.4 g y PM10 el valor de la concentración de emisión fue de 383521.36 g. Para los gases de Efecto Invernadero, el valor de CO2 fue de 54119809,18 g, mientras que N2O fue de 2704,25 g, y por último, para el metano la concentración emitida fue de 1590079,87 g.

Al comparar dichos resultados con la normatividad ambiental vigente en la resolución 910 del 2008 y 1111 del 2013 se concluye que ninguno de los contaminantes, ni gases de efecto invernadero se encuentran dentro de los valores permitidos por dichas normas, por lo cual se evidencia una problemática clara en la zona de estudio que requiere de una atención urgente por parte de las autoridades ambientales competentes.

En cuanto a las estrategias para mejorar la calidad del aire se diseñaron siete, las cuales son inventarios de emisiones atmosféricas, caracterización fisicoquímica del material particulado, modelación de la calidad del aire, incorporación de tecnologías vehiculares de cero y bajas



emisiones, charlas de educación ambiental a la comunidad, implementación de barreras vivas y el control de la velocidad de los vehículos.

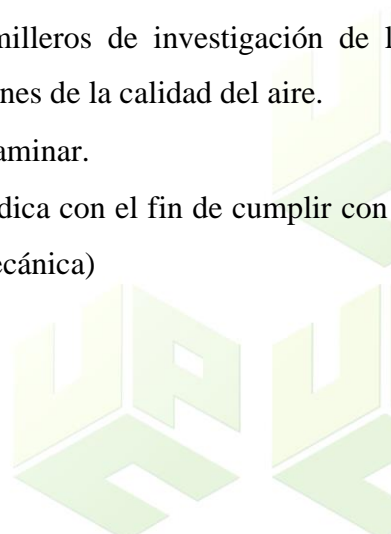
Por último, este estudio fue de gran importancia como estudiantes de ingeniería ambiental y sanitaria dado que por medio de este pudimos estar al frente y tener conocimiento de una de las problemáticas que más afecta el departamento del Cesar, además, utilizar la herramienta de valoración ambiental permite de manera innovadora tener información con la cual pudimos plantear estrategias centradas en la gestión ambiental.





9. RECOMENDACIONES

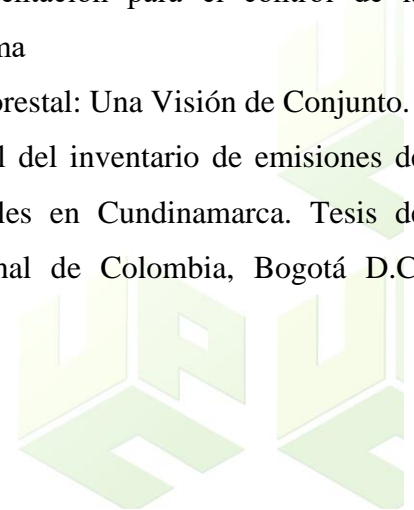
- Debido a la gran cantidad de vehículos que circulan en Becerril por la presencia de las minas, alrededor del pueblo; es importante establecer una base de datos de la flota vehicular que circula por esa vía, recalcando que se encontró una gran cantidad de motos y no se tiene ningún control siendo este grupo el que más contaminantes genera en Becerril.
- De igual modo se le recomienda a la Secretaría de tránsito la instalación de cámaras en la vía para la contabilización de la flota vehicular, y tener una base de datos más exacta
- Recomendamos realizar pruebas de cálculo de los bins VSP con un GPS que cuente segundo a segundos parámetros de velocidad, altitud y aceleración.
- Para investigaciones posteriores relacionadas con las emisiones de fuentes móviles, se recomienda la instalación de una estación meteorológica para obtener los datos de temperatura y humedad relativa, esto debido a que la estación meteorológica más cercana a Becerril (Socomba) se encuentra suspendida.
- Poder realizar este inventario para fuentes fijas del municipio.
- Realizar este mismo estudio en otras partes del departamento del Cesar como la Loma, Cesar.
- Involucrar a la ciudadanía en la gestión integral del recurso aire por medio de la educación ambiental.
- Realizar investigaciones de manera articulada con semilleros de investigación de las universidades de la región en pro de mejorar las condiciones de la calidad del aire.
- Adquirir hábitos ambientales como utilizar bicicletas o caminar.
- Realizar mantenimiento a los vehículos de manera periódica con el fin de cumplir con la normatividad en temas de emisiones (revisión técnico mecánica)





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aristizábal, L y Ballesteros, B (2004). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C: IDEAM
- Albornoz, A y Guerrero, B (2019) Inventario de emisiones atmosféricas de CO₂ provenientes de fuentes móviles en el municipio de Mosquera por medio del modelo IVE. Tesis de pregrado. Universidad de Cundinamarca. Ingeniero Ambiental. Facatativá, Colombia.
- Baquero, A y González, M (2016). Inventario de emisiones de mercurio en fuentes fijas en la dirección regional sabana centro, según la jurisdicción de la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR). Tesis de pregrado. Facultad de ingeniería, Universidad de la Salle, Bogotá D.C, Colombia.
- Castro, P., Peña, C., y Escobar, M., Wiston, L. (2006). Estimación de las emisiones contaminantes por fuentes móviles a nivel nacional y formulación de lineamientos técnicos para el ajuste de las normas de emisión. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Universidad de la salle, Bogotá D.C, Colombia.
- Calla, L., Durandal, y Luján, M., Pérez, (2018). Inventario de emisiones de fuentes móviles con una distribución espacial y temporal para el área metropolitana de Cochabamba, Bolivia. Acta Nova, 8(3), 322–353.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Organización Mundial de la salud (OMS). (1999). “Curso de orientación para el control de la contaminación del aire, Manual de auto instrucción”. Lima
- Ciesla, W. (1996). Cambio Climático Bosques y Ordenación Forestal: Una Visión de Conjunto.
- Dávila, C., Pinzón, P., (2015). Desagregación espaciotemporal del inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes fijas y móviles en Cundinamarca. Tesis de maestría. Facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia.





- Echávez, K., Pastran, Y., & Polo, A. (2015). “Estimación del CO₂ emitido y capturado en la sede sabanas y el campus deportivo de la universidad popular del cesar.”
- EPA (S.f) EPA. Ap-42: Compilation of Air Emission Factors. [en línea] United States Environmental Protection Agency. Disponible en: <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-Compilation-air-emission-factors>.
- EPA. (2015b). Air Quality Management Online Portal Emission Inventory.
- Fernández, A (S.f). Principios básicos de inventarios de emisiones. Recuperado de: <https://www3.epa.gov/ttn/catc/dir1/cursos.pdf>
- Espinoza, E (2018) “determinación de la dispersión geográfica de los gases NO_x, CO, SO₂ y partículas (PM₁₀), emitidos por una central térmica aplicando el modelo AERMOD”. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur. Villa, El Salvador.
- Hilario (2017) Emisiones contaminantes de vehículos del distrito de Huancayo. Tesis de posgrado. Universidad Nacional del centro del Perú.
- Guzmán, J y Cerón, L (2019) Estimación de las emisiones contaminantes asociadas al parque automotor de la ciudad de Ibagué utilizando el modelo IVE. (Tesis de pregrado). Universidad de Ibagué. Ibagué, Tolima.
- IDEAM (2014) Calidad del aire. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>
- Iniestra,R., Franco, P., Allen,J., Tejada, D., & Aguilar,J. (2009). Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas. Primera edición
- IPCC. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Kanagawa: IGES.p16
- Londoño, J., Correa, M. A., y Palacio, C. A. (2011). Estimación de las emisiones de contaminantes atmosféricos provenientes de fuentes móviles en el área urbana de Envigado, Colombia. Revista EIA., (16), 149–162. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372011000200012
- Martinez, E., Lopez , y Morales O., Romero, A., Marin, A., (2004). Estado del arte sobre los estudios de calidad del aire en el Valle de Aburrá.



- Morris, A., Geiger, G., y Fine, H. (2011) Handbook on Material and Energy Balance Calculations in Material En: Processing . WILEY..3 ed. p85
- NAEI (2016) Emission Factors.[en línea] National Atmospheric Emissions Inventory. Disponible en internet : <http://naei.defra.gov.uk/data/emission-factors>
- Quiñones, L (2012). Evaluación de los inventarios de emisiones de fuentes móviles de Bogotá mediante datos de la Red de Calidad de Aire. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C, Colombia.
- RADIAN INTERNATIONAL (2000). Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México. DF.
- Rojas, P. A. (2015). Estimación de Emisiones de Contaminantes Provenientes de Fuentes Móviles en la Jurisdicción CAR (tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia.
- Silva, A., y Arcos, D. (2011). Aplicación del programa AERMOD para modelar dispersión de PM10 emitido por equipos de calefacción a leña en la ciudad de Constitución. Obras y Proyectos, (9), 4–10.
- Seinfeld, J., y Pandis, S. Atmospheric Chemistry and Physics. Estados Unidos de América: Wiley & Sons. 2016 p85
- Vélez, C. E. (2016). Aproximación a un inventario de emisiones para buses de transporte público urbano en la ciudad de Cartagena, Colombia. Bolívar. Cartagena: Universidad tecnológica de Bolívar
- Zuluaga, C., & Parra, J. (2010). Estudio de la dispersión de contaminantes atmosféricos en la jurisdicción de cornare: informe general, (173), 1–19.







Anexo 1. Formato de registro de vehículo



AFORO









Formato de registro de vehículos. Universidad popular del cesar. Ingeniería ambiental y sanitaria.	
Punto de muestreo o nombre de la vía:	
Fecha:	
Hora:	
Tipo de vehículo	Conteo por hora
Volquetas 	
Volqueta Doble-Troque	
Camión	
Camión Doble-Troque	
Camión CARRO	
Camión ACUEDUCTO	
Camión POSTES	
Camión COCA-COLA	
Camión POSTOBON	
Camión AGUILA	
Camión Dinero PROSEGUR	
Camión Dinero BRINKS	
Camión CEMENTO	
Camión Basura	
Furgón 	
Bus PUBLICO	



	
Bus SERVICIO ESPECIAL	
Bus BRAZILIA	
Bus COPETLAN	
Bus VIP	
Bus CONTRACOSTA	
Bus CONTRACEGUA	
Taxi	
	
Taxi SERVICIO ESPECIAL	
Camioneta SERVICIO ESPECIAL	
Camioneta ESTACA SERVICIO ESPECIAL	
Van	
	
Carro PARTICULAR	
	
Camioneta PARTICULAR	
Camioneta ESTACA	
Carro POLICIA	
	
Moto AUTOMATICA	
	





Moto Semiautomática 	
Moto 	
Moto CHAPI	
Moto 80"	
Moto ENDURO 	
Moto MOTO CARRO	
Moto CARGA 	
Moto Carro TORITO 	
Moto Carro TVS	
Moto POLICIA 	
Campero 	
MULAS (C2SI) 	



MULAS (C2S2) 	
MULAS (C3S1) 	
MULAS (C3S2) 	
MULAS (C3S3) 	
Ambulancia 	
Retro excavadora 	
Tractor 	

Fuente: Autores 2022.



Anexo 2. Formato de Encuestas



ENCUESTA

1. ¿Cuántos kilómetros de recorrido tiene el vehículo desde su creación?

2. ¿Cuál es la marca del vehículo y modelo?

3. ¿Qué tipo de combustible utiliza?

4. ¿Cuál es el tamaño físico del vehículo?

5. ¿Cuánto tiempo permanece apagado el vehículo? Marque respuestas múltiples
 - 15 minutos
 - 30 minutos
 - 1 horas
 - 2 horas
 - 3 horas
 - 4 horas
 - 6 horas
 - 8 horas
 - 12 horas
 - 18 horas

Fuente: Autores 2022.

Anexo 3. Evidencia de la utilización del Software

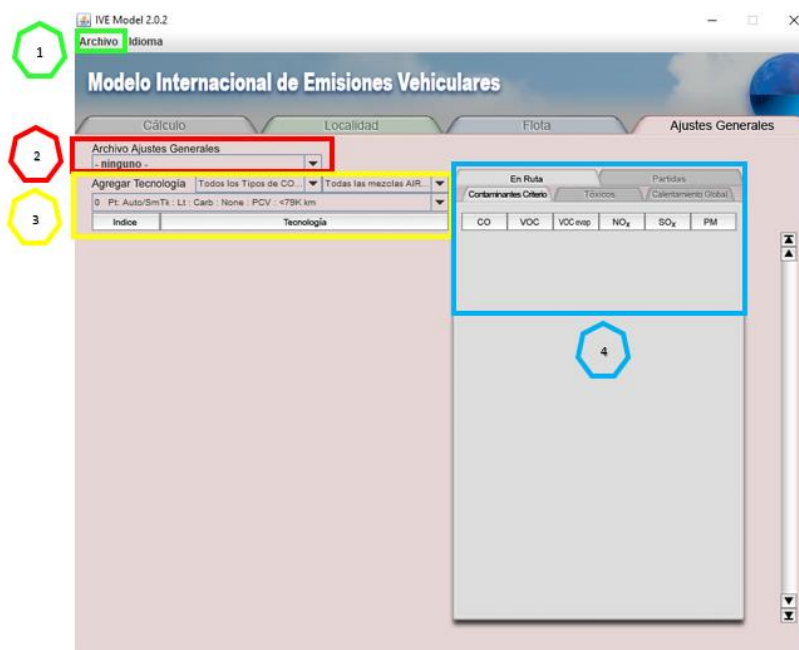
Ajustes generales.

El modelo posee una base de datos en la que nos da factores de emisión, estos datos fueron obtenidos mediante pruebas de dinamómetro bajo el ciclo específico y condiciones estándar que corresponden a estudios previos como ciudades de estados unidos. Además, cuenta con otros factores de emisión de otros factores una de ellas es Bogotá.

En caso de que nosotros queramos modificar estos factores de emisión para ser más precisos en nuestro modelo podemos obtener mediante pruebas estos factores y modificarlos en nuestra hoja de cálculo de ajustes generales.

En nuestro estudio no modificamos los ajustes generales ya que obtener estos criterios tendríamos que hacer un análisis de gases a los vehículos que vamos a ingresar en el estudio del programa.

Ventana del modelo IVE, hoja ajustes generales.



Fuente: Modelo IVE

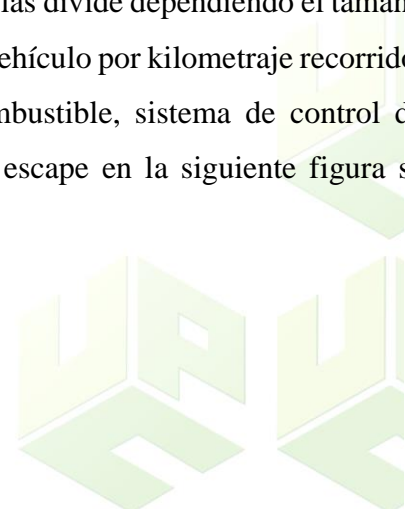


1. Archivo: se utiliza para crear, modificar o eliminar archivos de hoja en ajustes generales.
2. Archivo ajustes Generales: sirve para seleccionar la hoja de cálculo a estudiar.
3. Permite agregar la tecnología apropiada de nuestro estudio, el cual cuenta con una lista de 1372 tecnologías predefinidas.
4. En los recuadros correspondientes a cada tecnología se ingresa el valor de corrección para cada contaminante.

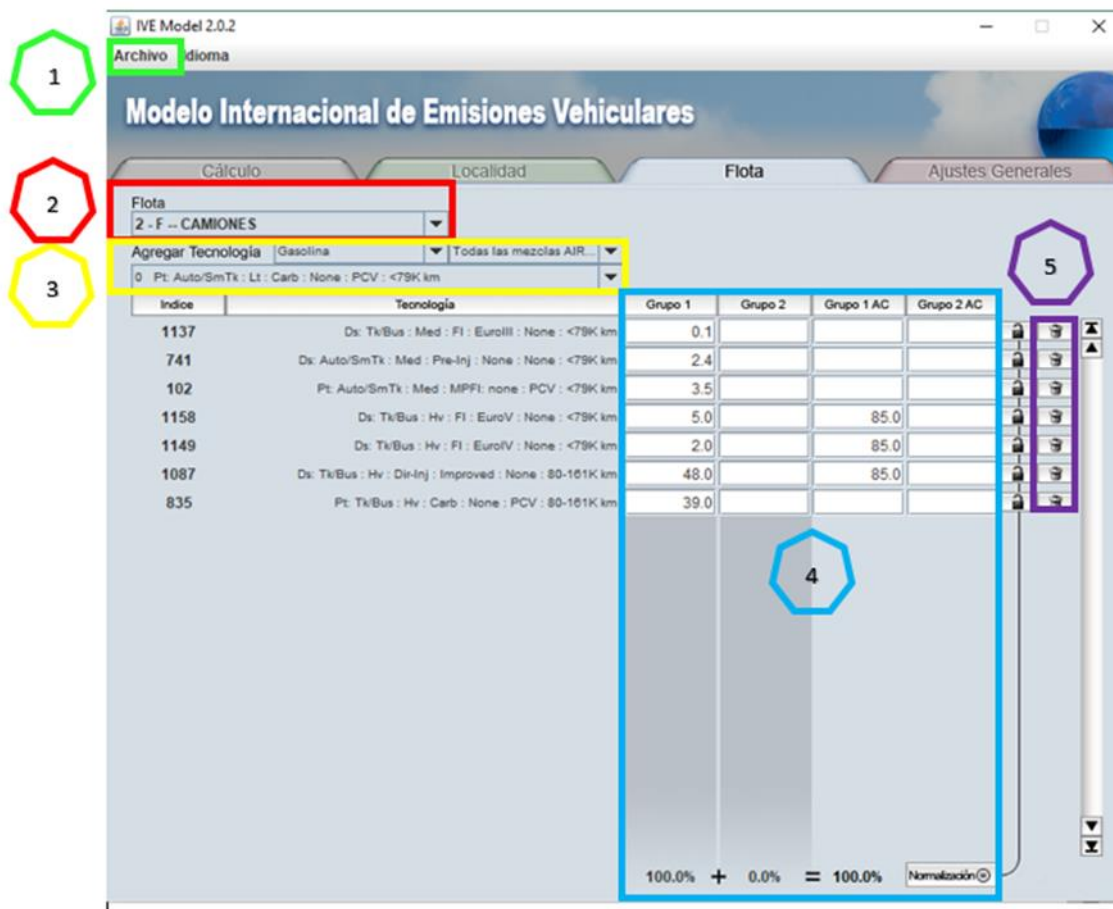
Flota vehicular

En la hoja de cálculo de flota vehicular podemos agregar adecuadamente las tecnologías y tipologías de los vehículos estudiados dentro de nuestra flota. Para esto debido a la gran cantidad de vehículos se tomó una muestra poblacional de cada tipología tomando en cuenta los vehículos observados en el video y los vehículos más comunes de la región se buscó su ficha técnica en internet o las características del motor y así agregar la tipología más adecuada.

El archivo contiene una lista en la cual contamos con 1372 tecnologías pre definidas y 45 tecnologías adicionales no definidas en las cuál es el programa y las divide dependiendo el tamaño de vehículo, el combustible utilizado por el vehículo, el uso del vehículo por kilometraje recorrido, el sistema de entrega de combustible o alimentación del combustible, sistema de control de emisiones evaporativas y sistema de control de emisiones de escape en la siguiente figura se muestra como está dividida nuestra ficha flota.

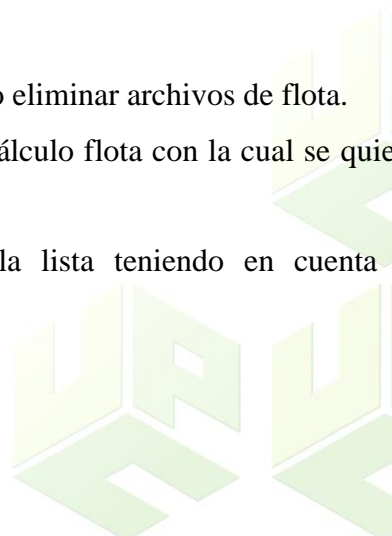


Ventana del modelo IVE, hoja flota.



Fuente: . Modelo IVE

- 1) Archivo: Se utiliza para crear, modificar o eliminar archivos de flota.
- 2) Flota: Sirve para seleccionar la hoja de cálculo flota con la cual se quiere trabajar.
- 3) Permite agregar nuevas tecnologías a la lista teniendo en cuenta el combustible y el sistema de alimentación del vehículo.





Tipologías de combustible

Combustibles	Todas las mezclas de aire combustible
Gasolina	Carburador
Gas natural	Inyección mono punto
Propano	Inyección multipuntos
Etanol	Inyección precámara
Diésel o ACPM	Inyección diésel
Gas natural comprimido / Gas licuado de petróleo	2- ciclo
Especial	3- ciclo

Fuente: Autores 2022.

1) Las columnas *Grupo 1* y *Grupo 2* son las casillas en donde se ingresa la fracción en porcentaje que existe en la muestra de vehículos para cada tecnología, la suma de todas las columnas debe ser 100%. En cambio, en *Grupo 1 AC* y *Grupo 2 AC* se ingresa el porcentaje correspondiente de vehículos que cuentan con aire acondicionado, las celdas vacías se interpretan o entienden como cero.

2) Se utiliza para borrar las tecnologías antes seleccionadas de la lista.

Nota: si se va a ingresar dos veces la misma tecnología el programa no la ingresa si no que se va hacia la existente y en esta se suma el porcentaje nuevo que se va a ingresar.

Población y muestra de la flota vehicular.

Se determinó una muestra poblacional de cada tipología en base a el promedio semanal. Esto con el fin de realizar una caracterización más precisa de los vehículos.



Se estableció como criterio: Muestra finita.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Z - Nivel de confianza 95% = 1.960.

E - Error de estimación máximo aceptado 5%.

P - Probabilidad de que ocurra el evento con éxito 50%.

Q - Probabilidad de que no ocurra el evento 50%.

Muestra Vehicular

No.	Categoría Vehicular	Numero Vehículos	Promedio	Tamaño de muestra
1	Ambulancia	180	26	24
2	Bus	467	67	58
3	Camión	649	93	76
4	Campero	204	30	28
5	Carro Particular	12502	1786	317
6	Carro Policía	74	11	11
7	Furgón	1155	165	116
8	Moto	53900	9073	369
9	Moto Policía	111	16	16
10	Retro Excavadora	7	1	1
11	Taxi	174	25	24
12	Taxi Servicio Especial	1601	229	144
13	Tractocamión	666	96	77

14	Tractor	15	3	3
15	Van	464	67	58
16	Volqueta	224	32	30
Total Flota Vehicular		72393	11720	1352

Fuente: Autores 2022.

Pestaña localidad

En esta pestaña se deben ingresar los datos que corresponden al área de estudio, como lo son las condiciones ambientales, variables de calidad del combustible y comportamiento de conducción.

Ventana del modelo IVE, hoja localidad.

The screenshot shows the 'Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares' (IVE Model 2.0.2) interface. It is divided into several sections: 'Cálculo', 'Localidad', and 'Ajustes Generales'. The 'Localidad' section includes fields for 'Localidad' (5 - 7 - L - Taxi), 'Flota' (5 - F - TAXI AMARILLO), 'Dia' (07), 'Mes' (Octubre), 'Año' (2022), 'Dia de la Semana' (Jueves), 'Altitud' (137.0 metros), and 'Tipo de IM' (ninguno). The 'Ajustes Generales' section includes 'Aire Acondicionado a 27°C' (50.0%), 'Pendiente Terreno' (0.0%), 'Gasolina' (limpia/premezcla), 'Diesel' (limpio), 'Azufre (S)' (bajo (50ppm)), 'Plomo (Pb)' (bajo (0.07 g/L)), 'Benzeno' (moderado (1.50%)), and 'Oxigenados' (0%). The 'Características de Conducción' section includes 'Humedad' (47.9%), 'Temperatura' (32.0°C), 'Distancia/Tiempo' (132.5 kilómetros), and 'Partidas' (318.0). The 'Grupo 1' and 'Grupo 2' sections show a grid of VSP values (e.g., 33.3, 10.0) and a 'Total' of 99.9% for 'Distribución Potencia Especifica Vehicular' and 100.0% for 'Distribución Tiempo Suelo'.

Fuente: Modelo IVE



- 1) Archivo: Se utiliza para crear, modificar o eliminar hojas de archivos localidad.
- 2) Localidad: nos ayuda a seleccionar la localidad con la cual estamos realizando el estudio.
- 3) Permite seleccionar la flota asociada a este archivo de localidad.
- 4) Permite agregar los ajustes generales que hemos modificado nosotros mismos.
- 5) Altitud de la localidad (msnm), se tomo la altitud 137 msnm registrada por la gobernacion del cesar.
- 6) Tipo de inspeccion/ mantenimiento (I/M), hace referencia al estado general de la flota vehicular en el area de estudio, el modelo IVE cuanta con varios tipos de I/M de acuerdo con el tipo de vehiculo.
- 7) Pendiente del terreno: esta pendiente se tomo como cero teniendo en cuenta que el tramo analizado no tiene pendientes y ademas la aplicación Relive nos confirma la pendiente de valor Cero.
- 8) Aire acondicionado: se trata del porcentaje de tiempo en el que la flota utilizara el aire acondicionado. IVE asume que a 32°C lo usara al 100% del tiempo pero en nuestro caso teniendo en cuenta las variaciones de temperatura y por la zona costera los vehiculo lo utilizar en su mayoria el 50% del tiempo.
- 9) Caracteristicas del combustible: son las condiciones en la cual se consigue le combustible en la localidad.
- 10) Humedad Y Temperatura: los datos meteorologicos son utiles para analizar el comportamiento de los contaminantes. Para el estudio se contemplo la media anula de temperatura 29 °C y la humedad relativa media anual 70%, estos datos se obtubieron de la pagina de la gobernacion del cesar y un atlas interactivo del IDEAM.
- 11) Distancia/Tiempo: Es la distancia recorrida por la flota por ejemplo si tenemos una flota de 100 vehiculos y un kilometraje de la via de 2.5 km multiplicamos estos dos valores quedando como resultado 250. Podemos ingresar el valor de un día completo usando el horario 00:00 en IVE pero, si ingresamos las fracciones por cada hora es preferible no tener datos en el horario del dia completo ya que IVE sumará tambien dicho kilometraje lo sumara y generara un error.



12) Partida: se ingresa el número de partidas que ocurre en el trayecto tomando en cuenta las partidas en frío (son dadas después del que el vehículo está apagado por 18 horas) y las partidas en caliente (estas son cuando el vehículo es pagado por cinco minutos o menos de este tiempo). En nuestro estudio se determinó una partida en frío y cinco en caliente.

13) Velocidad promedio: es la velocidad promedio de la vía, para obtener este dato utilizamos la aplicación Relive que nos arroja este valor en el cual obtuvimos 2.5 kilómetros/horas.

14) Bines de patrones de conducción: es uno de los datos en el modelo IVE y este nos representa las características y modos de conducción de cada localidad.

1. Bines SOAK: Es la distribución del tiempo dada en porcentaje en el que el motor se mantuvo apagado antes de cada partida. Hay un total de 10 bines y su total debe ser un 100%.

2. Menú hora: nos permite ingresar los datos ya sea en una hora específica o en el caso si queremos ingresar los datos de todo un día lo ingresaremos en la hora por defecto 00:00. Debemos tener cuidado porque si ingresamos patrones de partida de 00:00 y en hora específicas el programa suma también la hora cero que nos arrojará un error ya que se está analizando dos veces la información.

Pestaña calculo

En esta parte se muestra el total de contaminantes generados, el IVE nos permite estimar contaminantes tales como: (CO, VOC, VOC evap, NO_x, SO_x, PM N₂O CH₄ CO₂ NH₃ entre otros.



Ventana del modelo IVE, hoja calculo.

The screenshot shows the 'Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares' (IVE Model 2.0.2) interface. It includes a menu bar with 'Archivo' and 'idioma', and a main toolbar with 'Cálculo', 'Localidad', 'Flota', and 'Ajustes Generales'. The 'Localidad' tab is active, showing a 'Grupo Localidad' dropdown menu (2) set to '- localidad Individual -'. Below it is a 'Calcular Localidades' section (3) with a list of localities and 'Agregar' and 'Remover' buttons (4). To the right is a 'Localidades Disponibles' list (5) with various vehicle types like 'Motos' and 'MOTO POLICIA'. At the bottom, there are buttons for 'Calcular una Hora' and 'Calcular un Día', a 'Mostrar Hora' dropdown (6) set to '8:00', and a 'Mostrar Unidades' dropdown (7) set to 'gramos'. A table (8) displays results for various pollutants (CO, VOC, VOC evap., NO_x, SO_x, PM) over different time periods (Hour, Day).

Fuente: Modelo IVE

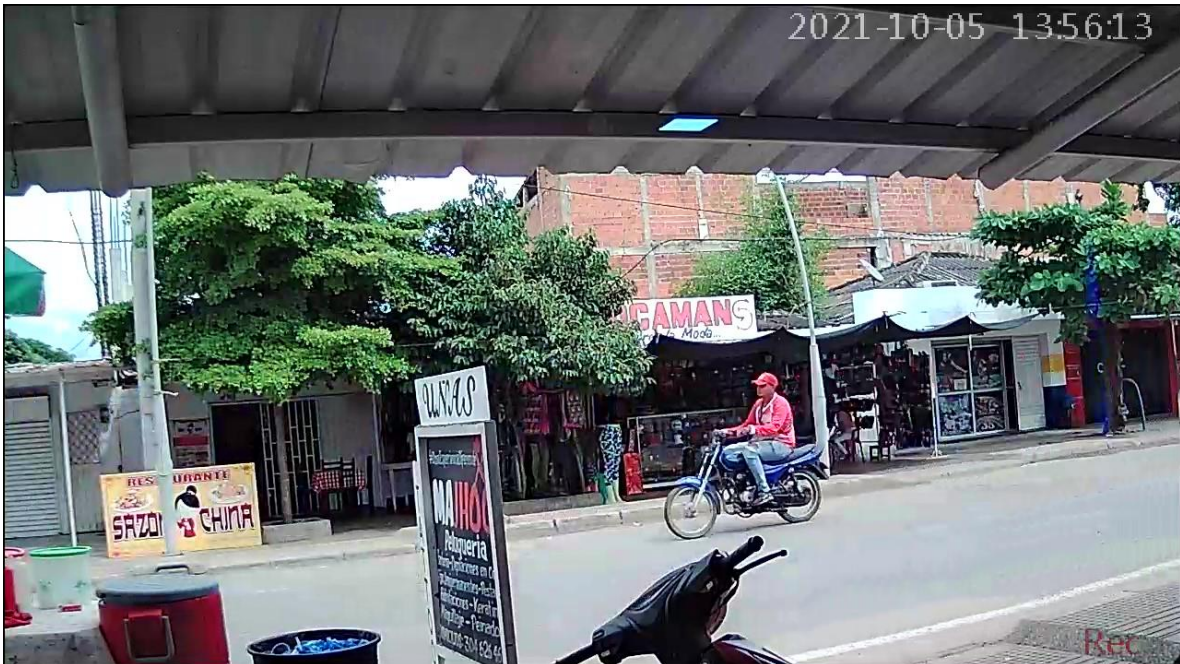
1. Archivos: se utiliza para crear, modificar o eliminar grupos de localidades. también nos permite exportar resultados
2. Grupo localidad: se utiliza para crear un grupo de localidades y hacer el cálculo total de ellas, por defecto esta seleccionado Localidad Individual, lo que permite agregar solo un archivo.
3. Calcular localidades: se muestra la localidad con la que se requiere trabajar.
4. Localidades disponibles: lista de localidades asociadas y sus respectivas flotas que están disponibles.
5. Mostrar hora: para seleccionar una hora específica al realizar el cálculo.



6. **Mostrar unidades:** permite seleccionar las unidades en la que se mostraran los cálculos.
7. **Distancia/tiempo y partida:** muestra la distancia total recorrida por la flota y numero de partida según el cálculo seleccionado, poder ser de una hora especifica todo el día.
8. **Resultados:** expone la cantidad de contaminantes de la hora seleccionada o total del día.



Anexo 4. Evidencia de la grabación del aforo vehicular.



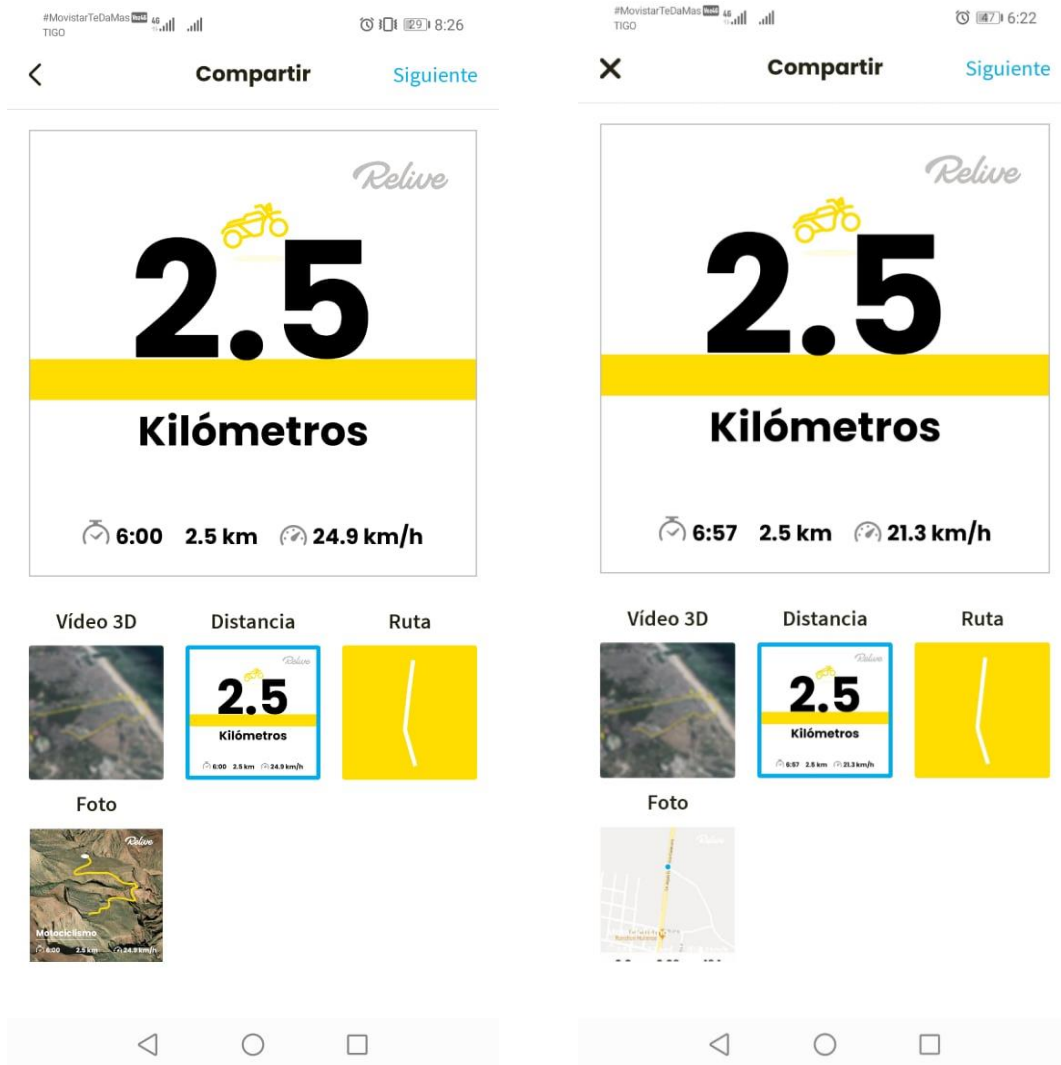




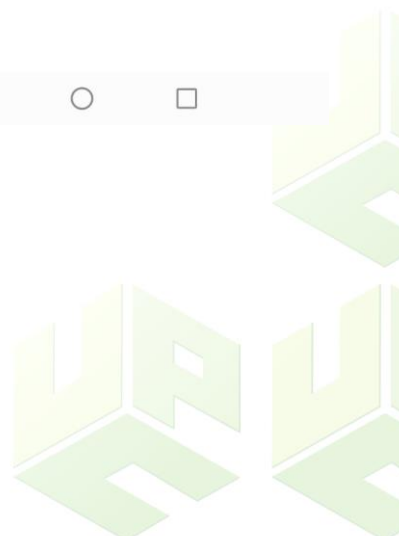
Fuente: Autores 2022.



Anexo 5. Evidencia de la utilización de la app RELIVE



Fuente : APP Relive





Anexo 6. Evidencia de la aplicación de las encuestas







Fuente: Autores 2022

