

LÍNEA BASE DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
GENERADAS POR LOS DESPLAZAMIENTOS REGULARES DE LA COMUNIDAD
UNIVERSITARIA DESDE Y HACIA LOS CAMPUS DE LA USTA SEDE VILLAVICENCIO



FRAYTHER HERNAN PARRADO PARRADO
RONALD STEVEN CARO JIMÉNEZ



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

LÍNEA BASE DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)
GENERADAS POR LOS DESPLAZAMIENTOS REGULARES DE LA COMUNIDAD
UNIVERSITARIA DESDE Y HACIA LOS CAMPUS DE LA USTA SEDE VILLAVICENCIO

FRAYTHER HERNAN PARRADO PARRADO
RONALD STEVEN CARO JIMENEZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Ambiental

Director
DIEGO ANDREY CORTES NARANJO
Mg Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua
Ingeniero Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2020

Autoridades Académicas

P. JOSÉ GABRIEL MESA ANGULO, O.P.

Rector General

P. MAURICIO ANTONIO CORTÉS GALLEGO, O. P.

Vicerrector Académico General

P. JOSÉ ANTONIO BALAGUERA CEPEDA, O.P.

Rector Sede Villavicencio

P. RODRIGO GARCÍA JARA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TABÓN

Secretaria de División Sede Villavicencio

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano Facultad de Ingeniería Ambiental

Nota De Aceptación

YESICA NATALIA MOSQUERA BELTRÁN

Decano de Facultad de Ingeniería Ambiental

DIEGO ANDREY CORTÉS NARANJO

Director Trabajo de Grado

ANGÉLICA MARÍA BUSTAMANTE ZAPATA

jurado

JAIR ESTEBAN BURGOS CONTENTO

jurado

Villavicencio, 30 de noviembre de 2020

Dedicatoria

Frayther Parrado

En memoria de mi abuelo Héctor Adelmo Parrado Rodríguez, a mi abuela Ana Clotilde Parrado Herrera, por su apoyo incondicional y por motivarme a seguir adelante en el objetivo de alcanzar mis metas, sin ella este logro no habría sido posible.

A toda mi familia y a mi madre Hilda Orfidy Parrado Parrado por su apoyo, motivación y acompañamiento en este proceso, gracias por tus consejos y ejemplo de perseverancia, dedicación y fortaleza.

Ronald Caro

A mis padres, por su apoyo incondicional y motivarme a luchar por mis sueños, gracias a ellos este logro fue posible.

Agradecimientos

Agradecemos en primer lugar a Dios, por darnos las capacidades y permitirnos cumplir un logro más en nuestras vidas, a nuestros padres y familias, que con sus esfuerzos hicieron lo posible por brindarnos la mejor educación dentro de sus posibilidades para formarnos como profesionales, nos brindaron su apoyo incondicional y son nuestro ejemplo de dedicación, perseverancia y humildad.

De igual forma, agradecemos a cada uno de los docentes de la facultad de ingeniería ambiental quienes fueron partícipes de nuestra formación, nos acompañaron e incentivaron a continuar y ser mejores en nuestras áreas de interés, a la decana de la facultad que nos brindó su apoyo y asesoramiento en este proceso y a nuestros compañeros con quienes compartimos por estos casi seis años de preparación.

Finalmente, queremos agradecer a nuestro director de Tesis Diego Andrey Cortés Naranjo por los conocimientos brindados, la paciencia y el acompañamiento. A nuestros evaluadores del trabajo de grado y en especial, a toda la Universidad Santo Tomas sede Villavicencio, por el acompañamiento y apoyo recibido durante todo este proceso de formación.

Contenido

	Pág.
1. Resumen	1
2. Introducción.....	3
3. Planteamiento del Problema	5
3.1. Formulación en torno al problema	7
4. Objetivos.....	8
4.1. Objetivo general	8
4.2. Objetivos específicos.....	8
5. Justificación	9
6. Antecedentes.....	11
7. Marco referencial.....	14
7.1. Marco Teórico	14
7.2. Marco Conceptual	15
7.3. Marco Legal	17
8. Metodología.....	23
8.1. Área de estudio.....	23
8.2. Tipo de metodología empleada	23
8.3. Fase 1. Estimación de los factores de emisión de GEI por fuentes móviles en ruta para la comunidad universitaria mediante un modelo de emisiones vehiculares.	24
8.3.1. Actividad 1: Determinación de la muestra poblacional.	24
8.3.2. Actividad 2: Determinación de la composición dinámica de la flota vehicular.	25
8.3.3. Actividad 3: Determinación de la distribución tecnológica vehicular.	26
8.3.4. Actividad 4: Identificación de los patrones de conducción.	26
8.3.5. Actividad 5: Procesamiento de la información recolectada.....	27

8.4. Fase 2: Elaboración de diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria en relación con los modos de transporte, los tiempos y las distancias recorridas para ir desde y hacia la universidad	30
8.4.1. Actividad 6: Reconocimiento de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria.	31
8.5. Fase 3: Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O) de las fuentes móviles en ruta que se desplazan desde y hacia la universidad.	31
8.5.1. Actividad 7: Cálculo de las emisiones de GEI.....	31
9. Resultados y análisis.....	35
9.1. Factores de emisión de GEI por fuentes móviles.....	35
9.2. Diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria	46
9.3. Emisiones de gases de efecto invernadero (CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O) de las fuentes móviles ..	55
10. Discusión de resultados	62
11. Conclusiones.....	65
12. Recomendaciones	67
13. Bibliografía.....	69
Apéndice A. Encuesta de Movilidad realizada a la comunidad Universitaria de la USTA Villavicencio.	79
Apéndice B. Recorridos realizados con GPS en los tres tipos de vía (Primaria, secundaria y terciaria)	81
Apéndice C. Plantilla “Localidad” con valores de bins de potencia para cada modo de transporte.	
83	
Apéndice D. Recorridos realizados para estimar el tiempo y distancia de las 5 principales rutas de buses del servicio de transporte público en Villavicencio, en Google Maps.....	85

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Marco legal con relación al proyecto.....	17
Tabla 2. Factores de Corrección para Localidades específicas en el modelo IVE	32
Tabla 3. Muestra de población de la comunidad universitaria	35
Tabla 4. Encuestas por cada categoría de la comunidad universitaria	36
Tabla 5. Composición y distribución tecnológica vehicular para Carros	37
Tabla 6. Composición y distribución tecnológica vehicular para Motos.....	38
Tabla 7. Composición y distribución tecnológica vehicular para Buses de servicio público	40
Tabla 8. Composición y distribución tecnológica vehicular para Taxis	41
Tabla 9. Factores de emisión gases de efecto invernadero por categoría y modo de transporte .	43
Tabla 10. Factor de emisión per cápita por categoría	46
Tabla 11. Numero de recorridos diarios y semanales de la comunidad universitaria.....	53
Tabla 12. Principales Recorridos, tiempos y distancias recorridas por la comunidad universitaria desde y hacia la Universidad.....	55
Tabla 13. Total emisiones de la comunidad universitaria.....	57
Tabla 14. Huella de Carbono de los gases evaluados en términos de CO ₂ eq T/A	61

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Localización sedes USTA Villavicencio. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	23
Figura 2. Software MapSource. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	27
Figura 3. Software análisis de velocidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.....	28
Figura 4. Interfaz Flota del Modelo IVE. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.....	29
Figura 5. Interfaz Localidad del Modelo IVE. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.....	30
Figura 6. Interfaz del modelo IVE. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	34
Figura 7. Histogramas de bins de potencia para automóviles de la ciudad de Villavicencio. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	42
Figura 8. Medios de transporte utilizados por la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	47
Figura 9. Periodicidad de asistencia semanal por parte de la comunidad a la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	48
Figura 10. Periodicidad de asistencia diaria por parte de la comunidad a la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	48
Figura 11. Distancia aproximada en kilómetros (km) en sus desplazamientos diarios hacia y desde la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	49
Figura 12. Razones por las cuales la comunidad universitaria escoge su modo de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	50
Figura 13. Tiempo de recorrido en los desplazamientos hacia y desde la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.....	50
Figura 14. Rango de edad en la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	51
Figura 15. Estrato social de la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	52

Figura 16. Gráfico de emisiones generadas por cada medio de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	59
Figura 17. Gráfico de emisiones generadas por categoría. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	60
Figura 18. Vía primaria, Avenida 40. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	81
Figura 19. <i>Vía secundaria: Calle 15-Octava.</i> Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	81
Figura 20. Vía terciaria: Calle 21 Sur y 19 sur Barrio Catumare. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	82
Figura 21. Plantilla Localidad con datos de flota vehicular por tipo de vía. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	83
Figura 22. Plantilla Localidad con datos de bins de potencia por modo de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	83
Figura 23. Plantilla Localidad con datos de bins de potencia vehicular por hora del día. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	84
Figura 24. Ruta Reliquia - Anillo Vial. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.....	85
Figura 25. Ruta Kírpas – Postobón. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	85
Figura 26. Ruta Galán – Kirpas. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.....	86
Figura 27. Ruta Porfía -Anillo Vial. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.....	86
Figura 28. Ruta Porfía – Postobón. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.	87

Glosario

PCHwy: carro particular vía principal

PCRes: carro particular vía secundaria.

PCArt: carro particular vía terciaria

2wHwy: moto vía principal

2wRes: moto vía secundaria.

2wArt: moto vía terciaria.

A/C: distribución aire combustible

CE: control de emisiones

CEV: control evaporativo

1. Resumen

El presente estudio realizó la línea base de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por los desplazamientos regulares de la comunidad universitaria (Estudiantes, docentes, administrativos y servicios generales, vigilancia y mantenimiento) desde y hacia los campus de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, para el año 2019. En este se estimaron los factores de emisión de GEI por fuentes móviles en ruta para la comunidad universitaria utilizando el modelo internacional de emisiones vehiculares IVE (MIEV). Posteriormente, se realizó un diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria, en relación con los modos de transporte, los tiempos y las distancias recorridas para ir desde y hacia la universidad, y por último se calcularon las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O) de las fuentes móviles en ruta que se desplazan desde y hacia la universidad. Para esto, el modelo requirió cuatro tipos de conjuntos de datos de entrada: composición dinámica de la flota vehicular, distribución tecnológica, patrones de conducción y patrones de encendido y apagado del motor; Además de información de condiciones locales como composición del combustible, esquema de inspección y mantenimiento y, valores locales de humedad relativa y temperatura (factores de corrección). El proceso de estimación de las emisiones vehiculares consistió en multiplicar la base de factores de emisión por cada uno de los factores de corrección y por la distancia recorrida por vehículo para cada tecnología, teniendo en cuenta el número de recorridos diarios y semanales realizados por la comunidad universitaria para ir y regresar de la universidad. El total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en ruta para los contaminantes criterios fueron: Dióxido de carbono (CO_2) con una cuantía de 5'394.272,87 tonelada/año (T/A), óxido nitroso (N_2O) con un valor de 227,43 T/A y metano (CH_4) con un valor de 8.979,84 T/A. En consideración al total de gases de efecto invernadero (GEI) criterio evaluado en el estudio, la cantidad total fue de 5'403.480,13 T/A, lo cual permitió conformar la línea base de las emisiones de GEI para el año 2019 de la universidad Santo Tomás-Villavicencio.

Palabras Clave: Comunidad Universitaria, Cálculo de GEI, Fuentes Móviles, Hábitos de movilidad, Factores de emisión, Huella de carbono.

Abstract

This study made the baseline of greenhouse gas (GHG) emissions generated by regular travel of the university community (students, teachers, administrative and general services, monitoring and maintenance) from and to the campuses of the University Santo Tomás Villavicencio, for the year 2019. The GHG emission factors for mobile sources en route were estimated for the university community using the international vehicle emissions model IVE (MIEV). Subsequently, a diagnosis was made of the mobility habits of the university community, in relation to modes of transport, times and distances traveled to and from the university, and finally the greenhouse gas emissions were calculated (CO_2 , CH_4 and N_2O) for an-route mobile sources traveling to and from the university. For this, the model required four types of input data sets: dynamic vehicle fleet composition, technology distribution, driving patterns, and engine on/off patterns; plus information on local conditions such as fuel composition, inspection and maintenance schedule, and, local relative humidity and temperature values (correction factors). The process of estimating vehicle emissions consisted of multiplying the base of emission factors by each of the correction factors and by the distance traveled per vehicle for each technology, taking into account the number of daily and weekly trips made by the university community to and from the university. The total greenhouse gas (GHG) emissions en route for the criteria pollutants were: Carbon dioxide (CO_2) with a value of 5'394.272,87 ton/year (T/A), nitrous oxide (N_2O) with a value of 227,43 T/A and methane (CH_4) with a value of 8'979,84 T/A. In consideration of the total greenhouse gas (GHG) criteria evaluated in the study, the total amount was 5'403.480,13 T / A, which allowed to form the baseline of GHG emissions for the year 2019 of the University of Santo Tomás-Villavicencio.

Key Words: University Community, GHG Calculation, Mobile Sources, Mobility habits, Emission factors, Carbon footprint.

2. Introducción

Un inventario de emisiones es un instrumento indispensable en los procesos de gestión de calidad del aire y toma de decisiones, ya que son un punto de partida para la implementación, evaluación y ajuste de programas y medidas de control, enfocadas a mejorar la calidad del aire (Trejos, y otros, 2017).

Las actividades antrópicas, especialmente la quema de combustibles fósiles, han contribuido significativamente a la liberación de gases de efecto invernadero en la atmósfera baja; las fuentes móviles en carretera, en particular los vehículos ligeros, hacen una gran contribución a la producción de estos gases, especialmente dióxido de Carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) (Ghaffarpasand, y otros, 2020).

Debido a la rápida urbanización, el aumento en el nivel de motorización y de la edad del parque automotor, el nivel de emisiones de GEI en Latinoamérica ha crecido a un nivel mayor que los otros sectores relacionados al consumo de energía; en las áreas urbanas, cerca del 70% de las emisiones de GEI del transporte automotor, provienen del uso de automóviles particulares, a su vez los principales responsables por la congestión y polución del aire (Barbero & Tornquist, 2012).

Por lo anterior se están aplicando numerosas estrategias para disminuir las concentraciones ambientales de una amplia gama de contaminantes, una característica de la mayoría de estas estrategias es el requisito de contar con datos precisos sobre la cantidad de emisiones al aire, herramientas como las líneas bases de gases de efecto invernadero e inventario de emisiones, dan una estimación de dichas emisiones en un determinado tiempo, en estos se utilizan estadísticas de actividad y factores de emisión para una amplia gama de tipos de vehículos, la mayoría se compilan utilizando datos "pasivos" de encuestas o modelos de transporte (Reynolds, 2000).

En el presente proyecto se elabora la “línea base de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por los desplazamientos regulares de la comunidad universitaria desde y hacia los campus de la USTA sede Villavicencio para el año 2019”, este está dividido

en tres fases: la primera fue la estimación de los factores de emisión de GEI por fuentes móviles generadas por los desplazamientos regulares de la comunidad universitaria, utilizando el “Modelo internacional de emisiones vehiculares IVE”; en la segunda se elaboró el diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria en relación con los modos de transporte, los tiempos y las distancias recorridas para ir desde y hacia la universidad; y en la tercera se calculó las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O) de las fuentes móviles en ruta que se desplazan desde y hacia los campus de la Universidad.

3. Planteamiento del Problema

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), son en la actualidad un problema a nivel mundial, contribuyendo y alterando de manera significativa al aumento del calentamiento global (Organización meteorológica mundial OMM, 2017), generando entre otros, alteraciones en el ciclo del ENOS (fenómeno del niño y de la niña- Oscilación del Sur), sequías, inundaciones, olas de calor, huracanes y tornados, cada vez más fuertes y frecuentes, aumentando así las tragedias socio-ambientales (Ministerio de relaciones exteriores (MRE), 2009). Los principales GEI son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), estos son producidos por diferentes fuentes y actividades antrópicas como el transporte y las industriales, que con el tiempo han elevado sus concentraciones en el ambiente (Red Ambiental de asturias, 2019). Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la concentración media mundial de estos tres gases, alcanzaron nuevos máximos en 2017, con un aumento de 146% para el Dióxido de carbono (CO_2), 257% para el Metano (CH_4) y 122% para el Óxido nitroso (N_2O), desde la época preindustrial (OMM, 2018).

El sector transporte, es uno de los que contribuye en mayor medida a la emisión de los GEI, entre 1970 y 2006 las emisiones globales tuvieron un crecimiento del 13,0%, siendo el responsable de emitir 13,1% del total a nivel global (Barbero & Tornquist, 2012). En el caso de América latina y el caribe, originó el 36% de estas emisiones en 2016, del cual, el 80% se generó específicamente por el transporte por carretera (vehículos automotores) (Martínez Salgado, 2018).

En Colombia, se emite el 0,4 % del total de las emisiones mundiales y ocupa el quinto puesto de emisiones de GEI entre los 32 países de Latinoamérica y el caribe. Emitiendo cerca de 258.8 Mton CO_2 eq, de los cuales 28.2 Mton es decir, el 11% pertenecen al sector transporte; siendo el transporte por carretera el mayor generador con 25.6 Mton de CO_2 eq (IDEAM, 2016).

El departamento del Meta, ocupa el segundo puesto con mayor emisión de GEI en Colombia, generando 21,24 Mton de las 258,8 Mton de CO_2 eq que emite el país (cerca del

8,2% de todas las emisiones); en el departamento, el sector transporte emite 0,8 Mton de CO₂ eq, alrededor del 4% del total del departamento (IDEAM, 2016).

En el caso particular del municipio de Villavicencio, las emisiones para el 2014 fueron de 2.106.012 toneladas de CO₂ eq, siendo el sector de energía en fuentes móviles el responsable de emitir el 17% debido al consumo de diésel y gasolina. Además, el balance de emisiones de GEI per cápita ascendió a 2,1 t CO₂ eq/hab (Financiera de desarrollo FINDETER, 2016). Con respecto a lo anterior, se evidencia que el sector transporte, especialmente por carretera, contribuye en gran medida a las emisiones atmosféricas, tanto a escala global como local.

Los campus universitarios, al igual que otras zonas urbanizadas (colegios, hospitales, centros comerciales, aeropuertos, etc.), son espacios donde existe una alta concentración y movilización de personas, en los que se generan emisiones atmosféricas de GEI, producto del uso diario de vehículos automotores (Motos, Buses, Automóviles públicos y privados) (dell'Olio, y otros, 2014). La Universidad Santo Tomás, la cual tiene dos sedes en el municipio de Villavicencio (Sede Aguas claras y sede Loma linda), contaba para el primer semestre del año 2019 con 3.640 estudiantes, 266 docentes y 147 administrativos, entre sus dos campus, según el boletín estadístico 2019-1 (Dirección Nacional de Planeación USTA, 2019). Suponiendo un escenario en el que la comunidad universitaria hiciera 2 viajes diarios (Residencia – Universidad - Residencia) (8 km en promedio) y usaran modos de transporte compartidos (transporte público, vehículos particulares y motos ocupando toda su capacidad), estos desplazamientos representarían cerca de 650 toneladas de CO₂ eq por año emitidas indirectamente a la atmósfera (CO2CERO, 2017). Lo cual indica que en los campus universitarios de la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, se podrían estar generando grandes emisiones de GEI de forma directa e indirecta, producto de los desplazamientos vehiculares regulares por parte de toda la comunidad universitaria.

Teniendo en cuenta las problemáticas mencionadas anteriormente y, para poder encontrar estrategias de disminución y posibles soluciones, primero se necesita conocer el estado actual de las emisiones de GEI que se emiten producto de dichos desplazamientos por parte de la comunidad Universitaria, debido a esto, es necesario realizar una línea base de los GEI generados por parte de la comunidad universitaria (Universidad Santo Tomas) en sus

desplazamientos desde y hacia las dos sedes presentes en la ciudad de Villavicencio (Sede Aguas claras y Sede Loma linda).

3.1. Formulación en torno al problema

¿Cuáles son las emisiones de GEI generadas por los desplazamientos regulares desde y hacia los Campus Universitarios de la Universidad Santo Tomás-Villavicencio por parte de la comunidad universitaria?

A partir de lo anterior se genera una hipótesis alternativa y nula:

Hi: Las emisiones de GEI generadas por los desplazamientos regulares desde y hacia los Campus Universitarios de la Universidad Santo Tomás-Villavicencio por parte de la comunidad universitaria son mayor a 650 T/A CO₂ eq aproximadamente por año.

Ho: Las emisiones de GEI generadas por los desplazamientos regulares desde y hacia los Campus Universitarios de la Universidad Santo Tomás-Villavicencio por parte de la comunidad universitaria son menor a 650 T/A CO₂ eq aproximadamente por año.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Elaborar una línea base de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas por los desplazamientos regulares de la comunidad universitaria desde y hacia los campus de la USTA sede Villavicencio.

4.2. Objetivos específicos

1. Estimar los factores de emisión de GEI por fuentes móviles en ruta para la comunidad universitaria utilizando un modelo de emisiones vehiculares.
2. Realizar un diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria, en relación con los modos de transporte, los tiempos y las distancias recorridas para ir desde y hacia la universidad.
3. Calcular las emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 , CH_4 y N_2O) de las fuentes móviles en ruta que se desplazan desde y hacia la universidad.

5. Justificación

Reducir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en los vehículos, es una acción importante para minimizar el aumento del calentamiento global, especialmente en las áreas urbanas, y así mismo contribuir a la disminución del cambio climático. De igual manera, en diversos convenios internacionales como el acuerdo de París, países como Chile, Costa Rica, Perú, Bolivia y Colombia, se han comprometido a reducir las emisiones de estos gases, creando políticas y normas para el uso de combustibles más limpios y estándares avanzados de emisiones en vehículos que pueden ayudar a minimizar dichas emisiones causadas por el transporte (Organización mundial de la salud OMS, 2019).

Actualmente, existen diferentes métodos para estimar y cuantificar los GEI emitidos a la atmósfera, como lo son los métodos directos e indirectos, los indirectos resultan menos precisos que los directos, pero su mayor ventaja es que son muchos más económicos y utilizan programas computacionales que utilizan información obtenida de los métodos directos ajustados a las condiciones teóricas de cada modelo, para realizar cálculos de factores de emisión (Romero Torres, 2017). Un ejemplo son los inventarios de emisiones atmosféricas, en los cuales se hacen estimaciones periódicas para conocer el estado de las emisiones y conformar una línea base, permitiendo que varios sectores (industrial, transporte, energético, agrícola, etc.) puedan cuantificar dichas emisiones y lograr cumplir con los compromisos y objetivos propuestos de reducción de emisiones de GEI (Ihobe, 2012). Entre estos modelos se encuentran (Modelo COPERT, modelo MOBILE, modelo MOVES y el modelo IVE, entre otros).

El modelo internacional de emisiones atmosféricas IVE (MIEV), permite cargar directamente al programa toda la información referente a los hábitos de conducción dentro del área de estudio. Mediante los Bines de potencia (VSP). El modelo cuenta con tres categorías de estrés y 20 de VSP, para un total de 60 Bines, que se calculan a partir de datos de tiempo, velocidad y altitud registrados en ruta (Romero Torres, 2017).

Las líneas base de emisiones, han sido una herramienta utilizada en diferentes sectores económicos, como es el caso del sector transporte, estas se realizan para conocer el estado actual

de las emisiones y a partir de los datos e información obtenida, formular e implementar medidas de mitigación, con el fin, entre otros, de reducir las emisiones de GEI y contaminantes primarios, mejorar la calidad del aire, reducir el deterioro del medio ambiente, los recursos naturales renovables y mejorar la calidad de vida de la población (Ferreira Márquez, 2014).

En Colombia, se han implementado estrategias para la reducción de las emisiones de GEI, como la estrategia nacional de movilidad eléctrica y sostenible, reglamentada bajo la Ley 1964 de 2019, que busca promover e incentivar el uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones, reduciendo los impuestos, descuentos en los seguros, eliminando el pico y placa para este tipo de vehículos y, facilitando la compra y tenencia de los mismos (Revista Semana Sostenible, 2019).

Según el inventario nacional de emisiones (INGEI), en el departamento del Meta, Villavicencio, es uno de los municipios que más produce emisiones de gases efecto invernadero, encontrándose valores entre 585 – 1305 kton CO₂ eq (MADS, 2019). En los campus universitarios del municipio, existe una alta concentración y movilización de personas, como es el caso particular de la universidad Santo Tomás (Campus Aguas Claras y Loma Linda), en cuyos campus la comunidad universitaria, compuesta por 4.053 personas aproximadamente entre docentes, estudiantes y administrativos (Dirección Nacional de Planeación USTA, 2019), realizan desplazamientos diarios desde y hacia la Universidad, aumentando las emisiones atmosféricas por fuentes móviles, principalmente dióxido de Carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Según el inventario de GEI de la Universidad Santo Tomás del 2017, en los campus universitarios de Villavicencio, se podrían emitir casi 650 toneladas de CO₂ eq por año de forma indirecta (CO2CERO, 2017).

Por lo anterior y con el objetivo de calcular las emisiones de GEI que emite la comunidad universitaria por cada modo de transporte utilizado (buses, taxis, motos y carros particulares), es importante elaborar una línea base de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidas por los desplazamientos regulares de la comunidad universitaria desde y hacia los campus de la USTA sede Villavicencio y así conocer la huella de carbono por fuentes móviles que produce la Universidad en el Municipio.

6. Antecedentes

La cuantificación y estimación de las emisiones de gases efecto invernadero, que se generan en los diferentes sectores económicos, organizaciones corporativas, empresas, universidades e instituciones, entre otras, ha sido y es de suma importancia. Permitiendo conocer no solo el estado actual de las emisiones atmosféricas, sino también, determinar la huella de carbono que éstas generan al medio ambiente y en un territorio determinado, facilitando la formulación e implementación de estrategias de reducción y disminución de emisiones de GEI en cada una de estas. Como es el caso de las universidades de educación superior, en las cuales, a través del tiempo y en diferentes países, se han realizado estudios para determinar sus emisiones atmosféricas, conocer sus huellas de carbono y poder generar estrategias de reducción (Fondo Monetario Internacional, 2019).

Este es el caso de la universidad de Mahidol en Tailandia, la cual en el año 2013 realizó un estudio para determinar la huella de carbono que generaba la Facultad de medio ambiente y estudios de recursos, en sus actividades, teniendo en cuenta tres variables de medición: el consumo de electricidad, de agua, cantidad de aguas residuales y basura generadas y, la cantidad de combustibles utilizados. Se obtuvo como resultado que el consumo de energía eléctrica, seguido de los desechos sólidos producidos, son los que más generan emisiones de GEI en esta facultad (Aroonsrimorakota, y otros, 2013).

En el año 2014 la Universidad Rafael Landívar en Guatemala, realizó un estudio para identificar las principales emisiones de GEI emitidos por las actividades de docencia, investigación y gestión, del Campus central, principalmente de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), y a su vez, estimar el factor de huella de carbono, se obtuvo como resultado, que la actividad de compra de energía eléctrica para consumo, aporta aproximadamente un 99% de las emisiones, mientras que el 1% restante, proviene mayormente por el desplazamiento de estudiantes, catedráticos y personal administrativo (Rodas Samayoa, 2014). En este mismo año (2014), la universidad de Valladolid en España, realizó un estudio para determinar la huella de carbono, pero en comparación a los anteriores, este estudio tuvo

en cuenta los hábitos de transporte y la flota vehicular existente en la universidad, por parte de la comunidad universitaria; datos como el consumo de combustibles, cilindraje, kilometraje, tipo de motor, entre otros, fueron obtenidos por medio de encuestas a toda la comunidad universitaria y de esta manera tener en cuenta no solo las emisiones directas sino también las indirectas, principalmente las de fuentes móviles (Universidad de Valladolid, 2014).

En el año 2015, en la Universidad de Córdoba en España, se realizó un estudio para estimar la huella de carbono, teniendo en cuenta entre sus emisiones asociadas directas; la combustión de fuentes fijas (calderas y grupos electrógenos) y combustión de fuentes móviles (flota vehicular propia y de la comunidad universitaria) y como indirectas: el consumo de energía eléctrica, de agua, de papel, generación de residuos, entre otros; para la estimación de las emisiones de fuentes móviles, se realizaron encuestas a cerca de 1024 participantes, entre estudiantes y trabajadores, obteniendo información de modos de transporte habituales para acceder a los centros de estudio o de trabajo, distancia diaria recorrida, el grado de ocupación del coche, el combustible para los usuarios de cada modo de transporte y demás, permitiendo conocer las emisiones atmosféricas de GEI por el tipo y flota vehicular de la comunidad universitaria (Jordano, y otros, 2015).

Por otra parte, en la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, se realizó en el 2016, un estudio de apoyo y fortalecimiento de la red de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Manizales y cuantificación de emisiones atmosféricas por fuentes móviles, éste se desarrolló en tres etapas. la primera se centró en la realización de la campaña de campo para la recopilación de información primaria y secundaria, proveniente de entidades como Corpocaldas, secretaría de tránsito, centros de diagnóstico automotor (CDAS), entre otros; esta información fue depurada en una segunda etapa para construir los ficheros de entrada necesarios para el cálculo de las emisiones utilizando el modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE, por sus siglas en inglés). como resultado se obtuvieron las emisiones totales diarias y anuales de contaminantes criterio y efecto invernadero, y su desagregación temporal (Arsitizábal, y otros, 2016). En este mismo año (2017), la Universidad Nacional Agraria La Molina en Perú, realizó la estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria, proveniente de fuentes móviles utilizadas para desplazarse al campus durante el año 2016, además, determinó la emisión per cápita de los estudiantes de pregrado, posgrado, docentes y

personal administrativo; este estudio tomó como emisiones directas las de la flota de los buses de la universidad y como emisiones indirectas, las provenientes del transporte masivo, individual y no motorizado; se obtuvo como resultado que el 93% de las emisiones de GEI, pertenecen a las emisiones indirectas (transporte masivo, individual y no motorizado) y el 7% restante a las directas (flota de los buses de la universidad) (Común Sandoval & Saavedra Huasasquiche, 2017).

En el año 2019, se realizó una investigación en la Universidad de Talca (UT) en Chile, presentando un estudio sobre la huella de carbono generada anualmente en cinco campus universitarios desde el año 2012, basándose en el método “Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI)” el cual separa las emisiones en tres ámbitos: 1) directo; 2) indirecto y 3) otras emisiones indirectas; el propósito de este trabajo era ilustrar la trayectoria para determinar las emisiones de GEI en los campus, e identificar los factores más estresantes y que afectan más la huella de carbono; los resultados muestran que las emisiones indirectas generadas por actividades como el transporte de personas, produjo la mayor contribución de 0,41 t CO₂ eq por persona a la huella de carbono de la UT en 2016 (Yañez, Sinha, & Vásquez, 2019). En este mismo año (2019), en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo en Perú, se realizó una propuesta de gestión para mitigar la emisión de contaminantes originado por fuentes móviles en ruta en Chiclayo, en esta se determinaron factores de emisión por categoría y tecnología vehicular utilizado la metodología del modelo “emisiones vehiculares internacionales” (IVE); a partir del cálculo de los factores de emisión, se llevó a cabo el inventario de contaminantes emitidos por fuentes móviles: criterio, tóxicos y gases de efecto invernadero utilizando el software “sistema de planificación de alternativas energéticas de largo plazo. Los resultados mostraron que las mayores emisiones provienen de taxis, colectivos y vehículos particulares (García Torres, 2019).

Estos estudios, conforma una importante guía para realizar el inventario o línea base de los GEI, que genera la Universidad Santo Tomás sede Villavicencio, principalmente por emisiones indirectas de fuentes móviles (Flota vehicular), usados en los desplazamientos regulares por parte de la comunidad universitaria desde y hacia los dos campus. Determinando así, el aporte que estas emisiones hacen a la huella de carbono de la Universidad.

7. Marco referencial

7.1. Marco Teórico

La huella de carbono, es el total de las emisiones de GEI liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad, estas se pueden calcular usando diferentes metodologías, guías, protocolos y modelos establecidos, como por ejemplo: el Protocolo GHG (Greenhouse Gas Protocol), la norma NTC ISO 14064-1:2006, el método Bilan Carbone TM, el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), entre otros, cuyas metodologías varían para cada una, sin embargo, en términos generales se deben desarrollar cuatro fases para determinar la Huella de Carbono (definición del alcance de la huella de carbono, recopilación de datos directos e indirectos, cuantificación de las emisiones, Análisis de resultados y conclusiones), permitiendo establecer una línea base para la evaluación y análisis de las emisiones de GEI (Secretaría distrital de ambiente , 2015).

Esta línea base se obtiene por medio de inventarios de emisiones en donde se establecen las emisiones directas e indirectas de una organización. Un inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es un reporte que está delimitado para un periodo de tiempo y lugar determinado de la cantidad de GEI emitidos directamente a la atmósfera como resultado de actividades humanas (IDEAM, 2016). En los inventarios sólo se reportan los 6 GEI generados por las actividades humanas: Dióxido de carbono (CO_2), Metano (CH_4), Óxido nitroso (N_2O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Hexafluoruro de azufre (SF_6) y Perfluorocarbonos (PFC) (Sistema de información ambiental de Colombia (SIAC), 2019).

Para facilitar la realización de un inventario de GEI (Línea base), se utilizan los factores de emisión ya que son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante o GEI, generado por la fuente en estudio (Leal, 2015). En el caso de las fuentes móviles, las emisiones y los factores de emisión dependen del ambiente, el tipo de combustible del que se hace uso, las tecnologías de control de emisiones y condiciones de operación del vehículo (Observatorio ambiental de Cartagena de Indias , 2019).

Los vehículos automotores propulsados por motores de combustión interna producen, en general, dos tipos de emisiones de gases contaminantes: emisiones evaporativas (pueden ocurrir cuando el vehículo está estacionado y también en movimiento; su magnitud depende de las características del vehículo, factores geográficos y meteorológicos, como la altura y la temperatura ambiente y, principalmente, de la presión de vapor del combustible) y emisiones por el tubo de escape (son producto de la quema del combustible y comprenden a una serie de contaminantes tales como: el monóxido y dióxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y las partículas) (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales , 2009).

De igual manera, se utilizan modelos computacionales en el inventario de GEI, estos toman como datos de insumo las características del vehículo, el nivel de actividad y otros factores locales, ya sea para determinar los factores de emisión o directamente la emisión de cada contaminante (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales , 2009).

En este proyecto, se utilizará el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares (IVE), este modelo calcula las emisiones de los vehículos para un área específica, es implementado especialmente en países con economías emergentes debido a las dificultades existentes con la disponibilidad de información relacionada con la flota vehicular y su comportamiento (Salazar, 2008).

El modelo mencionado anteriormente utiliza como base los factores de emisión los cuales se definen como un valor representativo que intenta relacionar la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a la emisión del contaminante; estos factores son usualmente expresados como la masa del contaminante dividido por una unidad de peso, volumen, distancia o duración (Gaitán Varón & Cárdena Ruiz, 2017).

7.2. Marco Conceptual

Para la realización de este proyecto se tendrán en cuenta los conceptos mencionados a continuación.

Los gases de efecto invernadero son compuestos químicos en estado gaseoso presentes en la atmósfera en estado natural, como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano

(CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), los cuales se acumulan en la atmósfera y son capaces de absorber la radiación infrarroja del Sol, aumentando y reteniendo el calor en la atmósfera (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), 2019). El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que se produce de forma natural y también como subproducto de la combustión de combustibles fósiles y la biomasa, cambios en el uso de las tierras y procesos industriales; el metano (CH₄) es el componente principal del gas natural, y está asociado a todos los hidrocarburos utilizados como combustibles, a la ganadería y a la agricultura; por último, el óxido nitroso (N₂O) es emitido por los fertilizantes agrícolas, el estiércol del ganado, el tratamiento de las aguas residuales, la combustión y otros procesos industriales (Panel intergubernamental de cambio climática (IPCC), 2018).

Para determinar la cantidad de GEI (por fuentes fijas o móviles) generados, se puede realizar una Línea base de emisiones, la cual sirve para conocer el estado actual de las mismas en un lugar determinado, por medio de la utilización de modelos de emisiones atmosféricas. Lo cual permite determinar la Huella de carbono que se genera, esta es la cuantificación de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (directas o indirectas) medidas en emisiones de CO₂ equivalente, que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad, permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer, fundado en este conocimiento, medidas de reducción efectivas (Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE), 2010).

El modelo IVE es una herramienta que ayuda a predecir contaminantes atmosféricos locales, gases responsables del efecto invernadero y tóxicos. El proceso de estimación de emisiones en el modelo consiste en multiplicar la base de factores de emisión por cada uno de los factores de corrección y por la distancia-vehículo para cada tecnología (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC), 2008).

Para estimar las emisiones con el modelo IVE, es necesario recolectar información de los patrones de conducción y de las condiciones ambientales específicas del área; los patrones de conducción, hacen referencia a los perfiles de velocidad y aceleración del vehículo. Estos están caracterizados en Potencia específica vehicular (VSP por sus siglas en inglés) y el estrés del motor durante su funcionamiento o recorrido, representados en términos de bins de potencia (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC), 2008), los

cuales dividen la potencia del motor en tres categorías: potencia negativa, cuando el vehículo realiza un proceso de desaceleración, potencia positiva, se refiere a la velocidad uniforme al conducir un vehículo y la potencia nula se da cuando el vehículo se encuentra en reposo total (Gómez Ortiz, 2017).

7.3. Marco Legal

Normatividad aplicada al presente proyecto (Tabla 1. Marco legal con relación al proyecto).

Tabla 1. *Marco legal con relación al proyecto*

Legislación	Descripción	Normatividad aplicada
Constitución política de 1991		Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Artículo 366. El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado.

Tabla 1. (Continuación).

Legislación	Descripción	Normatividad aplicada
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, SINA, y se dictan otras disposiciones.	Artículo 1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Artículo 16: Estudiar cuidadosamente el ambiente que será afectado en cada propuesta de tarea, evaluando los impactos ambientales en los ecosistemas involucrados, urbanizados o naturales, incluido el entorno socioeconómico. Artículo 48. Ante la evidente crisis generada a la diversidad biológica en nuestro planeta, se considera responsabilidad inaplazable e inherente al ejercicio de estas profesiones, propender, impulsar y apoyar, todos los programas encaminados a la protección de los recursos naturales dentro de un manejo técnico y racional.
Ley 164 de 1994	Por medio de la cual se aprueba la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992.	Artículo 4. Promover y apoyar con su cooperación la investigación científica, tecnológica, técnica, socioeconómica y de otra índole, la observación sistemática y el establecimiento de archivos de datos relativos al sistema climático, con el propósito de facilitar la comprensión de las causas, los efectos, la magnitud y la distribución cronológica del cambio climático y de las consecuencias económicas y sociales de las distintas estrategias de respuesta y de reducir o eliminar los elementos de incertidumbre que aún subsisten al respecto.

Tabla 1. (Continuación).

Legislación	Descripción	Normatividad aplicada
Ley 1753 de 2015	Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”.	Artículo 170. Formulación de una política de crecimiento verde de largo plazo. El Gobierno Nacional, a través del Departamento Nacional de Planeación en coordinación con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y con participación de los ministerios, formulará una política de crecimiento verde de largo plazo en la cual se definan los objetivos y metas de crecimiento económico sostenible. Artículo 175. Registro Nacional de Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.
Ley 1964 del 2019	Promueve el uso de vehículos eléctricos en Colombia con el fin de reducir las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero, al tiempo que contribuye a la movilidad sostenible.	Artículo 1. Generar esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero.
Ley 1972 de 2019	Establece medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes al aire provenientes de fuentes móviles que circulen por el territorio nacional, haciendo énfasis en el material particulado, con el fin de resguardar la vida, la salud y goce de ambiente sano.	Artículo 1. Establece las medidas tendientes a la reducción de emisiones contaminantes al aire provenientes de fuentes móviles que circulen por el territorio nacional. Artículo 9. Promoción al uso de energías renovables y transporte sostenible. Artículo 12. Fomento a la participación ambiental. Se fomentará la participación de Universidades, para propiciar la investigación y la generación de alternativas para mejorar la calidad de aire. De igual manera la implementación de sistemas de seguimiento y monitoreo a la calidad del aire.

Tabla 1. (Continuación).

Legislación	Descripción	Normatividad aplicada
Ley 1964 de 2019	Tiene por objeto general esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones, con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero.	Artículo 1. Plantea esquemas de promoción al uso de vehículos eléctricos y de cero emisiones con el fin de contribuir a la movilidad sostenible y a la reducción de emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero.
Decreto 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.	Artículo 73. Corresponde al gobierno mantener la atmósfera en condiciones que no causen molestias o daños o interfieran el desarrollo normal de la vida humana, animal o vegetal y de los recursos naturales renovables. Artículo 74. Se prohibirá, restringirá o condicionará la descarga, en la atmósfera de polvo, vapores, gases, humos, emanaciones y, en general, de sustancias de cualquier naturaleza que pueda causar enfermedad, daño o molestias a la comunidad o a sus integrantes, cuando sobrepasen los grados o niveles fijados. Artículo 75. Para prevenir la contaminación atmosférica se dictarán disposiciones concernientes a: Los métodos más apropiados para impedir y combatir la contaminación atmosférica; El empleo de métodos adecuados para reducir las emisiones a niveles permisibles.

Tabla 1. (Continuación).

Legislación	Descripción	Normatividad aplicada
Decreto 1552 de 2000	Prohíbe las emisiones visibles de contaminantes en vehículos activados por diésel (ACPM), que presenten una opacidad superior a la establecida en las normas de emisión.	Artículo 1. Las emisiones de vehículos diésel se prohíben las emisiones visibles de contaminantes en vehículos activados por diésel (ACPM), que presenten una opacidad superior a la establecida en las normas de emisión. La opacidad se verificará mediante mediciones técnicas que permitan su comparación con los estándares vigentes.
Decreto 979 de 2006	Establece la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire, niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire, medidas para la atención de episodios.	Artículo 5. Clasificación de Áreas-fuente de contaminación. En esta clasificación se establecerán los distintos tipos de áreas, los límites de emisión de contaminantes establecidos para las fuentes fijas y móviles que operen o que contribuyan a la contaminación en cada una de ellas, el rango o índice de reducción de emisiones o descargas establecidos para dichas fuentes y el término o plazo de que estas disponen para efectuar la respectiva reducción.
Resolución 160 de 1996	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes producidos por las fuentes móviles con motor a gasolina y Diesel.	Artículo 3. Las fuentes móviles con motor a gasolina no podrán emitir monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) al aire en cantidades que excedan los valores establecidos en la presente resolución. Artículo 4. Las fuentes móviles con motor diésel no podrán emitir monóxido de carbono (CO) e hidrocarburos (HC) al aire en cantidades que excedan los valores establecidos en la presente resolución.

Tabla 1. (Continuación).

Legislación	Descripción	Normatividad aplicada
Resolución 910 de 2008	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes que deben cumplir las fuentes móviles terrestres, a los límites que están sujetos los vehículos y demás fuentes móviles, sean importadas o de fabricación nacional.	Artículo 33. Evaluación de emisiones contaminantes de fuentes móviles. La metodología, los equipos y procedimientos para determinar las emisiones contaminantes de las fuentes móviles son las establecidas en las Normas Técnicas Colombianas. Artículo 35. Autorización y seguimiento del proceso de medición de emisiones contaminantes.
Resolución 1962 de 2017	Se expide el límite del indicador de cociente, asociado al inventario de emisiones de gases de efecto invernadero del producto Etanol Anhidro Combustible Desnaturalizado, con la finalidad de proteger el medio ambiente. Dichas emisiones provienen de manera directa gases de efecto invernadero.	Artículo 1. Establece el límite indicador de cociente asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero del producto del Etanol Anhidro desnaturalizado, con la finalidad de proteger el medio ambiente. Artículo 4. El Etanol Anhidrido combustible desnaturalizado para la oxigenación de las gasolinas dentro del territorio colombiano deberá cumplir como producto, un límite máximo permisible de indicador de cociente de emisiones verificadas de GEI.
Ley 1811 de 2016	Se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional.	Artículo 1. Incentivar el uso de la bicicleta como medio principal de transporte en todo el territorio nacional; incrementar el número de viajes en bicicleta, avanzar en la mitigación del impacto ambiental que produce el tránsito automotor y mejorar la movilidad urbana.

Nota: Descripción de normatividad, Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

8. Metodología

8.1. Área de estudio

El proyecto propuesto se desarrolló en los dos Campus de la Universidad Santo Tomás de Villavicencio-Meta, Sede Aguas Claras ubicado en Latitud: $4^{\circ} 7' 18.728''$ N Longitud: $73^{\circ} 36' 55.328''$ W y Sede Loma linda ubicado en Latitud: $4^{\circ} 6' 31.936''$ N Longitud: $73^{\circ} 39' 19.591''$ W (Figura 1).

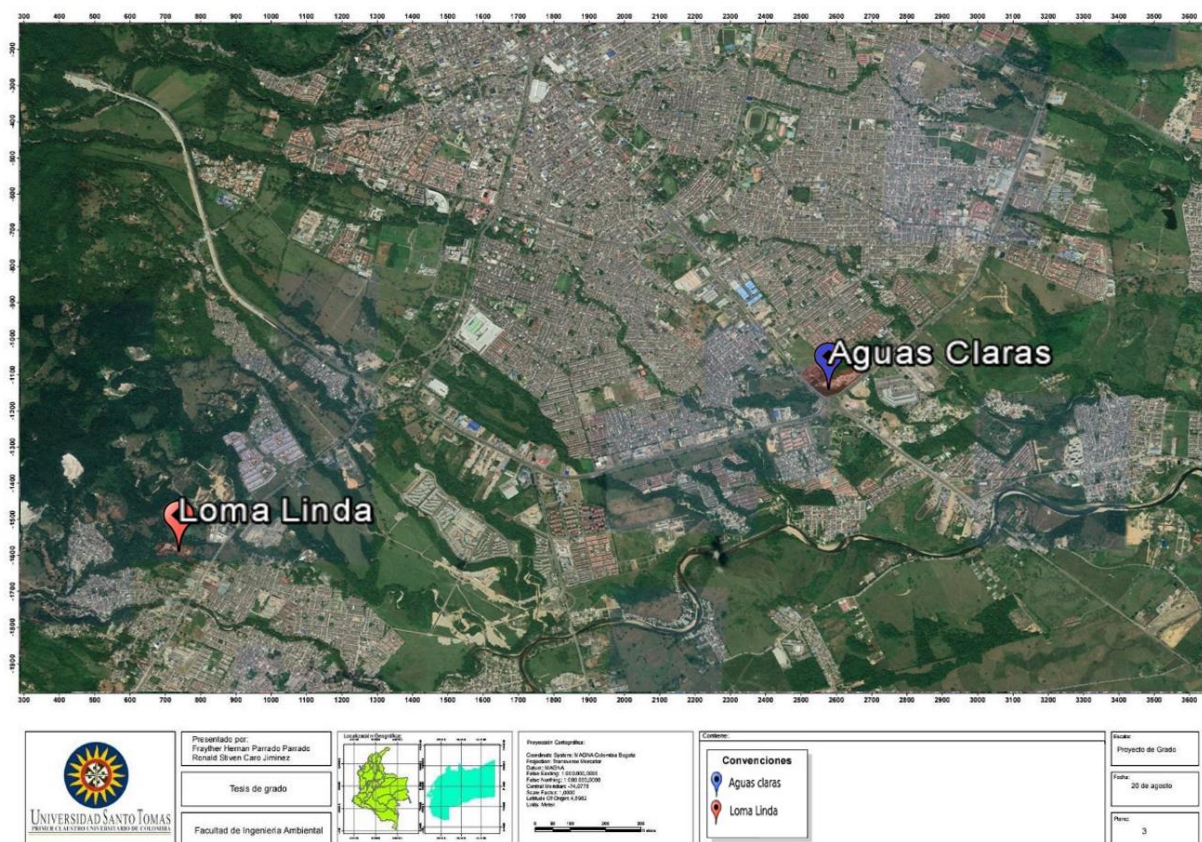


Figura 1. Localización sedes USTA Villavicencio. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

8.2. Tipo de metodología empleada

La metodología utilizada en este estudio es de tipo cuantitativa (estimación de factores de emisión, procesamiento de encuestas, identificación de patrones de conducción y cálculo de emisiones) y deductiva (reconocimiento de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria).

8.3. Fase 1. Estimación de los factores de emisión de GEI por fuentes móviles en ruta para la comunidad universitaria mediante un modelo de emisiones vehiculares.

Los factores de emisión de GEI para los distintos modos de transporte utilizados por la comunidad universitaria, se estimaron utilizando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares IVE (MIEV) (Davis, Lents, Osses, Nikkila, & Barth, 2005), (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles, 2008).

Las emisiones se estimaron considerando la potencia específica del vehículo (VSP) y el estrés del motor. Esto incorpora los efectos en el vehículo generados por la geografía del área de estudio (pendiente), la aceleración, la aerodinámica y la resistencia a la rodadura (Jimenez Palacios, 1999). La potencia específica del vehículo (VSP) se define como la potencia instantánea por unidad de masa del vehículo. Esta variable se deriva de la velocidad y aceleración instantáneas y, está relacionada con la demanda de potencia del motor que tiene una influencia significativa en las emisiones vehiculares (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC), 2008).

8.3.1. Actividad 1: Determinación de la muestra poblacional.

Para el desarrollo de encuestas, se determinó primero el tamaño de la muestra de población para el total de la comunidad universitaria del año 2019, equivalente a 3916 personas (Berrio Rivero J. P., 2020). Para esto, se utilizó la fórmula de cálculo para muestras de poblaciones finitas (Ecuación 1), donde el nivel de confianza Z seleccionado fue del 95%=1.96,

el error de estimación máximo aceptado $d=4\%$, la probabilidad de que ocurra el evento $p=50\%$ y la probabilidad de que no ocurra $q=50\%$ (Barojas, 2005).

$$n = \frac{N \times Z\alpha^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z\alpha^2 \times p \times q}$$

Ecuación 1. Fórmula para poblaciones finitas.

Donde:

n= Tamaño de muestra buscado

N = Total de la población

Z α = 1.96 al cuadrado (seguridad es del 95%)

p = proporción esperada (en este caso $50\% = 0.5$)

q = $1 - p$ (en este caso $1-0.5 = 0.5 \rightarrow 50\%$)

d = error (4%) (aceptable entre 1 y 9 por ciento).

8.3.2. Actividad 2: Determinación de la composición dinámica de la flota vehicular.

La composición dinámica de la flota vehicular para los modos de transporte carros y motos, se determinaron mediante encuestas (Apéndice A) realizadas a la comunidad universitaria (estudiantes, docentes, administrativos y personal de servicios generales, vigilancia y mantenimiento), teniendo en cuenta la muestra de población calculada en la actividad 1, mediante un formulario en línea de Google; donde se identificaron las principales marcas y referencias con mayor presencia en la comunidad Universitaria. En cuanto a los modos de transporte buses y taxis, esta información se obtuvo por medio de documentos suministrados por la Secretaría de Movilidad de Villavicencio y de la Corporación Autónoma Regional (Cormacarena), donde se especificaban las principales marcas y referencias con mayor presencia en la ciudad.

Los datos obtenidos corresponden a: marca vehículo, año de fabricación, kilometraje, cilindraje y tipo de combustible. Se había propuesto realizar conteos vehiculares al ingreso de la universidad para corroborar los datos obtenidos en las encuestas, pero no fue posible realizarlos debido a la inactividad de la Universidad en el presente año.

8.3.3. Actividad 3: Determinación de la distribución tecnológica vehicular.

Este parámetro está relacionado con las características tecnológicas de los vehículos tales como el sistema de distribución aire/combustible, sistema de control de emisiones y sistema de control evaporativo. Estas características se identificaron en una base de datos vehiculares presente en una plantilla de Excel del modelo IVE (descargada de la página web del modelo), para los principales tipos, marcas y referencias de vehículos identificados en la actividad 2 para todos los modos de transporte.

Los datos hallados se tomaron como insumo para determinar los tipos de tecnologías por modo de transporte en el modelo IVE, desarrollo de la fase 3 (Ejecución modelo IVE).

8.3.4. Actividad 4: Identificación de los patrones de conducción.

Se recolectaron datos de campo sobre los perfiles de velocidad y patrones de conducción para cada modo de transporte identificados en la encuesta implementada en la actividad 2 (Carros, Motos, Buses de servicio Público y Taxis) y, se obtuvieron de acuerdo a los lineamientos metodológicos de recolección y procesamiento de datos del modelo IVE (ISSRC, 2008).

Se recolectaron datos de posición geográfica, altitud, velocidad y aceleración mediante un dispositivo GPS Garmin 64s (suministrado por la Universidad Santo Tomás), este registró la información cada segundo y en dos tipos de hora (pico y valle) para los siguientes tipos de vías en la zona urbana de Villavicencio: vía principal (Avenida 40) que se caracteriza por tener

gran flujo vehicular; vía secundaria (Calle 15-la octava) con flujo vehicular moderado y vía terciaria (Calle 21 sur y 19 sur barrio Catumare), distinguida por su escaso tránsito vehicular (residencial). Para realizar lo anterior mencionado se equipó un vehículo con el dispositivo GPS y éste se desplazó siguiendo y copiando el recorrido que realizaban los modos de transporte, durante 15 minutos por cada vía mencionada y tipo de hora. En el caso de los buses, se hizo una excepción en cuanto al recorrido ya que se realizó uno solo por tipo de hora contemplando los tres tipos de vía mencionadas anteriormente. Los mapas de los recorridos realizados en cada tipo de vía se encuentran en el Apéndice B.

Con estos datos recopilados y extraídos del GPS, se identificaron las velocidades medias de la corriente de tráfico en las horas de mayor y menor congestión vehicular y el número de arranques y paradas para cada modo de transporte (patrones de conducción).

8.3.5. Actividad 5: Procesamiento de la información recolectada.

❖ Bines de potencia

Con la información recolectada en la actividad 4 mediante el GPS, se generaron los bins de potencia para cada modo de transporte, por tipo de vía y hora del día (pico y valle). Para la extracción de los datos del GPS, se utilizó el software “MapSource” (

Figura 2) y se tabularon en Excel.

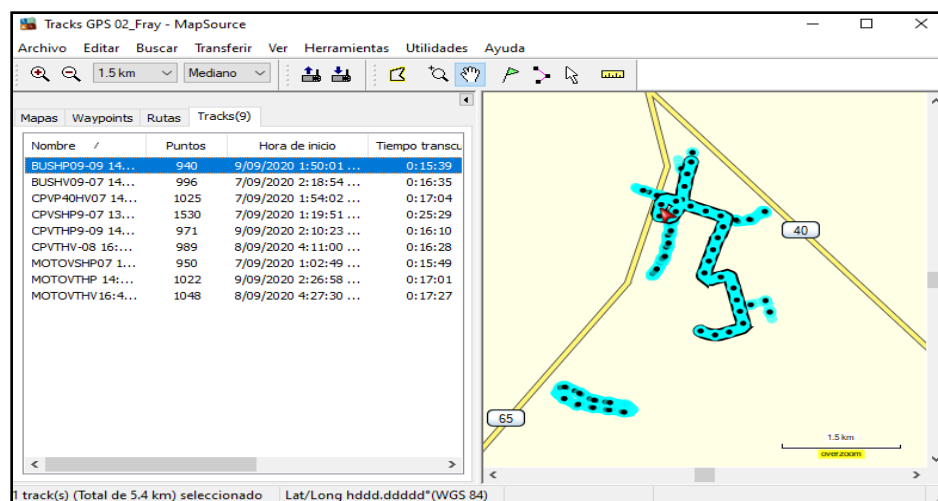


Figura 2. *Software MapSource.* Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Posteriormente, estos archivos se importaron al software análisis de velocidad, el cual generó los Bines de potencia (VSP) que presentan los vehículos en su recorrido o funcionamiento. La Figura 3 presenta la interfaz del software con un ejemplo de Bines de potencia obtenidos para los buses de servicio público en hora pico.

Figura 3. Software análisis de velocidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Los bins de potencia representan las condiciones de potencia y estrés del motor durante su funcionamiento o recorrido, estos dividen la potencia del motor en tres categorías: potencia negativa, cuando el vehículo realiza un proceso de desaceleración, potencia positiva, se refiere a la velocidad uniforme al conducir un vehículo y la potencia nula se da cuando el vehículo se encuentra en reposo total (Gómez Ortiz, 2017). Estos valores son indispensables para poder ejecutar el modelo IVE.

Con los valores de bins de potencia generados en el apartado anterior, se generó uno de los archivos de entrada requeridos por el modelo IVE (Archivo Localidad).

❖ Archivo Flota

El archivo flota (Figura 4) se diligenció teniendo en cuenta la información de los diferentes tipos de tecnologías vehiculares por modo de transporte y su distribución porcentual de uso (actividad 4). Estas tecnologías vehiculares se determinaron por medio de la plantilla

flota descargada de la página del modelo IVE, la cual contenía un listado de tecnologías vehiculares y con base en información secundaria de estudios similares en Colombia y Perú (García Torres, C, 2019). De igual manera en este proceso, se tomaron los datos obtenidos en la actividad 3 (año de fabricación, kilometraje, cilindraje, sistema de distribución aire/combustible, tipo de combustible y sistemas de control de emisiones).

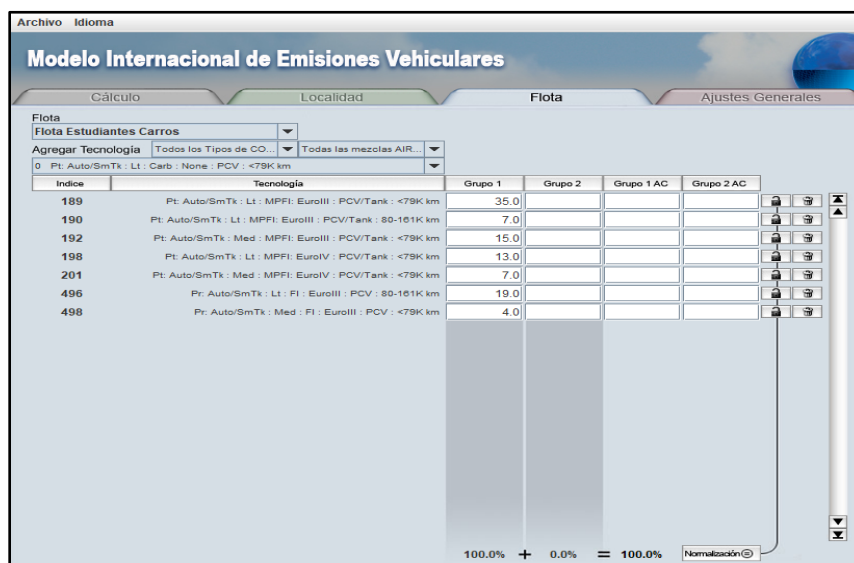


Figura 4. Interfaz Flota del Modelo IVE. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Archivo Localidad

El archivo Localidad (Figura 5) se diligenció teniendo en cuenta los factores de corrección: Patrones de conducción, perfiles de velocidad y aceleración (que se refiere a los valores de bins de potencia generados), patrones de partidas (Número de arranques o encendidos que realiza el vehículo al día, determinados y estimados a partir de la encuesta), variables ambientales (altitud, pendiente, temperatura y humedad) y características del combustible (Ecopetrol, 2016). Además, se ingresaron datos específicos para cada modo de transporte como el número de vehículos, porcentaje de uso por tipo de tecnología, distancia recorrida en promedio para cada modo de transporte y el número de recorridos día por tipo de vehículo.

Figura 5. Interfaz Localidad del Modelo IVE. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Factores de emisión

Estos se calcularon al multiplicar los factores de emisión base para emisiones en ruta y de partida para cada tecnología vehicular en el modelo IVE, por cada uno de los factores de corrección: condiciones locales ambientales, características combustibles, patrones de conducción (bines de potencia), y por la distancia recorrida por modo de transporte. El modelo utilizó la siguiente (Ecuación 2) para el cálculo y los valores se estimaron en términos de T/A (Toneladas/Año) CO₂, NO₂ y CH₄ (ISSRC, 2008):

$$Q(t) = B(t) * K(1)(t) * K(2)(t) * K(3)(t) * Kn(t) \dots$$

Ecuación 2. Ecuación para estimar los factores de emisión.

Donde “B” es el factor de emisión “Base”, los “Ki” son los factores de corrección y “Q” es la emisión por tipo de vehículo.

8.4. Fase 2: Elaboración de diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria en relación con los modos de transporte, los tiempos y las distancias recorridas para ir desde y hacia la universidad

8.4.1. Actividad 6: Reconocimiento de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria.

Se identificaron los modos de transporte, tipos de vehículos, tiempos y distancias recorridas por la comunidad universitaria para cada categoría y modo de transporte, así como otras variables que pueden influir en las emisiones de GEI, como el número de recorridos realizados por la comunidad universitaria por día y el número de días que van a la universidad a la semana. Las encuestas realizadas para obtener la información mencionada anteriormente se hicieron en conjunto con las de la actividad 2 y se generó un solo formulario de Google.

8.5. Fase 3: Cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) de las fuentes móviles en ruta que se desplazan desde y hacia la universidad.

8.5.1. Actividad 7: Cálculo de las emisiones de GEI.

El modelo IVE (Figura 6) requiere cuatro tipos de conjuntos de datos de entrada: composición dinámica de la flota vehicular, distribución tecnológica, patrones de conducción y patrones de encendido y apagado del motor. Además, requiere información de condiciones locales como composición del combustible, esquema de inspección y mantenimiento y valores locales de humedad relativa y temperatura (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC), 2008).

El proceso de estimación de las emisiones vehiculares consiste en multiplicar la base de factores de emisión por cada uno de los factores de corrección y por la distancia recorrida por vehículo para cada tecnología. El modelo utiliza la Ecuación 3 para estimar los factores de emisión corregidos, esta ecuación multiplica la base de factores de emisión (B) por la serie de factores de corrección (K) para estimar los ajustes del factor de emisión (Q) para cada tipo de vehículo. Los factores de corrección pueden ordenarse en varias categorías (Tabla 2) y el valor

de estos depende de las entradas seleccionadas en el Archivo de Localidad en el modelo (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC), 2008).

$$Q_{en Ruta} = \sum t \frac{[f(t) * \sum \{Q(t) * \bar{U} FTP * f(dt) * K(dt)\}]}{\bar{U}_c}$$

$$Q_{partida} = \sum t [f(t) * Q(t) * \sum \{f(dt) * K(dt)\}]$$

Ecuación 3. Ecuación que utiliza el modelo IVE.

Donde:

B[t]= Base de factores de emisión para cada tecnología (partida (g/partida) o en ruta (g/km)).

Q[t]= Factores de emisión ajustados para cada tecnología (partida (g/partida) o en ruta (g/km)).

f[t]= Fracción de viaje por tecnología específica.

f[dt]= Fracción de tiempo por cada tipo de conducción o fracción de tiempo soak por tecnología específica.

$\bar{U} FTP$ = Velocidad Promedio del ciclo de conducción LA4 (una constante (kph)).

$\bar{U} C$ = Velocidad Promedio del ciclo de conducción específico, valor ingresado por el usuario en el archivo Localidad (kph).

Tabla 2. Factores de Corrección para Localidades específicas en el modelo IVE

Variables locales	Combustible	Variables de Calidad de	Variables de Potencia
		Combustible K(Combustible)[t]	y Conducción K [distancia (t)]
Temperatura Ambiente K(Tmp)[t]	Gasolina	Composición Total	Potencia Específica Vehicular (VSP)
Humedad Ambiente K(Hmd)[t]		Contenido de Azufre	Pendiente

Tabla 2. (Continuación)

Variables locales	Combustible	Variables de Calidad de Combustible K(Combustible)[t]	Variables de Potencia y Conducción K [distancia (t)]
Altitud K(Alt)[t]		Contenido de Plomo	Uso del Aire acondicionado
Programas de Inspección/Mantenimiento K(IM)[t]		Contenido de Benceno	Distribución en Partidas en frío
Base de Factores de Corrección K(Cntry)[t]		Contenido de Oxigenados	
	Diesel	Contenido de Azufre	

Adaptado de (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC), 2008). Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Para las corridas del modelo IVE, se ingresó dentro de la interfaz "flota" del modelo, las tecnologías vehiculares (flotas) con su porcentaje de distribución y uso, en cada categoría de la comunidad universitaria, por cada uno de los modos de transporte (16 flotas en total, 4 por categoría). Se ingresó la plantilla de localidad en la interfaz "Localidad" del modelo, con los datos de potencia específica y estrés del vehículo (VSP) determinados en la actividad 5 para cada modo de transporte por cada tipo de vía (principal, secundaria y terciaria), las variables de calidad de combustible y las variables locales climáticas que hacen referencia a los factores de corrección, junto con los datos de número de vehículos, distancia, tiempo y número de arranques por cada modo de transporte y flota.

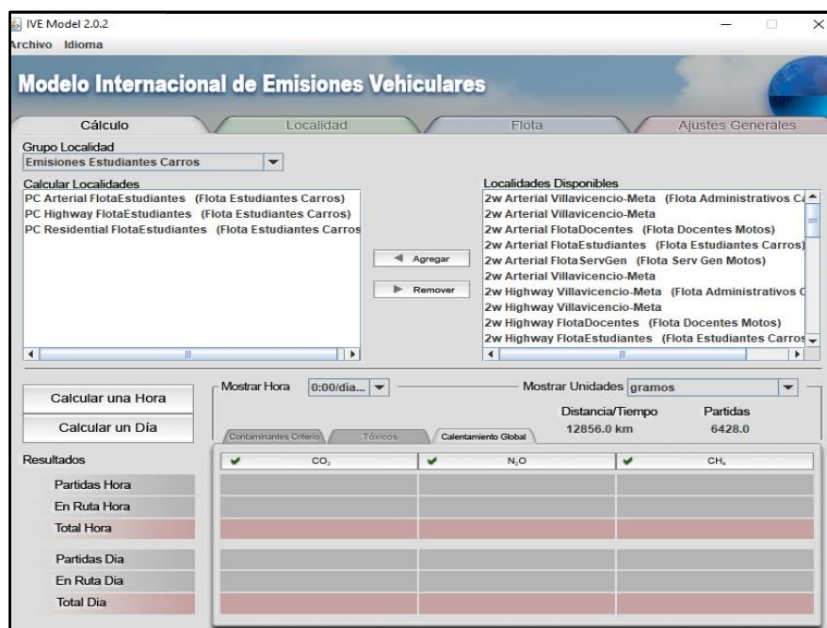


Figura 6. Interfaz del modelo IVE. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Posteriormente se procedió a realizar las corridas o estimaciones con el modelo (16 en total), una para cada modo de transporte por categoría. Estimando el total de las emisiones diarias que genera la comunidad universitaria teniendo en cuenta el total de sus recorridos diarios. Estos valores fueron proyectados a una semana (6 días hábiles) y a todo el año (fechas hábiles con actividades académicas para cada una de las categorías) (Universidad Santo Tomás, 2019). Y de esta forma realizar la estimación la línea base de las emisiones de GEI en T/A de cada contaminante (CO_2 , N_2O y CH_4), generados por los desplazamientos regulares de la comunidad universitaria desde y hacia los campus de la USTA sede Villavicencio para el año 2019.

9. Resultados y análisis

9.1. Factores de emisión de GEI por fuentes móviles.

❖ Muestra de población

La muestra de población determinada fue de 521 personas (*Tabla 3*) para el total de la comunidad universitaria del año 2019, el cual fue de 3916 personas (3496 estudiantes, 276 docentes, 75 administrativos y 69 de servicios generales, vigilancia y mantenimiento) (Berrio Rivero J. P., 2020).

Tabla 3. *Muestra de población de la comunidad universitaria*

Parámetro	Valor
N	3916
Z	1,96
P	50%
q	50%
e	4%
Muestra (n)	521

Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

El total de encuestas obtenidas fue de 627 (16% del total de la población), cerca de 106 encuestas por encima de la muestra de población mínima aceptable calculada.

Se resalta que la muestra de población se determinó para toda la comunidad universitaria del año 2019 en general, debido a que ésta es el objeto de estudio como tal. Sin embargo, a la hora de realizar las encuestas, se tuvieron en cuenta todos los grupos poblacionales o categorías.

❖ Encuestas realizadas por categoría

El número de encuestados por categoría se evidencia en la Tabla 4. Estudiantes (pregrado y posgrado) 459 personas, docentes 96, administrativos y directivos 53 y servicios generales, vigilancia y mantenimiento 19 personas.

Tabla 4. *Encuestas por cada categoría de la comunidad universitaria*

Categoría	Total población	N° encuestados
Estudiantes (pregrado y posgrado)	3496	459
Docentes	276	96
Administrativos y directivos	75	53
Servicios generales, vigilancia y mantenimiento	69	19

Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Composición dinámica y distribución tecnológica vehicular

La composición dinámica de la flota vehicular y distribución tecnología vehicular presente en la comunidad universitaria, muestra las principales marcas usadas por modo de transporte y el año modelo más representativo identificados en la encuesta para cada una de estas marcas vehiculares.

En el caso de los carros, las principales marcas encontradas fueron 10, de las cuales, las marcas y referencias con mayor presencia son Renault Logan con un 28% y el Chevrolet Spark con un 19%, donde para estas marcas y en la mayoría de los vehículos el sistema de distribución de aire-combustible (A/C) que prevalece es de tipo “Multi Pt FI”, el sistema de control de emisiones (CE) con mayor presencia es el sistema “EURO III”, seguido del “EURO IV”, el sistema de control evaporativo (CEV) que predomina es el sistema PCV/Tanque, con excepción de las marcas Kia Picanto y Nissan Tiida, que presentan sistema PCV, al igual que en los sistemas de distribución A/C, que presentan sistemas “FI” (Tabla 5).

Tabla 5. *Composición y distribución tecnológica vehicular para Carros*

Marca y referenci a	Porcent aje de Automó viles (%)	Año model o	Kilometr aje (km)	Cilind raje (cc)	Sistema de distribució n aire combustibl e (A/C)	Sistema de control de emisiones (CE)	Contr ol evapor ativo (CEV)	Tipo de combusti ble
CHEVR OLET SPARK	19	2015	< 80 K	995	Multi Pt FI	EURO III	PCV/T anque	Ligth Gasolina
HYUND AI EON	12	2014	80 a 160 K	998	Multi Pt FI	EURO III	PCV/T anque	Ligth Gasolina
HYUND AI GRAND i10	4	2018	< 80 K	998	Multi Pt FI	EURO IV	PCV/T anque	Ligth Gasolina
KIA PICANT O	10	2013	80 a 160 K	998	FI	EURO III	PCV	Ligth GLP
KIA RIO	11	2013	< 80 K	1250	Multi-Pt FI	EURO III	PCV/T anque	Gasolina
NISSAN SENTRA	6	2017	< 80 K	2000	Multi-Pt FI	EURO II	PCV/T anque	Gasolina
NISSAN TIIDA	4	2013	< 80 K	1500	FI	EURO III	PCV	GLP
RENAUL T LOGAN	28	2017	< 80 K	1390	Multi-Pt FI	EURO IV	PCV/T anque	Gasolina
SUZUKI SWIFG	3	2018	< 80 K	1500	Multi Pt FI	EURO IV	PCV/T anque	Medium Gasolina
TOYOT A YARIS XL 1.3	3	2015	80 a 160 K	1300	Multi-Pt FI	EURO II	PCV/T anque	Gasolina

Nota: El año modelo para cada tipo de vehículo, hace referencia al año de fabricación predominante o más representativo identificado en la encuesta para cada marca y referencia de la flota vehicular de la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

En el caso de las motos, las principales marcas encontradas fueron (10), las marcas y referencias de mayor uso fueron Yamaha (BWS), Pulsar (Ns) y Bajaj (Discover), con un 23%, 21% y 18% respectivamente; el cilindraje que predomina para la mayoría de las marcas es de 125 centímetros cúbicos, el sistema de distribución A/C presente en la mayoría es el sistema “4 tiempos”, a excepción de la marca Yamaha (BWS-2015) con sistema “2 tiempos”, en el caso del sistema CEV las únicas marcas que tienen sistema de control PCV son la marca Yamaha (BWS 4), Pulsar (Ns) y Bajaj (Discover), las demás marcas no tienen sistema de CEV (Tabla 6).

Tabla 6. *Composición y distribución tecnológica vehicular para Motos*

Marca y referencia	Porcentaje de Motocicletas (%)	Año modelo	Kilometraje (Km)	Cilindraje (cc)	Sistema de distribución aire combustible (A/C)	Sistema de control de emisiones (CE)	Control evaporativo (CEV)	Tipo de combustible
Agility	3	2017	26-50 Km	125	4 tiempos	Alta tecnología	No tiene	Gasolina
Akt TTX	5	2018	<25 Km	197	4 tiempos	Catalizador	No tiene	Gasolina
SUZUKI BEST	4	2016	>50 Km	125	4 tiempos	Catalizador	No tiene	Gasolina
Yamaha BWS 4	23	2017	<25 Km	125	4 tiempos	Catalizador	PCV	Gasolina
Pulsar Ns	21	2017	26-50 Km	200	4 tiempos	Catalizador	PCV	Gasolina
Bajaj-Discover	18	2016	>50 Km	150	4 tiempos	Mejorada	PCV	Gasolina
Kymco Twist	8	2017	26-50 Km	125	4 tiempos	Catalizador	No tiene	Gasolina
Yamaha XTZ	11	2019	25 Km	125	4 tiempos	Catalizador	No tiene	Gasolina

Tabla 6. (Continuación).

Marca y referenci a	Porcent aje de Motocic letas (%)	Año model o	Kilom etraje (Km)	Cilin draje (cc)	Sistema de distribuci ón aire combusti ble (A/C)	Sistema de control de emisiones (CE)	Control evapora tivo (CEV)	Tipo de combust ible
Honda R3 125	4	2015	>50 Km	125	4 tiempos	Mejorada	No tiene	Gasolina
Yamaha BWS 2	3	2015	>50 Km	125	2 tiempos	No tiene	No tiene	Gasolina

Nota: El año modelo para cada tipo de vehículo, hace referencia al año de fabricación predominante o más representativo identificado en la encuesta para cada marca y referencia de la flota vehicular de la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

En el caso de la distribución tecnológica vehicular para los buses de servicio público y taxis, se tomaron las principales marcas y referencias presentes en el municipio, especificadas dentro de un documento suministrado por la secretaría de movilidad de Villavicencio (Secretaría de movilidad de Villavicencio, 2020).

En cuanto a la distribución tecnológica vehicular para los buses de servicio público (Tabla 7), se identificaron seis marcas principales, cuyos sistemas de distribución A/C para todas las marcas son de tipo “FI”, los sistemas de control de emisiones predominantes son los sistemas “EURO II”, y en cuanto a los sistemas de Control de Emisiones Evaporativas, las únicas marcas que presentan control de emisiones son Nissan (Urvan-2012) y Nissan (Urvan-2007), tipo “PCV”, las cuales son las únicas con combustibles de tipo GLP (Gas licuado de petróleo).

Tabla 7. *Composición y distribución tecnológica vehicular para Buses de servicio público*

Marca y referencia	Año modelo	Kilometraje (Km)	Cilindr aje (cc)	Sistema de distribuc ión aire combusti ble (A/C)	Sistema de control de emision es (CE)	Sistema Control evapora tivo (CEV)	Tipo de combu stible
NISSAN	URVA N	2012	80 a 160 K km	2500	FI	EURO I	GLP
NISSAN	URVA N	2007	> 160 K km	2500	FI	EURO I	GLP
ISUZU	FRR	2016	< 80 K km	1600	FI	EURO II	Diésel
NISSAN	URVA N	2016	< 80 K km	2500	FI	EURO II	Diésel
NISSAN	URVA N	2012	80 a 160 K km	2500	FI	EURO II	Diésel
HYUND AI	H-1 M/BUS	2010	> 160 K km	2476	FI	EURO II	Diésel

Nota: Los años modelos de cada marca vehicular corresponden a los años de fabricación predominantes de cada marca según un informe suministrado por la secretaría de movilidad de Villavicencio. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

En cuanto a la distribución tecnológica vehicular para el servicio público taxis, las principales marcas encontradas fueron 3, cuyas marcas presentan sistemas de distribución A/C de tipo “FI” excepto la marca Chevrolet (Spark Lite), la cual es “Multi Pt FI”, con sistema de CEV de tipo “PCV/Tanque” los demás son de tipo “PCV”, y en cuanto al sistema de control de emisiones, estos son de tipo “EURO III” excepto la marca Hyundai (Grand i10), que es de tipo “EURO IV” (Tabla 8).

Tabla 8. *Composición y distribución tecnológica vehicular para Taxis*

Marca y referencia	Año modelo	Kilometraje (Km)	Cilindraje (cc)	Sistema de distribución aire combustible (A/C)	Sistema de control de emisiones (CE)	Control evaporativo (CEV)	Tipo de combustible
KIA PICANTO	2013	80 a 160 K km	998	FI	EURO III	PCV	Ligth GLP
HYUNDAI GRAND i10	2018	< 80 K km	998	FI	EURO IV	PCV	Ligth GLP
CHEVROLET SPARK LITE	2015	< 80 K km	995	Multi Pt FI	EURO III	PCV/Tanque	Ligth Gasolina

Nota: Los años modelos de cada marca vehicular corresponden a los años de fabricación predominantes de cada marca según un informe suministrado por la secretaría de movilidad de Villavicencio. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Patrones de conducción (bines de potencia específica, VSP)

Los valores de bins de potencia generados por el software “Speed Analysis”, se tabularon en la plantilla de excel “localidad”, la plantilla ejemplo se encuentra en el Apéndice C.

Los resultados de potencia específica y estrés del motor de los bins de potencia (VSP) para cada modo de transporte, se muestran en la

Figura 7.

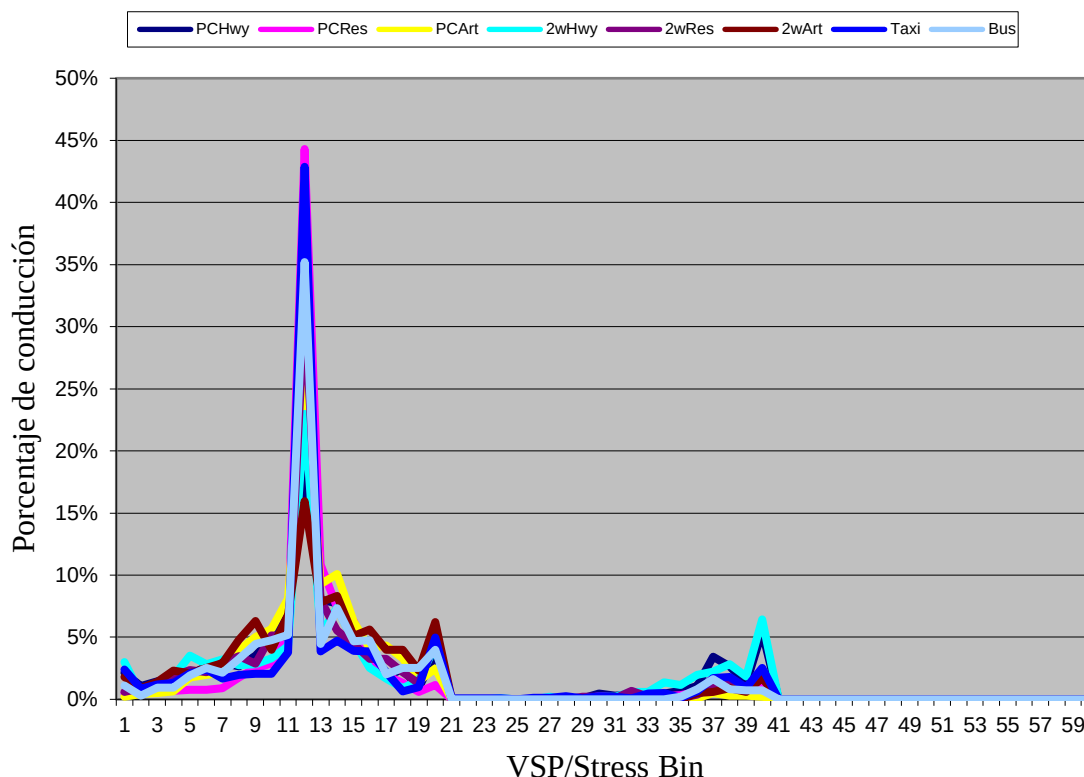


Figura 7. Histogramas de bins de potencia para automóviles de la ciudad de Villavicencio. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Según el histograma generado se puede evidenciar que, para todas las categorías vehiculares, la mayor parte del recorrido se encuentran en el Bin número 12, especialmente la categoría carro en vía secundaria (línea color rosado), taxi (color azul oscuro) y bus (color azul claro), el cual representa una aceleración y velocidad angular del motor bajas, característico de vías con alto flujo vehicular y con constantes paradas (Henríquez Salazar, 2007). Esto debido a que los Bins de potencia del 1 al 11, del 21 al 31 y del 41 al 51 (representan una potencia negativa, cuando el vehículo desacelera o está bajando por una calle de pendiente negativa). Los Bins 12 y 32 (representan una situación de potencia baja y media respectivamente, característico de vías con alto flujo vehicular, con constantes paradas) y los Bins del 13 al 20, del 33 al 40 y del 52 al 60 (representan una potencia positiva realizada por el vehículo, como conducir a velocidad constante, acelerar, subir una pendiente, etc.) (Araya Csaszar, Arie David, 2008). Teniendo en cuenta que los bins de potencia del 1 al 20 se caracterizan por representar una potencia y estrés del motor baja, los bienes del 21 al 40 se caracterizan por representar una potencia y estrés media y los bins del 41 al 60 una potencia y estrés alta (Gómez Ortiz, 2017).

❖ Factor de emisión

El modelo IVE requirió cuatro tipos de conjuntos de datos de entrada: composición dinámica de la flota vehicular, distribución tecnológica, patrones de conducción y patrones de encendido y apagado del motor. Además, requirió información de condiciones locales como composición del combustible, esquema de inspección y mantenimiento y valores locales de humedad relativa y temperatura (Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC), 2008). El proceso de estimación de las emisiones vehiculares consistió en multiplicar la base de factores de emisión por cada uno de los factores de corrección y por la distancia recorrida por vehículo para cada tecnología, teniendo en cuenta el número de recorridos diarios y semanales realizados por la comunidad universitaria para ir y regresar de la universidad.

Los factores de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) por fuentes móviles, en ruta para la comunidad universitaria en Toneladas/día, para el dióxido de carbono (CO₂) en total fue de 43,056 T/d, para el óxido nitroso (N₂O) fue de 0,00176 T/d y en relación al metano (CH₄) fue de 0,09113 T/d. Estas emisiones y factores de emisión, se calcularon para cada modo de transporte de cada categoría por separado, teniendo en cuenta el número de personas de cada categoría que usaban cada modo de transporte y el número de recorridos diarios. La Tabla 9, presenta los resultados obtenidos de los factores de emisión para los tres gases evaluados en el estudio (CO₂, N₂O y CH₄), estos resultados se presentan por partida (arranques en frío y en caliente del vehículo) y en ruta (recorrido del vehículo), los cuales al sumarse equivalen a las emisiones diarias generadas por modo de transporte; obteniendo como resultado las emisiones diarias por modo de transporte de cada categoría de la comunidad universitaria.

Tabla 9. Factores de emisión gases de efecto invernadero por categoría y modo de transporte

Categoría	Modo Transporte	Emisiones diarias	CO₂ T/d	N₂O T/d	CH₄ T/d
Estudiantes	Carros	Partidas	0,162	0,00008976	0,00089
		En Ruta	9,868	0,00038777	0,00031
		Total Día	10,030	0,00047753	0,00120

Tabla 9. (Continuación).

Categoría	Modo	Emisiones	CO₂	N₂O	CH₄
	Transporte	diarias	T/d	T/d	T/d
Estudiantes	Motos	Partidas	0,081	0,00001328	0,02211
		En Ruta	2,003	0,00000000	0,05067
		Total Día	2,084	0,00001328	0,07278
	Buses	Partidas	0,134	0,00004370	0,00233
		En Ruta	21,927	0,00092666	0,00891
		Total Día	22,061	0,00097036	0,01123
	Taxis	Partidas	0,023	0,00000834	0,00012
		En Ruta	5,138	0,00013442	0,00017
		Total Día	5,161	0,00014277	0,00030
Docentes	Carros	Partidas	0,023	0,00001243	0,00012
		En Ruta	1,367	0,00005338	0,00004
		Total Día	1,390	0,00006580	0,00016
	Motos	Partidas	0,005	0,00000079	0,00058
		En Ruta	0,142	0,00000000	0,00156
		Total Día	0,147	0,00000079	0,00214
	Buses	Partidas	0,004	0,00000116	0,00006
		En Ruta	0,580	0,00002453	0,00024
		Total Día	0,584	0,00002569	0,00030
	Taxis	Partidas	0,001	0,00000040	0,00001
		En Ruta	0,248	0,00000650	0,00001
		Total Día	0,249	0,00000690	0,00001

Tabla 9. (Continuación).

Categoría	Modo	Emisiones	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
	Transporte	diarias	T/d	T/d	T/d
Administrativos y directivos	Carros	Partidas	0,010	0,00000540	0,00005
		En Ruta	0,531	0,00002242	0,00002
		Total Día	0.541	0,00002782	0,00006
	Motos	Partidas	0,002	0,00000033	0,00029
		En Ruta	0,059	0,00000000	0,00083
		Total Día	0,061	0,00000033	0,00111
	Buses	Partidas	0,001	0,00000045	0,00002
		En Ruta	0,223	0,00000943	0,00009
		Total Día	0,225	0,00000988	0,00011
	Taxis	Partidas	0,000	0,00000006	0,00000
		En Ruta	0,038	0,00000099	0,00000
		Total Día	0,038	0,00000105	0,00000
Servicios generales y vigilancia	Motos	Partidas	0,002	0,00000025	0,00050
		En Ruta	0,035	0,00000000	0,00099
		Total Día	0,037	0,00000025	0,00149
	Buses	Partidas	0,003	0,00000089	0,00005
		En Ruta	0,446	0,00001886	0,00018
		Total Día	0,449	0,00001975	0,00023
Total factor de emisión tonelada/día			43,05616	0,0017622	0,091126

Nota: Los factores de emisión, se calcularon para cada modo de transporte por categoría por separado. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Se evidencia que la categoría que tiene los factores de emisión más alto es la de estudiantes, ya que esta compone la mayor población del colectivo universitario 89%, en cuanto al medio que más altos factores de emisión tiene es el transporte buses de servicio

público con 22,61 T/d CO₂ y 0.00097 T/d N₂O, en cuanto el medio de transporte de mayor factor de emisión en relación al CH₄ fueron las motocicletas con 0,07278 T/d.

Los factores de emisión por persona (per cápita) se determinaron en Kg/día para cada categoría de población y se presentan en la Tabla 10. Factor de emisión per cápita por categoría

Tabla 10. Factor de emisión per cápita por categoría

CATEGORÍA	CO₂ Kg/d per cápita	N₂O Kg/d per cápita	CH₄ Kg/d per cápita
Estudiantes	11,251	0,000458	0,0244
Docentes	8,587	0,000359	0,00947
Administrativos y directivos	11,531	0,000521	0,017
Servicios generales y vigilancia	7,0378	0,000289	0,0249

Nota: Factor de emisión por persona para cada categoría. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020

Se evidencia que en relación al factor de emisión per cápita de CO₂, las categorías administrativos y estudiantes son los más altos con 11,531 kg/d y 11,251 kg/d respectivamente, al igual que el de N₂O con 0,000521 kg/d y 0,000458 kg/d, en el caso del factor de emisión per cápita del CH₄, la categoría servicios generales y vigilancia es la que mayor valor presenta con 0,0249 kg/d, seguido de la categoría estudiantes con 0,0244 kg/d.

9.2. Diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria

Los resultados obtenidos de las encuestas implementadas a la comunidad universitaria para el estudio en cuestión, se presentan a continuación:

❖ Encuesta medio de transporte utilizado

El modo de transporte más utilizado por la comunidad universitaria es el de servicio de transporte público (bus) con 29,87% (Figura 8), siendo el costo la principal razón para optar por este medio de transporte, este es el más empleado a nivel nacional por los universitarios (Younes , Escobar, & Holguín, 2019), teniendo en cuenta que aproximadamente el 33% de la

población de la ciudad utiliza el sistema de transporte público (Jácome, 2011), el segundo más usado es el carro con 24,29%, esto considerando que aproximadamente el 21,3% de la población tiene auto, es decir, por cada cuatro personas hay un automotor transitando por las vías de Villavicencio (Alcaldía de Villavicencio, 2018), el tercer medio de transporte más usado es “motocicleta” que constituye un 22,8% teniendo relación con el dato de que el 26% de la población del país utiliza este medio de transporte (Portafolio, 2019). Los medios menos utilizados son los alternativos, caminata y bicicleta que componen el 7,74%, estos son utilizados principalmente por la población que vive cerca a los campus, ya que también es de bajo costo, atendiendo que Villavicencio sobrepasa levemente el 5 % de uso diario de bicicleta para sus desplazamientos diarios por parte de su población. (BiciRed Colombia, 2019).

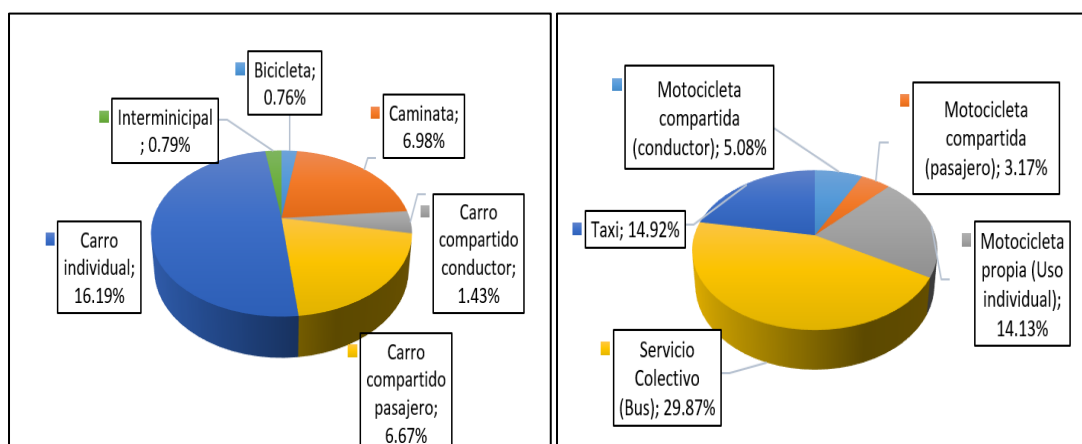


Figura 8. Medios de transporte utilizados por la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

- ❖ Encuesta del número de días que la comunidad universitaria va a la universidad por semana

Se denota que el 47,94% de la población, asiste a la universidad 4 días por semana, el 30,32% 5 días y el 13,16% 6 días, indicando que la mayoría de la población es decir el 88,42% tiene frecuencia semanal de acceso a los campus de 4 días o más (Figura 9), esto se debe a que la mayoría de la comunidad, tiene ocupaciones laborales y académicas la mayor parte de la semana en cada uno de los campus (Albertos, y otros, 2008).

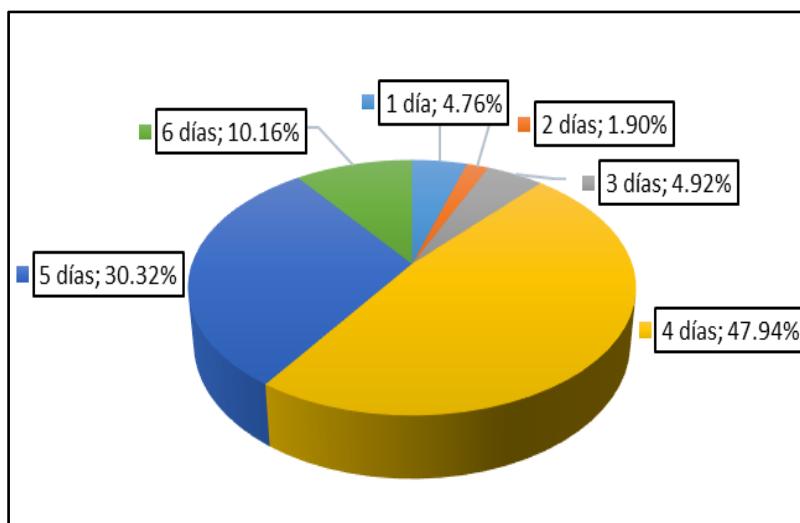


Figura 9. Periodicidad de asistencia semanal por parte de la comunidad a la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Encuesta número de recorridos diarios desde y hacia la universidad.

El 65,30% registra un número de desplazamientos diarios en torno a 1 vez al día (dos recorridos diarios residencia-universidad-residencia) (Figura 10), siendo este patrón de asistencia diaria el más significativo de toda la comunidad, ya que la mayoría del conglomerado universitario tiene una jornada que requiere de mínimo una asistencia diaria (Albertos, Noguera, Pitarch , & Salom, 2008).

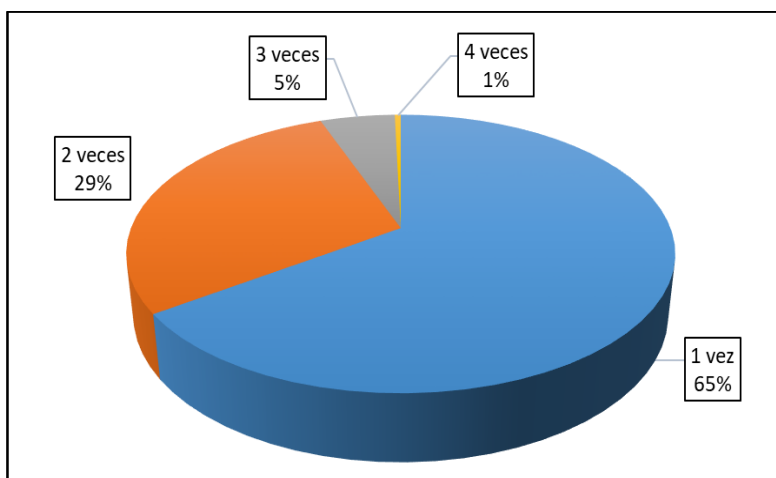


Figura 10. Periodicidad de asistencia diaria por parte de la comunidad a la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Encuesta de distancia (km) aproximada del recorrido residencia-universidad

Se evidencia que el 48,47 % de la colectividad universitaria vive a una distancia que oscila entre los 6-14 km (8 km en promedio); Un 32,06% habita a una distancia menor a 5 km, indicando esto que el 80,53% (la mayoría de la comunidad universitaria) reside a una distancia de menos de 7 Km. de su lugar residencia (Albertos, Noguera, Pitarch , & Salom, 2008). Esto teniendo en cuenta el hecho que Villavicencio tiene un área urbana de 52,08 km² (Buitrago, Ceballos, & Ortiz, 2018) contrastando que los recorridos de la universidad a los lugares de residencia dentro del casco urbano es en promedio 6 km, por parte del conglomerado universitario que vive en el casco urbano y el 19,37% restante mora a una distancia aproximada mayor a 15 km de los campus, indicando que esta porción de la población vive en municipios o veredas cercanas al casco urbano de Villavicencio (Figura 11).

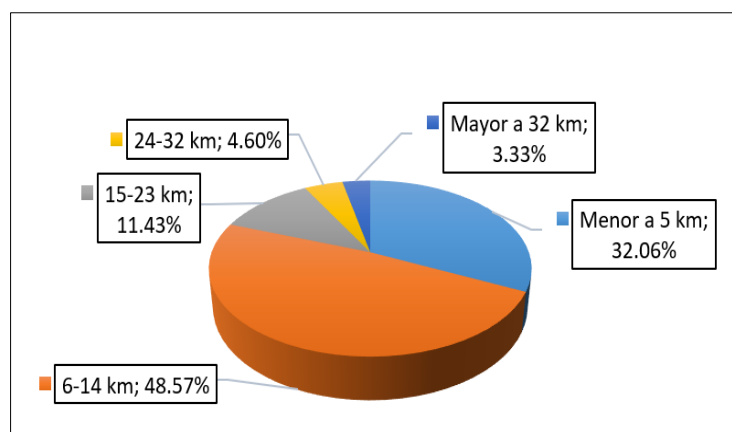


Figura 11. Distancia aproximada en kilómetros (km) en sus desplazamientos diarios hacia y desde la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Encuesta de elección del modo de transporte.

La principal razón para escoger el medio de transporte es el Costo con 31,07%, seguido de rapidez 29,64% y comodidad 20,46% (Figura 12), estos 3 son los motivos principales en la elección de los medios de transporte, ya que se tiene en cuenta como base, las condiciones socioeconómicas de la población (Albertos, Noguera, Pitarch , & Salom, 2008).

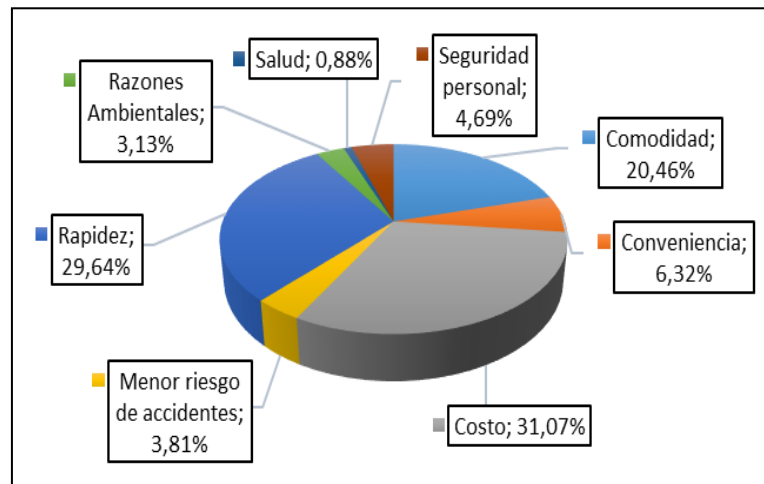


Figura 12. Razones por las cuales la comunidad universitaria escoge su modo de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Encuesta de tiempo recorrido

Se evidencia que el 37,14% de la comunidad universitaria dura entre 10 a 20 minutos en el recorrido de ida para la universidad y el mismo tiempo de vuelta para su lugar de residencia, el 21,59% dura de 5 a 10 minutos, el 18,73% de 20 a 30 minutos (Figura 13). La mayoría de las personas que se desplazan a los campus emplean menos de 30 minutos en llegar (Albertos, Noguera, Pitarch, & Salom, 2008), ya que este es el promedio de desplazamiento de un lugar a otro en la ciudad de Villavicencio (Alcaldía de Villavicencio, 2018).

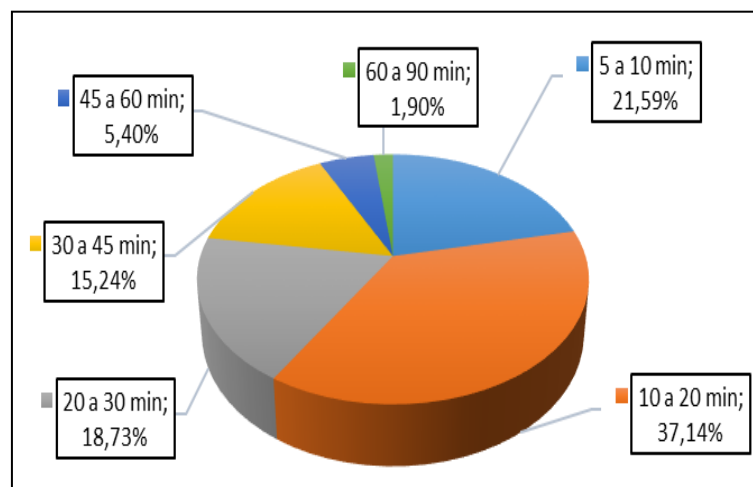


Figura 13. Tiempo de recorrido en los desplazamientos hacia y desde la universidad. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Encuesta de edad de la comunidad universitaria.

El 77,50% de la comunidad universitaria tiene una edad que está entre los 15-25 años, esto se debe a que en la gran mayoría de instituciones de educación superior el tramo mayoritario de edad esta entre los 18 y 24 años (Figura 14).

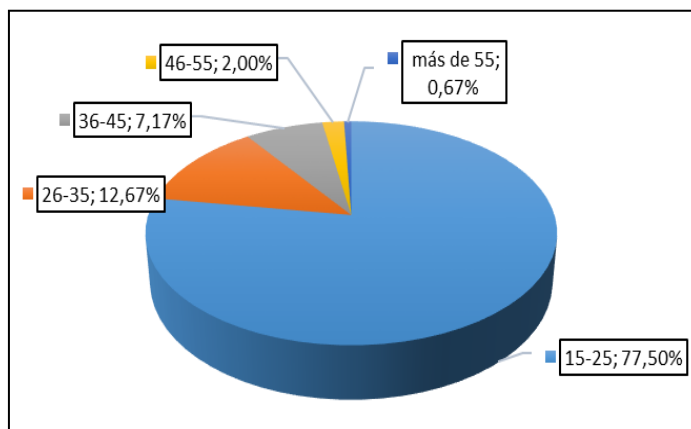


Figura 14. Rango de edad en la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Encuesta de estrato social.

El 60,32% de la población pertenece al estrato 3 (la mayoría de la comunidad universitaria), corroborando el dato de que el 38,9% de la población de Villavicencio pertenece a este estrato, siendo este el más predominante de la ciudad. El 15,56% de la comunidad universitaria pertenece al estrato 2 (en el casco urbano representa el 28,1%), el 13,49% se encuentra en el estrato 4 (en la ciudad compone el 7,2%), el 6,98% de la comunidad universitaria pertenece al estrato 1 (que corresponde al 22,4% de los villavicenses), el 2,86% de la comunidad pertenece al estrato 5 (que en la ciudad representa el 2,6%) y un 0,79% al estrato 6 (que compone el 0,8% de la ciudad) (CENAC, 2019) (Figura 15).

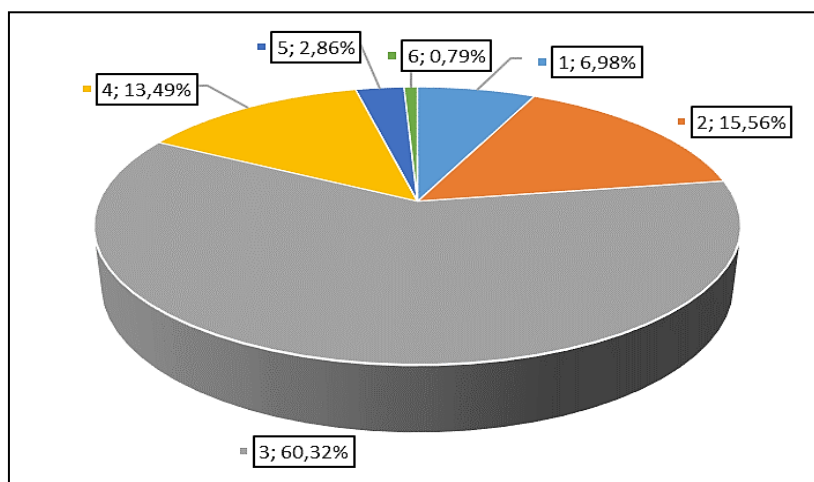


Figura 15. Estrato social de la comunidad universitaria. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ Número de recorridos diarios y semanales realizados por la comunidad universitaria

El modo de transporte Buses de servicio público es el que más recorridos realiza al día 2077 y a la semana 9984422 esto debido a que para los recorridos diarios el porcentaje de uso total por la comunidad universitaria es del 32%, mientras que para la semana es del 43% (esto teniendo en cuenta el número veces que comunidad universitaria va al día a la universidad, recorridos diarios y los días que la comunidad universitaria va a la semana, recorridos semanales, por categoría y modo de transporte). El segundo medio de transporte que más recorridos diarios y semanales presenta es la Motocicleta, el cual presenta un numero de recorridos totales diarios y semanales de 1.860 y 6'591.372 respectivamente, esto debido a que el porcentaje de uso en los recorridos es del 29 %, tanto diarios como semanales. El auto como medio de transporte presenta 1.454 recorridos diarios y 3'974.418 semanales, los cuales corresponden a porcentajes de uso del 23 y 17% respectivamente. El medio de transporte que menos recorridos realiza es el Taxi, con 1.005 recorridos diarios y 2'514.930 recorridos semanales, los cuales corresponden a un porcentaje de uso por parte de la comunidad universitaria del 16 y 11% respectivamente. El número de recorridos diarios y semanales, realizados por la comunidad universitaria para ir y regresar de la universidad se presentan en la Tabla 111, para cada categoría y medio de transporte.

Tabla 11. *Numero de recorridos diarios y semanales de la comunidad universitaria*

Categorías	Númer o de Person as	Modos Transpor te	Porcentaje de uso de la comunidad universitari a (%)	Número de Recorrid os	Porcent aje de recorrid os (%)	Total recorrido s diarios	Total recorrid os semanal es
Estudiantes	3496	Buses servicio público	30.5	1	35,71	1965	9968078
				2	50		
				3	8,57		
				4	5,14		
		Taxis	15.46	1	38,02	952	2509017
				2	50,7		
				3	8,45		
				4	2,81		
		Carros Particulares	23.96	1	27,3	1607	6462996
				2	58,18		
				3	6,36		
				4	7,27		
		Motos	18.51	1	24,7	1272	3943014
				2	61,17		
				3	7,05		
				4	7,05		
Docentes	276	Buses servicio público	12.5	1	42	52	8278
				2	42		
				3	8,33		
				4	0		
		Taxis	9.37	1	22	46	5802
				2	56		
				3	0		
				4	11		
		Carros Particulares	41.66	1	20	219	125638
				2	75		
				3	0		
				4	5		
		Motos	13.54	1	7,7	92	13969
				2	61,5		
				3	23,1		
				4	0		

Tabla 11. (Continuación).

Categorías	Númer o de Person as	Modos Transport e	Porcentaje de uso de la comunidad universitari a (%)	Número de Recorrid os	Porcenta je de recorrid os (%)	Total recorrido s diarios	Total recorrid os semanal es
Administrativos y directivos	75	Buses servicio público	15.09	1	25	20	1081
				2	75		
				3	0		
				4	0		
		Taxis	5.66	1	33,3	7	110
				2	66,7		
				3	0		
				4	0		
		Carros Particulares	20.75	1	18,2	34	2739
				2	63,6		
				3	0		
				4	18,2		
		Motos	43.39	1	17,4	83	14768
				2	39,1		
				3	13		
				4	30,4		
Servicios Generales y Vigilancia	69	Buses servicio público	45	1	66,7	40	6986
				2	22,2		
				3	0		
				4	0		
		Taxis	0	1	0	0	0
				2	0		
				3	0		
				4	0		
		Carros Particulares	0	1	0	0	0
				2	0		
				3	0		
				4	0		
		Motos	30	1	83,3	24,15	2666
				2	16,7		
				3	0		
				4	0		
Total recorridos						6396	23065142

Nota: Recorridos realizados por la comunidad universitaria diaria y semanalmente. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

❖ **Tiempo y distancia recorridas por la comunidad universitaria**

La estimación del tiempo y distancia de los principales recorridos realizados por la comunidad universitaria por modo de transporte, se determinaron promediando la distancia y tiempo de los recorridos realizados en campo de cada modo de transporte y siguiendo la ruta que realiza cada una. Los resultados se muestran en la Tabla 122.

Las principales cinco rutas de buses seleccionadas y recorridas para cada modo de transporte, para estimar el tiempo y distancia recorrida en promedio por la comunidad universitaria se encuentra en el Apéndice D.

Tabla 12. *Principales Recorridos, tiempos y distancias recorridas por la comunidad universitaria desde y hacia la Universidad*

Modo de Transporte	Distancia promedio recorrida (Km)	Tiempo promedio (Min)
Buses Servicio Público	8.4	43
Taxis	8	38
Carros Particulares	8	36
Motos	8	30

Nota: Tiempos y distancias recorridas por la comunidad universitaria en promedio para cada modo de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

9.3. Emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) de las fuentes móviles

Se evidencia en la Tabla 133 que el 99% de los gases de efecto invernadero con relación a los contaminantes emitidos, corresponde a dióxido de carbono (CO_2) con 5'394.272,87 T/A, siendo este el principal producto resultante del proceso de combustión, cuando se transforma los hidrocarburos (HC) en agua y el monóxido de carbono (CO) en dióxido de carbono (CO_2) a través de una reacción química posible debido a la presencia de temperaturas elevadas (entre 400 y 800 °C) en la que circulan los gases mencionados, y durante el proceso de combustión dentro de los motores de los automóviles y motos (Ayabaca, Tipanluisa, Remache, & Reina, 2017). El óxido nitroso (N_2O) fue emitido en una cantidad de 227,429 T/A que corresponde al 0,23%, siendo este un subproducto de la reacción de reducción del óxido nítrico (NO) y la oxidación de monóxido de carbono/hidrocarburos sin quemar (CO/HC) sobre catalizadores de tres vías utilizados para reducir las emisiones de tubo de escape de los vehículos (Ortiz, 2018). Es por esto que los vehículos particulares y taxis (los cuales cuentan con este tipo de sistemas de control), son las categorías con mayor aporte a las emisiones de óxido nitroso (N_2O), siendo este el 24% y 14%, respectivamente. En cuanto al metano (CH_4) se emite un 0,77% es decir 8979,836 T/A, estas corresponden a emisiones evaporativas, siendo estas, parte de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, es por esto que tienen aportes significativos a las emisiones de CH_4 . Sin embargo, se considera que en los vehículos con motores diésel, como es el caso de algunos buses de servicios de transporte público, sólo existen emisiones de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (CH_4); los contaminantes generados son un subproducto en la quema de combustibles fósiles (Li, Gomez, Cuesta, & Gonzáles , 2016); considerando que la gasolina y el diésel son mezclas, principalmente, de hidrocarburos, compuestos que contienen átomos de hidrógeno y carbono. Si la combustión de un motor fuera perfecta, el oxígeno en el aire convertiría todo el hidrógeno del combustible en agua y todo el carbono en dióxido de carbono. En la realidad, el proceso de combustión no es perfecto y, en consecuencia, los motores de los automóviles emiten varios tipos de contaminantes, entre ellos: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, dióxido de azufre, plomo (sólo en el caso de gasolinas con plomo), amoniaco y metano (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2009).

De los estudiantes, el servicio de transporte público es el mayor emisor de dióxido de carbono con 3'469.128,98 T/A que corresponde al 65% del total, de óxido de nitroso (N_2O) emite 152,5905 T/A que concierne al 68%, seguido de los carros particulares en orden de mayor

a menor emisión que emiten el 23% de CO₂ es decir 1'250.439,4 T/A, siendo este medio de transporte el segundo más utilizado y que emite 59,532 T/A de N₂O es decir el 26%. Las motocicletas son la principal fuente de emisión de metano (CH₄) con 6.994,020 T/A que equivale al 78% de las emisiones de la movilidad de los alumnos. Los taxis son los que menos emiten de los tres gases, ya que es uno de los medios menos utilizados (14,6%).

Tabla 13. *Total emisiones de la comunidad universitaria*

Categoría	Medio de Transporte	CO₂ (T/A)	N₂O (T/A)	CH₄ (T/A)
Estudiantes	Carros	1250439,4	59,532	149,601
	Motos	200245,395	1,276	6994,020
	Buses servicio público	3469128,98	152,590	1765,933
	Taxis	421599,508	11,663	24,508
	Total de emisiones GEI	5341413,28	225,062	8934,064
Docentes	Carros	38359,584	1,816	4,416
	Motos	1317,782	0,007	19,195
	Buses servicio público	4483,461	0,197	2,303
	Taxis	1509,812	0,0417	0,086
	Total de emisiones GEI	45670,641	2,0621	26,001
Administrativos y directivos	Carros	2096,059	0,1077	0,232
	Motos	518,179	0,0028	9,424
	Buses servicio público	587,886	0,0258	0,288
	Taxis	28,347	0,00078	0,0016
	Total de emisiones GEI	3230,473	0,137	9,946
Servicios generales y vigilancia	Motos	193,526	0,0013	7,895
	Buses servicio público	3764,946	0,165	1,928
	Total de emisiones GEI	3958,472	0,166	9,824
Total de Emisiones de GEI - Comunidad Universitaria		5'394.272,87	227,429	8.979,836

Nota: En esta tabla se encuentra el total de emisiones por Tonelada/Año de GEI por contaminante, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), por categoría y modo de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

El medio de transporte que mayores emisiones presenta son los buses de servicio público, con un valor de 3.477.965,27 T/A de dióxido de carbono (CO_2) y 152,979 T/A óxido de nitroso (N_2O) (**Figura 13**Figura 16), esto se debe a que la mayor parte del colectivo universitario utiliza este medio de transporte y por diferentes factores, tales como el uso mayoritario de diésel y gasolina como combustibles (Bianco, Savanco, & Urquiza, 2017), además que gran parte de la flota presenta un sistema en mal estado (sistema de control de emisiones y sistemas de inyección aire-combustible) (Jácome, 2011). En cuanto a la contribución de las emisiones de gases efecto invernadero, los vehículos buses de servicio público a diésel son los que más emiten contaminantes gaseosos (CO_2 , NO_2 , CH_4) ya que el 90% del parque automotor funciona con este tipo de combustible (Alcaldía de Villavicencio, 2018).

Se destaca la contribución del gas natural utilizado por taxis, respecto a las emisiones de CH_4 y las emisiones de N_2O , esto a su vez incide directamente en la cantidad en las emisiones de los GEI. El uso de gasolina como combustible por una parte de la flota de buses 10% (Alcaldía de Villavicencio, 2018), es un factor importante en la emisión de óxidos de nitrógeno (Li, Gomez, Cuesta, & Gonzáles, 2016).

Los buses de servicio de transporte público en su mayoría funcionan con diésel, y menor cantidad con gasolina en la ciudad de Villavicencio (Alcaldía de Villavicencio, 2018). El proceso de combustión de estos motores a base de combustible diésel, se caracteriza por ser más eficiente en su combustión que los motores Otto, ya que los motores diésel provocan menor consumo en motores de baja potencia, funcionando con un proceso de inyección de aire que se mezcla con el combustible, proporcionando aumento de oxígeno al mezclarse. Sin embargo, esto provoca que a su vez incremente el nitrógeno. El proceso de combustión generado dentro del motor no es cien por ciento efectivo a causa de que queda gran parte del oxígeno sin reaccionar, el cual se mezcla con el nitrógeno generando los óxidos, dióxidos de nitrógeno y dióxido de carbono (Cárdenas, 2016). Por eso se evidencia el aporte significativo de N_2O y CO_2 en las cantidades de GEI emitidas por este medio de transporte.

Los taxis son contribuyentes a contaminantes como dióxido de carbono, dióxido de nitrógeno y metano a causa de que los motores de este medio de transporte, generalmente funcionan mediante gas natural que al generar su proceso de combustión se convierte en un

gran contribuyente de mercurio, óxido de nitrógeno, dióxidos de carbono y metano, los cuales favorecen la formación de smog, lluvia acida y el metano se caracteriza por ser un gran causante del efecto invernadero y por ser el principal componente del gas natural (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

Las motos son el principal emisor de metano con una cantidad de 7030,536 T/A es decir el 78%, dándose esto por causa de que es uno de los principales medios de transporte más utilizado por la universidad, siguiendo en el grado de emisiones de CH₄ los buses de transporte público y vehículos particulares y los taxis con 29%, 24% y 14%, respectivamente, en cuanto su uso general en el colectivo universitario. La relevancia que tienen las motocicletas frente a los demás medios de transporte, al momento de producir monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y evaporativos (esto es debido a que el motor de esta categoría funciona a partir del ciclo termodinámico de Otto, el cual es aplicado para motores de combustión interna, funcionando por lo general a partir de gasolina) siendo esta una gran generadora de dichos contaminantes, entre ellos con una cantidad considerable metano. Además, los compuestos orgánicos evaporativos se dan en gran medida, teniendo en cuenta que las motocicletas presentan sistemas de control ineficientes (Corporación Autonoma Regional Del Valle Del Cauca, 2018).

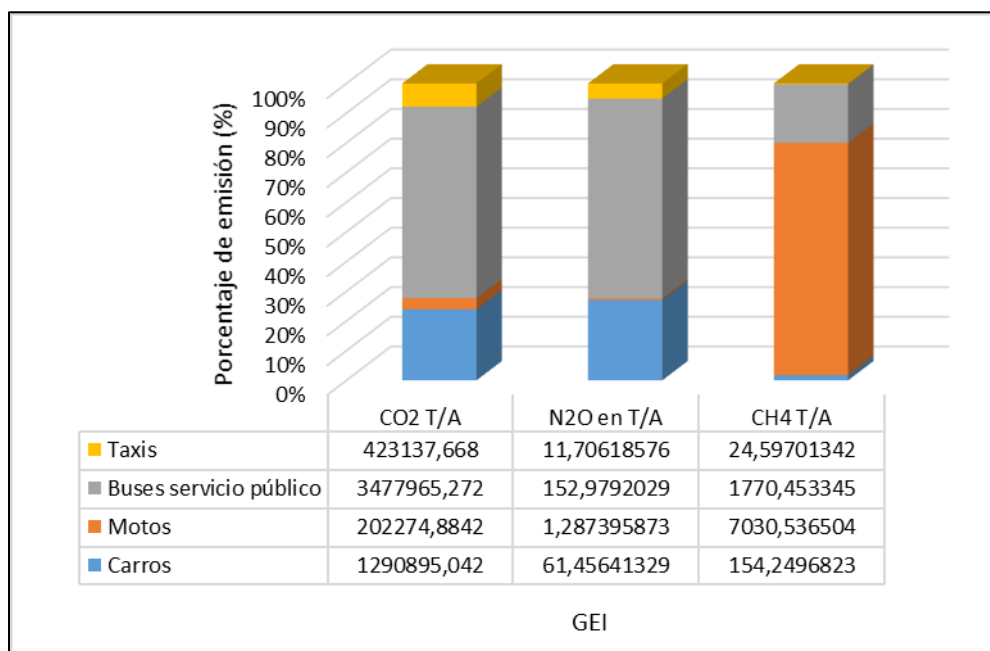


Figura 16. Gráfico de emisiones generadas por cada medio de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

La flota vehicular de los estudiantes es la que más emite dióxido de carbono (CO_2) con 5'341.413,28 T/A es decir el 99%, las demás categorías juntas emiten 45.670,64 T/A. En cuanto al óxido nitroso (N_2O) esta categoría emite 225,062 T/A, equivalente al 98%, mientras que las categorías restantes 2.062,19 T/A perteneciente al 2%. El estudiantado es quien más emite metano (CH_4) con una cantidad de 8.934,06 T/A con un 99% del total, esto debido a que la mayoría de la comunidad universitaria está compuesta por estudiantes (89%) predominando en esta como medio de transporte buses de servicio público 31%. Las categorías con las emisiones más bajas debido a su bajo número de personas son los administrativos y de último, el personal de servicios generales, vigilancia y mantenimiento Figura 17.

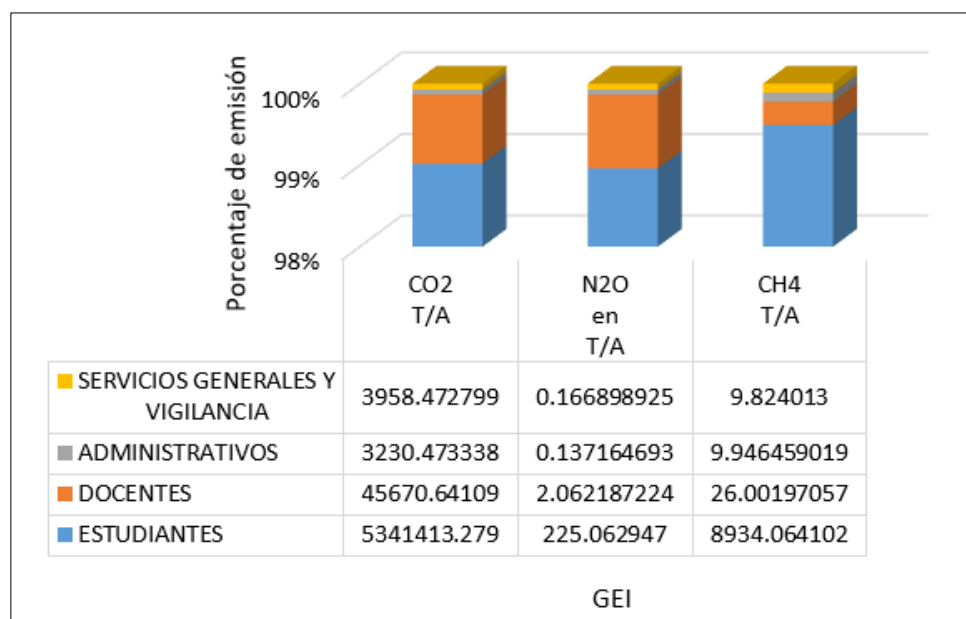


Figura 17. Gráfico de emisiones generadas por categoría. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Las emisiones totales de GEI obtenidas, se calcularon en términos de CO₂ eq por T/A, teniendo en cuenta el potencial de calentamiento global para cada uno de los gases evaluados (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, 2007), calculando para el dióxido de carbono (CO₂) un potencial de 5'394.272,87 CO₂ eq T/A, un potencial para el óxido nitroso (N₂O) de 67.773,842 CO₂ eq T/A y un potencial para el metano (CH₄) de 224.495,91 CO₂ eq T/A (Tabla 144).

Tabla 14. Huella de Carbono de los gases evaluados en términos de CO₂eq T/A

GEI	CO ₂ T/A	N ₂ O en T/A	CH ₄ T/A
Emisiones Totales	5'394.272,87	227,429	8979,836
Potencial de calentamiento global	1	298	25
CO₂eq	5'394.272,87	67.773,842	224.495,91

Nota: Huella de carbono generada por cada contaminante en CO₂eq T/A.
Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

Donde el óxido nitroso es el que mayor potencial de calentamiento global presenta en comparación a los otros dos gases de efecto invernadero, esto teniendo en cuenta que es el menos emitido por parte de la flota vehicular de la comunidad Universitaria, pero el que mayor potencial de calentamiento global tiene con respecto al dióxido de carbono CO₂ y al metano CH₄ con un valor de 298.

10. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en el estudio, muestran en términos generales que la comunidad universitaria conformada por 3.916 personas para el año 2019, emite en total 5'394.272,87 T/A de dióxido de carbono (CO₂), 227,429 T/A de Óxido nitroso (N₂O) y 8.979,8365 T/A de Metano (CH₄), en sus desplazamientos desde y hacia los dos campus presentes en la ciudad de Villavicencio. Estas emisiones son notablemente altas comparadas con otros estudios realizados en otras universidades, teniendo en cuenta el número de personas

de la comunidad universitaria; esto se evidencia al comparar las emisiones obtenidas con las calculadas en la huella de Carbono de la Universidad Politécnica de Cartagena (España), donde la movilidad de la población de la universidad que es de alrededor de 8.487 personas, emite 7.219,95 T/A de CO₂ (Hermosilla , 2014), en el caso de la Universidad de Córdoba (España), esta emite 2.900,48 T/A de CO₂ por movilidad en los campus, con una población universitaria de 20.604 personas (De Toro , y otros, 2015) y en el caso de la universidad de Valencia emite un total de 31562,10 T/A de CO₂ por movilidad (Puchades, De la guardia, & Albertos, 2011). Estas emisiones son más bajas en comparación a las emisiones de la USTA Villavicencio; debido a que en estas ciudades y universidades cuentan con medios de transporte y vehículos que emiten cantidades considerablemente más bajas de GEI, ya que estos vehículos cuentan con sistemas de control de emisiones de mayor eficiencia (euro V y euro VI), los combustibles tienen menor contenido de azufre, plomo, benceno y oxigenados, además de contar con modos de transporte de bajas emisiones como el metro (medio de transporte menos contaminante con respecto a los demás) (Hermosilla , 2014); el cual tiene un porcentaje de uso superior al 35% en los campus de las universidades mencionadas y al uso de vehículos híbridos con tecnologías más limpias, por normativa de la Unión Europea (Alcaldía de Madrid, 2017) que supera el 42% de uso, los buses de transporte público, en su mayoría híbridos, de usan por encima del 18% en general por parte de los colectivos universitarios que se movilizan desde y hacia los campus de las universidades nombradas. Además, esta diferencia se debe principalmente a que en el estudio realizado en la USTA Villavicencio, si se tuvo en cuenta el número de recorridos diarios y semanales que la comunidad universitaria hacía por categoría y al proyectar las emisiones a todo el año, se tuvo en cuenta también las semanas hábiles en que cada categoría de la comunidad universitaria iba a la universidad para el año de estudio (2019) el cual, en el caso de los estudiantes fueron 31 semanas, es decir del 3 de febrero al 6 de junio, mientras que en el caso de las demás categorías 48 semanas, entre el 16 enero al 18 diciembre. Generando así un mayor número de recorridos y distancias recorridas por modo de transporte, reflejadas en las emisiones de GEI.

En cuanto a los medios de transporte usados por la comunidad universitaria en sus recorridos diarios, el modo de transporte buses de servicio público es el modo de transporte que más emisiones genera de CO₂ con el 54% y N₂O con el 57%, equivalente a 722,876 T/A CO₂ y 0,03273 T/A N₂O respectivamente. Esto debido a que el 29.2% de la comunidad universitaria

usa este medio de transporte en sus desplazamientos regulares, siendo el “bajo costo” la principal razón de elección por parte de la mayoría 31,07%. En cuanto al metano (CH_4), el medio de transporte “moto” es el que más emite, cerca del 85%, equivalente a 2,4837 T/A CH_4 . Siendo su porcentaje de uso en la comunidad universitaria del 18.8 %. Esto también se puede evidenciar en un estudio realizado en Córdoba (Colombia), donde las mayores emisiones fueron 19.995,08 T/A para CO_2 , 0.04 T/A de N_2O y en el caso del metano, que el medio de transporte que más emite son las motos, con un porcentaje de 46,5% es de 20.084,40 T/A de CH_4 (Echeverri Londoño, 2006).

En el caso de la edad y el estrato socioeconómico de la comunidad universitaria, el 77,5% de la población universitaria tiene entre 15 y 25 años, equivalente en su mayoría a los estudiantes y el 60,37% de la población pertenece al estrato 3, lo cual se relaciona con el modo de transporte más usado por la comunidad universitaria (buses servicio público), siendo el costo la principal razón de elección por la mayoría 31,07%, reflejando unas emisiones de CO_2 de 3'469.128 T/A, N_2O de 152,59 T/A y CH_4 de 1.765,933 T/A.

En el cuanto a las emisiones por categoría, la flota vehicular de los “Estudiantes” genera la mayor emisión de estos tres GEI, ya que la mayoría de la comunidad universitaria está compuesta por alumnos 89%, siendo los buses de servicio público el más usado en esta categoría (31%), emitiendo el 91% del CO_2 total, el 87% de N_2O y el 91% de CH_4 . Esto se puede relacionar con los resultados obtenidos en un estudio realizado en la Universidad del País Vasco sede EHU”, donde se determinó que los estudiantes son los mayores emisores con 64.296 T/A CO_2 . Y al igual que en este estudio, la comunidad universitaria de esta Universidad también está compuesta en su mayoría por alumnos (84%) y el modo de transporte más usado es el transporte público (autobús interurbano y urbano) con un 66%, emitiendo 40.835 T/A de CO_2 , es decir, el 63.5% de las emisiones para este contaminante (Universidad del país vasco, 2018).

En cuanto a las emisiones obtenidas en el presente estudio con respecto a los resultados obtenidos en estudios anteriores, como el inventario de emisiones de GEI realizado por la empresa CO2CERO para la Universidad Santo Tomás 2017, en donde se utilizó el modelo “Estándar Corporativo del Protocolo De Gases Efecto Invernadero”, evidenciando que las emisiones por fuentes móviles para la USTA sede Villavicencio 2017 fueron más bajas, obteniendo 28,31 T/A de CO_2eq , mientras que en el presente estudio fueron de 5'686.540 T/A de CO_2eq , una diferencia significativa debido a que en el estudio del año 2017, solo se tuvieron

en cuenta las emisiones de GEI para fuentes móviles de la institución como tal (operación de la Universidad y empleados de la misma), no se tuvieron en cuenta las emisiones generadas por parte de toda la comunidad universitaria ni sus desplazamientos regulares para ir y regresar de las instalaciones. Las emisiones que se tuvieron en cuenta fueron solo la de los combustibles de fuentes móviles, transporte tercerizado y fugas de gases (CO2CERO, 2017).

En cuanto a las emisiones per cápita generadas en el estudio del año 2017, se determinaron teniendo en cuenta el número total de población de todas las sedes de la USTA en el país y para cada grupo poblacional. Obteniendo unas emisiones per cápita para la categoría estudiantes de 63,1 kg CO₂eq/persona, para docentes de 754,81 kg CO₂eq/persona y administrativos 1.209,31 kgCO₂eq/persona. En el presente estudio, las emisiones generadas per cápita por grupo poblacional fueron: estudiantes 371,941 kg CO₂eq/persona, docentes 428,683 kg CO₂eq/persona y administrativos y directivos 581,382 kg CO₂eq/persona. Siendo considerablemente mayor el valor obtenido para la categoría estudiantes, a diferencia de las categorías docentes y administrativos, los cuales son menores en comparación a los obtenidos en el estudio del 2017, siendo el tipo de metodología empleado y las variables tenidas en cuenta en ambos estudios las responsables en estas diferencias principalmente.

11. Conclusiones

Se estimaron los factores de emisión por fuentes móviles en ruta para la comunidad Universitaria de la USTA Villavicencio 2019, por medio del “Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares IVE (MIEV), donde en términos generales para el Dióxido de carbono (CO₂) se obtuvo un factor de emisión de 43.056 toneladas por día (T/d), un factor para el óxido nitroso (N₂O) de 0.0017622 T/d.

Se realizó el diagnóstico de los hábitos de movilidad de la comunidad universitaria, en la cual, se determinó que el medio de transporte más utilizado por la comunidad universitaria es el servicio de transporte público con 29,87%, seguido del uso de carro en general con 24,29%, luego el uso regular de motocicleta que constituye un 22,8%; se precisó también que el 47,94% de la población asiste a la universidad 4 veces por semana y el 65% registra un número de desplazamientos diarios de 1 vez al día. En cuanto a la distancia recorrida se evidenció mediante la encuesta que el 48,47 % de la colectividad universitaria recorre una distancia que oscila entre los 6-14 km (8 en promedio). En relación al tiempo de recorrido se observó que el 37,14% de la comunidad universitaria dura de 10 a 20 minutos, el 21,59% dura de 5 a 10 min y el 18,73% de 20 a 30 minutos en el recorrido de ida para la universidad y el mismo tiempo de vuelta para su lugar de residencia, es decir la mayoría de integrantes de la comunidad universitaria 53% emplean menos de 30 minutos en sus desplazamientos desde y hacia la universidad.

Se calculó el total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de las fuentes móviles en ruta para los siguientes contaminantes: dióxido de carbono (CO_2) con una cantidad de 5'394.272,87 T/A, óxido nitroso (N_2O) con un valor de 227,43 T/A, y metano (CH_4) con un valor de 8.979,84 T/A. En relación al total de gases de efecto invernadero (GEI) evaluados en el estudio, la cantidad y total fue de 5'403.480,13 T/A, siendo estas cuantificadas para el año base 2019.

Se elaboró la línea base de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), generadas por los desplazamientos regulares de la comunidad universitaria para ir desde y hacia la universidad para el año base 2019, por medio del Modelo internacional de Emisiones Vehiculares IVE (MIEV); dando como resultado un total de emisiones de GEI en toneladas/año de 5'403.480,13 T/A.

Se calculó finalmente la huella de carbono para cada uno de los GEI evaluados en el estudio, donde para el Dióxido de carbono (CO_2) la huella de carbono es de 5'394.272,9 CO_2 eq T/A, la huella de carbono del Óxido nitroso (N_2O) es de 67.773,90 CO_2 eq T/A y el potencial para el metano (CH_4) es de 224.495,91 CO_2 eq T/A. Obteniendo de esta manera la huella de carbono que la comunidad universitaria genera en sus desplazamientos por fuentes móviles.

Analizados los resultados se concluye que la hipótesis planteada para el presente estudio es aceptada, ya que se evidencia que las emisiones de GEI generadas por los desplazamientos

regulares desde y hacia los Campus Universitarios de la Universidad Santo Tomás-Villavicencio por parte de la comunidad universitaria son de 5'394.272,9 T/A CO₂eq para el año 2019.

12. Recomendaciones

Con los resultados proporcionados por este estudio, se recomienda formular y ejecutar proyectos de investigación para encontrar e implementar estrategias, programas, políticas y/o medidas para la reducción sustancial de las emisiones por fuentes móviles en los campus de la USTA Villavicencio y en la ciudad. Un ejemplo, podría ser incentivar y/o realizar campañas de “días cero emisiones” integrando actividades pedagógicas (audiovisuales y recreativas) en la

institución y también fomentar el uso de la bicicleta por medio de distintos incentivos (económicos y/o académicos) a en toda la comunidad universitaria.

Se observa la necesidad de fomentar investigaciones, para estimar y/o cuantificar los distintos tipos de emisiones atmosféricas, no solo por fuentes móviles sino también por fuentes fijas (tanto directas como indirectas) de emisión de gases de efecto invernadero y contaminantes tanto primario como secundarios, y de esta manera conocer las emisiones atmosféricas generadas. De igual manera primar por la implementación de propuestas que tengan como fin la reducción de la contaminación por emisiones en los campus de la universidad y el área urbana.

Implementar programas de educación ambiental a la comunidad universitaria enfocados al uso de bicicleta y uso de vehículos de baja emisión o sostenibles (híbridos, eléctricos, entre otros) en el estudiantado y planta docente principalmente, como una herramienta de mitigación de emisiones específicamente en este tipo de fuente. Además, de inculcar y fomentar a los propietarios de vehículos particulares y de servicio de transporte público, la necesidad de realizar adaptaciones a los motores de los vehículos en general, para la utilización de biocombustibles y otros tipos de combustibles amigables con el medio ambiente, así como la implementación de biolubricantes para motores a combustión interna con el fin de disminuir las emisiones generadas.

Establecer una hoja de ruta para desarrollar un trabajo conjunto entre la universidad, la alcaldía y los entes territoriales con el fin de formular y ejecutar estudios y programas de reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos, por fuentes móviles y fijas en el casco urbano.

Realizar otros estudios de investigación para determinar las emisiones de GEI por medio de otros métodos o modelos de estimación y/o cuantificación, lo cual permita corroborar los resultados del presente estudio, así como la conformación de un inventario de emisiones atmosféricas más completo y detallado para los diferentes contaminantes primarios y secundarios.

Se ve la necesidad de realizar estudios para determinar la huella de carbono que presenta la universidad en el municipio y en el departamento, estos podrían tener en cuenta los resultados

del presente estudio los cuales equivalen a las emisiones por fuentes móviles de GEI, en donde haría falta determinar las emisiones por fuentes fijas.

13. Bibliografía

Albertos, J., Noguera, J., Pitarch , M., & Salom, J. (2008). *Los hábitos de movilidad en la Universitat de València (2005-2006) Problemas de acceso a los campus y sostenibilidad*. Valencia, Valencia, España: Instituto Interuniversitario de Desarrollo Local. Obtenido de https://puv.uv.es/los-habitos-de-movilidad-en-la-universitat-de-valencia-2005-2006.html?__store=espanyol&__from_store=valencia

- Alcaldía de Madrid. (2017). Plan A: plan de calidad del aire y cambio climático de la ciudad de Madrid. 1-161. Obtenido de <https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/UDCMedios/noticias/2017/03Marzo/13Lunes/NotasdePrensa/Plan%20Calidad%20Aire/ficheros/PlanACalidadAire2017.pdf>
- Alcaldía de Villavicencio. (2016). *Rutas de Buses Urbanos*. Secretaría de movilidad, Meta, Villavicencio. Obtenido de <http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/Paginas/Banco-de-Documentos.aspx?FolderPd=BancoDocumentos/BOLETINES%20OFICIALES>
- Alcaldía de Villavicencio. (2018). *Informe de Gestión de Movilidad en Villavicencio*. Secretaria de Movilidad, Meta, Villavicencio. Obtenido de <http://www.villavicencio.gov.co/Transparencia/Paginas/Banco-de-Documentos.aspx>
- ANDI. (2019). *Las motocicletas en Colombia: aliadas del desarrollo del país*. Asociación Nacional de Industriales, Bogotá. Obtenido de [http://www.andi.com.co/Uploads/Estudio%20Motos%202019%20\(1\).pdf](http://www.andi.com.co/Uploads/Estudio%20Motos%202019%20(1).pdf)
- Araya Csaszar, Arie David. (2008). Metodología de calculo de emisiones vehiculares basada en modos de conducción y potencia específica vehicular. *Universidad de chile*, pág. 94. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103120>
- Aroonsrimorakota, S., Yuwareeb, C., Arunlertareeb, C., Hutajareornb, R., & Buaditb, T. (01 de 2013). Huella de carbono de la facultad de medio ambiente y estudios de recursos. *Tesis de Grado*. Obtenido de <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/jtir/article/view/167425>
- Arsitizábal, B., Gonzáles, M., Cuesta, P., Gómez, & Li, A. (2016). Apoyo y fortalecimiento de la red de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de manizales y cuantificación de emisiones atmosféricas por fuentes móviles. *Tesis de grado*, págs. 1-56. Obtenido de <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/543/Inventario%20Fuentes%20Moviles%202014.pdf>
- Ayabaca, C., Tipanluisa, L., Remache, A., & Reina, S. (2017). *Emisiones contaminantes de un motor de gasolina funcionando a dos cotas con combustibles de dos calidades*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100002
- Barbero, J. A., & Tornquist, R. R. (2012). Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible y de bajo carbono. *Transporte y territorio*, 9-25. Obtenido de <https://doi.org/10.34096/rtt.i6.273>
- Barojas, S. A. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11, 2-7. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=487/48711206>
- Berrio Rivero, J. P. (2020). La universidad Santo Tomás. *Boletín estdístico 2019*, pág. 189. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28916>

- Berrio Rivero, J. P. (2020). *La universidad santo tomás en cifras*. Bogotá: Departamaneto de comunicaciones . Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/28916>
- Bianco, A., Savanco, M., & Urquiza, J. (2017). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes de las fuentes móviles en la ciudad de Villa Carlos Paz. 1-150. Obtenido de <https://adarsa.org.ar/wp-content/uploads/2020/04/inventario-gei-y-contaminantes-de-las-fuentes-moviles-en-vcp.pdf>
- BiciRed Colombia. (2019). *Ranking de la Bicicleta 2019*. Red de Usuarios de Bicicleta-Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://www.espacioyciudad.com/wp-content/uploads/2019/11/RANKING-DE-LA-BICICLETA-BRC-2019.pdf>
- Buitrago, C., Ceballos, L., & Ortiz, M. (2018). Propuesta de estrategias de mitigación a partir del cálculo de la huella de carbono de los campus norte y sur de la universidad de ciencias aplicadas y ambientales U.D.C.A en los años 2014-2015. 1-99. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326095517_ESTRATEGIA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_PRIMATES_DIURNOS_EN_EL_AREA_URBANA_CONSOLIDADA_DE_VILLAVICENCIO_CON_BASE_EN_SU_DISTRIBUCION_Y_CONFLICTOS
- Buitrago, Caterine; Ceballos, Luiyer; Ortiz, Martha. (2018). *Estrategia para la conservación de primates diurnos en el área urbana consolidada de Villavicencio con base en su distribución y conflictos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/326095517_ESTRATEGIA_PARA_LA_CONSERVACION_DE_PRIMATES_DIURNOS_EN_EL_AREA_URBANA_CONSOLIDADA_DE_VILLAVICENCIO_CON_BASE_EN_SU_DISTRIBUCION_Y_CONFLICTOS
- Cárdenas, M. (2016). *Estudio de las emisiones de los motores diésel de automoción en condiciones de funcionamiento transitorias al usar biodiésel*. Castilla-La Mancha. Obtenido de <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/8793/TESIS%20C%3%A1rdenas%20Almena.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo Roa, J., & Cacua Peñaloza, C. (2019). Educación Ambiental En Colombia: Hacia Un Óptimo Desarrollo Sostenible. 1-13. Obtenido de <http://bdigital2.ula.ve:8080/xmlui/bitstream/handle/654321/2196/7424-18955-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CENAC. (2019). *Boletín estadístico - contexto sectorial Villavicencio – Meta*. Centro de estudios de la construcción y el desarrollo urbano y regional, Meta, Villavicencio. Obtenido de cenac.org.co/estadisticas-sectoriales.shtml
- Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles (ISSRC). (2008). Manual del usuario del modelo IVE. pág. 55. Obtenido de <http://www.issrc.org/ive/>
- Centro internacional de investigación de sistemas sostenibles. (2008). Modelo internacional de emisiones de vehículos. Adjunto C que caracterizan las variaciones de emisiones debidas

- al comportamiento de conducción de vehículos en carretera. pág. 18. Obtenido de <http://www.issrc.org/ive/>
- Chung Lin, Y., Ching Li, Y., TT Amesho, a., Shangdiar, S., & Chih Chou, F. &. (15 de octubre de 2020). Caracterización química de las emisiones de PM 2.5 y las concentraciones atmosféricas de elementos metálicos en PM 2.5 emitidas por vehículos a gasolina de fuentes móviles. *Sciencedirect*, pág. 9. Obtenido de <https://www.sciencedirect-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S0048969720334628>
- CO2CERO. (2017). Informe inventario emisiones GEI Universidad Santo Tomás. 1-39. Obtenido de <https://drive.google.com/drive/u/0/my-drive>
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. (2009). *Guía para la estimación de emisiones atmosféricas de fuentes fijas y móviles en el registro de emisiones y transferencia de contaminantes*. Santiago de Chile. Obtenido de http://www.declaracionemision.cl/docs/GUIA_CONAMA.pdf
- Común Sandoval, K. E., & Saavedra Huasasquiche, A. M. (2017). Estimación de la huella de carbono de la comunidad universitaria provenientes de fuentes móviles utilizados para desplazarse hacia la UNALM. *Tesis de Grado*, pág. 109. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3048>
- Corporación Autonoma Regional Del Valle Del Cauca. (2018). *Informe final actualización del inventario de emisiones de Santiago de Cali*. Santiago de Cali. Obtenido de <file:///C:/Users/ronal/Downloads/Informe%20Inventario%20de%20Emisiones%20Cali.pdf>
- Davis, N., Lents, J., Osses, M., Nikkila, N., & Barth, M. (2005). Desarrollo y aplicación de un modelo de transporte internacional de emisiones de vehículos. págs. 1-20. Obtenido de <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0361198105193900118>
- De Toro , A., Gomera, A., Aguilar, J., Guijarro, C., Antúnez, M., & Vaquero, M. (2015). La huella de carbono de la UCO. 1-26. Obtenido de <http://www.uco.es/servicios/sepa/images/documentos/descargas/huellaC2016.pdf>
- dell'Olio, L., Bordagaray, M., Barreda, R., & Ibeas, A. (2014). Una metodología para promover la movilidad sostenible en los campos Universitarios. *Procedimientos de investigación de transportes*, 838-847. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X17305334?via%3Dihub>
- Dirección Nacional de Planeación USTA. (2019). *Boletín estadístico 2019-1*. Bogotá. Obtenido de <https://planeacion.usta.edu.co/index.php/boletines-estadisticos/boletin-2019-i>
- Echeverri Londoño, C. A. (7 de julio de 2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v5n9/v5n9a08.pdf>

- Ecopetrol. (2016). *Línea de producto: combustibles*. 1-9. Obtenido de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/multisitios/comercial/es/portafolio/productos-y-servicios/combustibles>
- Fenalco. (2017). *Informe de Modelos de Vehículos Más Matriculados en Colombia*. Federación Nacional de Comerciantes, Bogotá. Obtenido de <https://www.fenalco.com.co/file/1820/download?token=K8PwLQla>
- Fenalco. (2019). *Informe de Matrículas de Motocicletas a Septiembre de 2019*. Federación Nacional de Comerciantes, Bogotá. Obtenido de <http://www.andi.com.co/Uploads/Informe%20motocicletas%20septiembre.pdf>
- Fenalco. (2019). *Informe del Sector Automotor En Colombia*. Federación Nacional de Comerciantes, Bogotá. Obtenido de <http://www.fenalco.com.co/informesautomotor>
- Ferreira Márquez, L. L. (2014). Cálculo de la línea base de emisiones GEI para proyectos de transporte público. *Economía, Medio Ambiente y Cambio Climático*. Obtenido de <https://wrirosscities.org/sites/default/files/embarq-mexico-Ciudad-Blogs-11Sept14.pdf>
- Financiera de desarrollo FINDETER. (2016). *Plan de acción para Villavicencio*. Villavicencio. Obtenido de <https://repositorio.findeter.gov.co/handle/123456789/197>
- FINDETER. (2019). *Meta, Ruta del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.colombialider.org/wp-content/uploads/2020/04/Meta.pdf>
- Fondo Monetario Internacional. (2019). *La economía del clima*. Washington DC: Finanzas y Desarrollo. Obtenido de <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2019/12/pdf/fd1219s.pdf>
- Gaitán Varón, M., & Cárdena Ruiz, P. (2017). Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas. *Guía*, pág. 92. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/emisiones_atmosfericas_contaminantes/documentos_relacionados/GUIA_PARA_LA_ELABORACION_DE_INVENTARIOS_DE_EMISIONES_ATMOSFERICAS.pdf
- García Torres, C. (2019). Propuesta de gestión para mitigar la emisión de contaminantes originado por fuentes móviles en ruta en Chiclayo. *Trabajo de grado*, pág. 146. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/5347>
- García Torres, C. (2019). Propuesta de gestión para mitigar la emisión de contaminantes originado por fuentes móviles en ruta en Chiclayo. , 1-157. Obtenido de <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/5347/BC-%203964%20GARCIA%20TORRES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ghaffarpasand, O., Talaie, M. R., Ahmadikia, H., TalaieKhozani, A., Shalamzari, M. D., & Majidi, S. (2020). Rendimiento en carretera y características de emisión de taxis / automóviles privados bicomcombustibles de GNC-gasolina en el entorno de la carretera. *Investigación sobre la contaminación atmosférica* , 11, 1743-1753. Obtenido de <https://www->

- sciencedirect-com.crai-
ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S1309104220302087
- Gómez Ortíz, C. D. (2017). Desagregación espacial y temporal del inventario de emisiones por fuentes antropogénicas para la ciudad de manizales, caldas. *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77487/1075271961.2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Henríquez Salazar, P. (2007). Estudio comparativo de actividad vehicular y modelación de emisiones para santiago y buenos aires. pág. 108. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103264>
- Hermosilla , A. (2014). Huella de carbono en la universidad Politécnica de Cartagena: en busca de la ecoeficiencia. 1-75. Obtenido de <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5043/tfm384.pdf?sequence=1>
- Hinostroza Aburto, M. G. (2019). Huella de carbono del traslado de estudiantes, profesores y trabajadores de la universidad Ricardo Palma (URP). *Tesis de grado*, pág. 97. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3918>
- IDEAM. (2016). Inventario nacional y departamental de gases efecto invernadero-Colombia. *Tercera comunicación nacional de cambio climático*, 73. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf
- Ihobe, S. p. (06 de 2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el Desarrollo de Inventarios de GEI en Organizaciones*. Obtenido de https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/uneiso14064/es_def/adjuntos/PUB-2012-019-f-C-001.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. (2007). *Información tecnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
- ISSRC. (2008). *Actividades de recopilación de datos de campo*. Obtenido de <http://www.issrc.org/ive/>
- Jácome, C. A. (2011). Sistema de Tranvías en Villavicencio (Meta). Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/13946>
- Jimenez Palacios, J. (1999). Comprensión y cuantificación de las emisiones de vehículos motorizados con potencia específica del vehículo y detección remota. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/279823495_Understanding_and_quantifying_motor_vehicle_emissions_with_vehicle_specific_power_and_TILDAS_remote_sensing
- Jordano, A. d., Martínez, A. G., Aguilar, J. E., Guijarro Jiménez, C., López Antúnez, M., & Vaquero Abellán, M. (2015). La huella de carbono de la universidad de córdoba. pág. 26.

- Obtenido de <http://www.uco.es/servicios/sepa/images/documentos/descargas/huellaC2015.pdf>
- Leal, J. B. (Julio de 2015). *Mecanismo para la mitigación voluntaria de emisiones de gases efecto invernadero para Colombia*. Obtenido de <http://docplayer.es/83720570-Mecanismo-para-la-mitigacion-voluntaria-de-emisiones-de-gases-efecto-invernadero-para-colombia.html>
- Li, J., Gomez, C., Cuesta, A., & Gonzáles, C. (2016). Apoyo y fortalecimiento de la red de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Manizales y cuantificación de emisiones atmosféricas por fuentes móviles. 1-56. Obtenido de <http://www.corpocaldas.gov.co/publicaciones/543/Inventario%20Fuentes%20Moviles%202014.pdf>
- Longo, G., Medeossi, G., & Padoano, E. (2015). Análisis multicriterio para apoyar la gestión de la movilidad en un campus Universitario. *Procedimientos de investigación de transporte*, 5, 175-185. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146515000204>
- MADS. (2019). Cambio Climático. *Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico>
- Martínez Salgado, H. (2018). El desafío del sector transporte en el contexto del cumplimiento de las contribuciones determinadas a nivel nacional de América Latina. *CEPAL*, 52. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44344-desafio-sector-transporte-contexto-cumplimiento-contribuciones-determinadas>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2019). *Gases de efecto invernadero*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/462-plantilla-cambio-climatico-18>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Diagnóstico nacional de salud ambiental*. Bogotá. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Diagnostico%20de%20salud%20Ambiental%20compilado.pdf>
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2008). *Resolución Número 910*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/Atencion_y_participacion_al_ciudadano/Consulta_Publica/150514_proy_res_mod_res_910_2008.pdf
- Ministerio de relaciones exteriores (MRE). (2009). El vivir bien como respuesta a la crisis global. Bolivia. Obtenido de <https://www.cancilleria.gob.bo/webmre/sites/default/files/libros/03%20el%20vivir%20bien%20como%20respuesta%20a%20la%20crisis%20global.pdf>
- Observatorio ambiental de Cartagena de Indias. (2019). *Factores de emisión*. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/gestion-ambiental/seguimiento-y->

monitoreo/protocolo-monitoreo-calidad-del-aire-en-la-ciudad-de-cartagena/factores-de-emision/

- Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). (2010). *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para hoteles*. Obtenido de http://www.comunidadism.es/wp-content/uploads/downloads/2013/06/manual_huella-carbono_transporte.pdf
- OMM. (2018). Boletín Gases de Efecto Invernadero. Obtenido de https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5455
- ONU. (2019). *Objetivos Del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
- Organización meteorológica mundial OMM. (2017). El aumento de la concentración de gases de efecto invernadero alcanza un nuevo récord. Obtenido de <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-aumento-de-la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-alcanza-un>
- Organización mundial de la salud OMS. (2019). *Tipos de contaminación del aire*. Obtenido de <https://www.worldenvironmentday.global/es/tipos-de-contaminacion-del-aire#transport>
- Ortíz González, N. F. (2019). *Inventario preliminar de emisiones por fuentes móviles en ruta para la ciudad de villavicencio*. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/19512?show=full>
- Ortiz, C. (2018). Análisis de sistemas de reducción catalítica selectiva con inyección de urea mediante CFD. 1-122. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/111036/ORTIZ%20-%20AN%20LISIS%20DE%20SISTEMAS%20DE%20REDUCCI%20CATALITICA%20SELECTIVA%20CON%20INYECCI%20DE%20UREA%20MEDIANTE%20CFD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Panel intergubernamental de cambio climática (IPCC). (2018). *Glosario IPPC*. Obtenido de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf
- Portafolio. (11 de Junio de 2019). Más del 26% de la población en Colombia usa motocicleta. pág. 1. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/mas-del-26-de-la-poblacion-en-colombia-usa-motocicleta-531075>
- Puchades, M., De la guardia, A., & Albertos, M. (2011). La huella de carbono de la universidad de Valencia: diagnostico, análisis y evaluación. 1-103. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/262260739_La_huella_de_carbono_de_la_Universitat_de_Valencia_diagnostico_analisis_y_evaluacion
- Red Ambiental de asturias. (2019). *Causas del cambio climático*. Obtenido de <https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=9d3706e98057d210VgnVCM10000097030a0aRCRD>

- Revista Semana Sostenible. (28 de 08 de 2019). *Medio Ambiente*. Obtenido de <https://sostenibilidad.semana.com/medio-ambiente/articulo/en-que-consiste-la-estrategia-nacional-de-movilidad-sostenible/46559>
- Reynolds, A. W. (2000). Desarrollo de un modelo de inventario de emisiones para fuentes móviles. *Investigación sobre transporte parte D: Transporte y medio ambiente*, 5, 77-101. Obtenido de <https://www.sciencedirect-com.crai-ustadigital.usantotomas.edu.co/science/article/pii/S1361920999000255>
- Rodas Samayoa, S. G. (04 de 2014). Estimación y gestión de la huella de carbono del campus central de la universidad Rafael Landívar. *Tesis de Grado*, pág. 119. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/15/Rodas-Sofia.pdf>
- Romero Torres, B. F. (2017). Desarrollo de aplicación para la obtención de bins de entyrada de patrones de conducción de acuerdo al modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE). *Universidad del Azuay*, pág. 94. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7448>
- Salazar, H. (2008). Estudio Comparativo de Actividad Vehicular y Modelación de Emisiones para Santiago y Buenos Aires. *Tesis de grado*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103264>
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales . (2009). *Guía metodológica para la estimación de emsiones vehiculares mexcicanas* . Obtenido de [https://books.google.com.co/books?id=8B9IdJhkvjoC&printsec=frontcover&dq=Guía+metodológica+para+la+estimación+de+emisiones+vehiculares+en+ciudades+..&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiFksym-MvIAhWQzlkKHSEBBAgQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Guía metodológica para la estimación](https://books.google.com.co/books?id=8B9IdJhkvjoC&printsec=frontcover&dq=Guía+metodológica+para+la+estimación+de+emisiones+vehiculares+en+ciudades+..&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiFksym-MvIAhWQzlkKHSEBBAgQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Guía%20metodológica%20para%20la%20estimación)
- Secretaría de movilidad de Villavicencio. (7 de julio de 2020). *Secretaría de movilidad dirección de planeación y prospectiva*. Obtenido de <https://drive.google.com/file/d/1ZOpMr4zadpjoO8v7fkIARBFw3lbr3f1h/view?usp=sharing>
- Secretaría distrital de ambiente . (2015). *Guía para el cálculo y reporte de huella de carbono corporativa* . Obtenido de Plan institucional de gestión ambiental : http://www.ambientebogota.gov.co/en/c/document_library/get_file?uuid=f64a7ccd-8a76-4d0d-b6de-33a3f08576fc&groupId=586236
- Sistema de información ambiental de colombia (SIAC). (2019). *Gases de efecto invernadero* . Obtenido de <http://www.siac.gov.co/climaticogei>
- Stein, P. P., & Nelson, A. (2018). Barreras, motivaciones y estrategias para la movilidad sostenible en el campus de la USP en São Carlos, Brasil. *Estudios de casos sobre políticas de transporte*, 6, 329-335. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213624X17303541>

- Trejos, E., Hernandez, W., Gonzáles, C., Aristuzábal, H., & Velasco, M. (2017). *Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en la ciudad de Manizales*. Obtenido de <http://cdiac.manizales.unal.edu.co/inicio/publicaciones/Bolet%C3%ADn%20inventario%20de%20emisiones%20atmosf%C3%A9ricas%20Manizales%20a%C3%B1o%20base%202017.pdf>
- Universidad de Valladolid. (2014). La huella ecológica de la universidad de Valladolid. *Oficina de calidad ambiental y sostenibilidad*, pág. 26. Obtenido de https://www.uva.es/export/sites/uva/7.comunidaduniversitaria/7.09.oficinacalidadambiental/_documentos/LA-HUELLA-ECOLOGICA-EN-LA-UNIVERSIDAD-DE-VALLADOLID.pdf
- Universidad del país vasco. (20 de septiembre de 2018). Diagnóstico de la situación de la movilidad en la UPV/EHU. *Ingartex inteligencia en movimiento*, pág. 28. Obtenido de <https://www.ehu.eus/documents/4736101/10451051/Presentacion-Diagnostico-Movilidad-UPVEHU-2018.pdf/4403ed7c-88c6-bc22-f46c-d08288826be0>
- Universidad Santo Tomás . (2019). *Calendario académico primer período académico 2019*. Universidad Santo Tomás, Bogotá. Obtenido de <https://www.ustavillavicencio.edu.co/images/universidad/documentos/calendario-academico-2020/calendario-acadmico-2020---sede-villavicenciopdf>.
- Villamandos de la Torre, F. (2019). Conciencia ambiental y sostenibilización curricular, dos herramientas en el camino hacia la sostenibilidad de la Universidad de Córdoba. *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad*, 1-19. Obtenido de <https://revistas.uca.es/index.php/REAyS/article/view/4942>
- Yañez, P., Sinha, A., & Vásquez, M. (12 de 2019). Estimación de la huella de carbono en un campus universitario. *Sustentabilidad*, pág. 15. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/1/181>
- Younes , C., Escobar, D., & Holguín, J. (2019). Equidad, Accesibilidad y Transporte. Aplicación explicativa mediante un Análisis de Accesibilidad al Sector Universitario de Manizales (Colombia). *Información tecnológica*, 1-12. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642016000300010&script=sci_arttext&tlng=e

Apéndices

Apéndice A. *Encuesta de Movilidad realizada a la comunidad Universitaria de la USTA Villavicencio.*

1. Elija el rango de edad en el que usted se encuentra
 - a. 15-25
 - b. 26-35
 - c. 36-45
 - d. 46-55
 - e. Mayor 55

2. Estrato socioeconómico

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4
- e. 5
- f. 6

3. Indique la dependencia/categoría a la que pertenece

- a. Planta Docente
- b. Planta Administrativa
- c. Planta Servicios generales, vigilancia y Mantenimiento
- d. Estudiante Pregrado
- e. Estudiante Posgrado

Preguntas Estudiante Pregrado**4. Facultad a la que pertenece**

- a. Facultad de Administración de Empresas Agropecuaria
- b. Facultad de Arquitectura
- c. Facultad de Contaduría Pública
- d. Facultad de Derecho
- e. Facultad de Ingeniería Ambiental
- f. Facultad de Ingeniería Civil
- g. Facultad de Ingeniería industrial
- h. Facultad de Ingeniería Mecánica
- i. Facultad de Negocios Internacionales
- j. Facultad de Psicología

Preguntas Estudiante Posgrado**Encuesta Hábitos de movilidad****5. Indique los días de la semana que usted va a la Universidad**

- a. Lunes
- b. Martes
- c. Miércoles
- d. Jueves
- e. Viernes
- f. Sábado
- g. Domingo

6. ¿Qué modo de transporte utiliza para ir a la universidad y/o regresar a su lugar de residencia?

- a. A pie (Caminata)
- b. Bicicleta
- c. Bicicleta eléctrica
- d. Carro Compartido (Conductor-pasajero)
- e. Carro Propio (Uso Individual)
- f. Carro eléctrico
- g. Motocicleta propia (Uso Individual)
- h. Motocicleta compartida (conductor-pasajero)
- i. Motocicleta eléctrica
- j. Intermunicipal
- k. Servicio Colectivo (Bus)
- l. Taxi
- m. Uber

7. Por favor, seleccione las tres razones más importantes que lo llevan a usted a elegir su modo de transporte actual para ir a la Universidad.

- a. Comodidad
- b. Rapidez (Tiempo)
- c. Costo
- d. Conveniencia
- e. Economía
- f. Seguridad Personal
- g. Menor riesgo de accidente
- h. Razones ambientales (ecológicas)
- i. Salud
- j. Problemas de salud (Discapacidad)
- k. Compromisos tales como dejar ó Recoger
- l. Otro

Encuesta para transporte Carro propio**8. ¿Qué marca es su vehículo?**

- a. Renault
- b. Chevrolet
- c. Kia
- d. Nissan
- e. Mazda
- f. Volkswagen
- g. Toyota
- h. Suzuki
- i. Ford
- j. Hyundai
- k. Otra

9. ¿Qué tipo de combustible consume su vehículo?

- a. Diesel
- b. Gasolina
- c. Gas Natural

10. Elija el rango del modelo (año de fabricación) de su vehículo

- a. 1995-2000
- b. 2000-2005
- c. 2005-2010
- d. 2010-2015
- e. 2015-2020

11. ¿Qué cilindraje es su vehículo?

- a. Menor a 1.500 cc
- b. 1.500 a 3.000 cc
- c. Mayor a 3.000 cc

12. ¿Qué kilometraje tienen su vehículo?

- a. Menor a 80.000 km
- b. 80.000-160.000 km
- c. Mayor a 161.000 km

Preguntas Transporte Motocicleta**13. ¿Cuál es el tipo de motor que tiene su moto?**

- a. 2 tiempos
- b. 4 tiempos

14. ¿Qué marca es su moto?

- a. Bajaj
- b. Yamaha
- c. Honda
- d. AKT
- e. Suzuki
- f. Kymco

- g. Victory
- h. Hero
- i. KTM
- j. Kawasaki

15. ¿Cuál es el modelo (Año de fabricación) de su moto?

- a. 2000-2005
- b. 2005-2010
- c. 2010-2015
- d. 2015-2020

16. ¿Cuál es el cilindraje de su moto?

- a. Menor a 125 cc
- b. 125-250 cc
- c. 250-500 cc
- d. 500-800 cc
- e. Mayor a 800 cc

17. ¿Cuál es el kilometraje actual recorrido por su moto?

- a. Menor a 80.000 km
- b. 80.000-120.000 km
- c. 120.000-170.000 km
- d. Mayor a 171.000 km

Preguntas Transporte intermunicipal

18. ¿Qué intermunicipal toma para ir a la Universidad?

- a. Acacias -Villavicencio
- b. Cumaral-Restrepo-Villavicencio
- c. Restrepo- Villavicencio
- d. Pto López -Villavicencio
- e. Otro

19. ¿Qué tipo de Intermunicipal Toma?

- a. Campero
- b. Taxi tipo A
- c. Busetas tipo B

Preguntas hábitos de movilidad

1. ¿Cuál es la distancia aproximada en km de su lugar de residencia a la universidad?

- a. Menor a 5 km
- b. 6-14 km
- c. 15-23 km
- d. 24-32 km
- e. Mayor a 32 km

2. ¿Cuánto es el tiempo de recorrido?

- a. 5 a 20 min
- b. 20 a 30 min
- c. 30 a 45 min
- d. 45 a 60 min
- e. 90 min o más

LINEA BASE DE GASES EFECTO INVERNADERO POR FUENTES MÓVILES USTA

Apéndice B. Recorridos realizados con GPS en los tres tipos de vía (Primaria, secundaria y terciaria)

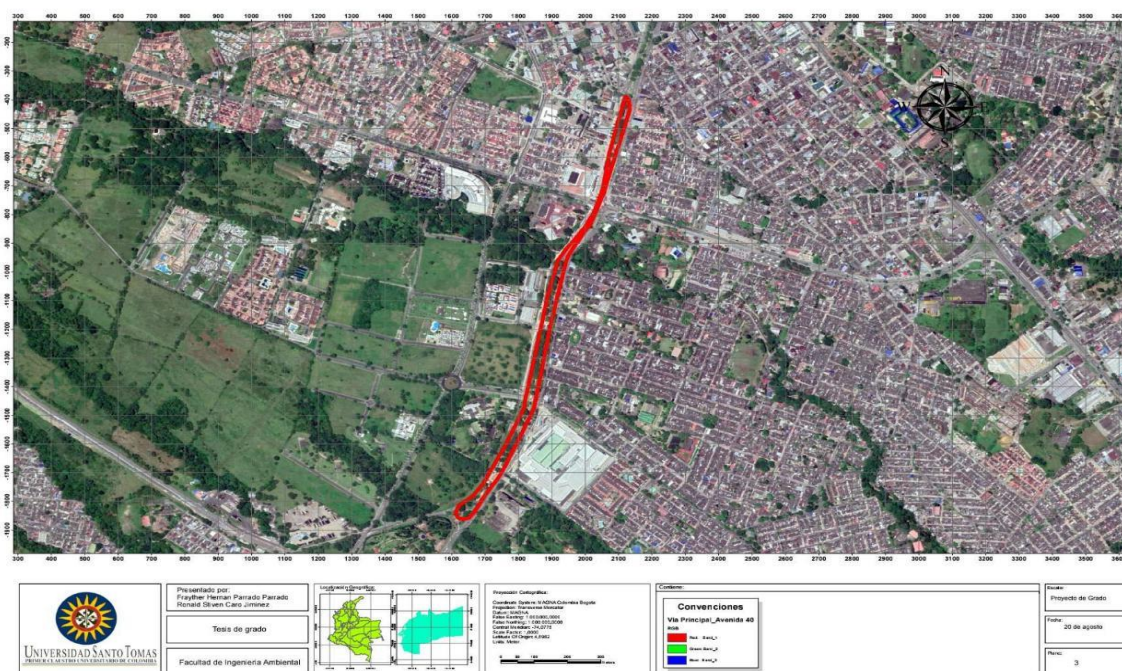


Figura 18. Vía primaria, Avenida 40. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

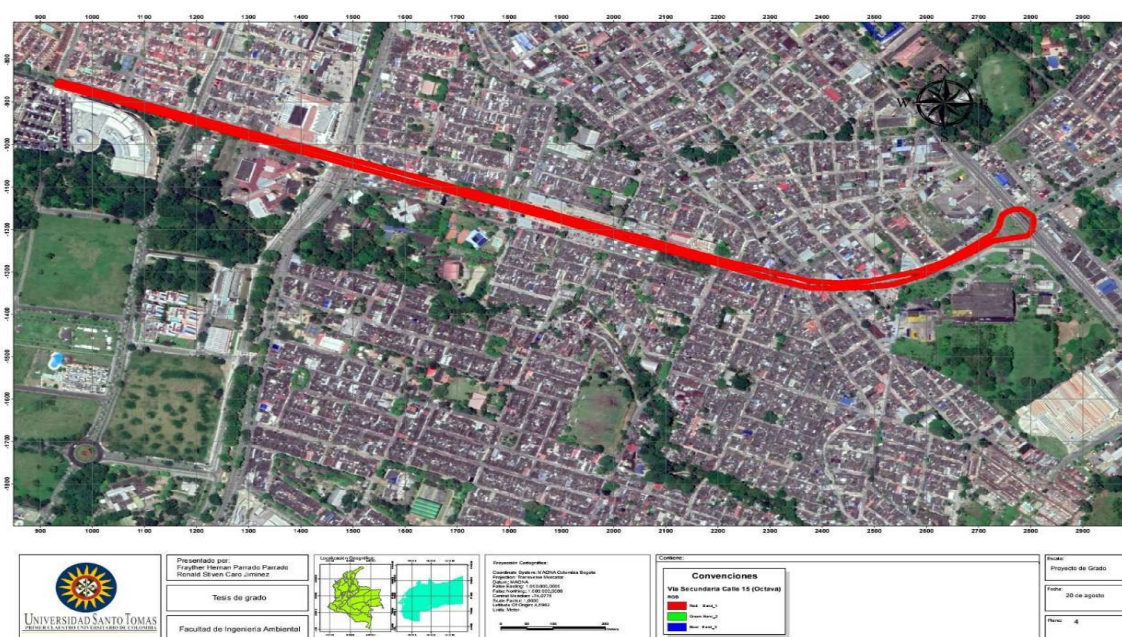


Figura 19. Vía secundaria: Calle 15-Octava. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

LINEA BASE DE GASES EFECTO INVERNADERO POR FUENTES MÓVILES USTA

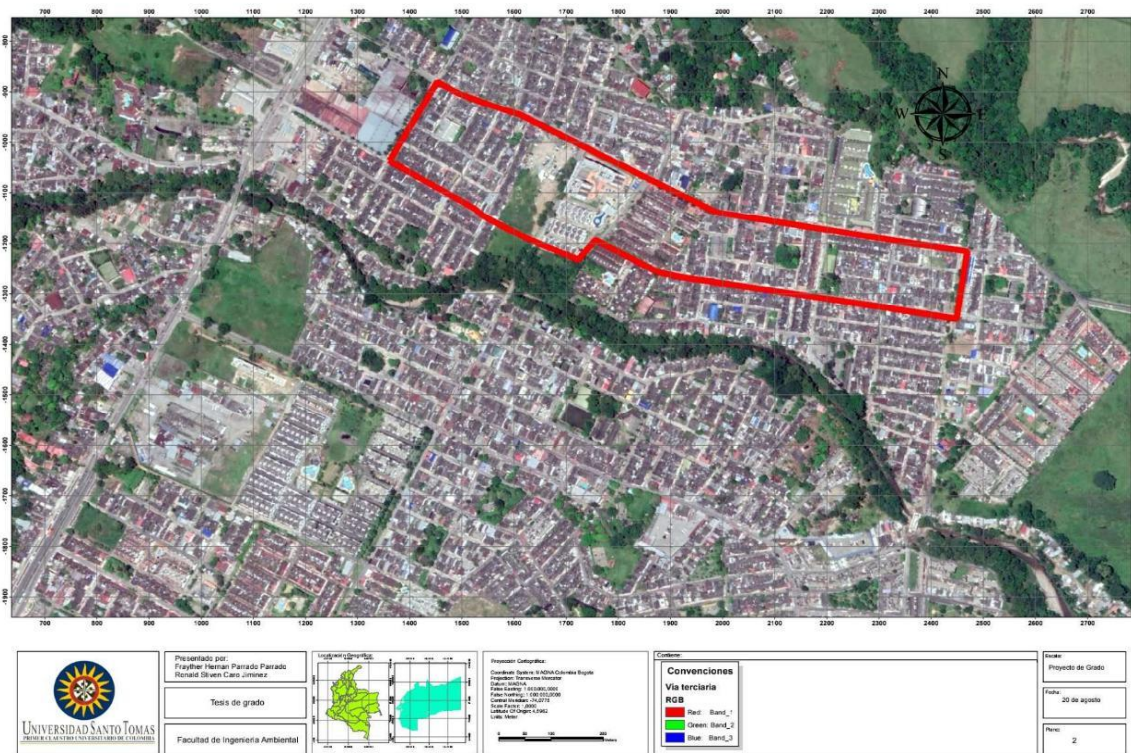


Figura 20. Vía terciaria: Calle 21 Sur y 19 sur Barrio Catumare. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

LINEA BASE DE GASES EFECTO INVERNADERO POR FUENTES MÓVILES USTA

Apéndice C. Plantilla “Localidad” con valores de bins de potencia para cada modo de transporte.

[illegible]

Figura 21. Plantilla Localidad con datos de flota vehicular por tipo de vía. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
1	ALL																						
2	0.0215	0.0108	0.0147	0.0166	0.0196	0.0264	0.0293	0.0264	0.0352	0.0489	0.0674	0.1887	0.0802	0.0772	0.0459	0.0371	0.0186	0.0244	0.0088	0.0371			
3	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.0049	0.0029	0.0039	0.001	0.0049	0.0068	0.0108	0.0342	0.0264	0.0127	0.0547			
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.1		
5	HOURL 0																						
6	0.0215	0.0108	0.0147	0.0166	0.0196	0.0264	0.0293	0.0264	0.0352	0.0489	0.0674	0.1887	0.0802	0.0772	0.0459	0.0371	0.0186	0.0244	0.0088	0.0371			
7	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.0049	0.0029	0.0039	0.001	0.0049	0.0068	0.0108	0.0342	0.0264	0.0127	0.0547			
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.1		
9	HOURL 1																						
10	0.0215	0.0108	0.0147	0.0166	0.0196	0.0264	0.0293	0.0264	0.0352	0.0489	0.0674	0.1887	0.0802	0.0772	0.0459	0.0371	0.0186	0.0244	0.0088	0.0371			
11	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.0049	0.0029	0.0039	0.001	0.0049	0.0068	0.0108	0.0342	0.0264	0.0127	0.0547			
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.1		
13	HOURL 2																						
14	0.0215	0.0108	0.0147	0.0166	0.0196	0.0264	0.0293	0.0264	0.0352	0.0489	0.0674	0.1887	0.0802	0.0772	0.0459	0.0371	0.0186	0.0244	0.0088	0.0371			
15	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.0049	0.0029	0.0039	0.001	0.0049	0.0068	0.0108	0.0342	0.0264	0.0127	0.0547			
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.1		
17	HOURL 3																						
18	0.0215	0.0108	0.0147	0.0166	0.0196	0.0264	0.0293	0.0264	0.0352	0.0489	0.0674	0.1887	0.0802	0.0772	0.0459	0.0371	0.0186	0.0244	0.0088	0.0371			
19	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.0049	0.0029	0.0039	0.001	0.0049	0.0068	0.0108	0.0342	0.0264	0.0127	0.0547			
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.1		
21	HOURL 4																						
22	0.0215	0.0108	0.0147	0.0166	0.0196	0.0264	0.0293	0.0264	0.0352	0.0489	0.0674	0.1887	0.0802	0.0772	0.0459	0.0371	0.0186	0.0244	0.0088	0.0371			
23	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.0049	0.0029	0.0039	0.001	0.0049	0.0068	0.0108	0.0342	0.0264	0.0127	0.0547			
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.1		
25	HOURL 5																						
26	0.0215	0.0108	0.0147	0.0166	0.0196	0.0264	0.0293	0.0264	0.0352	0.0489	0.0674	0.1887	0.0802	0.0772	0.0459	0.0371	0.0186	0.0244	0.0088	0.0371			
27	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.001	0.0049	0.0029	0.0039	0.001	0.0049	0.0068	0.0108	0.0342	0.0264	0.0127	0.0547			
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34.1		
29	HOURL 6																						
30	0.0078	0.0127	0.0117	0.0078	0.0117	0.0166	0.0225	0.0205	0.0245	0.046	0.0577	0.3033	0.1047	0.0802	0.0577	0.0382	0.0127	0.0108	0.0137	0.0225			
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.0029	0.0059	0.0029	0.002	0.0038	0.0284	0.0235	0.0176	0.0225		
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.07		
33	HOURL 7																						
34	0.0078	0.0127	0.0117	0.0078	0.0117	0.0166	0.0225	0.0205	0.0245	0.046	0.0577	0.3033	0.1047	0.0802	0.0577	0.0382	0.0127	0.0108	0.0137	0.0225			
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.0029	0.0059	0.0029	0.002	0.0038	0.0284	0.0235	0.0176	0.0225		
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.07		
37	HOURL 8																						
38	0.0078	0.0127	0.0117	0.0078	0.0117	0.0166	0.0225	0.0205	0.0245	0.046	0.0577	0.3033	0.1047	0.0802	0.0577	0.0382	0.0127	0.0108	0.0137	0.0225			
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.001	0.0029	0.0059	0.0029	0.002	0.0038	0.0284	0.0235	0.0176	0.0225		
40	◀ ▶	InputLocation	Instructions	InputActivity	Hoja1	OtherInfo	StartDist	PCHwy	PCRes	PCArt	2wHwy	2wRes	2wArt										

Figura 22. Plantilla Localidad con datos de bins de potencia por modo de transporte. Por Caro, R. & Parrado, F. 2020.

LINEA BASE DE GASES EFECTO INVERNADERO POR FUENTES MÓVILES USTA

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Location: C Highway FlotaEstudiantes												
2	Various Input		Latitude	Longitude	Altitude	Units							
3	Location Info: USTA, Villavicencio		4.142000	-73.626.639	467	m	m=meters, ft=feet						
4	Date: 4/10/2020												
5	Road Grade: N/A		Units										
6			N/A; 8 (+ 8%) positive value is uphill,negative number is downhill										
7	I/M Class: Idle centralized (pass. veh.)		0 enter test for one of five options										
8	Percent AC In Use at 80 F (27 C): 0		80 (+ 80%) percent of public with AC on vehicle using AC at 80F (27C) ambient temperature										
9	Fleet File to Use: C Fleet USTA-Villavicencio												
10	Interpolation File to Use:		A blank will be interpreted to use a linear fit for missing hours										
11													
12													
13	Gasoline: moderate/premised		Lead(Pb): none	Sulfur(S): moderate (300ppm)	Benzene: moderate (150)	Oxegenate: 2.5%	Enter gasoline related data.						
14	Diesel: moderate		Lead(Pb): N/A	Sulfur(S): oderate (500ppm)	Benzene: N/A	Oxegenate: N/A	Enter diesel related data.						
15													
16													
17	Description: 12:00 a.m.		Units	Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)- Group 1 Vehicles									
18	Time Period: 0		hr	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
19	Total Distance (or Time) Driven: 2165733		km	2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
20	Number of Stutups: 0.000000		S	Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
21	Temperature: 23		C	0.0%	0.0%	0.0%	25.0%	25.0%	0.0%	25.0%	25.0%	0.0%	0.0%
22	Relative Humidity: 80		%	15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
23	Average Velocity for Group 1 Vehicles: 34.10		km/hr	Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
24	Average Velocity for Group 2 Vehicles: 34.10		km/hr	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
25	Units			2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
26	sec=seconds, min=minutes, hr=hours, Mhr=1000's of hours			Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
27	km=kilometers,Mkm=1000's of kilometers,mi=miles,Mmi=thousands of miles			0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
28	S= single units, M=1000's			0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
29	C=degrees Centigrade,F=degrees Fahrenheit			15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
30	m/s= meters/second, mph= miles per hour, km/hr=kilometers/hour			Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 1 Vehicles									
31	Description: 1:00 a.m.		Units	VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
32	Time Period: 1		hr	2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
33	Total Distance (or Time) Driven: 2165733		km	Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
34	Number of Stutups: 0.000000		S	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
35	Temperature: 23		C	15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
36	Relative Humidity: 81		%	Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
37	Average Velocity for Group 1 Vehicles: 34.10		km/hr	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
				0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
				0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 1 Vehicles									
				VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
				FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
				0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
				0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 1 Vehicles									
				VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
				FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
				0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
				0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 1 Vehicles									
				VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
				FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
				0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
				0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 1 Vehicles									
				VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
				FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
				0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
				0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 1 Vehicles									
				VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
				FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
				0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
				0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 1 Vehicles									
				VSP Bin 1	VSP Bin 2	VSP Bin 3	VSP Bin 4	VSP Bin 5	VSP Bin 6	VSP Bin 7	VSP Bin 8	VSP Bin 9	VSP Bin 10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 1 Vehicles									
				0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	18 hour
				Driving Style Distribution (Facility Cycle Distribution)-Group 2 Vehicles									
				FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6	FC7	FC8	FC9	FC10
				2.15%	1.08%	1.47%	1.66%	1.96%	2.64%	2.93%	2.64%	3.52%	4.89%
				Soak Time Distribution--Group 2 Vehicles									
				0.00%	0.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	25.00%	25.00%	0.00%	0.00%
				0.00%	0.00%	0.00%	0.0%	33.3%	33.3%	33.3%	0.0%	0.0%	0.0%
				15 min	30 min	1 hour	2 hour	3 hour	4 hour	6 hour	8 hour	12 hour	

LINEA BASE DE GASES EFECTO INVERNADERO POR FUENTES MÓVILES USTA

Apéndice D. *Recorridos realizados para estimar el tiempo y distancia de las 5 principales rutas de buses del servicio de transporte público en Villavicencio, en Google Maps*

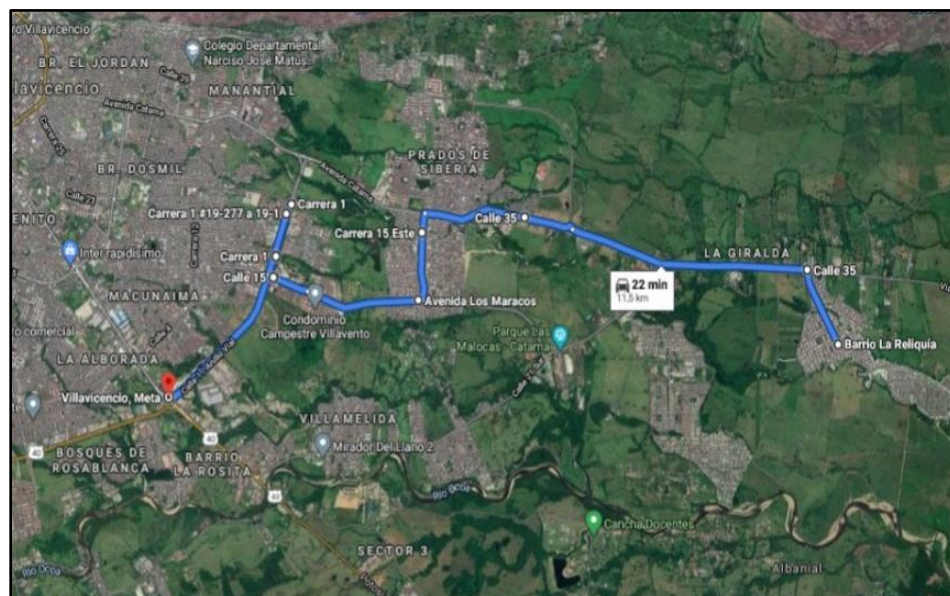


Figura 24. Ruta Reliquia - Anillo Vial. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

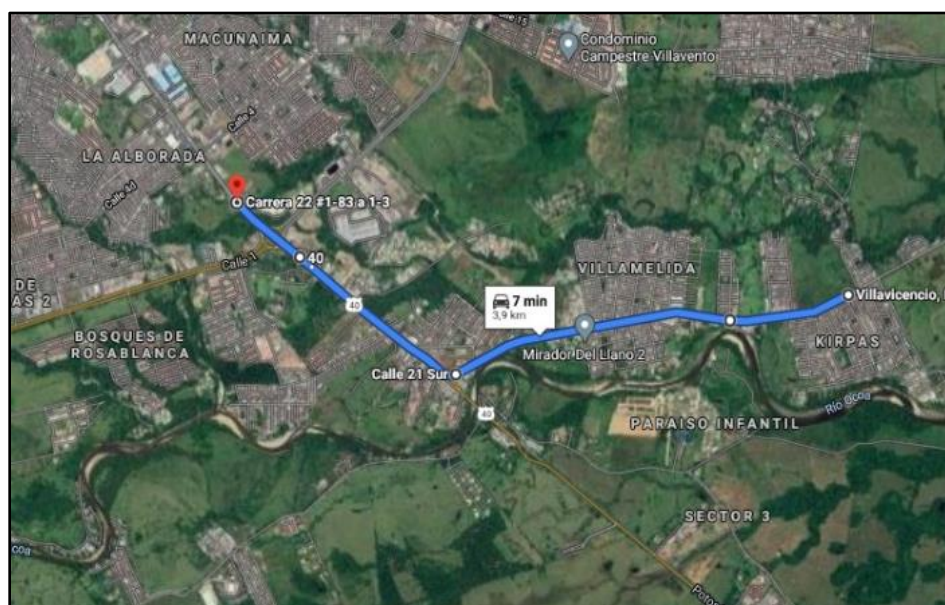


Figura 25. Ruta Kírpas – Postobón. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

LINEA BASE DE GASES EFECTO INVERNADERO POR FUENTES MÓVILES USTA

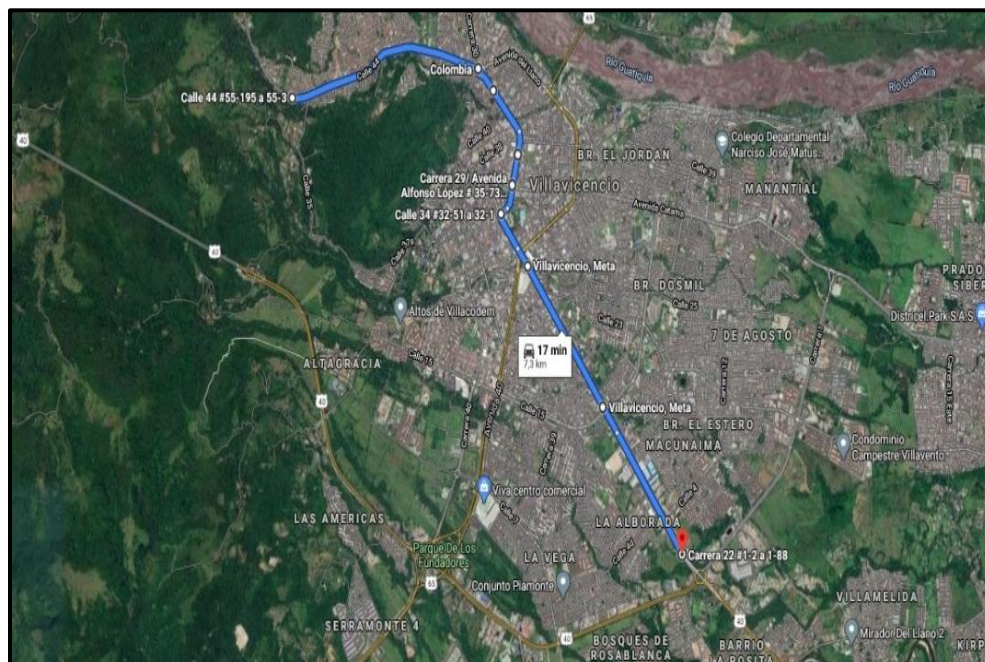


Figura 26. Ruta Galán – Kirpas. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

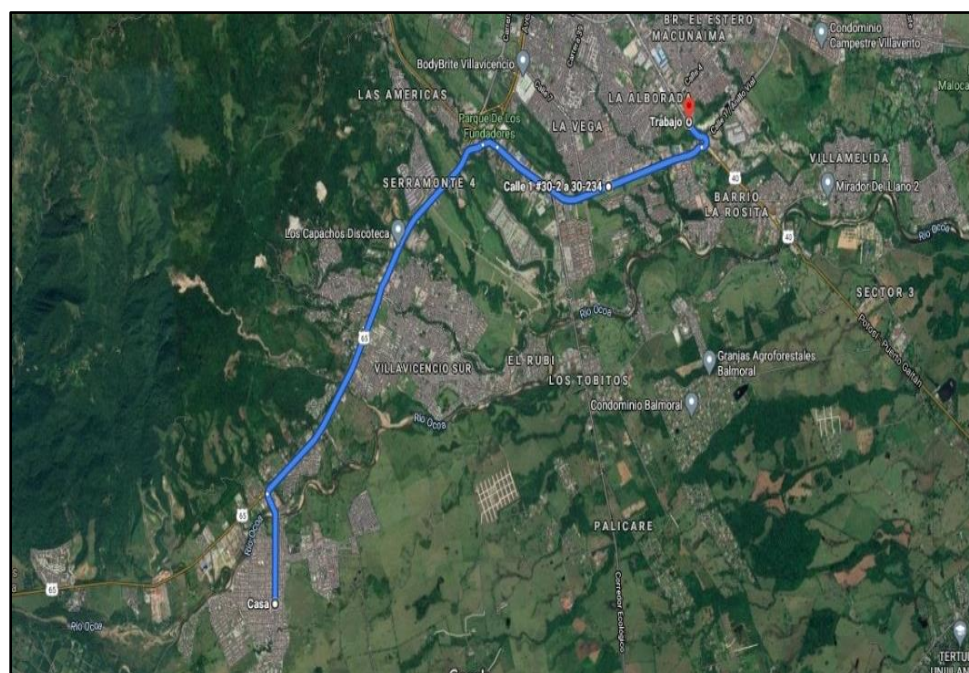


Figura 27. Ruta Porfía -Anillo Vial. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.

LINEA BASE DE GASES EFECTO INVERNADERO POR FUENTES MÓVILES USTA

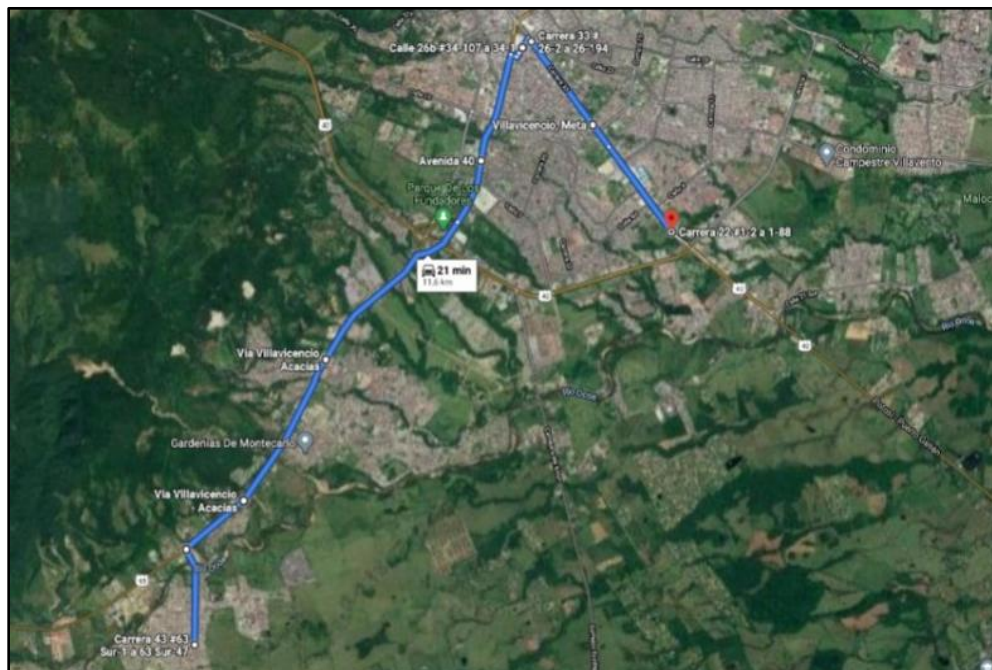


Figura 28. Ruta Porfía – Postobón. Por Caro, R. & Parrado, F, 2020.