



Financiado por  
la Unión Europea



GLOBAL COVENANT  
of MAYORS for  
CLIMATE & ENERGY  
LATIN AMERICA

# VILLAVICENCIO

## INVENTARIO *de* GASES DE EFECTO INVERNADERO





**Financiado por  
la Unión Europea**



## **Agradecimiento**

El desarrollo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Villavicencio recibió el respaldo del Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía, financiado por el Servicio de Instrumentos de Política Exterior de la Comisión Europea.

El Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Villavicencio, publicado en 2023, ha sido verificado y validado por el Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía.

Su contenido es responsabilidad exclusiva de la ciudad de Villavicencio y no necesariamente refleja la opinión del Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía ni de la Unión Europea.



Financiado por  
la Unión Europea



## **Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía (GCoM Américas)**

Hélina Cardoso, [hcardoso@globalcovenantofmayors.eu](mailto:hcardoso@globalcovenantofmayors.eu)

Belén Jiménez, [belen.jimenez@giz.de](mailto:belen.jimenez@giz.de)

## **ICLEI- Gobiernos Locales por la Sustentabilidad**

Alejandro González Valencia, [alejandro.gonzalez@iclei.org](mailto:alejandro.gonzalez@iclei.org)

Sergio Aranguren, [sergio.aranguren@iclei.org](mailto:sergio.aranguren@iclei.org)

Luz Camacho, [luz.camacho@iclei.org](mailto:luz.camacho@iclei.org)

Lorena Hurtado, [lorena.hurtado@iclei.org](mailto:lorena.hurtado@iclei.org)

Maria Riveros, [mariafernanda.riveros@iclei.org](mailto:mariafernanda.riveros@iclei.org)

## **Asociación Colombiana de Ciudades Capitales**

Luz María Zapata, [info@asocapitales.co](mailto:info@asocapitales.co)

Natalia Castañeda, [nataliacastaneda@asocapitales.co](mailto:nataliacastaneda@asocapitales.co)

## **Federación Colombiana de Municipios**

Gilberto Toro, [gilberto.toro@fcm.org.co](mailto:gilberto.toro@fcm.org.co)

Sandra Castro, [sandra.castro@fcm.org.co](mailto:sandra.castro@fcm.org.co)

## **Anthesis Lavola**

Camilo Álvarez, [camilo.alvarez@anthesisgroup.com](mailto:camilo.alvarez@anthesisgroup.com)

Iván Devia, [ivandario.devia@anthesisgroup.com](mailto:ivandario.devia@anthesisgroup.com)

Juan Montealegre, [juan.montealegre@anthesisgroup.com](mailto:juan.montealegre@anthesisgroup.com)





## Tabla de Contenido

REFERENTE A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ACTIVIDAD 1 DE LA ESTRATEGIA NACIONAL DEL GCOM EN COLOMBIA.....	1
INTRODUCCIÓN .....	3
1. PERFIL MUNICIPAL Y LIMITES DEL IGEI DE VILLAVICENCIO .....	5
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO .....	6
3. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN .....	9
4. CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE ACTIVIDAD .....	1
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS IGEI VILLAVICENCIO.....	10
5.1. Resultados Estimaciones IGEI Villavicencio. ....	10
5.2. Análisis del Reporte Consolidado y por Sectores del IGEI.....	17
<b>5.2.1. Sector Energía Estacionaria.</b> .....	21
<b>5.2.2. Sector Transporte.</b> .....	22
<b>5.2.3. Sector Residuos.</b> .....	23
<b>5.2.4. Sector IPPU.</b> .....	24
<b>5.2.5. Sector AFOLU.</b> .....	24
6. ESCENARIO DE REFERENCIA DE EMISIONES Y ABSORCIONES, VILLAVICENCIO.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	31



## Lista de Tablas

Tabla 1. Identificación de fuentes de emisión, fuentes de información y descripción de datos de actividad solicitados.....	1
Tabla 2. Acciones enfocadas al control y aseguramiento de la calidad. ....	1
Tabla 3. Datos de Actividad Consolidados por Sectores y Subcategorías. ....	1
Tabla 4. Reporte IGEI Villavicencio para la serie de años 2019, 2020 y 2021. ....	14
Tabla 5. Drivers de crecimiento utilizados para la construcción del Escenario de Referencia Villavicencio 2050.....	26
Tabla 6. Estimación Escenario de Referencia Villavicencio 2050.....	29

## Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Mapa de Procesos, Actividades y Herramientas diseñadas.....	8
Ilustración 2. Estructura de Gobernanza para el Desarrollo de la Asistencia Técnica. ....	9
Ilustración 3 Emisiones de CO <sub>2</sub> en toneladas por sector para el periodo 2019-2021 .....	12
Ilustración 4 Emisiones de CH <sub>4</sub> en toneladas por sector para el periodo 2019-2021 .....	13
Ilustración 5 Emisiones de N <sub>2</sub> O en toneladas por sector para el periodo 2019-2021 .....	13
Ilustración 6 Porcentaje de contribución de emisiones por alcance para el periodo 2019 – 2021 .....	17
Ilustración 7 Comportamiento de las emisiones para el año 2019. ....	18
Ilustración 8 Comportamiento de las emisiones para el año 2020 .....	19
Ilustración 9 Comportamiento de las emisiones para el año 2021 .....	19
Ilustración 10 Emisiones Netas de cada Sector del IGEI de Villavicencio para la serie de años estimada.....	20
Ilustración 11 Emisiones por subcategoría del Sector Energía Estacionaria. ....	21
Ilustración 12 Comportamiento de las emisiones por tipo de energético .....	22
Ilustración 13 Emisiones por subcategoría del Sector Transporte .....	22
Ilustración 14 Comportamiento de las emisiones por tipo de combustible .....	23
Ilustración 15 Emisiones por subcategoría del Sector Residuos .....	24
Ilustración 16 Emisiones por subcategoría del Sector AFOLU .....	25
Ilustración 17. Escenario de Referencia de Emisiones Totales y por Sectores de Villavicencio. Fuente: Elaboración propia. ....	29



## INTRODUCCIÓN

La lucha contra el cambio climático está siendo abordada desde diferentes enfoques a nivel global, uno de ellos tiene lugar dentro del Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía (GCoM), el cual es la mayor alianza global de ciudades y gobiernos locales comprometidos voluntariamente con la lucha contra el cambio climático. Como coalición, el Pacto combina y potencia los esfuerzos de las partes interesadas para apoyar la transición hacia ciudades resilientes y de baja emisión. Asimismo, pretende establecer alianzas entre ciudades y gobiernos a nivel global, para que, de manera voluntaria, se establezcan estrategias que permitan contrarrestar la crisis climática que aqueja a la humanidad. Sus operaciones se han extendido a lo largo de varios países, entre estos Colombia.

El proyecto "Apoyo al Pacto Global de Alcaldes por el Clima y la Energía - Acción en las Américas" (GCoM Americas) está financiado por el Partnership Instrument de la Unión Europea (Instrumento de Asociación), que apoya la realización de los objetivos políticos de la UE en áreas como el cambio climático y la proyección externa del Pacto Verde de la UE.

Este proyecto apoya la implementación de las actividades de la estrategia de trabajo del Pacto para Colombia, discutida y definida en conjunto con el Comité Consultivo Nacional del Pacto en el país, e implementada por ICLEI. El contrato directo del GCoM con ICLEI se realiza a través de la agencia implementadora del GCoM en las Américas a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

En este sentido, ICLEI, quien sostiene relación contractual con GIZ como administrador de recursos para la implementación de la Estrategia Nacional GCoM en Colombia, adquirió los servicios profesionales de Anthesis Lavola, en calidad de contratista, para el diseño, desarrollo y actualización de Inventarios de Gases Efecto Invernadero (IGEI) y los Planes de Acción Climática para la Mitigación de GEI en las ciudad de Villavicencio.

En el marco de la implementación de una estas actividades, este informe presenta el documento técnico de la elaboración y/o actualización de los Inventarios de Gases Efecto Invernadero (IGEI) para Villavicencio, ciudad capital aprobada en el Comité Consultivo Nacional colombiano por todos los miembros. Este documento tiene como base a la Guía para la Elaboración o Actualización de Inventarios de Emisiones de GEI en Ciudades Colombianas proporcionada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Posteriormente, el IGEI presentado en este informe será el insumo principal para la planeación y desarrollo de los Planes de Acción Climática de Mitigación.

De acuerdo a lo expuesto por el MADS, un IGEI es un reporte de las emisiones y las absorciones de GEI delimitado para un periodo de tiempo y territorio específico y que permite comprender sus tendencias, lo cual sirve para orientar la toma de decisiones en función de la descarbonización y para la implementación de acciones puntuales de mitigación alineadas a las metas establecidas en la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por sus siglas en inglés) para Colombia.

En este contexto, para el gobierno nacional y subnacional, el sector privado y la sociedad civil es una prioridad contar con información periódica, transparente y a su alcance sobre sus emisiones y absorciones de GEI, motivo por el cual, a nivel nacional se ha venido desarrollando esfuerzos para el fortalecimiento de capacidades en función de la elaboración de IGEI a nivel territorial, donde las



Financiado por  
la Unión Europea



ciudades (y sus administraciones) tienen un rol estratégico como fuente de emisiones de GEI pero también como una fuente importante de soluciones innovadoras.

El presente documento se constituye en el reporte del IGEI del municipio de Villavicencio para la serie de años definida: 2019, 2020 y 2021, el cual fue elaborado bajo los lineamientos de la Guía para la Elaboración o Actualización de Inventarios de Emisiones de GEI en Ciudades Colombianas del MADS (Guía MADS en adelante) publicada en el año 2021 y como valor agregado, aporta la construcción del Escenario de Referencia Territorial, necesario para orientar las acciones de descarbonización. Este documento inicia con un **Perfil Municipal**, donde se muestran datos base a nivel social, económico y ambiental del municipio para el desarrollo de supuestos y/o el análisis de los resultados; posteriormente, en la **Descripción del Proceso Metodológico**, se relacionan los momentos y las herramientas diseñadas para la identificación de actores, la captura de información y el proceso de validación de datos; seguido, se identifican las **Fuentes de Emisión** y en el capítulo **Captura y Procesamiento de Datos de Actividad** se establecen los supuestos implementados para la completitud del IGEI.

Asimismo, el documento muestra los **Resultados** desagregados para cada uno de los Sectores y el agregado para el total de la emisiones y absorciones del Municipio de Villavicencio. Finalmente, se establece el **Escenario de Referencia** (BAU, Por sus siglas en inglés) el cual muestra las tendencias en el aumento o disminución de emisiones y absorciones estimado para los periodos 2023-2030 y 2031-2050.



## 1. PERFIL MUNICIPAL Y LÍMITES DEL IGEI DE VILLAVICENCIO

ORGANISMO ENCARGADO	PUNTO FOCAL TERRITORIAL		CORREO ELECTRÓNICO		
Secretaría de Medio Ambiente	Patricia Soto		<a href="mailto:nohora.soto@villavicencio.gov.co">nohora.soto@villavicencio.gov.co</a>		
DEPARTAMENTO	POT	CAR	PIGCCT	MUNICIPIO	CATEGORÍA
META	2015	CORMACARENA	Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquia (2017)	VILLAVICENCIO	Primera
POBLACIÓN TOTAL (2023)	EXTENSIÓN MUNICIPAL	DENSIDAD POBLACIONAL (2023)	POBLACIÓN URBANA (2023)	POBLACIÓN RURAL (2023)	COBERTURA ELÉCTRICA RURAL (2019)
558.299 personas	1.328 km <sup>2</sup>	420,41 hab/km <sup>2</sup>	513.589 personas	44.710 personas	96,2 %
COBERTURA ALCANTARILLADO (2021)	ÁREA SINAP (2017)	ÁREA ECOSISTEMAS ESTRATÉGICOS (2017)	INVERSIÓN MITIGACIÓN-ADAPTACIÓN	2019 (pesos)	2020 (pesos)
43,55 %	4.780,56 ha	14.995,78 ha		934.886.925	625.931.724
LÍMITES MUNICIPALES					
<p>Limita al Norte con el municipio El Calvario, al Noreste con Restrepo y al Noroeste con Guayabetal del departamento de Cundinamarca, al Oriente limita con el municipio de Puerto López, mientras que al Occidente, Suroeste y Sur con el municipio de Acacias, mientras que al Sureste limita con San Carlos de Guaroa. El territorio municipal tiene en total 1.328 km<sup>2</sup> de superficie. está ubicado a una altitud de 467 msnm, y político-administrativamente el municipio se divide en 8 comunas, 7 corregimientos y 446 barrios. Villavicencio tiene una concentración poblacional del 93% en el área urbana y un 7% de la población en el área rural, con una relación espacial inversa, ya que, en extensión territorial, la población que habita el área urbana equivale al 4,1% del tamaño del municipio.</p>					
GEOGRAFÍA					
<p>Villavicencio se encuentra en el piedemonte de la Cordillera Oriental, al costado derecho del río Guatiquía, en la parte noroccidental del departamento del Meta; a nivel topográfico cuenta con una zona montañosa formada por la Cordillera Oriental en el costado occidental y noroccidental de la ciudad, y a su vez cuenta con una zona de planicie en el piedemonte de la cordillera en la parte oriental y nororiental. A nivel geográfico, la ciudad limita con áreas protegidas de gran importancia, por el costado noroccidental se encuentra el Parque Nacional Natural Chingaza, y al costado occidental el Parque Nacional Natural Sumapaz.</p>					
COBERTURAS Y USOS DEL SUELO					
<p>El municipio se clasificó en suelo Urbano, Expansión Urbana, Rural, Rural Suburbana y Suelo de Protección, dando cumplimiento a lo determinado en el mínimo requerido en el artículo 12 de la ley 388 de 1997. El municipio cuenta con una extensión de alrededor de 131.127 ha, divididas en 3.881 ha de suelo urbano, 5.527 ha de suelo expansión urbana, 8.537 ha de suelo suburbano y 113.183 ha de área rural. El POT del año 2015 aumentó la expansión urbana a 5.563 ha, imponiéndole un reto a la administración de poder condensar la huella del crecimiento urbano. En lo que respecta las áreas protegidas, el 3,65% del territorio del municipio está incluido en el área del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) con alrededor de 4780.6 ha. Con 11,21% del territorio de área de humedales (14.699 ha) por lo que el municipio juega un papel fundamental en los procesos de conservación de estos ecosistemas estratégicos y de protección del medio ambiente, siendo una ciudad referente para la región de los Llanos Orientales.</p>					
CLIMA					
<p>El clima en Villavicencio se caracteriza por ser cálido y húmedo con un promedio de lluvia de 4383 mm por año. Durante el año, presenta una temporada seca y una temporada de lluvias. La temporada seca se extiende de diciembre a marzo. De abril a noviembre se presenta la temporada de mayores lluvias. La temperatura promedio es de 25.5 °C con temperaturas promedio mínimas y máximas de 20 °C y 32 °C respectivamente. La humedad relativa del aire oscila durante el año entre 67 y 83 %, siendo mayor en los meses de junio y julio y menor en el primer trimestre del año.</p>					
PERFIL ECONÓMICO					





La agricultura, la ganadería, y la minería son pilares de la economía de la ciudad desarrollada por un importante comercio, respaldado en el recurso financiero, que la convierten en el polo de desarrollo de todos los llanos orientales. En los últimos años la ciudad ha alcanzado un desarrollo económico fortalecido por el sector del comercio, gracias a la dinámica generada por las vías de comunicación que canalizan hacia el interior y el centro del país la industria agropecuaria y agroindustrial del Llano; como también la de productos que ingresan a la región provenientes de diferentes lugares de Colombia. Es muy importante la actividad de la construcción. La explotación de gas y petróleo en el campo de Apiay forman parte de la actividad minera de la región. Es un importante centro de acopio y paso obligado para la mayoría de la cosecha y el ganado pecuario que se produce en la región de los llanos orientales de paso al centro del país. En la ciudad o en sus alrededores se encuentra una importante industria procesadora de arroz y de aceite de palma al igual que producción de concentrados y semillas además de una incipiente industria metalmeccánica.

### GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

**Instrumentos Directos:** Plan Regional Integral de Cambio Climático para la Orinoquia (Departamento del Meta). El plan de acción establece la hoja de ruta que integra las acciones de mitigación, adaptación y gestión de riesgos climáticos a efectuar en el departamento del Meta en el corto, mediano y largo plazo, y que en su conjunto permitirán cumplir con el objetivo previsto para cada una de las medidas priorizadas que integran los ejes estratégicos y transversales definidos.

**Instrumentos Relacionados:** Plan de Desarrollo Municipal (PMD) “Villavicencio Cambia Contigo 2020-2023”, Plan de Ordenamiento territorial (POT) del Municipio de Villavicencio y Plan de Acción (PA) “Villavicencio Sostenible”.

**PMD (2020 - 2023):** Únicamente presenta el objetivo de elaborar una estrategia de comunicación para la adaptación al cambio climático.

**POT (2015):** Desde el componente del ordenamiento territorial, se definen en primera instancia las acciones previstas para lograr el cumplimiento de los objetivos en la materia de Gestión del Riesgo y Cambio Climático.

**PA:** Incluye la realización de tres estudios básicos acerca del territorio, los cuales abarcan tres aspectos relevantes del desarrollo propio de las ciudades que incluyen: Gases Efecto Invernadero (inventario y hoja de ruta), Vulnerabilidad y Riesgo al Cambio Climático, y Crecimiento Urbano. Se presenta un diagnóstico cualitativo y cuantitativo de las emisiones de GEI por actividades antropogénicas para el municipio de Villavicencio para el año 2014 y se formulan acciones para la hoja de ruta del municipio.

RIESGO POR CAMBIO CLIMÁTICO		Resultado
		Muy alto
GENERALIDADES IGEI VILLAVICENCIO		
LÍMITES GEOGRÁFICOS	Área Urbana y Rural del Municipio de Villavicencio – Límites Político-Administrativos.	
SECTORES INCLUIDOS	(I) Energía Estacionaria, (II) Transporte, (III) Residuos, (IV) Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) y (V) Agricultura, Silvicultura y Otros usos de la tierra (AFOLU)	
SERIE DE AÑOS REPORTE	Se estimó la serie de años 2019, 2020 y 2021, teniendo en cuenta el alcance de la gestión para la vigencia de la administración municipal.	
GEI INCLUIDOS	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , HFC	
ALCANCES IGEI	<ol style="list-style-type: none"> <li>Emisiones generadas por actividades dentro de los límites geográficos del municipio.</li> <li>Emisiones indirectas generadas por consumo de energía eléctrica.</li> <li>Fuera de los límites geográficos del municipio producto de las actividades dentro del Municipio.</li> </ol>	

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

El proceso de cálculo se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la Guía para la Elaboración o Actualización de Inventarios de Emisiones de GEI en Ciudades Colombianas (en adelante: Guía MADS) la cual contiene una Herramienta de Cálculo en formato Excel (a la cual se hará referencia constante durante el documento) que hace parte integral de la misma. La Guía fue desarrollada en trabajo conjunto entre el MADS e IDEAM, siguiendo las orientaciones internacionales de “Las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI” y el “Protocolo global para inventarios de emisión de Gases de Efecto Invernadero a escala comunitaria” teniendo en cuenta las



capacidades técnicas, logísticas y financieras de las ciudades colombianas y los lineamientos establecidos por el IDEAM en los informes de inventarios nacionales (MADS, 2021). A continuación, se realiza una breve descripción del proceso metodológico y la ilustración 1, muestra los pasos, las actividades y herramientas desarrolladas para la asistencia técnica.

**Identificación de las Fuentes de Emisión:** Se identificó, con apoyo de la administración municipal, las actividades que emiten gases de efecto invernadero en el territorio, alineadas a cada uno de los sectores económicos, tales como: Sector Energía Estacionaria, Sector Transporte, Sector Residuos, Sector IPPU (Industria y SAO) y Sector AFOLU (Agricultura y usos del suelo). Para este proceso, se recurrió a información secundaria y reuniones con la administración municipal, con el fin de determinar cuáles de las fuentes de emisión expuestas en la GUÍA MADS aplicaban para el territorio, el abordaje de los actores relacionados y las barreras existentes para la captura de información.

**Captura y Verificación de Datos de Actividad:** Se recopilaron y procesaron datos primarios, con actores locales relacionados a cada uno de los sectores económicos, y secundarios, de fuentes de información institucional de origen regional y nacional, de acuerdo con la información requerida por la Herramienta de Cálculo para la realización de las estimaciones. Asimismo, se estableció un protocolo de aseguramiento de la calidad (ver tabla 2) para asegurar la confiabilidad y precisión de los datos, de esta manera se logró establecer no solo las fuentes de emisión que aplican para cada sector, sino también, a cuáles fue posible capturar información, el origen del dato y las posibles acciones de mejora para la completitud del IGEI.

**Estimaciones de Emisiones:** Una vez verificados los datos de actividad, se procedió a realizar la revisión funcional de la Herramienta de Cálculo, su formulación y los Factores de Emisión empleados, con el fin de solventar posibles errores. Igualmente, se verificaron las salidas numéricas y gráficas de cada cálculo y los reportes consolidados. Finalmente, se llevó cabo la ingesta de la información capturada en la herramienta.

**Escenario de Referencia -BAU, siglas en inglés-:** Realizado el IGEI, se procedió al establecimiento del escenario de referencia bajo el supuesto que no se implementen acciones de mitigación que modifiquen las emisiones y/o absorciones establecidas en el año base 2021. El proceso buscó la participación del equipo técnico de la Administración Municipal para determinar los drivers (supuestos de crecimiento) económicos, poblacionales y sectoriales, entendiendo la importancia de la inclusión de la visión de planificación y desarrollo del municipio.

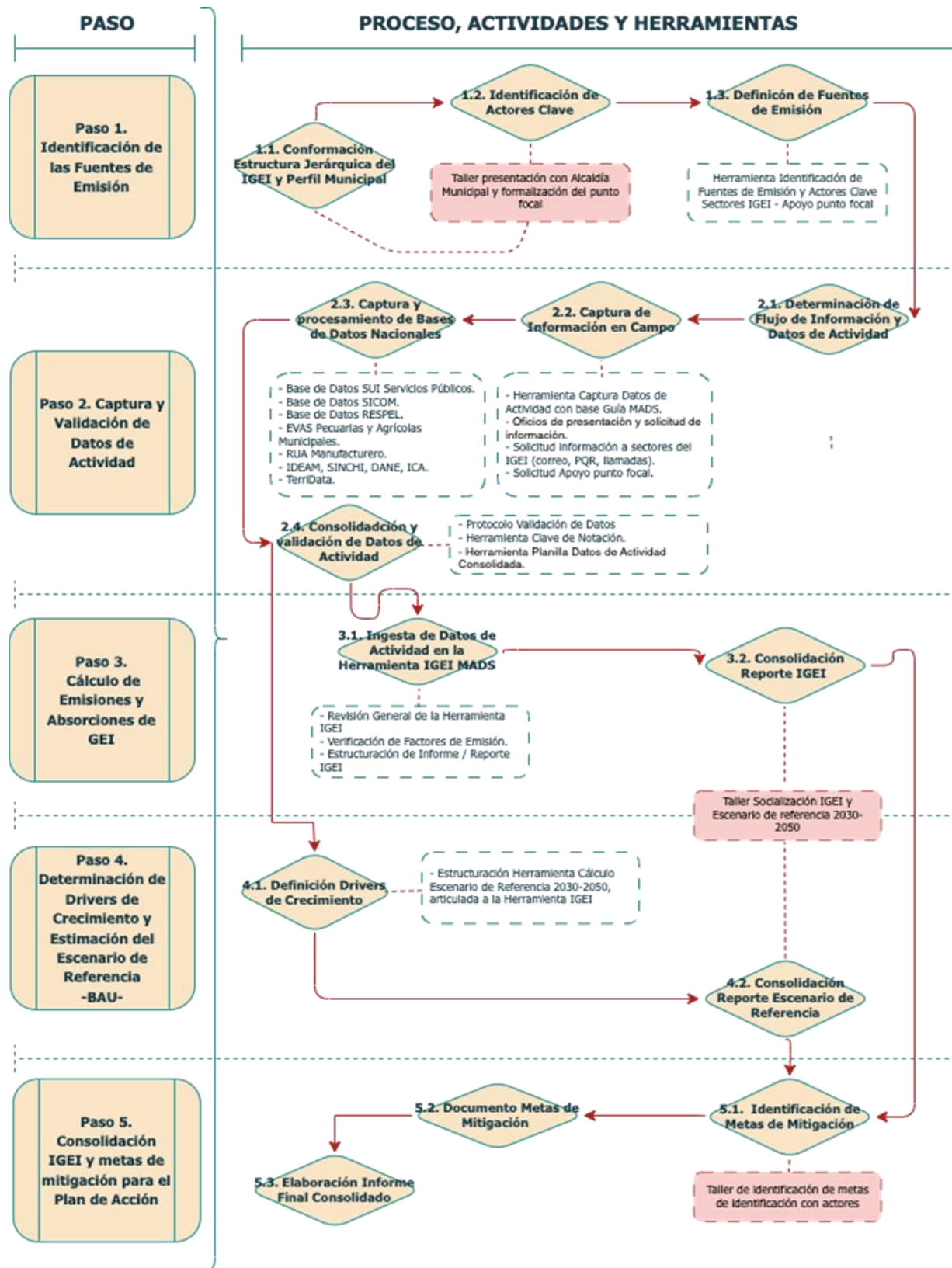


Ilustración 1. Mapa de Procesos, Actividades y Herramientas diseñadas.



### 3. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN

El reporte IGEI se constituye en un documento vivo con una filosofía de construcción colectiva, dado que involucra diversos sectores y actores con diferentes intereses, lo que sugiere un acercamiento hacia el acuerdo inter e intra sectorial determinante para afrontar su actualización periódica, así como para asumir los retos que se deriven del análisis de los resultados obtenidos. En este orden de ideas, con el objetivo de fortalecer las capacidades del municipio y generar procesos lógicos y articulados tanto al interior de la administración municipal como con actores externos, el GCoM a través de ICLEI (administrador de recursos para la implementación de la Estrategia Nacional GCoM en Colombia) designó a Anthesis Lavola como equipo técnico para el diseño, desarrollo y actualización de Inventarios de Gases Efecto Invernadero (IGE) en la ciudad de Villavicencio. Además, se designó a la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Rural por parte de la administración municipal como el organismo de apoyo en el relacionamiento interinstitucional para la puesta en marcha del proceso de identificación de las fuentes de emisión y la captura de información por parte de Anthesis Lavola. La ilustración 2 muestra el esquema organizacional del equipo IGEI para el municipio de Villavicencio.

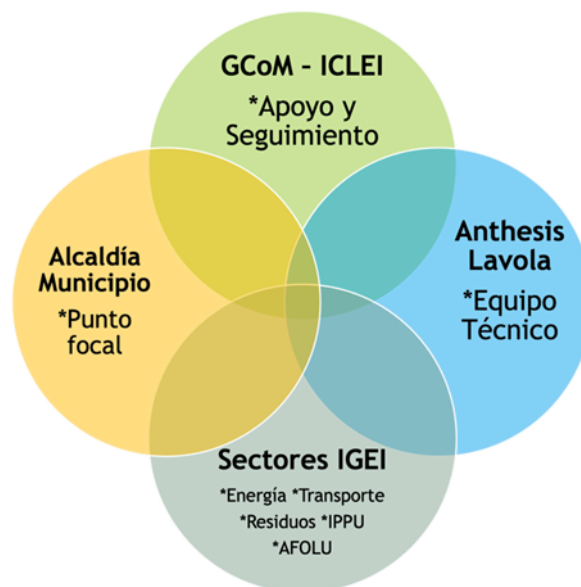


Ilustración 2. Estructura de Gobernanza para el Desarrollo de la Asistencia Técnica.

**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez definida la estructura de gobernanza, se identificaron las fuentes de emisión que aplican para el Municipio de Villavicencio bajo los criterios de la Guía MADS, se establecieron los actores clave y las fuentes de información para la captura de Datos de Actividad solicitados para la ingesta en la Herramienta IGEI. La ilustración 3 muestra el mapa de actores vinculados a la captura de datos de actividad de cada sector del IGEI del municipio de Villavicencio.



#### SECTOR ENERGÍA ESTACIONARIA:

- Unidad de Servicios Públicos
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
- Electrificadora del Meta S.A E.S.P (EMSA)
- UPME

#### SECTOR TRANSPORTE:

- Ministerio de Minas y Energía - SICOM
- Ministerio de Transporte
- Secretaria Movilidad.
- Secretaría de Medio Ambiente

#### SECTOR RESIDUOS:

- Bioagrícola del Llano S.A E.S.P
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio E.S.P (EAAV)
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios
- IDEAM
- DANE
- Secretaría de Medio Ambiente

#### SECTOR IPPU

- IDEAM
- Secretaría de Medio Ambiente
- Secretaría de Planeación
- CORMACARENA

#### SECTOR AFOLU:

- CORMACARENA
- IDEAM, ICA, DANE
- FEDEGAN
- Secretaría de Medio Ambiente
- Secretaría de Competitividad y Desarrollo

*Ilustración 3 Mapa de Actores Sectoriales IGEE Villavicencio*

**Fuente:** Elaboración propia.

La Tabla 1 a continuación, muestra las fuentes de emisión identificadas para Villavicencio, los actores, la información solicitada y las oportunidades de mejora de cara a las actualizaciones del IGEE en los años venideros.

Tabla 1. Identificación de fuentes de emisión, fuentes de información y descripción de datos de actividad solicitados.

I. ENERGÍA ESTACIONARIA				
SUBCATEGORÍA	APLICA	DATO DE ACTIVIDAD REQUERIDO	ACTORES Y FUENTES DE DATOS CONSULTADAS	BARRERAS / OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS
<b>I.1. RESIDENCIAL:</b> Emisiones por uso de energía eléctrica y combustibles.	SI	Consumos de Gas natural, GLP, leña, electricidad. Gasolina, Kerosene, Diesel.	Se consultó la información disponible en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).	No se evidenció control por ninguna entidad territorial de los energéticos diferentes a Gas Natural, GLP y Electricidad: carbón, diésel oil, fuel oil, gasolina, querosene, bagazo, leña.  El ente territorial puede mejorar la captura de información de estos energéticos mediante la generación de herramientas y la solicitud de reportes a los organismos del nivel central. Se pueden identificar al menos consumos en Hospitales, Colegios, entre otros.
<b>I.2. COMERCIAL, OFICIAL E INSTITUCIONAL:</b> Emisiones por uso de energía eléctrica y combustibles.	SI	Consumos de Gas natural, carbón vegetal, GLP, electricidad. Gasolina, Querosene (petróleo), Diesel.		
<b>I.3. INDUSTRIAS MANUFACTURERAS:</b> Emisiones por uso de energía eléctrica y combustibles en las instalaciones manufactureras.	SI	Consumos de Gas natural, carbón mineral, bagazo, electricidad		
<b>I.4. INDUSTRIAS DE LA ENERGÍA:</b> Emisiones derivadas de la Producción de carbón vegetal, la Minería de carbón a pequeña escala o por Plantas de generación eléctrica en Zonas No Interconectadas del país (ZNI).	NO	Consumos de Gas natural, carbón mineral, diésel oil, fuel oil, gasolina, querosene, electricidad		
<b>I.5. AGRICULTURA, SILVICULTURA Y PESCA:</b> Emisiones que se generan en la operación de vehículos agrícolas y maquinaria usados dentro de los límites de las granjas agrícolas, acuícolas y de silvicultura de la ciudad y por la operación de generadores	NO	Consumos de Gas natural, GLP, leña, electricidad y Combustibles para vehículos fuera de carretera.		
<b>I.6. OTROS.</b> Emisiones restantes de las fuentes de energía estacionarias que no se especifican en otra parte, incluidas las emisiones de la combustión directa de combustible para las unidades estacionarias en establecimientos militares.	SI	Consumos de energéticos no reportados en otras subcategorías.		
II. TRANSPORTE				
SUBCATEGORÍA	APLICA	DATO DE ACTIVIDAD REQUERIDO	ACTORES Y FUENTES DE DATOS CONSULTADAS	BARRERAS / OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS
<b>II.1. TRANSPORTE CARRETERA:</b> Consumo anual de combustibles fósiles en transporte por carretera.	SI	Ventas de Diésel oil (ACPM), gas natural, gasolina, biodiésel, alcohol carburante (Etanol), electricidad	Se consultó la información disponible en el Sistema de Información de la Cadena de	No se identificó el actor clave en el municipio que provee la información al SICOM. Se recomienda efectuar la Identificación de los actores clave que brindan información al SICOM y establecer



II.2. FERROVIARIO: Incluye transporte de pasajeros en tren, metro, cable, tranvía.	NO	Ventas de Diesel oil (ACPM), fuel oil, carbón, electricidad.	Distribución de Combustibles Líquidos derivados del Petróleo SICOM del Ministerio de Minas y Energía.	mecanismos de recolección de información para el transporte público e intermunicipal.  <b>AÉREO:</b> Se cuenta con el aeropuerto Vanguardia con vuelos aéreos con origen y destino en el Municipio, pero no se logró capturar la información. Se intentaron realizar acercamientos con los proveedores de combustibles identificados en el SICOM (ENERGIZAR S.A.S, GLOBE AIR FUEL LTDA, DISTRIBUIDORA VANGUARDIA S.A.S y EDS AVIACION TERPEL) sin embargo no se pudo recolectar información. Se recomienda realizar acercamientos por parte de la entidad territorial para crear mecanismos de recolección de esta información.
II.3. FLUVIAL: Vehículos de transporte de pasajeros o materiales por el río.	NO	Ventas de Diesel oil (ACPM), gasolina.		
II.4. AÉREO: Helicópteros y avionetas que vuelan por turismo o entrenamiento dentro de los límites de la ciudad (origen y destino en la misma ciudad).	SI / ND	Ventas de AVGas, Jet Fuel (Kerosene Jet).		
<b>III. RESIDUOS</b>				
SUBCATEGORÍA	APLICA	DATO DE ACTIVIDAD REQUERIDO	ACTORES Y FUENTES DE DATOS CONSULTADAS	BARRERAS / OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS
III.1. DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN TIERRA: Cantidad de Residuos tratados en Sitios de Disposición Final. CH4 generado por la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos	SI	Ubicación del sitio, caracterización de los residuos sólidos y cantidad (en toneladas) de residuos dispuestos por el municipio anualmente durante los últimos 10 años y datos de recuperación de metano (si hay).	Se consultó la información disponible en: - Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD).	Se logró recopilar información de disposición de residuos sólidos a partir del año 2008. Dentro del relleno sanitario se cuenta con procesos de tratamiento biológico para el aprovechamiento de residuos orgánicos. No se cuenta con mecanismos de recuperación de metano.
III.2. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS: CO2, CH4 y N2O generados por la fabricación de abono orgánico (compost) y la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos.	SI	¿Cuántos sitios y cuales hay? Cantidad de residuos que tratan anualmente.	- Bioagrícola del Llano S.A E.S.P. empresa prestadora servicio de aseo y operación del relleno sanitario Parque Ecológico Reciclante.	Se deben realizar los acercamientos necesarios con la Autoridad Ambiental para poder acceder a los registros RESPEL. Asimismo, el ente territorial puede solicitar un mayor control con sus organismos para la captura de información procedentes de la red hospitalaria. Realizar los acercamientos con los responsables claves y solicitar el dato de actividad.
III.3. INCINERACIÓN DE RESIDUOS: Proceso industrial de combustión controlada, fuente de emisiones de CO2, CH4 y N2O.	SI	Incineradores dentro y fuera de los límites: Cantidad de Residuos Hospitalarios, Solventes, Residuos peligrosos y Aceites usados.	- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Villavicencio E.S.P (EAAV).	El municipio no cuenta actualmente con PTAR. En el momento de su construcción y entrada en operación se recomienda establecer bases de datos con información pertinente para actualizaciones futuras del inventario. No se lleva ningún control del uso de tanques sépticos como tratamientos alternativos para la posterior descarga del vertimiento de aguas residuales domésticas. Se recomienda mantener actualizado la cobertura del servicio de alcantarillado en zonas urbanas y rurales.
III.4. QUEMA ABIERTA DE RESIDUOS SÓLIDOS: Normalmente de manera ilegal. Comúnmente en zona Rural.	SI	Población total (P), fracción que quema residuos (Pfrac), generación per cápita de residuos (DSMp) y composición o caracterización (puede ser similar a la del sitio de disposición final)	- Registro RESPEL del IDEAM. - RUA Manufacturero del IDEAM.	



<b>III.5. TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS:</b> Pueden ser tratadas o dispuestas por diferentes vías y dependiendo de las condiciones anaerobias, generan emisiones de CH <sub>4</sub> .	NO	Ubicación y tipo de tratamiento de la PTAR. Número de personas totales y de la ciudad que atiende. Caudal Afluyente, DBO, Metano, lodo removido anual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estadísticas Territoriales -TerriData-del DANE.</li> <li>- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.</li> </ul>	<p>Se recomienda a las autoridades ambientales consolidar bases de datos de los tipos de tratamiento a los vertimientos industriales por parte de las empresas en el municipio.</p> <p>En términos generales se recomienda realizar acercamientos con las respectivas ESP para la estandarización de captura de información. Estandarización de formato de captura, solicitud y reporte.</p>	
	SI	Número de personas de la ciudad sin conexión a PTAR, pero con servicio de Alcantarillado.			
	SI	Número de Personas que realizan descarga directa o estadísticas de otro tipo de tratamientos.			
<b>III.6. TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE VERTIMIENTOS INDUSTRIALES:</b> Aguas residuales provenientes de actividades productivas, dependiendo de las condiciones anaerobias, generan emisiones de CH <sub>4</sub>	SI	Cantidad de empresas por cada tipología: Producción total (en toneladas) por cada tipo de empresas, tipo de tratamiento que se emplea en cada una de las empresas, sumatoria de lodo removido y sumatoria de metano recuperado			
<b>IV. PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS</b>					
SUBCATEGORÍA	APLICA	DATO DE ACTIVIDAD REQUERIDO	ACTORES Y FUENTES DE DATOS CONSULTADAS	BARRERAS / OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS	
<b>IV.1 IPPU - PROCESOS INDUSTRIALES:</b> algunos procesos físicos o químicos que transforman las materias primas en productos	NO	Revisar cuantas empresas existen en el municipio que produzcan o consuman materias primas y cuanto producen o consumen.		<p>No se encontró reporte en el RUA de empresas con consumos y/o producción de materias primas solicitadas por la herramienta de cálculo.</p>	
<b>IV.2 IPPU - USO DE SUSTITUTOS SAO:</b> Los (HFC) y, en una medida muy limitada los (PFC). Refrigeración y aire acondicionado (RAC); extinción de incendios y protección contra explosiones; aerosoles; limpieza con solventes; agentes espumantes; y otras aplicaciones	SI / ND	Se debe enumerar el número de edificaciones de gobierno (alcaldías, organismos y gobernaciones) existentes en los límites del Municipio y en cada una identificar: el número de unidades de acuerdo con el tipo de RAC, el estado de cada uno (montaje, operación, eliminado) y el refrigerante utilizado.	Se consultó la información disponible en el RUA Manufacturero del IDEAM	<p>No se logró recolectar información relacionada a los equipos RAC utilizados en edificaciones del gobierno municipal y departamental presentes en Villavicencio. Se pueden generar acercamientos y herramientas que permitan capturar datos de los RAC como número de unidades, tipo, años de instalación, tipos de refrigerantes y cuantos se dan de baja o se les realiza recambio.</p>	
<b>V. AFOLU</b>					
SUBCATEGORÍA	APLICA	DATO DE ACTIVIDAD REQUERIDO	ACTORES Y FUENTES DE DATOS CONSULTADAS	BARRERAS / OPORTUNIDADES IDENTIFICADAS	



V.1. FERMENTACIÓN ENTÉRICA	SI	Cantidad de Cabezas por cada tipo de ganadería (Vacas, toros, terneros, bufalinos, equinos, mulas, asnos, caprinos, ovinos, porcinos, aves, conejos).	<p>Se consultó información disponible en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de Estadísticas Territoriales -TerriData- del DANE.</li> <li>- Bases de datos de la Evaluaciones Agrícolas y Pecuarias Municipales -EVAS Municipales- de Agronet del ICA.</li> <li>- Secretaría de Competitividad y Desarrollo de Villavicencio.</li> <li>- CORMACARENA – Visor de Información Ambiental para el departamento del Meta (VIAM)</li> <li>- Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono -SMBYC- de IDEAM.</li> <li>- Sistema Nacional de Información Forestal - SNIF- de IDEAM</li> <li>- Base de datos de plantaciones comerciales forestales registradas por el ICA.</li> </ul>	<p>Falta de información y conocimiento por los funcionarios de donde se puede hallar la información relacionada a: incendios, tierras inundadas (origen antrópico), sistemas de árboles y restauración ecológica de bosques. El municipio y el departamento deben aumentar los estudios sobre temas tan importantes y de interés que ayuden a aumentar la base de datos anuales en para estas categorías. No se evidencio que la entidad municipal lleve a cabo el censo arbóreo de la ciudad. Recolectar y administrar estas bases de datos permitirá medir las absorciones de CO<sub>2</sub> para los límites del IGEI con mayor precisión y exhaustividad.</p>
V.2. GESTIÓN DE ESTIÉRCOL.	SI	Cantidad de cabezas por tipo de sistema de gestión de estiércol.		
V.3. EXTRACCIÓN DE LEÑA	SI	Datos específicos sobre el consumo de leña per cápita.		
V.4. DEFORESTACIÓN.	SI	HA deforestadas.		
V.5. INCENDIOS.	SI / ND	HA Incendiadas por tipo de cobertura		
V.6. TIERRAS INUNDADAS.	SI / ND	HA del espejo de agua de la sumatoria de todas las áreas inundadas.		
V.7. FERTILIZANTES	SI	HA por tipo de Cultivo		
V.8. CULTIVOS FRUTALES	SI	HA por tipo de especie frutal: Aguacate, cacao, café, café con sombrero, limón, mango.		
V.9. PLANTACIONES FORESTALES	SI	HA plantadas y en pie por tipo de especie en cada uno de los años del inventario		
V.10.SISTEMAS DE ÁRBOLES	SI / ND	HA o su equivalente (1.100 Individuos) en cada tipo de sistema: Multiestrato o sombrero, Cercas Vivas o silvopastoril. Sembradas y en pie.		
V.11. ARBOLADO URBANO	SI	HA o su equivalente (1.100 individuos) en cada tipo de sistema: Latifoliadas y coníferas		
V.11B. RESTAURACIÓN	SI / ND	HA reforestadas desde el año 2010		
V.12. ARROZ	SI	HA establecidas del cultivo de arroz.		

\*SI / ND: Fuente de emisión SI aplica para para el IGEI pero no fue determinada (ND). **Fuente:** Elaboración propia con base en Guía MADS, 2021.

## 4. CAPTURA Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE ACTIVIDAD

A escala nacional se han realizado ejercicios de inventarios de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) y Reportes Bienales de Actualización (BUR) lo cual ha permitido al IDEAM, como entidad encargada de su cálculo y reporte, construir un protocolo que describe las acciones de control y aseguramiento de calidad para su elaboración. Con el fin de brindar consistencia y comparabilidad del presente ejercicio desarrollado a escala municipal, frente a los ejercicios nacionales, se utilizó como referencia los documentos mencionados, con el fin de establecer un protocolo de gestión de la información armónico e integrado que permita articular los esfuerzos municipales con los nacionales y así, aportar a las metas de la nación. La tabla 2 muestra las acciones implementadas para el aseguramiento de calidad según el protocolo propuesto.

*Tabla 2. Acciones enfocadas al control y aseguramiento de la calidad.*

MOMENTO	ACCIONES PROPUESTAS
<b>Recopilación de datos, entradas y las actividades de manipulación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálculo con muestra de los datos de entrada y evaluación con el fin de evidenciar errores humanos de transcripciones.</li> <li>- Aseguramiento de la implementación de los procedimientos de control establecidos en los formatos de captura de información.</li> </ul>
<b>Documentación de datos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Confirmación de referencias de datos bibliográficos, su inclusión en las hojas de cálculo para los registros y archivo adecuado.</li> <li>- Verificación de los límites, años base, métodos, datos de actividad y factores de emisión usados en el cálculo.</li> <li>- Documentación de los cambios en los datos o la metodología de cálculo.</li> </ul>
<b>Cálculo de emisiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión de factores de conversión y veracidad de los resultados.</li> <li>- Verificación del procesamiento de datos (por ejemplo, ecuaciones) en las hojas de cálculo con el fin de evidenciar errores u opciones de mejora.</li> <li>- Verificación de los datos de entrada de la hoja de cálculo acordes a la solicitud de la herramienta de cálculo propuesta por el MADS.</li> </ul>
<b>Verificación de cálculos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación de una muestra representativa de los cálculos, a mano o electrónicamente</li> <li>- Verificación de la consistencia de entradas y cálculos de series de tiempo comparando con ejercicios anteriores y con las tendencias de ejercicios a escala nacional como los INGEI o los documentos de actualización BUR.</li> </ul>

**Fuente:** Adaptado de GHG Protocol, 2014.

Como resultado, la tabla 3 muestra el consolidado de los datos de actividad para cada uno de los sectores y subcategorías colectados en campo mediante oficios, llamadas y visitas a actores clave, los cuales fueron procesados empleando bases de datos del orden nacional y ajustados a través de supuestos en línea con las estimaciones realizadas a nivel nacional en cumplimiento a los criterios completitud y exhaustividad. Vale aclarar que algunas subcategorías no pudieron ser estimadas dado que, una vez realizado el proceso, el nivel de incertidumbre en el dato final representaba un alto nivel de incertidumbre, por tanto, se mantiene el criterio de conservadurismo<sup>1</sup> para la estimación tanto de las emisiones, como de las remociones.

<sup>1</sup> Criterio mediante el cual se busca no sobreestimar las emisiones y las remociones.

Tabla 3. Datos de Actividad Consolidados por Sectores y Subcategorías.

I. ENERGÍA ESTACIONARIA										
CÓD.	FUENTES EMISIÓN	AÑO	ELECTRICIDAD		GAS NATURAL		GLP		FUENTE INFORMACIÓN / NOTACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
			DATO	UND.	DATO	UND.	DATO	UND.		
I.1.	Hogares: Área Urbana y Rural	2019	268.488.386	kwh	16.267.617	m3	30.104,3	kg	Los datos se extraen de la Herramienta O3 del SUI correspondiente a residencial y estratos de 1 a 6	No se capturó información en campo referente a consumo eléctrico, sin embargo, los datos SUI contemplan casi la totalidad del consumo de electricidad del municipio. Se puede generar una incertidumbre baja al no contemplar pequeños proveedores en especial para el sector industrial y Agropecuario.  Para le caso de GLP, se asume que la cantidad de energético vendido es igual a la cantidad consumida dentro de los límites del municipio.
		2020	290.996.796	kwh	18.685.765	m3	9.675,2	kg		
		2021	285.851.870	kwh	17.127.968	m3	6.391,7	kg		
I.2.	Edificios y establecimientos comerciales	2019	190.639.038	kwh	8.488.083	m3	325.458,2	kg	Los datos se extraen de la Herramienta O3 del SUI correspondiente a comercial	
		2020	233.304.061	kwh	6.498.832	m3	97.292,2	kg		
		2021	160.911.091	kwh	7.527.259	m3	172.542	kg		
	Edificios institucionales y Otros servicios.	2019	59.926.235	kwh	250.646	m3	0,0	kg	Los datos se extraen de la Herramienta O3. Para electricidad se incluye: Oficial, Provisional, Especial Educativo y Asistencial e Industrial Bombeo Para GN: Oficial, Especial y Especial Educativo.	
		2020	66.984.987	kwh	218.146	m3	0,0	kg		
		2021	37.440.805	kwh	232.917	m3	2.328,5	kg		
Servicios: Alumbrado público.	2019	24.817.418	kwh					Los datos se extraen de la Herramienta O3. Se incluye Alumbrado Público y Áreas Comunes		
	2020	25.643.088	kwh							
	2021	24.049.607	kwh							
I.3.	Industria Manufactureras	2019	415.734.824	kwh	839.859	m3	454.382,1	kg	Los datos se extraen de la Herramienta O3 del SUI. Para electricidad se incluye Industrial Para GLP se incluye Industrial	
		2020	554.423.737	kwh	700.514	m3	163.680,5	kg		
		2021	249.638.130	kwh	871.275	m3	316.382,3	kg		
I.5.	Agricultura, Silvicultura Y Pesca	2019							No Estimada, la información no se encuentra disponible.	
		2020								
		2021								
I.6.	Otros.	2019					4.109.295	kg	Los datos se extraen de la Herramienta O3 del SUI. Incluye Otros y la categoría No Aplica: Se toma el dato Cantidad vendida por el D.	
		2020					4.713.280,3	kg		
		2021					3.892.640,4	kg		

II. TRANSPORTE														
CÓD.	FUENTES EMISIÓN	AÑO	DIESEL		GASOLINA EXTRA		GASOLINA CORRIENTE		FUENTE INFORMACIÓN / NOTACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.				
			DATO	UND.	DATO	UND.	DATO	UND.						
II.1.	Vehículos para transporte de pasajeros o carga, como: autobuses, biarticulados, colectivos, automóviles, taxis, camiones, motocicletas, vehículos de transporte de residuos.	2019	16.800.150	gal	618.068	gal	23.997.623	gal	Los datos se extraen de los boletines estadísticos del SICOM <a href="https://www.sicom.gov.co/index.php/boletin-estadistico">https://www.sicom.gov.co/index.php/boletin-estadistico</a> EDS Automotriz y Fluvial	La información no pudo ser comparada con información directamente generada por los distribuidores. Se realizaron acercamientos con distribuidores, pero no se logró capturar datos en campo.  Se realizó una verificación de porcentajes de mezclas de biocombustibles, a partir de consultas anuales para ciudades principales en la página web de la UPME.				
		2020	14.303.367	gal	552.999	gal	19.525.786	gal						
		2021	11.623.338	gal	557.353	gal	21.479.906	gal						
III. RESIDUOS														
CÓD.	AÑO	RESIDUOS VILLAVICENCIO		RESIDUOS SDF PARQUE ECOLÓGICO RECICLANTE		CARACTERIZACIÓN %						CH4 M3	FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
		DATO	UND.	DATO	UND.	Restos Alime.	Res. Jardín	Papel y Cartón	Madera	Textil	Pañal.			
III.1.	2008	95.702	t	108.979,7	t	59,00%	0,47%	4,46%	1,47%	2,67%	0%	31,93%	Información Suministrada por el Operador del Sitio de Disposición Final (SDF) – Bioagrícola del Llano S.A E.S.P.	Los valores reportados Bioagrícola del Llano (periodo 2008-2021) coinciden respecto a lo reportado en el SUI para el municipio.  Los datos de caracterización no estaban disponibles para los todos los años. Se obtuvo información para 2007, 2014, 2015, 2017, 2020, 2021, razón por la que se asumieron los siguientes supuestos:  - La caracterización del periodo 2008-2013 fue asumida como igual a la obtenida para el año 2007. - La caracterización del año 2016 fue asumida como igual a la del 2015. - La caracterización del periodo 2018-2019 fue asumida como
	2009	102.695	t	115.730,8	t	59,00%	0,47%	4,46%	1,47%	2,67%	0%	31,93%		
	2010	110.490	t	128.978,7	t	59,00%	0,47%	4,46%	1,47%	2,67%	0%	31,93%		
	2011	117.051	t	138.147	t	59,00%	0,47%	4,46%	1,47%	2,67%	0%	31,93%		
	2012	129.819	t	151.629,8	t	59,00%	0,47%	4,46%	1,47%	2,67%	0%	31,93%		
	2013	139.333	t	164.245,6	t	59,00%	0,47%	4,46%	1,47%	2,67%	0%	31,93%		



Financiado por  
la Unión Europea



2014	140.277	t	194.238,2	t	32,34%	0,47%	12,69%	2,63%	6,84%	0%	45,03%	<p>igual a la obtenida para el año 2017.</p> <p>No se evidencio aprovechamiento de metano (CH4).</p>
2015	139.809	t	177.272,5	t	65,13%	0,47%	7,40%	0%	0%	0%	27,00%	
2016	138.375	t	182.196,2	t	65,13%	0,47%	7,40%	0,00%	0,00%	0%	27,00%	
2017	143.476	t	193.088	t	42,22%	0,47%	12,16%	0,47%	3,69%	0%	40,99%	
2018	144.385	t	198.531	t	42,22%	0,47%	12,16%	0,47%	3,69%	0%	40,99%	
2019	146.770	t	204.492,4	t	42,22%	0,47%	12,16%	0,47%	3,69%	0%	40,99%	
2020	151.025	t	211.438	t	66,53%	0,47%	18,00%	0%	0%	0%	15,00%	
2021	152.209	t	216.189,8	t	36,08%	0,47%	12,65%	8,77%	4,49%	0%	37,54%	



CÓD	FUENTE EMISIÓN	AÑO	CANTIDAD DE RESIDUOS TRATADOS	UNIDAD	FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
III.2.	Tratamiento Biológico de residuos sólidos: Compostaje en SDF Parque Ecológico Reciclante	2019	0,62	t	Bioagrícola del Llano S.A E.S.P. Cobertura servicio aseo en zona rural.	Únicamente se evidenció tratamiento biológico de los residuos en el sitio de disposición final Parque Ecológico Reciclante. La cantidad de residuos aprovechados no excede 1 tonelada por año.
		2020	1,02	t		
		2021	1,37	t		

CÓD.	FUENTE EMISIÓN	AÑO	ALCAN.	PELIGROSOS		HOSPITALARIOS		SOLVENTES		ACEITES USADOS		FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.		
				DATO	UND.	DATO	UND.	DATO	UND.	DATO	UND.				
III.3.	Incineradores dentro y fuera de los límites de la ciudad	2019	1											Base de Datos RESPEL-IDEAM.	Se procesó información para alinear con la tipología de residuos que solicita la guía. Para el año 2019 no se encontró dentro de la base de datos el tratamiento térmico por incineración, sólo se presentaron datos agrupados por categoría general "Tratamiento térmico". Por tal motivo, se estableció un porcentaje ponderado de los residuos incinerados respecto al total de residuos tratados térmicamente con base en los datos aportados por IDEAM para los años 2020 y 2021. Dicho porcentaje fue aplicado para el 2019 con el fin de establecer cantidad de residuos con tratamiento térmico por incineración para las respectivas categorías (peligrosos, hospitalarios, solventes y aceites usados).
			3	23	t	54	t	0,2	t	49	t				
		2020	1			1	t								
			3	19	t	17	t	0	t	340	t				
		2021	1			1	t								
			3	42	t	345	t	0	t	25	t				

CÓD	FUENTE EMISIÓN	AÑO	POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN RURAL	% POBLACIÓN	PER CÁPITA Kg/hab/día	FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
-----	----------------	-----	-----------------	-----------------	-------------	-----------------------	--------------------	--

					SIN COBERTURA			
III.4.	Quema abierta de residuos sólidos: zonas rurales del municipio	2019	538.824	41.543	36%	0,746	TerriData - DANE: Población Rural.	De acuerdo con el IPCC, se estimó el porcentaje de población que quema residuos con base en el porcentaje de población rural sin cobertura del servicio: Ecuación 5.7. IPCC 2006.  La producción per cápita se calculó con base en los datos obtenidos en el punto III.1. Se asume la caracterización igual a la expuesta en el III.1.
		2020	545.302	43.242	36%	0,759	Bioagrícola del Llano S.A E.S.P. Cobertura servicio aseo en zona rural.	
		2021	549.922	43.773	36%	0,758	Producción per cápita: Cálculos propios con base a datos del SDF y población.	

CÓD	FUENTES DE EMISIÓN	AÑO	POBLACIÓN ATENDIDA PTAR	POBLACIÓN ATENDIDA SIN PTAR	FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.	
III.5.	Con conexión a PTAR - Datos de actividad para vías de tratamiento conectadas al Alcantarillado.	2019			EAAV E.S.P y Superintendencia de Servicios públicos.	Según procesos de verificación con fuentes de información el municipio de Villavicencio actualmente no cuenta con Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).	
		2020					
		2021					
	Sin conexión a PTAR pero con servicio de Alcantarillado	2019			459.589	EAAV E.S.P, DANE y DNP. (DNP, 2019) y (DANE, 2021)	De acuerdo con el DANE, EAAV E.S.P y DNP la cobertura del alcantarillado es del 90,9% en la zona urbana y del 18,2% en zonas rurales aproximadamente. Estos valores se asumieron para el periodo de estudio 2019-2021 Con estos datos se estimó a la población con alcantarillado atendida, pero sin PTAR.
		2020			465.333		
		2021			469.305		
	Otros Tratamientos: Sistema Séptico sin servicio de Alcantarillado	2019			19.451	EAAV E.S.P y Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (porcentaje de población que realiza tratamiento a través de soluciones individuales en zonas rurales). <b>Invalid source specified.</b>	Se realizó estimación con base a población rural que no cuenta con servicio de alcantarillado. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio reporta que a nivel nacional en las comunidades rurales el 46,82% realiza tratamiento a través de soluciones individuales (pozos sépticos). Se aplicó este porcentaje a la población rural de cada año para estimar la población sin servicio de
		2020			20.246		
		2021			20.495		

					alcantarillado, pero con tratamientos previos al vertimiento.
	Otros Tratamientos: <b>Descarga directa sin servicio de Alcantarillado</b>	2019		59.784	Estimado con base a la información presentada previamente.
		2020		59.723	
		2021		60.122	

CÓD	FUENTES DE EMISIÓN	AÑO	TIPO TRATAMIENTO			Sumatoria Lodo Removi.	Sumatoria CH4 Recup.	FUENTE INFORMACIÓN / NOTACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
			Cantidad Producción	Tanque Séptico	Descarga Directa				
III.6.	Producción de Almidón	2019	100.805,67		4	No reporta	No reporta	Elaboración propia con base en: Base de Datos RUA Manufacturero -IDEAM-.  La información es procesada a partir de la base de datos del RUA Manufacturero. De acuerdo con la información, ninguna empresa realiza tratamiento previo al vertimiento de las aguas residuales. Sin embargo, no se pudo validar esta información con el Sector Industrial. Es importante que se trabaje con mayor fortaleza con el Sector Industrial para poder validar y ajustar datos para futuras actualizaciones. Únicamente se reportaron industrias de Carnes y Aves, Procesamiento de bebidas, Aceites Vegetales, Procesamiento de alimentos y Producción de Almidón.	
		2020	115.579,76		2				
		2021	155.096,96		2				
	Otros Procesamientos de Alimentos	2019	41.624,41		1	No Reporta	No reporta		
		2020	46.806,32		1				
		2021	56.626,82		1				
	Café	2019				No Reporta	No Reporta		
		2020							
		2021							
	Carnes y Aves	2019	29.916,40		1	No Reporta	No Reporta		
		2020	30.751,20		1				
		2021	55.840,54		1				
	Aceites Vegetales	2019	105.251,94		3	No Reporta	No Reporta		
		2020	86.478,96		2				
		2021	142.861,52		2				
	Otros procesamientos de Bebidas	2019	18.519,52		1	No Reporta	No Reporta		
		2020	14.479,82		1				
		2021	17.296,65		1				
Refinerías de petróleo	2019				No Reporta	No Reporta			
	2020								
	2021								





V. AFOLU						
CÓD.	FUENTES DE EMISIÓN	CANTIDAD (#)			FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
		2019	2020	2021		
V.5.1. V.5.2.	Vacas lecheras alta producción	8.325	8.297	8.427	Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS) de Minagricultura - UPRA  FEDEGAN  Secretaría de Competitividad y Desarrollo de Villavicencio.	Se recibió información por parte de la Secretaría de Competitividad y Desarrollo. Sin embargo, esta es recolectada sin especificación de categorías y años. Los datos proporcionados no coinciden con los reportados en los EVAS. Por esta razón, se usan datos de EVAS que llevan un control anual y por categorías.  Los datos bovinos se encuentran desagregados de acuerdo con el grupo etario en las EVAS Pecuarias los cuales sólo coinciden con las categorías de terneros pre-destetos y de reemplazo de la herramienta de cálculo. Por esta razón, se realiza homologación para los bovinos en un estado adulto con base a los datos de orientación del hato ganadero en Colombia, alineando el porcentaje de orientación y aplicado al total de bovinos, a partir del estudio realizado por FEDEGAN en el año 2012. Vale aclarar que, dada la antigüedad del estudio en mención, el nivel de incertidumbre se eleva. Para la gestión de estiércol se utilizan el cálculo que realiza la herramienta por defecto con base a la información suministrada en V.5.1. Fermentación entérica.
	Vacas lecheras de baja producción	8.325	8.297	8.427		
	Vacas empleadas para producir ganado	36.765	36.639	37.214		
	Terneros pre-destetos	8.664	8.954	9.078		
	Terneras de reemplazo	8.061	8.395	9.052		
	Ganado engorde	35.389	35.267	35.821		
	Bufalino	256	236	207		
	Equinos	4.830	5.140	6.000		
	Caprinos	153	153	185		
	Ovinos	2.117	1.787	2.112		
Porcinos	564	1.998	1.979			
	Aves ponedoras	53.000	55.000	80.000		

CÓD	AÑO	POBLACIÓN	% RURAL	CONSUMO PER CÁPITA	FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN
V.5.3.	2019	538.824	7,7%	1,379	Población y % Rural: TerriData DANE	El valor de consumo de leña per cápita se extrae por defecto de la Herramienta de Cálculo al no tener datos locales.
	2020	545.302	7,9%	1,379		
	2021	549.922	8,0%	1,379		

CÓD.	REGIÓN	TIPO COBERTURA / TIPO CULTIVO	HECTÁREAS			FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
			2019	2020	2021		
V.5.4.	Orinoquía		4	5	5	Mapa de cambio de coberturas 2017-2018 (Categoría: deforestación) y porcentajes de deforestación: IDEAM-SMByC	El dato recolectado fue para el año 2018 a través del procesamiento y la extracción del área deforestada para los límites del municipio usando el software QGIS. Este dato fue extraído de la información geográfica (Mapa de cambio de coberturas 2017-2018) suministrado por IDEAM-SMByC. Posteriormente para estimar el número de HA deforestadas para los tres años (2019-2021) se aplicaron los porcentajes de tasa de cambio de deforestación nacionales reportados por IDEAM-SMByC. Para efectos de la ingesta, se asume una tasa de deforestación en el municipio igual a la nacional.
V.5.5.						Bomberos Municipio de Villavicencio	El municipio no cuenta con bases de datos que monitorean HA de bosque incendiadas. Al momento del presente estudio, no se cuenta con una base de datos nacional que permita desagregar los tipos de cobertura.
V.5.6.						Mapa de coberturas Corine 2018 (Categoría: Embalses, Estanques)	Se comparó con la capa de coberturas de la tierra de IDEAM 2018, no se encontraron áreas inundadas artificiales. No se encontraron manejo



V.5.7	Caña de azúcar				Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS) de Minagricultura - UPRA  Secretaría de Competitividad y Desarrollo de Villavicencio.	de bases de datos de tierras inundadas artificiales en las entidades territoriales.  Se recibió información por parte de la Secretaría de Competitividad y Desarrollo. Sin embargo, está es recolectada sin especificación de categorías y años. Los datos proporcionados no coinciden con los reportados en los EVAS. Por esta razón, se usan datos de EVAS que llevan un control anual y por categorías.  Se agruparon los datos de hectáreas sembradas de acuerdo con la solicitud de ingesta de la Herramienta de cálculo IGEI. No se evidenció disponibilidad de bases de datos relacionadas por parte de las entidades territoriales.
	Caña panelera					
	Hortalizas					
	Maíz	2.753	3.351	3.330		
	Yuca	140	160	148		
	Plátano	239	300	372		
	Palma	1.376	1.376	1.713		
	Frutales	2.556	2.004	2.178		
	Otros (promedio reportado)					

CÓD.	FUENTES DE REMOCIÓN	HECTÁREAS				FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
		2018	2019	2020	2021		
V.5.8.	Aguacate HASS					Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS) de Minagricultura - UPRA	Se agruparon los datos de hectáreas sembradas de acuerdo con la solicitud de ingesta de la Herramienta de cálculo IGEI. No se evidenció disponibilidad de bases de datos relacionadas por parte de las entidades territoriales.
	Aguacate Lorena						
	Cacao		81	100	124		
	Café (con sombrío)		81	81	78,23		
	Limón Tahití		0	0	866		
	Mandarina arrayan		0	0	19		
	Naranja Valenciana		0	200	249		
	Otros (promedio reportado)		2.795	2.104	1.416		
	Tangelo						
V.5.10.	Sistema Multiestrato sombrío					No Determinado	No se evidenció disponibilidad de bases de datos relacionadas por parte de las entidades territoriales. Aunque el Mapa de coberturas Corine 2018 IDEAM presenta información de estas categorías no es posible usarla ya que no se puede establecer el año de siembra de todas las hectáreas reportadas.
V.5.11b.	Restauración					No Determinado	

CÓD.	FUENTES DE REMOCIÓN	CANTIDAD HA o su equivalente (1.100 individuos)				FUENTE INFORMACIÓN	PROCESO DE VALIDACIÓN, SUPUESTOS Y AJUSTES DE INFORMACIÓN.
		2018	2019	2020	2021		

V.5.9.	Plantaciones forestales	Mimosa trianae (total de ha establecidas)		3		Base de datos de plantaciones comerciales forestales registradas por el ICA.	Se agruparon los datos de hectáreas sembradas de plantaciones forestales de acuerdo con la solicitud de ingesta de la Herramienta de cálculo IGEI. No se evidenció disponibilidad de bases de datos relacionadas por parte de las entidades territoriales.
		Pinus caribaea (total de ha establecidas)			2		
		Acacia mangium (total de ha establecidas)			55		
V.5.11	Arbolado urbano: Latifoliadas en zonas húmedas	2,7	8,4	155,7	386,2	CORMACARENA - Visor de Información Ambiental para el departamento del Meta (VIAM).	Teniendo en cuenta el geo-visor se extrajo información de la capa (layer) "Contador de Árboles" para Villavicencio. La información proviene por número de individuo, especie y año de siembra. Para evitar doble conteo no se tuvieron en cuenta las especies relacionadas las categorías V5.8. cultivos frutales y V.5.9. plantaciones forestales. El dato reportado es el equivalente a 1.100 individuos.
V.5.12	Arroz riego		0	0	0	Evaluaciones Agropecuarias Municipales (EVAS) de Minagricultura - UPRA	Se agruparon los datos de hectáreas sembradas de acuerdo con la solicitud de ingesta de la Herramienta de cálculo IGEI. No se evidenció disponibilidad de bases de datos relacionadas por parte de las entidades territoriales.
	Arroz Secano		15	15	53		

Fuente: Elaboración propia.

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS IGEI VILLAVICENCIO.

En la herramienta de cálculo anexa al presente informe, se muestran los factores de emisión y las fórmulas de cálculo empleadas para realizar las estimaciones de emisiones y absorciones de GEI. A continuación, se encuentra el Reporte de emisiones de GEI para la serie de años 2019, 2020 y 2021 en los límites geográficos del Municipio de Villavicencio y se desarrollan los análisis correspondientes al reporte final y desagregado para cada uno de los Sectores del IGEI.

### 5.1. Resultados Estimaciones IGEI Villavicencio.

La estimación del IGEI de Villavicencio se realiza por el método de factores de emisión, el cual consiste en combinar la información de la cuantificación de los Datos de Actividad (DA) con los Factores de Emisión (FE) que relacionan las emisiones o absorciones de GEI con el dato de actividad unitario según el IPCC 2006, siguiendo las directrices de la Guía MADS 2021.

$$\text{Emisiones/Absorciones} = (DA) * (FE)$$

La Herramienta de Cálculo que acompaña la Guía, incluye las ecuaciones de cálculo para cada fuente de emisión, factores de emisión por defecto para cada Sector del IGEI<sup>2</sup> y los Potenciales de Calentamiento Global establecidos en el Quinto Informe de Evaluación (AR5). El nivel de detalle para la estimación del IGEI se establece teniendo en cuenta los recursos y datos disponibles (IPCC, 2006).

Acorde con la Guía, los cálculos desarrollados pueden representar un nivel de complejidad 1, que permite usar FE por defecto y DA generados por las entidades priorizadas del sector y; 2, que contempla el uso de FE propios del país con DA generados por las entidades priorizadas del sector, sin embargo, esta abierta la opción de establecer cálculos a partir de FE propios del municipio, toda vez que sean avalados por el IDEAM como Autoridad Ambiental competente.

En la Tabla 4 se puede apreciar las emisiones en toneladas para cada uno de los GEI evaluados para cada sector en la serie de años estudiada.

Tabla 4 Reporte IGEI en Villavicencio para la serie de años 2019, 2020 y 2021.

SECTORES IGEI	AÑO	GEI (t)				
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC (t CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> eq
REPORTE TOTAL IGEI VILLAVICENCIO	2019	542.673,30	9.899,65	76,88	0,00	840.235,75
	2020	526.298,42	10.281,30	80,49	0,00	835.503,59
	2021	375.046,27	10.968,75	72,19	0,00	701.302,84
I. ENERGÍA ESTACIONARIA	2019	223.943,30	4,77	0,12	NA	224.107,93
	2020	304.645,49	4,79	0,12	NA	304.811,03
	2021	159.885,63	4,70	0,11	NA	160.047,35
II. TRANSPORTE	2019	324.403,33	7,32	1,73	NA	325.066,80

<sup>2</sup> Para el caso del presente IGEI, el único FE que se modifica es el correspondiente a Electricidad, el cual es establecido por la UPME para el Sistema Interconectado Nacional -SIN- anualmente.

SECTORES IGEI	AÑO	GEI (t)				
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC (t CO <sub>2</sub> eq)	CO <sub>2</sub> eq
	2020	268.711,61	6,00	1,43	NA	269.259,12
	2021	256.401,62	6,43	1,42	NA	256.958,61
III. RESIDUOS	2019	1.985,74	4.641,54	0,40	NA	132.054,11
	2020	1.953,17	4.977,48	0,42	NA	141.434,13
	2021	2.005,65	5.668,52	0,43	NA	160.836,78
IV. IPPU	2019	NA	NA	NA	ND	ND
	2020	NA	NA	NA	ND	ND
	2021	NA	NA	NA	ND	ND
V. AFOLU	2019	-7.659,06	5.246,01	74,63	NA	159.006,92
	2020	-49.011,85	5.293,03	78,51	NA	119.999,31
	2021	-43.246,64	5.289,11	70,23	NA	123.460,09
NA: No Aplica ND: No Determinado						

**Fuente:** Elaboración propia.

A partir de los datos reportados en la Tabla 4 se presentan a continuación las gráficas que ilustran el comportamiento de las emisiones del CO<sub>2</sub> (Ilustración 4), el CH<sub>4</sub> (Ilustración 5) y el N<sub>2</sub>O (Ilustración 6) para cada uno de los sectores en la serie de años estudiada; en cuanto a las emisiones de HFC, estas no son presentadas, ya que para este caso no fue posible establecer los datos de actividad relacionados a los equipos de refrigeración y aire acondicionado (RAC).

En cuanto al comportamiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> se observa que, en términos generales, estas se concentran principalmente en el sector de Energía Estacionaria y de Transporte, con algunas fluctuaciones año a año; mientras que, el sector de Residuos tiene una participación mínima, y el sector AFOLU participa a través de las absorciones asociadas al arbolado urbano, cultivos frutales y plantaciones forestales, en donde vale la pena aclarar, que con el fin de evitar el doble conteo de estos datos, en la base de datos de arbolado urbano se excluyeron las especies pertenecientes a cultivos frutales y a las plantaciones forestales.

En el año 2019 y 2021, el sector que más aportó fue el de Transporte, seguido del sector de Energía Estacionaria, y se reporta la absorción de 7.659 y 43.247 tCO<sub>2</sub> por el sector AFOLU, respectivamente; mientras que, en el año 2020, el sector de Energía Estacionaria lidera, seguido del sector de Transporte, mientras que el sector AFOLU participa con la absorción de 49.012 tCO<sub>2</sub>. En términos generales, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al sector de Residuos tienen una participación mínima y constante en la serie de años estudiada, las emisiones del sector de Transporte tienden a disminuir, mientras que las cifras en el sector de Energía Estacionaria fluctúan considerablemente a través de los años.

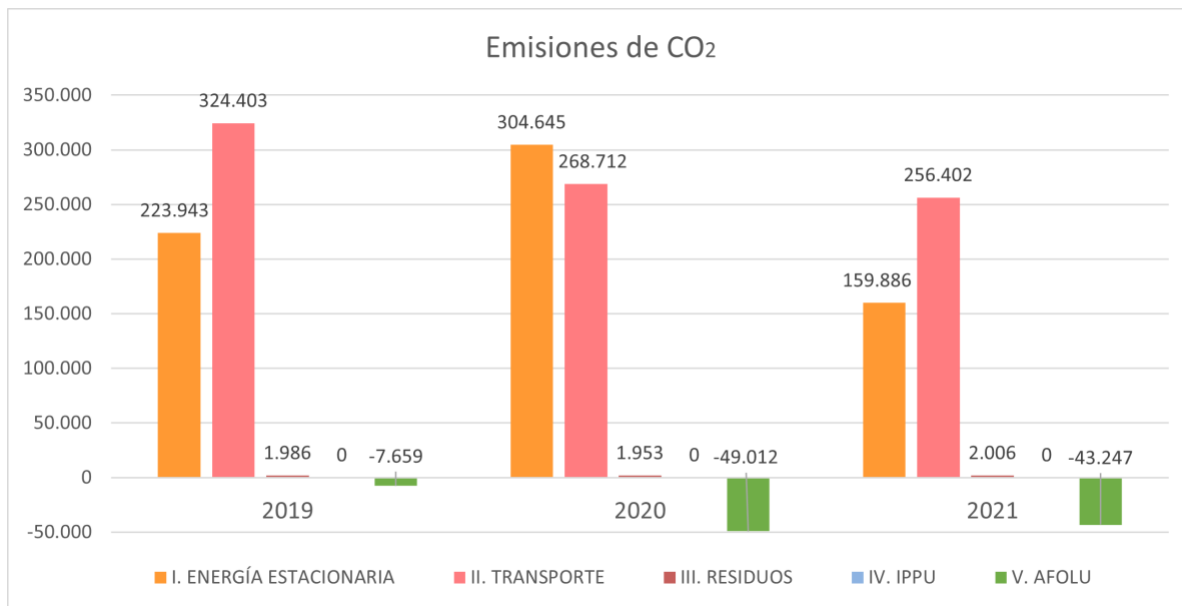


Ilustración 4 Emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas por sector para el periodo 2019-2021

**Fuente:** Elaboración propia.

Por su parte, las emisiones de CH<sub>4</sub> se atribuyen principalmente a dos de los sectores analizados, correspondientes a AFOLU y Residuos, quienes concentran en conjunto el 99,9% de las emisiones de cada año estudiado; el sector AFOLU representa en promedio el 50,9% de las emisiones, con fluctuaciones poco significativas en cuanto a sus emisiones año tras año, mientras que el sector Residuos representa el 49% aproximadamente, el cual aumenta año tras año su aporte. Por su parte, los sectores de Energía Estacionaria y de Transporte reportan un aporte mínimo, con un comportamiento constante.

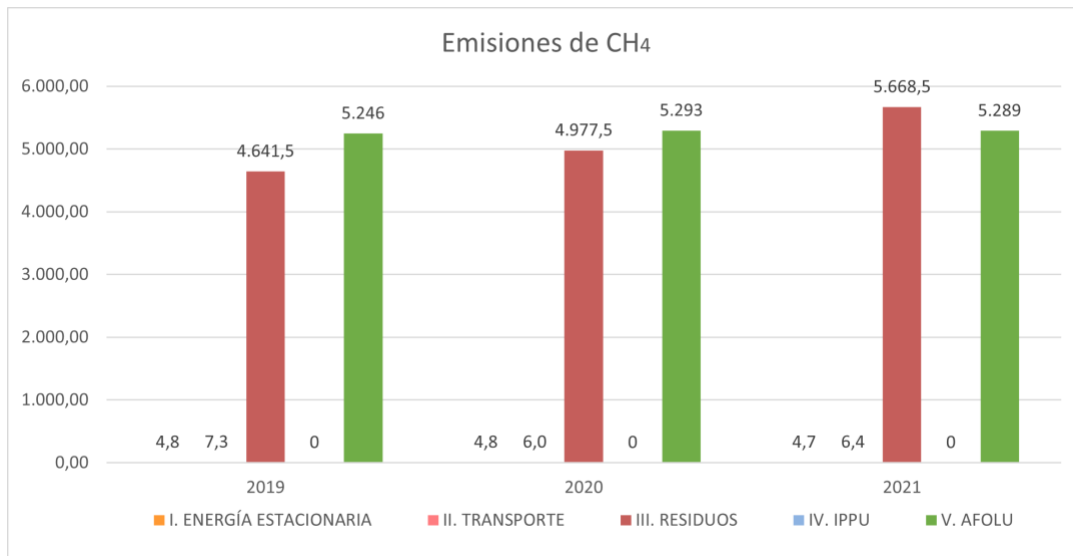


Ilustración 5 Emisiones de CH<sub>4</sub> en toneladas por sector para el periodo 2019-2021

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en cuanto a las emisiones de N<sub>2</sub>O, se observa que el sector AFOLU es quien aporta en promedio el 97,3% de las emisiones de la serie de años estudiada, este valor está directamente relacionado a que la mayor parte de las emisiones de este gas se atribuyen al uso de fertilizantes en las actividades agrícolas. Mientras que los sectores de Energía Estacionaria, Transporte y Residuos reportan valores mínimos, cercanos a cero y con comportamientos estables a lo largo de los años.

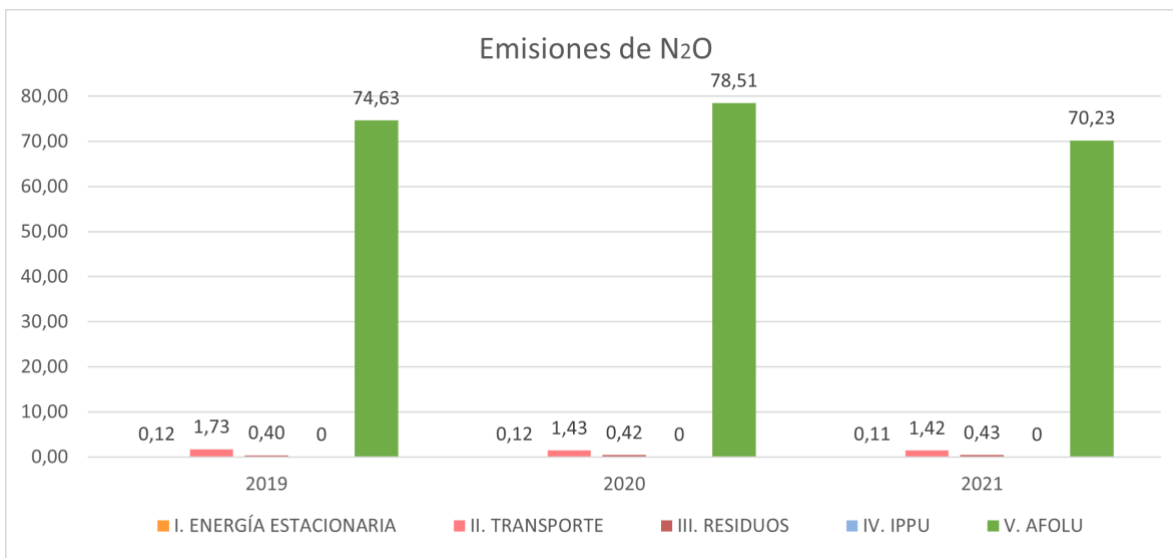


Ilustración 6 Emisiones de N<sub>2</sub>O en toneladas por sector para el periodo 2019-2021

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5 muestra los resultados agregados y desagregados para cada uno de los sectores vinculados y el IGEI total de Villavicencio, en donde, para mayor facilidad de análisis por sectores se abordará el inventario de aquí en adelante, en tCO<sub>2</sub>eq, teniendo en cuenta para cada GEI su potencial de calentamiento con base en el IPCC.

Tabla 5. Reporte IGEI Villavicencio para la serie de años 2019, 2020 y 2021.

FUENTES DE EMISIÓN Y ABSORCIONES DE GEI	AÑO	EMISIONES (tCO <sub>2</sub> eq)			TOTALES	ABSORCIONES (tCO <sub>2</sub> eq)	EMISIONES NETAS (tCO <sub>2</sub> eq)
		Alcance1	Alcance2	Alcance3		TOTALES	
<b>REPORTE TOTAL IGEI VILLAVICENCIO</b>	2019	690.728	157.759	238	848.726	- 8.490	840.236
	2020	646.466	237.785	1.282	885.533	- 50.030	835.504
	2021	649.788	95.494	286	745.569	- 44.266	701.303
<b>I. ENERGÍA ESTACIONARIA</b>	2019	66.349	157.759	-	224.108	NA	224.108
	2020	67.026	237.785	-	304.811	NA	304.811
	2021	64.553	95.494	-	160.047	NA	160.047
<b>I.1. Edificios residenciales</b>	2019	32.399	44.139	-	76.538	NA	76.538
	2020	37.109	59.072	-	96.181	NA	96.181
	2021	34.035	36.017	-	70.052	NA	70.052
<b>I.2. Edificios e instalaciones comerciales e institucionales</b>	2019	18.350	45.273	-	63.623	NA	63.623
	2020	13.637	66.164	-	79.801	NA	79.801
	2021	15.939	28.023	-	43.962	NA	43.962
<b>I.3. Industrias Manufactureras y de la construcción</b>	2019	3.052	68.347	-	71.399	NA	71.399
	2020	1.888	112.548	-	114.436	NA	114.436
	2021	2.693	31.454	-	34.147	NA	34.147
<b>I.5. Agricultura, Silvicultura y Actividades Pesqueras</b>	2019	ND	ND	ND	ND	NA	ND
	2020	ND	ND	ND	ND	NA	ND
	2021	ND	ND	ND	ND	NA	ND
<b>I.6. Fuentes no-especificadas</b>	2019	12.548	-	-	12.548	NA	12.548
	2020	14.392	-	-	14.392	NA	14.392
	2021	11.887	-	-	11.887	NA	11.887
<b>II. TRANSPORTE</b>	2019	325.067	-	NA	325.067	NA	325.067
	2020	269.259	-	NA	269.259	NA	269.259
	2021	256.959	-	NA	256.959	NA	256.959
<b>II.1. Transporte por carretera</b>	2019	325.067	-	NA	325.067	NA	325.067
	2020	269.259	-	NA	269.259	NA	269.259
	2021	256.959	-	NA	256.959	NA	256.959
<b>III. RESIDUOS</b>	2019	131.816	NA	238	132.054	NA	132.054
	2020	140.152	NA	1.282	141.434	NA	141.434
	2021	160.551	NA	286	160.837	NA	160.837





FUENTES DE EMISIÓN Y ABSORCIONES DE GEI	AÑO	EMISIONES (tCO <sub>2</sub> eq)			TOTALES	ABSORCIONES (tCO <sub>2</sub> eq)	EMISIONES NETAS (tCO <sub>2</sub> eq)
		Alcance1	Alcance2	Alcance3		TOTALES	
III.1. Disposición residuos sólidos en tierra	2019	100.088	NA	NA	100.088	NA	100.088
	2020	107.795	NA	NA	107.795	NA	107.795
	2021	122.552	NA	NA	122.552	NA	122.552
III.2. Tratamiento Biológico de Residuos	2019	ND	ND	NA	ND	NA	ND
	2020	ND	ND	NA	ND	NA	ND
	2021	ND	ND	NA	ND	NA	ND
III.3. Incineración	2019	NA	NA	238	238	NA	238
	2020	NA	NA	1.282	1.283	NA	1.283
	2021	NA	NA	286	286	NA	286
III.4. Quema residuos	2019	2.335	NA	NA	2.335	NA	2.335
	2020	1.292	NA	NA	1.292	NA	1.292
	2021	2.348	NA	NA	2.348	NA	2.348
III.5. Aguas residuales domésticas	2019	17.943	NA	NA	17.943	NA	17.943
	2020	18.215	NA	NA	18.215	NA	18.215
	2021	18.377	NA	NA	18.377	NA	18.377
III.6. Vertimientos industriales	2019	11.451	NA	NA	11.451	NA	11.451
	2020	12.849	NA	NA	12.849	NA	12.849
	2021	17.273	NA	NA	17.273	NA	17.273
IV. IPPU	2019	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2020	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2021	ND	NA	NA	ND	NA	ND
IV.1. Procesos Industriales	2019	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2020	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	2021	NA	NA	NA	NA	NA	NA
IV.2. Uso HPF y PFC	2019	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2020	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2021	ND	NA	NA	ND	NA	ND
V. AFOLU	2019	167.497	NA	NA	167.497	- 8.490	159.007
	2020	170.029	NA	NA	170.029	- 50.030	119.999
	2021	167.726	NA	NA	167.726	- 42.266	123.460
V.1. Fermentación Entérica	2019	133.481	NA	NA	133.481	NA	133.481
	2020	134.179	NA	NA	134.179	NA	134.179
	2021	137.208	NA	NA	137.208	NA	137.208
V.2. Gestión de Estiércol	2019	3.129	NA	NA	3.129	NA	3.129
	2020	3.237	NA	NA	3.237	NA	3.237
	2021	3.331	NA	NA	3.331	NA	3.331
V.3. Leña	2019	99	NA	NA	99	NA	99



FUENTES DE EMISIÓN Y ABSORCIONES DE GEI	AÑO	EMISIONES (tCO <sub>2</sub> eq)			TOTALES	ABSORCIONES (tCO <sub>2</sub> eq)	EMISIONES NETAS (tCO <sub>2</sub> eq)
		Alcance1	Alcance2	Alcance3		TOTALES	
	2020	103	NA	NA	103	NA	103
	2021	104	NA	NA	104	NA	104
V.4. Deforestación	2019	732	NA	NA	732	NA	732
	2020	915	NA	NA	915	NA	915
	2021	915	NA	NA	915	NA	915
V.5. Incendios	2019	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2020	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2021	ND	NA	NA	ND	NA	ND
V.6. Tierras Inundadas	2019	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2020	ND	NA	NA	ND	NA	ND
	2021	ND	NA	NA	ND	NA	ND
V.7. Fertilizantes	2019	19.685	NA	NA	19.685	NA	19.685
	2020	20.647	NA	NA	20.647	NA	20.647
	2021	18.427	NA	NA	18.427	NA	18.427
V.8. Frutales	2019	NA	NA	NA	NA	- 7.663	- 7.663
	2020	NA	NA	NA	NA	- 6.409	- 6.409
	2021	NA	NA	NA	NA	- 8.261	- 8.261
V.9. Plantaciones	2019	NA	NA	NA	NA	-	-
	2020	NA	NA	NA	NA	- 57	- 57
	2021	NA	NA	NA	NA	- 1.793	- 1.793
V.10. Sistemas arbóreos	2019	NA	NA	NA	NA	ND	ND
	2020	NA	NA	NA	NA	ND	ND
	2021	NA	NA	NA	NA	ND	ND
V.11. Arbolado Urbano	2019	NA	NA	NA	NA	- 827	- 827
	2020	NA	NA	NA	NA	- 43.563	- 43.563
	2021	NA	NA	NA	NA	- 34.212	- 34.212
V.11b. Restauración	2019	NA	NA	NA	NA	ND	ND
	2020	NA	NA	NA	NA	ND	ND
	2021	NA	NA	NA	NA	ND	ND
V.12. Arroz	2019	10.371	NA	NA	10.371	NA	10.371
	2020	10.947	NA	NA	10.947	NA	10.947
	2021	7.740	NA	NA	7.740	NA	7.740

NA: No Aplica

ND: No Determinado

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Análisis del Reporte Consolidado y por Sectores del IGEl.

Las emisiones netas de GEI en Villavicencio para la serie de años 2019, 2020, 2021 son de 840.236, 835.504 y 701.303 tCO<sub>2</sub>eq respectivamente, lo que equivale a un total de emisiones para los años de estudio de 2.377.043 tCO<sub>2</sub>eq, lo que quiere decir que, en promedio, cada habitante del municipio emitió 1,45 tCO<sub>2</sub>eq-año en el periodo de estudio, y a su vez, se generaron 596,6 tCO<sub>2</sub>eq/Km<sup>2</sup>-año.

Por otra lado, al analizar los resultados obtenidos en cuanto al alcance, se observó que en los tres años analizados, el Alcance 1 tiene la mayor participación, registrando un 81% en 2019, 73% en 2020 y 87% en 2021; respecto al Alcance 2 se tiene un aporte menor, representando el 19% en 2019, 27% en 2020, y el 13% en 2021, mientras que, en cuanto al Alcance 3 es importante mencionar que su aporte no es significativo al tener valores cercanos al 0% en los diferentes años (Ilustración 7). Es importante mencionar que la Guía MADS no tiene en cuenta la totalidad de las fuentes de emisión Alcance 3 como lo son emisiones fugitivas.

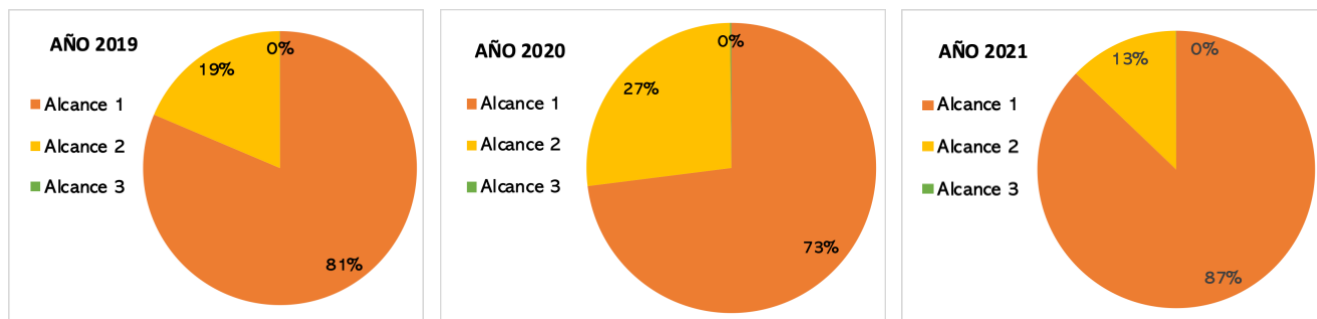


Ilustración 7 Porcentaje de contribución de emisiones por alcance para el periodo 2019 - 2021

**Fuente:** Elaboración propia.

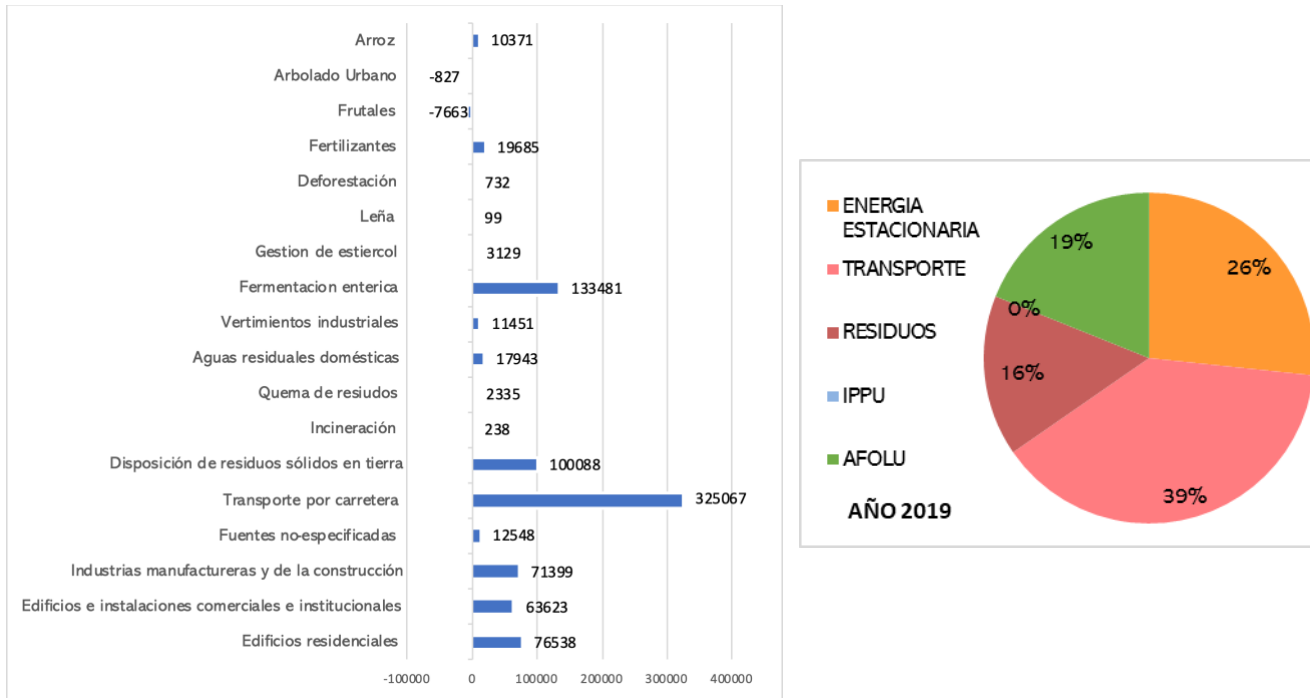
Es importante tener en cuenta los factores externos como la variación en los factores de emisión (FE) de la Electricidad, el cual presenta sus valores más altos para el año 2020 y los más bajos para el año 2021 y se refleja, directamente proporcional, en los resultados obtenidos en el Sector Energía del IGEl, el cual está relacionado directamente con el Alcance 2.

En cuanto a la participación de las emisiones de cada sector en la serie de años estudiada (Ilustración 8, Ilustración 9 e Ilustración 10), se puede observar que en el año 2019, el sector Transporte lidera, representando el 39% de las emisiones de ese año, seguido del sector de Energía Estacionaria con 26%, AFOLU con 19% y Residuos con 16%. Por otro lado, en el año 2020, se registró el mayor aporte por parte del sector de Energía Estacionaria, con una representación del 37%, seguida del sector del Transporte con 32%, Residuos con 17% y AFOLU con 14%; mientras que en el 2021, el sector Transporte recupera la delantera, con una participación del 37%, seguida de los sectores de Energía Estacionaria y Residuos, cada uno con el 23% de participación, y finalmente el sector AFOLU con el 17%.

En cuanto al sector IPPU, no se pudo establecer su contribución en las emisiones del periodo estudiado, sin embargo, debido a que la actividad industrial del municipio no pertenece a las categorías tenidas en cuenta en la herramienta de cálculo de la Guía MADS, no se espera un aporte significativo de este sector.

Las fuentes de emisión de GEI que registraron un aporte significativo con respecto a las demás actividades analizadas en los tres años estudiados, se asocian principalmente al transporte por carretera, la

fermentación entérica por ganadería, la disposición de residuos sólidos en tierra, la industria manufacturera y de la construcción, los edificios e instalaciones comerciales e institucionales y a los edificios residenciales. Lo anterior se puede apreciar en la Ilustración 8, Ilustración 9 e Ilustración 10.



*Ilustración 8 Comportamiento de las emisiones para el año 2019.*

**Fuente:** Elaboración propia.

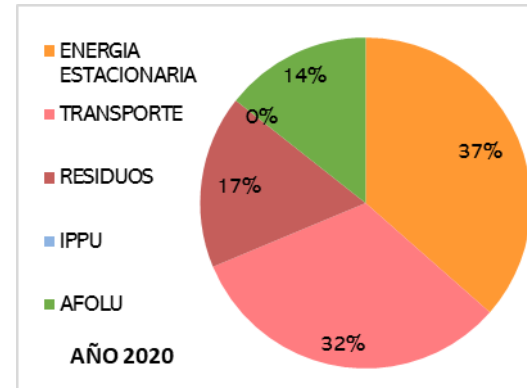
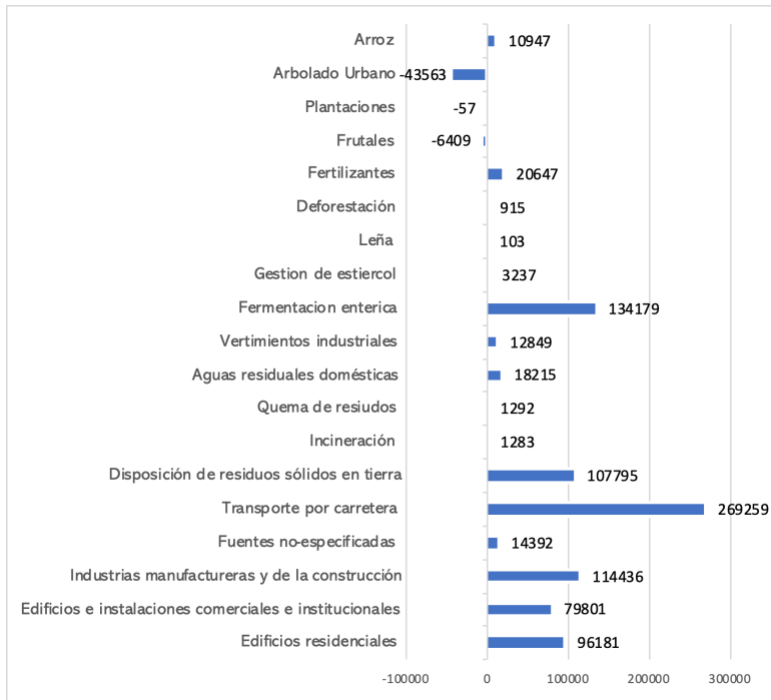


Ilustración 9 Comportamiento de las emisiones para el año 2020

Fuente: Elaboración propia.

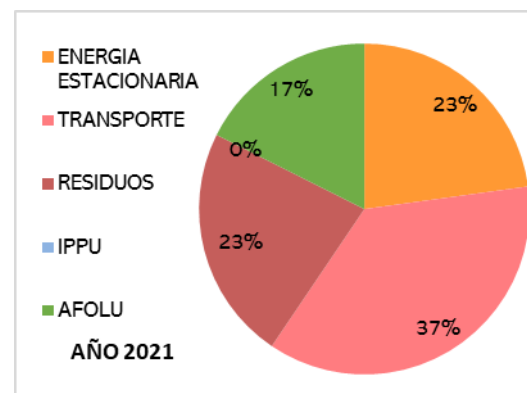
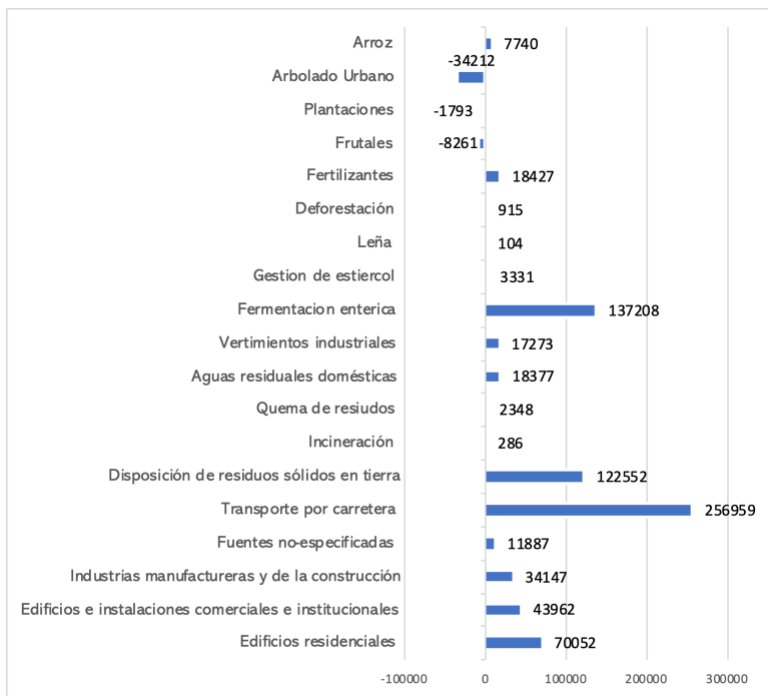


Ilustración 10 Comportamiento de las emisiones para el año 2021

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta la Ilustración 11, la cual muestra el total de emisiones de GEI en cada uno de los Sectores del IGEI para la serie de años estimada, en donde se puede observar que, el sector Transporte reporta una reducción constante a lo largo de los años estudiados, disminuyendo progresivamente 55.808 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020 y 12.300 tCO<sub>2</sub>eq en 2021; en cuanto al comportamiento del sector de Energía Estacionaria, se observaron fluctuaciones significativas, teniendo en cuenta que registra un aumento considerable en el 2020, reportando 80.703 tCO<sub>2</sub>eq más respecto al año anterior, y posteriormente se reducen sus emisiones, disminuyendo su aporte en 144.764 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021. Es importante tener en cuenta que 2020 fue un año atípico debido a la presencia de los picos más altos de la pandemia por COVID 19. Respecto al sector Residuos, se observa un comportamiento más estable en comparación con los sectores anteriores, con una tendencia al aumento de las emisiones, correspondiente a 9.380 tCO<sub>2</sub>eq más en el 2020 y 19.403 tCO<sub>2</sub>eq más en el 2021. Finalmente, en cuanto al sector AFOLU, se observa una disminución de 39.008 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020, y un aumento de 3.461 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021

Dentro del sector IPPU, no se identificó ninguno de los procesos industriales relacionados a la industria de los minerales e industria química, establecidos por la Guía MADS. En el caso de las emisiones provenientes de los equipos de refrigeración y aires acondicionados (RAC) dentro de las edificaciones del gobierno local, no fue posible recolectar la información de datos de actividad requeridos por la Guía MADS, como lo son los inventarios de unidades (instaladas, en operación y eliminadas), y los tipos de refrigerantes usados por estos equipos. Sin embargo, teniendo en cuenta la dinámica del municipio, no se espera que este sector aporte significativamente a las emisiones cuantificadas en el inventario.

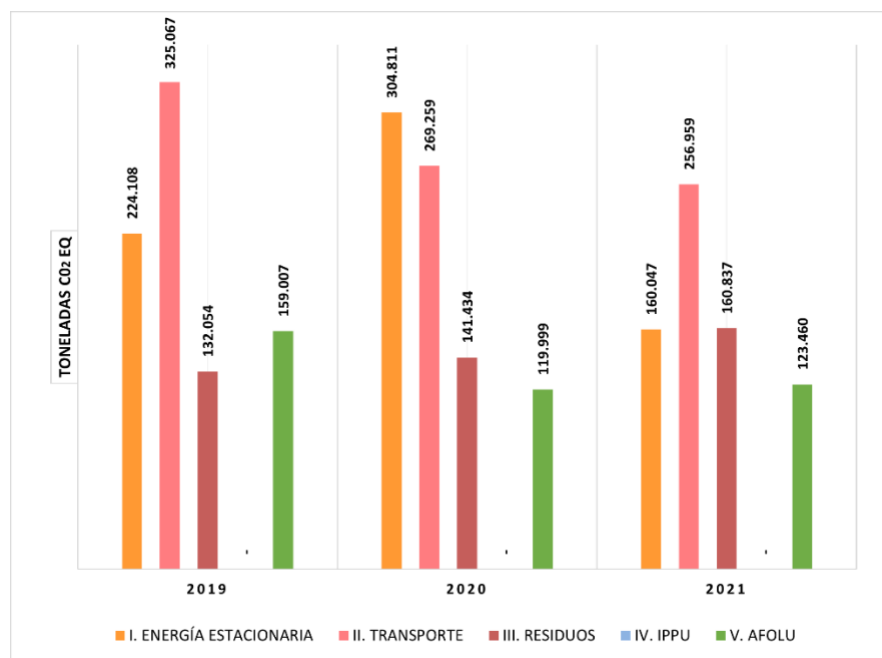


Ilustración 11 Emisiones Netas de cada Sector del IGEI de Villavicencio para la serie de años estimada.

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.1. Sector Energía Estacionaria.

Las emisiones del Sector Energía Estacionaria para la serie de años estimada fueron de 224.108 tCO<sub>2</sub>eq en el 2019, 304.811 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020 y 160.047 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021. En cuanto al comportamiento de cada una de las subcategorías, se observó que, para el caso de los edificios residenciales, éste aportó la mayor cantidad de emisiones en el 2019 con un 34,2%, y en el 2021 con un 43,8%, mientras que en el 2020 registró un 31,6% de las emisiones; en cuanto a la subcategoría de edificios e instalaciones comerciales e institucionales, se obtuvo una representación promedio de 27,3%, a pesar de registrar un aumento de 16.178 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020, y posteriormente una reducción de 35.839 tCO<sub>2</sub>eq. La subcategoría de industrias manufactureras y de la construcción representó el 31,9% de las emisiones del 2019, el 37,5% en 2020 y el 21,3% en 2021. Y finalmente, la subcategoría de fuentes no especificadas ocupa el último lugar, con una participación promedio de 5,9%. Lo anterior se puede apreciar en la Ilustración 12.

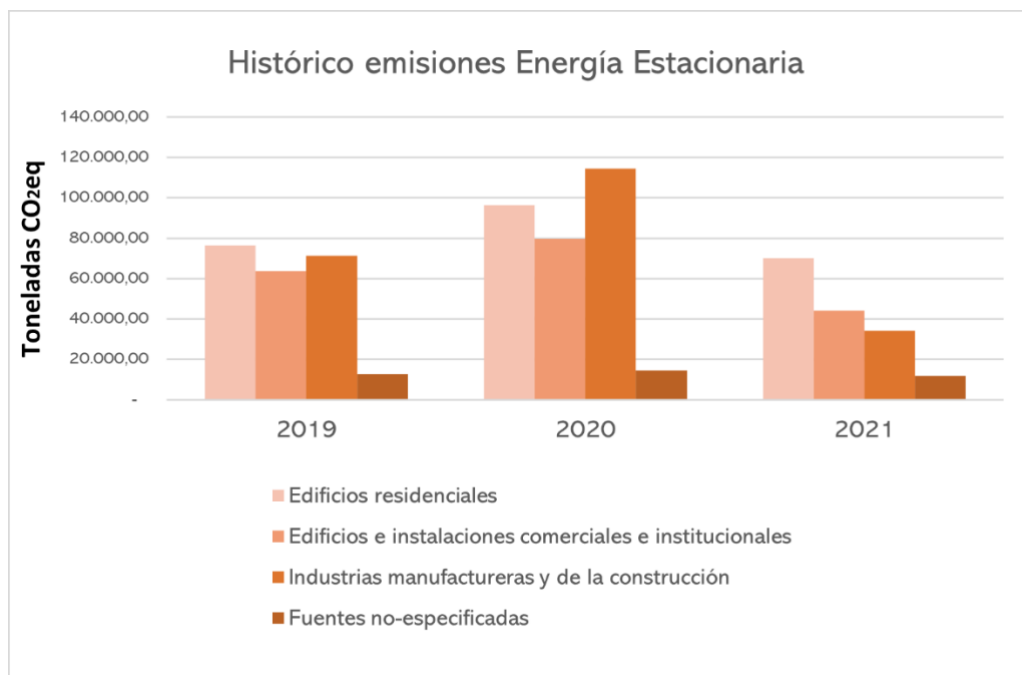


Ilustración 12 Emisiones por subcategoría del Sector Energía Estacionaria.

**Fuente:** Elaboración propia.

En cuanto al comportamiento de las emisiones por tipo de energético en los años de estudio se obtuvo qué, el tipo de energético que aportó la mayor cantidad de emisiones fue la Electricidad, seguido del Gas Natural y finalmente el GLP; a su vez, se evidenció que las emisiones asociadas al uso de Gas Natural y GLP se mantuvieron relativamente estables, con fluctuaciones poco significativas. Por su parte, las emisiones asociadas al uso de la Electricidad tuvieron un comportamiento variable, teniendo en cuenta que en el 2020 se registró un aumento de 58.625 tCO<sub>2</sub>eq respecto al año anterior, y posteriormente, en el 2021 se redujo este valor considerablemente, registrando 114.334 tCO<sub>2</sub>eq menos. Lo anterior se puede apreciar en la Ilustración 13.

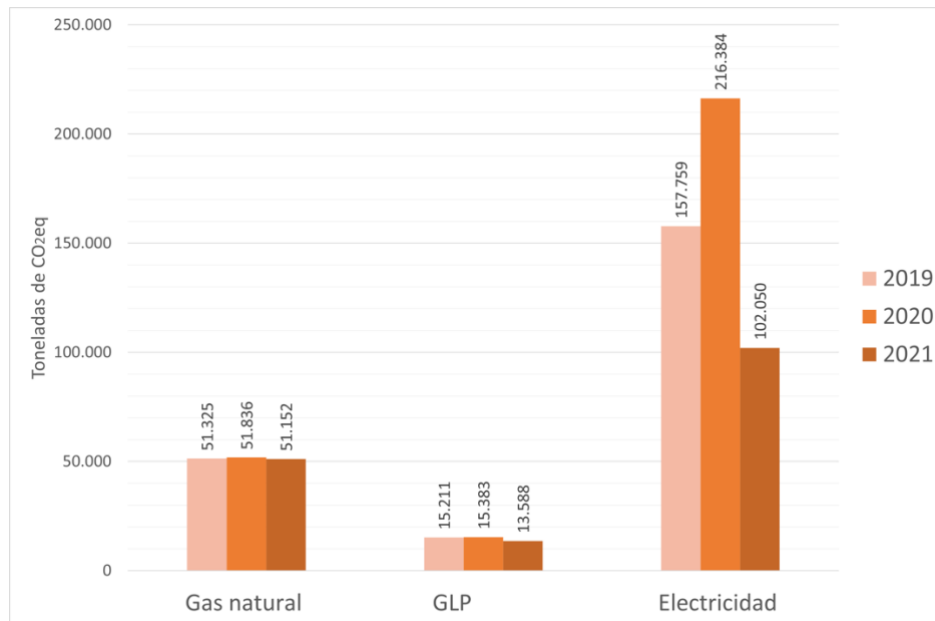


Ilustración 13 Comportamiento de las emisiones por tipo de energético

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.2. Sector Transporte.

Las emisiones netas del Sector Transporte se estiman en 325.067 tCO<sub>2</sub>eq en el 2019, 269.259 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020 y 256.959 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021, correspondiente al transporte por carretera, siendo el año 2019 el que presenta el mayor nivel de emisiones, ya que en el año siguiente se reportó una disminución del 17,16%, y finalmente en el 2021 una reducción del 4,6% respecto al año anterior. La Ilustración 14, la cual se presenta a continuación, refleja gráficamente las cifras anteriormente mencionadas.

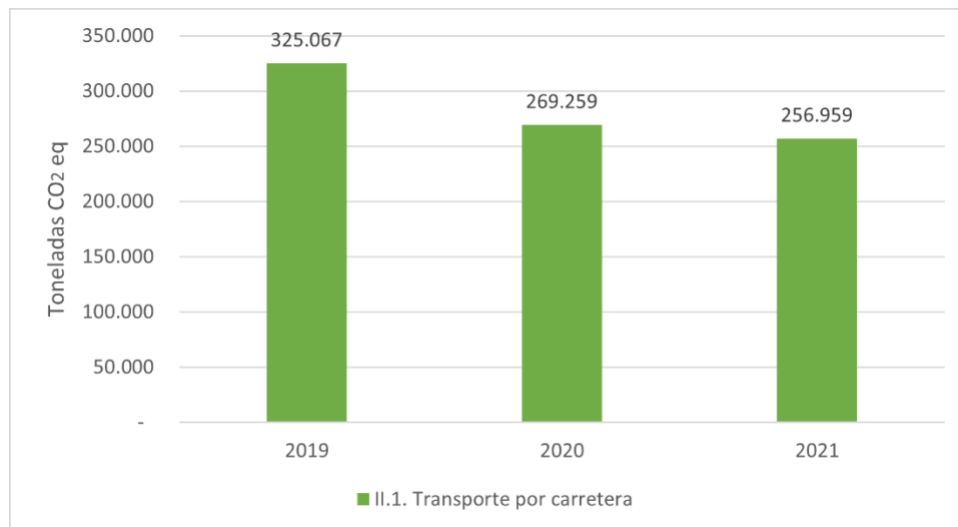
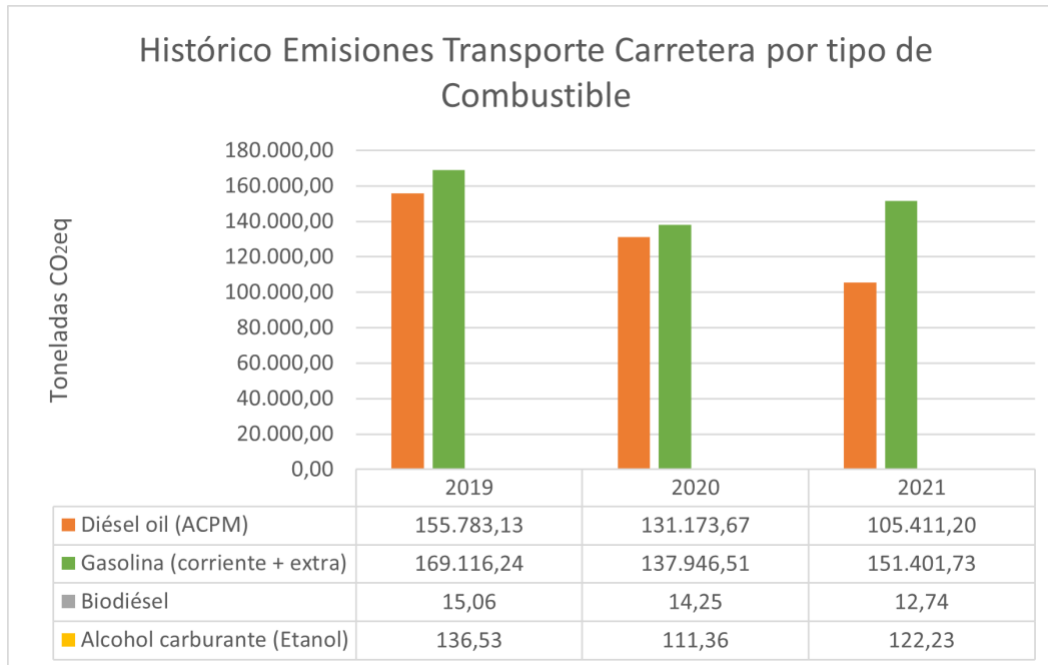


Ilustración 14 Emisiones por subcategoría del Sector Transporte

Fuente: Elaboración propia.



En cuanto al comportamiento de las emisiones por tipo de combustible se obtuvo que para cada uno de los años de estudio, las emisiones asociadas al consumo de Gasolina (corriente + extra) se ubican en el primer lugar, representando en promedio el 54,1% de las emisiones para esos años; en cuanto a las emisiones asociadas al consumo de Diésel oil (ACPM), se observó una disminución constante, representando en promedio el 45,9% de las emisiones; por su parte, el consumo de Alcohol Carburante (Etanol) tiene una representación menor, con el 0,04% en promedio; y finalmente, el consumo de Biodiesel se ubica en último lugar, con una representación constante de 0,005% de las emisiones. Lo anterior se puede apreciar en la Ilustración 15.



*Ilustración 15 Comportamiento de las emisiones por tipo de combustible*

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2.3. Sector Residuos.

Las emisiones netas del Sector Residuos ascienden a 132.054 tCO<sub>2</sub>eq en el 2019, a 141.434 tCO<sub>2</sub>eq en 2020 y a 160.837 en 2021. En términos generales se observa un comportamiento similar en cada una de las subcategorías analizadas a lo largo de los años, en donde se evidencia qué, la subcategoría de disposición de residuos sólidos en tierra es la que tiene el aporte más significativo en los tres años estudiados, teniendo en cuenta que representa en promedio el 76,1% de las emisiones, con un aumento progresivo correspondiente a 7707 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020 y 14757 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021. Por su parte, la subcategoría de aguas residuales domésticas muestra un comportamiento estable, con fluctuaciones poco significativas, aunque tendiendo al aumento, y representa en promedio el 12,6% de las emisiones en el periodo estudiado. La subcategoría de vertimientos industriales tiende a aumentar, incrementando sus emisiones en 1398 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020 y 4424 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021, y representa en promedio el 9,5% de las emisiones de los tres años. En cuanto a la subcategoría de quema de residuos, se observa un comportamiento variable, con una disminución de 1043 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020, y posteriormente el aumento en esa misma medida en el 2021, representando en promedio el 1,4% de las emisiones; mientras qué, la subcategoría de incineración

incrementó su emisión en 2020 con 1045 tCO<sub>2</sub>eq y posteriormente se redujo en 996 tCO<sub>2</sub>eq en 2021, representando el 0,4% de las emisiones en promedio. Lo anterior se puede apreciar en la Ilustración 16.

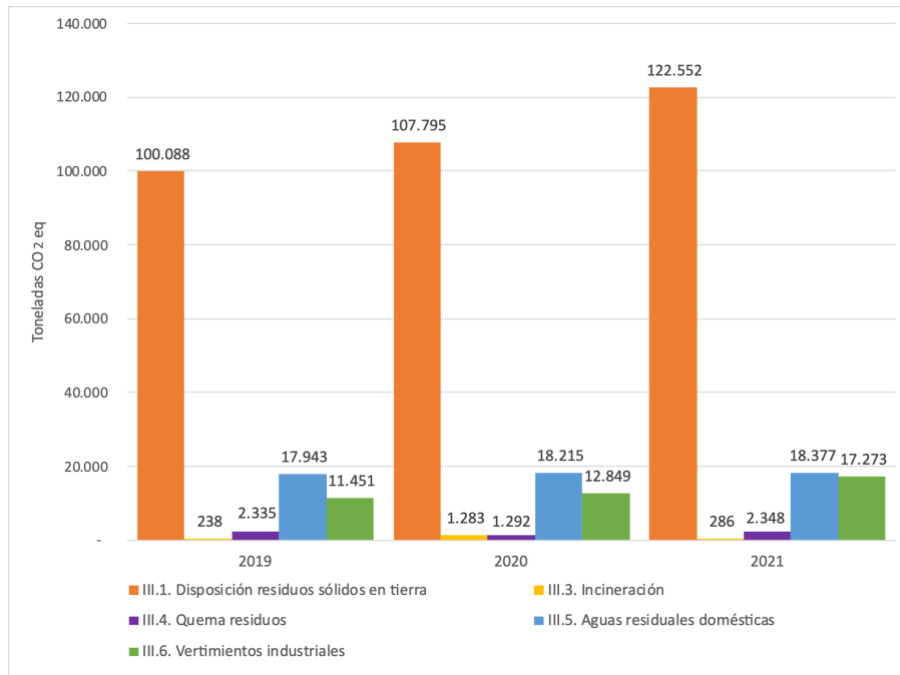


Ilustración 16 Emisiones por subcategoría del Sector Residuos

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.4. Sector IPPU.

En cuanto al sector IPPU, como se manifestó anteriormente, no fue posible determinar su grado de contribución en las emisiones de la serie de años estudiada. A su vez, no se identificó ninguno de los procesos industriales relacionados a la industria de los minerales e industria química, establecidos por la Guía MADS. Sin embargo, se reitera que, de acuerdo con la dinámica de la ciudad, se espera que el aporte de este sector no sea significativo para el inventario.

Así mismo, no fue posible recolectar información asociada a las emisiones de los equipos de refrigeración y aires acondicionados (RAC) dentro de las edificaciones del gobierno local, como lo son los inventarios de unidades (instaladas, en operación y eliminadas), y los tipos de refrigerantes usados por estos equipos.

#### 5.2.5. Sector AFOLU.

Las emisiones netas del Sector AFOLU, único sector del IGEI que tiene en cuenta absorciones de CO<sub>2</sub>, representó un valor de 159.007 tCO<sub>2</sub>eq emitidas en el 2019, 119.999 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020 y 123.460 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021, con absorciones asociadas a cultivos frutales, plantaciones forestales y arbolado urbano, en donde se observa qué, en el caso de cultivos frutales, se registró una absorción de 7.444 tCO<sub>2</sub>eq en promedio; las plantaciones forestales aumentaron significativamente, pasando de absorber 57 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020, a 1.793 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021; mientras que el arbolado urbano tuvo un comportamiento variable, con fluctuaciones significativas, teniendo en cuenta que sus absorciones aumentaron en 42736 tCO<sub>2</sub>eq en el 2020, y posteriormente se redujo su aporte en 9351 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021.

En cuanto al análisis porcentual del comportamiento de las subcategorías que aportan emisiones del sector AFOLU (excluyendo las absorciones), se observa que la subcategoría de fermentación entérica representa el aporte más significativo en cuanto a las emisiones en la serie de años estudiada, teniendo en cuenta la alta actividad pecuaria de la ciudad, con un comportamiento relativamente estable, aunque tendiendo al aumento, representando en promedio el 80,1% de las emisiones. En cuanto al uso de fertilizantes, se observa un comportamiento con fluctuaciones poco significativas, menores al 1,4%, con una representación promedio del 11,6%. En cuanto al cultivo de arroz, se observa un comportamiento estable, aunque se resalta una reducción de 3.207 tCO<sub>2</sub>eq en el 2021, el promedio esta subcategoría representa el 5,7% de las emisiones de los años estudiados. En cuanto a las subcategorías de gestión de estiércol, consumo de leña y deforestación, se tiene una representación mínima y estable, representando en promedio el 1,9%, 0,1% y 0,5% de las emisiones, respectivamente.

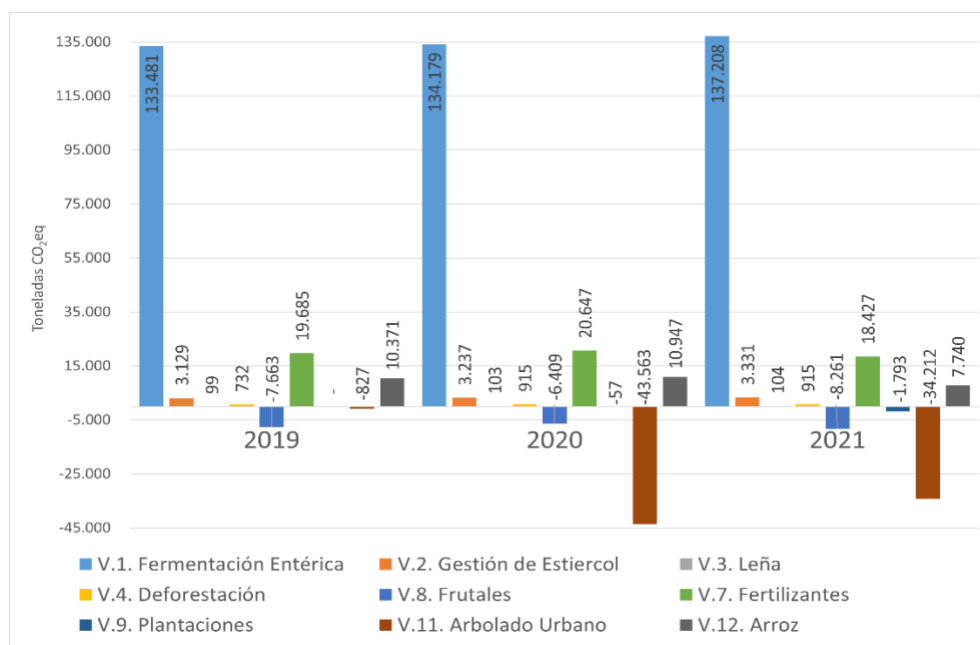


Ilustración 17 Emisiones por subcategoría del Sector AFOLU

**Fuente:** Elaboración propia.

El Sector contiene 12 subcategorías, de las cuales en 6 fue posible cuantificar emisiones totales y en 3 absorciones totales. Para las categorías de absorciones, no se encontró disponibilidad de datos en las entidades municipales, por lo que fue necesario consultar bases de datos departamentales y nacionales. Por esta razón, se recomienda al municipio establecer nuevos mecanismos de control y manejo de esta información para cuantificar de una manera exhaustiva las absorciones de CO<sub>2</sub>.

## 6. ESCENARIO DE REFERENCIA DE EMISIONES Y ABSORCIONES, VILLAVICENCIO.

También conocido como escenario BAU (Business as usual), trata de la proyección de las emisiones futuras de GEI si se continua con las tendencias actuales bajo la premisa que no se tomen medidas adicionales para su mitigación en el municipio, reconociendo que las emisiones no son estáticas en el tiempo y que están sujetas a condiciones históricas, de mercado y a las tecnologías disponibles.

Este escenario se convierte en una herramienta útil para ayudar a la Administración Municipal a comprender las implicaciones del crecimiento económico y del desarrollo en términos de emisiones de GEI y para desarrollar políticas y estrategias que conduzcan a su mitigación. Se construye a través de la identificación de factores clave que impulsan las emisiones de GEI, como el crecimiento económico, la población, el uso de energía, la producción industrial y el transporte y se calcula por medio de la inserción de supuestos (o Drivers de Crecimiento, para el caso del BAU) sobre cómo evolucionarán las emisiones calculadas en el IGEI, principalmente variables como el crecimiento económico, el uso de energía y el crecimiento poblacional, en el futuro.

Con el fin de realizar un ejercicio de prospección de los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero (IGEI) con un horizonte de tiempo hasta el año 2050 se realizó la selección de parámetros de proyección o “Drivers de crecimiento” que confluyeran de las fuentes seleccionadas en ejercicios como el Inventario Nacional o las Actualizaciones y Reportes Bienales (BUR) desarrollados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), a continuación, se referencian las fuentes seleccionadas para cada uno de los sectores que conforman el cálculo.

Tabla 6. Drivers de crecimiento utilizados para la construcción del Escenario de Referencia Villavicencio 2050

Sector	Subsector Categoría	Fuente	Valor DRIVER	Referencia
I. ENERGÍA ESTACIONARIA	I.1. residencial	Energía eléctrica nacional (promedio)	2.8%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		Gas Natural - consumo residencial institucional	0.5%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		ACPM	0.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		Gasolina	1.3%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		Jet fuel	5.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		GLP (promedio)	2.2%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		I2 y I5 Comercial Oficial e institucional	Energía eléctrica nacional (promedio)	2.8%
	Gas Natural - consumo residencial institucional		0.5%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	ACPM		0.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	Gasolina		1.3%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	Jet fuel		5.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	GLP (promedio)		2.2%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	I4 Industrias de la energía		Energía eléctrica - Generación distribuida (promedio)	-0.1%
		Gas natural - generación de energía	15.4%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
II. TRANSPORTE	II.1 Transporte por carretera	Vehículos eléctricos (Promedio)	0.4%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		Gas Natural - transporte	2.3%	Informe proyección demanda energéticos - UPME



Sector	Subsector Categoría	Fuente	Valor DRIVER	Referencia
		ACPM	0.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		Gasolina	1.3%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
		GLP (Promedio)	2.2%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	II.2. Ferroviario	ACPM	0.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	II.3. Fluvial	ACPM	0.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
	II.4. Aéreo	Jet fuel	5.9%	Informe proyección demanda energéticos - UPME
III. RESIDUOS	Crecimiento económico escenario R1		4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p. 22
	Crecimiento demográfico según DANE		0.4%	Crecimiento Demográfico. DANE 2018 (censo)-Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p22
IV. IPPU	Crecimiento sector IPPU		4.56%	Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia- P.167
		Ganadería porcinos	1.5%	Fenavi-Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p 111
		Ganadería - aves	4.0%	Pokcolombia-Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p 111
		Ganadería bovina	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería búfalos	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería Ovinos	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería caprinos	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
V. AFOLU	V1. Ganadería - V2. gestión de estiércol	Ganadería caballos	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería mulas y asnos	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería bovina	-5.5%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R3- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería búfalos	-5.5%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R3- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería Ovinos	-5.5%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R3- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia



Sector	Subsector Categoría	Fuente	Valor DRIVER	Referencia
		Ganadería caprinos	-5.5%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R3- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
		Ganadería caballos	-5.5%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R3- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia
	V.3. USO DE LEÑA	Crecimiento demográfico según DANE	0.4%	Crecimiento Demográfico. DANE 2018 (censo)-Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p22
	V.4 y 11b Deforestación	Deforestación Amazonia	-0.2%	Nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC
		Deforestación Andes	-0.1%	Nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC
		Deforestación Caribe	-0.1%	Nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC
		Deforestación Orinoquia	-0.1%	Nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC
		Deforestación Pacífico	-0.1%	Nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia para pago por resultados de REDD+ bajo la CMNUCC
	V.6 TIERRAS INUNDADAS	Nivel de referencia forestal - Colombia	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p. 22
	PLANTACIONES FORESTALES	Nivel de referencia forestal - Colombia	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p. 22
	V.5 INCENDIOS	Nivel de referencia forestal - Colombia	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p. 22
	V.7 FERTILIZANTES	Nivel de referencia forestal - Colombia	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p. 22
	V.8 FRUTALES	Nivel de referencia forestal - Colombia	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p. 22
	V.10 y V11 Sistemas de arbolado y arbolado urbano	Nivel de referencia forestal - Colombia	4.0%	Proyecciones del PIB sectorial modelo MEG4C 2020-2030 para escenario R1- Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referencia p. 22

**Fuente:** Elaboración propia.

Dichos drivers fueron utilizados con el fin de evidenciar el crecimiento de cada uno de los sectores que conforman el inventario de GEI de Villavicencio y su utilización puede ser evidenciada en la pestaña “Cálculos BAU” de la herramienta de cálculo entregada a la ciudad.

A nivel nacional se ha avanzado en el desarrollo de Drivers de Crecimiento para sectores y subsectores del INGEI con los cuales se estableció la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, siglas en inglés), asimismo, algunos sectores han desarrollado Drivers para algunas de las regiones. La tabla 6 a continuación, muestra la estimación del escenario de referencia de Villavicencio.

Tabla 7. Estimación Escenario de Referencia Villavicencio 2050

SECTORES IGEI	AÑO BASE	ESCENARIO DE REFERENCIA (tCO <sub>2</sub> eq)						
	2021	2023	2025	2030	2035	2040	2045	2050
I. ENERGIA ESTACIONARIA	160.047	217.750	227.435	253.954	284.145	318.539	357.738	402.437
II. TRANSPORTE	256.959	286.144	292.686	309.718	327.765	346.888	367.153	388.630
III. RESIDUOS	160.837	163.746	166.429	173.572	181.749	191.179	202.125	214.905
IV. IPPU	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
V. AFOLU	123.460	134.402	145.797	177.026	214.999	261.182	317.353	385.672
<b>EMISIONES NETAS TOTALES</b>	<b>701.303</b>	<b>802.042</b>	<b>832.347</b>	<b>914.269</b>	<b>1.008.658</b>	<b>1.117.788</b>	<b>1.244.369</b>	<b>1.391.644</b>

Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones netas del municipio de Villavicencio proyectan un crecimiento del 30% al año 2030 y del 98% al año 2050 con un total de emisiones netas de 1.391.644 tCO<sub>2</sub>eq para este mismo año. Al respecto, es importante mencionar que, para alinear objetivos a nivel municipal con los objetivos a nivel nacional, el municipio debe reducir el 51% de sus emisiones para el año 2030, lo que equivaldría, según la estimación realizada en el presente reporte, a un total de 466.277 tCO<sub>2</sub>eq-año, aproximadamente el 66,48% de las emisiones estimadas con los datos de actividad del año 2021. La Ilustración 18 muestra el comportamiento de cada uno de los sectores del IGEI de Villavicencio.

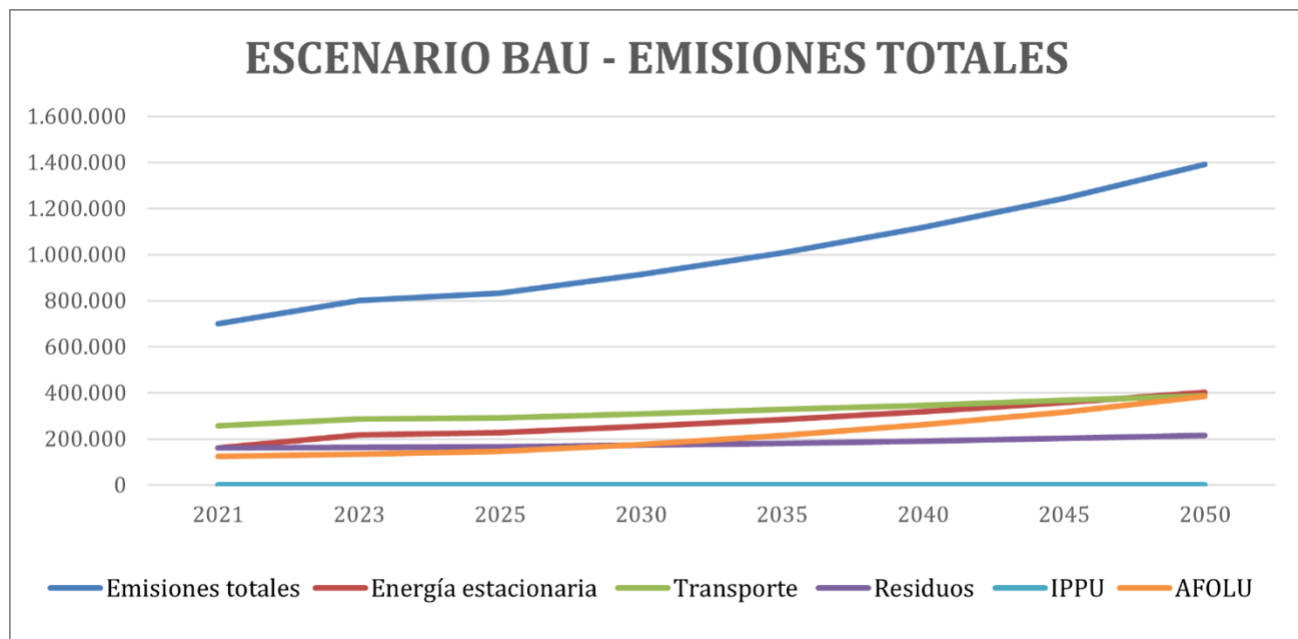


Ilustración 18. Escenario de Referencia de Emisiones Totales y por Sectores de Villavicencio.

Fuente: Elaboración propia.



Financiado por  
la Unión Europea



Finalmente, el Sector de Energía Estacionaria es el que presenta el mayor crecimiento según lo proyectado, representando a 2050 el 29% de las emisiones totales, seguido de los sectores de Transporte y AFOLU representando un 28% de las emisiones del mismo año para cada uno, y finalmente, el sector residuos representa el 15%. Con base a esto los sectores de Energía Estacionaria, AFOLU y Transporte es donde se deberían concentrar los esfuerzos con estrategias de mitigación de emisiones para cumplir con las metas nacionales e internacionales de reducción de emisiones. En particular para el sector AFOLU es trascendental que la entidad municipal lleve un control estricto cada año de las hectáreas de árboles sembrados para no subestimar las absorciones de CO<sub>2</sub> y así estimar con mayor certeza los aportes en emisiones de este sector.





Financiado por  
la Unión Europea



## BIBLIOGRAFÍA

- MADS. (2021). *Guía para la Elaboración o Actualización de Inventarios de Emisiones de GEI en Ciudades Colombianas*. BOGOTÁ D.C.
- IDEAM. (2018). *Informe de Inventario Nacional de GEI de Colombia (BUR 2)*.
- IDEAM. (2017). *Tercera comunicación ante la CMNUCC*.
- World Resources Institute. (. (2014). *Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto a Escala Comunitaria*.
- Departamento Nacional de Planeación. (01 de 03 de 2023). *Terridata*. Obtenido de <https://terridata.dnp.gov.co/>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (01 de 03 de 2021). *Sistema Único de Información*. Obtenido de <http://sui.superservicios.gov.co/Reportes-del-Sector/Energia>
- Universidad de los Andes. (2020). *Informe sobre el desarrollo y los supuestos para la realización de escenarios de referenci*.
- IDEAM. (2020). *Propuesta de Nivel de referencia de las emisiones forestales por deforestación en Colombia*.
- UPME. (2021). *Proyección de demanda de energía eléctrica, gas natural y combustibles líquidos 2022-2036*.
- DNP, D. (2019). *Atlas de la aglomeración de Villavicencio*.
- DANE. (2021). Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/210310-InfoDane-Villavicencio-Meta.pdf>
- Minagricultura. (2021). *AgroNet: EVA Agrícola y Pecuaria*. Obtenido de <https://www.agronet.gov.co/estadistica/paginas/home.aspx?cod=59>
- IDEAM. (2021). *REGISTRO ÚNICO AMBIENTAL PARA EL SECTOR MANUFACTURERO (RUA Manufacturero)*.