

**Evaluación de la huella de carbono en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel
en Mocoa, Putumayo, mediante la aplicación de la norma ISO 14064-1:2006 y el GHG
Protocol.**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas
Programa: Ingeniería Ambiental**

Meily Dayana Rodriguez Gómez

Dayana Nayerly Rosero Portilla

asesor:

Davinson Alexander Moncayo Delgado

Mocoa, Putumayo

2026

Agradecimientos

Agradecemos principalmente a Dios quien nos dio la vida y la sabiduría para la realización de la presente tesis; a nuestra familia, porque, con su ejemplo lograron ser la columna principal y fundamental en nuestra vida, por impulsarnos a ser mejores cada día y sacar lo mejor de nosotras para dar; a nuestro asesor, Davinson Moncayo por su dedicación, paciencia, responsabilidad y por compartir su conocimiento con nosotras, a nuestro jurado, Juan Revelo por aceptarnos y aportarnos sus conocimientos y finalmente, darle gracias a la Institución Universitaria del Putumayo por darnos la oportunidad de graduarnos como Ingenieras en ingeniería ambiental.

Dedicatoria

A nuestros padres por ser el apoyo económico y emocional incondicional ante esta etapa que estamos culminado, ellos se merecen esto y más por estar siempre presentes y atentos ante nuestras peticiones.

Contenido

Resumen.....	10
Introducción	12
Planteamiento del problema.....	14
Objetivos	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos	17
Marco Referencial.....	18
Antecedentes de la investigación	18
Antecedentes Internacionales.....	18
Antecedentes Nacionales	19
Antecedentes Locales.....	20
Marco Teórico.....	20
Teoría de la cuantificación de la huella de carbono.....	20
Enfoque metodológico ISO 14064-1 y GHG Protocol	21
Enfoque de análisis de ciclo de vida (ACV).....	21
Enfoque híbrido de medición de la huella de carbono.....	22
Fuentes de emisión de GEI en estaciones de servicio.....	22
Factores de emisión y cuantificación de GEI	23
Relación entre huella de carbono y gestión ambiental.....	23

Marco conceptual.....	23
Huella de carbono	23
Gases de efecto invernadero (GEI)	24
Dióxido de carbono equivalente (CO ₂ -eq).....	24
Clasificación de emisiones organizacionales.....	24
Factores de emisión.....	25
Inventario de emisiones de GEI.....	25
Emisiones directas e indirectas	25
Consumo energético y emisiones.....	25
Emisiones fugitivas.....	26
Gestión de residuos y emisiones	26
Eficiencia energética.....	26
Mitigación del cambio climático	26
Marco contextual	27
Contexto geográfico.....	27
Contexto ambiental	27
Contexto económico y sectorial.....	28
Contexto institucional y empresarial	30
Contexto de la investigación.....	30
Marco Legal	32

Metodología	34
Enfoque de la investigación	34
Tipo y diseño de investigación	34
Área de estudio	34
Población y muestra	35
Fases metodológicas	35
Fase 1. Identificación de fuentes de emisión de GEI.....	35
Fase 2. Cuantificación de la huella de carbono.....	36
Fase 3. Comparación del desempeño ambiental	36
Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
Procesamiento y análisis de la información.....	37
Consideraciones éticas	38
Resultados	39
Identificación de fuentes de emisión de GEI	39
Cálculo de la Huella de Carbono	40
Generación de Residuos Sólidos.....	41
Consumo de Energía Eléctrica.....	47
Emisiones por consumo de combustibles fósiles.....	51
Emisiones por consumo de agua.....	56
Medición de la huella de carbono asociada al consumo de agua.....	59

Análisis de la huella de carbono asociada al consumo de agua	60
Discusión.....	62
Recomendaciones	64
Conclusiones	65
Referencias.....	67
Anexos	70

Lista de Tablas

Tabla 1. Marco Legal Internacional y Nacional	32
Tabla 2. Inventario de fuentes de emisión de GEI.....	39
Tabla 3. Caracterización de residuos sólidos ES Terpel Mocoa.....	42
Tabla 4. Caracterización de residuos sólidos ES La Reserva	44
Tabla 5. Medición de huella de carbono por residuos sólidos	45
Tabla 6. Medición de huella de carbono energía eléctrica E.S Terpel Mocoa	48
Tabla 7. Medición de huella de carbono energía eléctrica E.S La Reserva	49
Tabla 8. Medición de la huella de carbono por combustibles fósiles – E.S. Terpel Mocoa	52
Tabla 9. Medición de la huella de carbono por combustibles fósiles – E.S. La Reserva	53
Tabla 10. Consumo de agua – E.S. Terpel Mocoa.....	58

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de ubicación de Mocoa, departamento del Putumayo.....	27
Figura 2. Estación de servicio Terpel Mocoa	29
Figura 3. Estación de Servicio La Reserva	30
Figura 4. Comparación de la huella de carbono por tipo de residuo, E.S. La Reserva y Terpel .	47
Figura 5. Comparación de la huella de carbono por consumo eléctrico estaciones de servicio ..	50
Figura 6. Comparación de emisiones de CO ₂ por consumo de combustibles E.S. La Reserva y Terpel Mocoa	54
Figura 7. Huella de carbono asociada al consumo de agua	60
Figura 8. Recibo de Energía E.D.S. Texaco Terpel Mocoa.....	70
Figura 9. Caracterización de residuos sólidos E.D.S. Texaco Terpel Mocoa.....	70
Figura 10. Punto ecológico EDS Terpel Texaco Mocoa	71
Figura 11. Pesaje de Residuos	71
Figura 12. Recibo de energía EDS. la Reserva.....	72
Figura 13. Caracterización de residuos sólidos EDS. la Reserva	73

Resumen

El sector de distribución representa una fuente relevante de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debido a sus actividades operativas de almacenamiento, Comercialización y servicios complementarios esta investigación evaluó y comparó la huella de carbono a la estación de servicio la Reserva y Terpel Mocoa, Putumayo, durante el periodo de septiembre del 2025 a enero el 2026, aplicándolo lineamientos de la norma ISO 140064-1:2006 y el GHG Protocol. Mediante un enfoque cualitativo y diseño no experimental se identificaron fuentes de emisión directa e indirectas, se recopilaron datos de actividad y se aplicaron fuentes de emisión del IPCC, IDEAM y UPME. Los resultados evidenciaron que el consumo de combustible fósiles contribuye a la principal fuente de emisiones de ambas estaciones (4016,223 kg CO₂-eq en Terpel y 3631,082 kg CO₂-eq en La Reserva) seguido por los residuos peligrosos (132,50 y 165,00 kg CO₂-eq, respectivamente) y el consumo eléctrico. La E.D.S Terpel mostro mayor intensidad en emisiones por comercialización de gasolina, mientras que la E.D.S la Reserva registró una mayor impacto asociada a la gestión de residuos peligrosos y consumo hídrico, Se concluye que la cuantificación bajo estándares internacionales permite establecer líneas base ambientales confiables, e identificar hotspots de emisión y priorizar estrategias de mitigación como la gestión integral de recibos peligrosos eficiencia energética y sistemas de recirculación circulación de agua. Este estudio aporta información técnica para la toma de decisiones y la transición hacia modelos operativos sostenibles en sector de estaciones de servicio de la región amazónica.

Palabras clave: Huella de carbono, ISO 14064-1, GHG Protocol, gases de efecto invernadero, estaciones de servicio, Putumayo.

Abstract

The fuel distribution sector represents a significant source of greenhouse gas (GHG) emissions due to operational activities related to storage, commercialization, and ancillary services. This study evaluated and compared the carbon footprint of the La Reserva and Terpel service stations in Mocoa, Putumayo, during the period from September 2025 to January 2026, applying the guidelines of ISO 14064-1:2006 and the GHG Protocol. Through a quantitative approach and non-experimental design, direct and indirect emission sources were identified, activity data were collected, and emission factors from the IPCC, IDEAM, and UPME were applied. Results showed that fossil fuel consumption is the primary emission source in both stations (4,016,223 kg CO₂-eq for Terpel and 3,631,082 kg CO₂-eq for La Reserva), followed by hazardous waste (132.50 and 165.00 kg CO₂-eq, respectively) and electricity consumption. Terpel exhibited higher emissions intensity due to gasoline sales, whereas La Reserva showed a greater impact associated with hazardous waste management and water consumption. It is concluded that quantification under international standards enables the establishment of reliable environmental baselines, identifies emission hotspots, and prioritizes mitigation strategies such as integrated hazardous waste management, energy efficiency, and water recirculation systems. This study provides technical insights to support decision-making and the transition toward sustainable operational models in the service station sector within Amazonian regions.

Keywords: Carbon footprint, ISO 14064-1, GHG Protocol, greenhouse gases, service stations, Putumayo.

Introducción

En las últimas décadas, el cambio climático se ha consolidado como una base de los principales problemas ambientales a nivel global, lo que han impulsado la necesidad de cuantificar y gestionar las emisiones de gases de efecto invernaderos (GEI) en distintos sectores productivos. En este contexto la medición de la huella de carbono se ha convertido en una herramienta clave para evaluar el impacto ambiental de las actividades humanas y orientara en la toma de decisiones más sostenibles (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2021).

El sector de distribución de combustibles representa una fuente relevante de emisiones, debido a las actividades asociadas al almacenamiento, manejo y comercialización de productos derivados del petróleo. En particular, las estaciones de servicios contribuyentes sistemas operativos donde convergen diversas fuentes de emisión, tanto directas como indirectas, tales como el consumo de combustibles, el uso de energía eléctrica, la operación de equipos y la generación de residuos sólidos (World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development [WRI y WBCSD], 2004).

Bajo este enfoque, la presente investigación se orienta a la determinación y comparación de la huella de carbono en dos estaciones de servicio ubicadas en el municipio de Mocoa, mediante la aplicación de lineamientos establecidos en la ISO 14064-1. Este proceso permite identificar las principales fuentes de emisión y cuantificar soporte en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq), proporcionando una base técnica para el análisis ambiental.

Para el desarrollo del estudio, se llevó a cabo una recopilación de datos de actividad asociados a diferentes categorías de emisión incluyendo, consumo de combustible, energía eléctrica, y generación de recibos sólidos. Posteriormente se aplicaron factores de emisión reconocidos a nivel nacional e internacional, con el fin de estimar las emisiones generadas en

cada sesión y estructurar un inventario de gases de efecto invernadero acorde con las metodologías estandarizadas (IDEAM, 2018).

En este sentido, los resultados obtenidos permiten no solo establecer una comparación entre las estaciones evaluadas, sino también identificar oportunidades de mejora en términos de eficiencia energética, gestión de recursos y reducción de emisiones, contribuyendo así al fortalecimiento de las prácticas ambientales sostenibles dentro del sector.

Planteamiento del problema

El cambio climático se ha consolidado como una de las problemáticas ambientales más relevantes a escala global debido al aumento progresivo de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, entre los cuales se destacan el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitro (N_2O). Este fenómeno está estrechamente vinculado con actividades entrópicas como la quema de combustibles, el transporte y el consumo energético, ámbitos en los que las estaciones de servicio cumplen con una función clave dentro de la cadena del suministro (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Con el propósito de enfrentar esta problemática, se han desarrollado herramientas lógicas reconocidas a nivel internacional, como la norma ISO 14064-1:2006 y el GHG Protocol, las cuales establecen lineamientos técnicos para la cuantificación, reporte y gestión de emisiones de GEI en organizaciones. Estas metodologías permiten identificar las fuentes de emisiones y estimar su magnitud y definir acciones orientadas a la mitigación, asegurando su transferencia comparabilidad de los resultados obtenidos. (World Resources Institute y World Business Council for Sustainable Development [WRI y WBCSD], 2004; ISO, 2006).

En el contexto colombiano, la implementación de estas metodologías está respaldada por los instrumentos normativos como la ley 1931 del 2018 y la resolución 1447 del 2018, que promueven la medición, reporte y verificación de emisiones como parte de la gestión del cambio climático en los sectores productivos (Congreso de Colombia, 2018; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018).

No obstante, a pesar de este marco normativo, la adopción de prácticas de medición de la huella de carbono en el sector empresarial continúa siendo limitada, diversos reportes indican

que sólo una proporción reducida de las empresas en el país implementa este tipo de metodologías, la cual evidencia una brecha significativa entre la disposición normativa y la aplicación efectiva de escenarios reales (Portafolio, 2023).

En el Municipio de Mocoa, departamento del Putumayo, esta situación se manifiesta en el sector de distribución de combustibles, donde las estaciones de servicio representan fuentes potenciales de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas principalmente al consumo energético, la manipulación de combustibles y la generación de residuos sólidos (EPA, 2021). Sin embargo, no existen estudios técnicos que permiten cuantificar y comparar dichas emisiones en este tipo de establecimientos.

De esta manera específica las estaciones de servicio la Reserva y Terpel, ubicadas en Mocoa y considerados puntos estratégicos para el establecimiento combustibles no cuenta con información sistematizada sobre la huella de carbono bajo estándares internacionales. Esta carencia de estudios comparativos limita la identificación de diferencias en su desempeño ambiental, dificultado de la formulación de estrategias de reducción de emisiones, la optimización en el uso de recursos y la toma de decisiones fundamentadas en evidencia técnica.

Adicionalmente, La falta de información impide que este tipo de actividades contribuyan de manera efectiva a los compromisos climáticos asumidos por el país, especialmente en regiones de alta importancia ambiental como el Putumayo, caracterizando por su biodiversidad y su vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático (Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, 2022; IDEAM et al., 2017).

En este sentido se hace necesario desarrollar una investigación orientada a la cuantificación y comparación de la huella de carbono en la estación de servicio La Reserva y Terpel, mediante la aplicación de metodología reconocidas internacionalmente, con el propósito

de generar información técnica confiable y que contribuye al fortalecimiento de la región ambiental empresarial y el desarrollo sostenible del territorio

Pregunta de investigación

¿cuál es la diferencia entre la huella de carbono generada en la estación de servicio La Reserva y Terpel durante el período de estudio bajo los lineamientos ISO 14064-1:2006 y el GHG Protocol?

Objetivos

Objetivo general

Evaluar la huella de Carbono en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel Mocoa, mediante la aplicación de la norma ISO 14064-1:2006 y el GHG Protocol.

Objetivos específicos

- Determinar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel, de acuerdo con los alcances 1, 2 y 3 establecidos en la norma ISO 14064-1:2006.
- Calcular la huella de carbono generada en cada estación de servicio durante el periodo de estudio, mediante la recopilación de datos de actividad y la aplicación de factores de emisión reconocidos.
- Comparar los niveles de emisión de GEI entre ambas estaciones de servicio, con el fin de identificar diferencias en su comportamiento ambiental.

Marco Referencial

Antecedentes de la investigación

Antecedentes Internacionales

A nivel internacional la medición de huella de carbono ha sido ampliamente abordada con una herramienta clave para la gestión ambiental en organización y sectores productivos. .

Wiedmann y Minx (2008) definieron la huella de carbono como un indicador integral de las emisiones de GEI asociadas a actividades humanas, destacando su utilidad en la toma de decisiones ambientales. Su estudio constituye uno de los referentes conceptuales más importantes en este campo

Por su parte, World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development (2004) Desarrollaron el GHG protocolo establecimiento una metodología estandarizada para la cuantificación de emisiones de GEI en organizaciones, ampliamente adoptada a nivel global. Así mismo, Intergovernmental Panel on Climate Change (2006)

Proporcionar directrices técnicas para la oración de inventarios de EI consolidando factores de invasión utilizados en múltiples estudios.

En el ámbito aplicado, Hertwich y Peters (2009) analizaron las emisiones globales desde la perspectiva de consumo, demostrando la importancia de considerar cadenas de suministro completas en la huella de carbono.

Por otro lado, Wood et al. (2018) implementaron informes sobre huella de carbono corporativa a gran magnitud, logrando evidenciar la relevancia de incluir datos económicos y ambientales para mejorar la precisión de los cálculos.

Antecedentes Nacionales

A nivel nacional, las estimaciones de la huella de carbono han sido incluidas desde diferentes enfoques institucionales y académicos, principalmente en sectores relacionados con la energía y la producción.

El IDEAM et al. (2017), a través de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático, indicaron lineamientos para la cuantificación de emisiones a nivel nacional, subrayando la importancia de los inventarios de GEI como instrumentos de planificación ambiental.

De igual forma, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021) ha incluido reportes sobre emisiones de GEI, probando que el sector energético es uno de los principales participantes del cambio climático en la región.

En el ámbito académico, Montoya et al. (2014) indicaron la implementación de metodologías híbridas para el cálculo de la huella de carbono en organizaciones, integrando datos operativos con modelos macroeconómicos, lo que permitió optimizar la precisión de las estimaciones.

Por otro consiguiente, Castro, et al., (2021) elaboraron un estudio enfocado en estaciones de servicio, analizando que el consumo de combustibles compone la principal fuente de emisiones de GEI en este tipo de instalaciones.

Así mismo, De Moya y Montoya (2024) emplearon la norma ISO 14064-1 en un contexto industrial nacional, señalando la viabilidad de esta metodología para la cuantificación de emisiones en organizaciones y su utilidad en la gestión ambiental.

Antecedentes Locales

A nivel regional, particularmente en el departamento del Putumayo, los estudios relacionados con la huella de carbono son limitados, lo que evidencia la necesidad de fortalecer la investigación en esta temática.

El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI (2022) ha realizado investigaciones encaminadas a resaltar la importancia ecológica de la región amazónica, así como los impactos ambientales procedentes de actividades productivas.

De igual forma, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2021) ha implementado diagnósticos ambientales que destacan la necesidad de realizar estrategias de sostenibilidad en el territorio.

El IDEAM et al. (2017) han indicado que el Putumayo presenta una alta vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático, de acuerdo a sus condiciones geográficas y ambientales.

En este sentido, la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (2018) analizó eventos extremos como la avenida flu vio-torrencial ocurrida en Mocoa, evidenciando la relación entre fenómenos climáticos y riesgos ambientales en la región.

Marco Teórico

Teoría de la cuantificación de la huella de carbono

La huella de carbono se ha posicionado como una herramienta fundamental en la gestión ambiental, ya que permite estimar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a una organización, producto o servicio. Este enfoque responde a la necesidad de medir el impacto ambiental de las actividades humanas, especialmente aquellas vinculadas al consumo de energía y al uso de combustibles fósiles.

Según Wiedmann y Minx (2008), La huella de carbono correspondiente al total de las emisiones de GEI expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq), incluyendo totales emisiones directa como las indirectas. Esta perspectiva permite analizar de manera integral un impacto ambiental generado por las diferentes actividades productivas.

Enfoque metodológico ISO 14064-1 y GHG Protocol

La medición de la huella de carbono requiere el uso de metodología estandarizada que asegure la consistencia y confiabilidad de resultados obtenidos.

En este sentido la norma ISO 140060-:2006 proporciona un marco técnico para la cuantificación y el reporte de emisiones de gases efecto invernadero a nivel organizacional. Esta norma establece criterios para el estructurar inventarios de emisiones y clasificar las fuentes entre tres categorías principales:

- **Emisiones directas (alcance 1)**
- **Emisiones indirectas por consumo de energía (alcance 2)**
- **Otras emisiones indirectas (alcance 3)**

De manera complementaria, el GHG Protocol. desarrollado por el para el World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development (2004), ofrece lineamientos prácticos para la elaboración de inventarios de GEI, facilitando la aplicación en diferentes tipos de organizaciones.

Enfoque de análisis de ciclo de vida (ACV)

El análisis del ciclo vida (ACV) es una herramienta que permite valor los impactos ambientales de un producto o proceso considerando todas sus etapas desde la obtención de la materia prima hasta disposición final

De acuerdo con Hertwich y Peters (2009), este enfoque es especialmente útil para identificar emisiones indirectas, las cuales suelen generarse fuera del ámbito inmediato de la organización.

En este caso las estaciones de servicio, en ACV permite ampliar el análisis al considerar emisiones de asociada a la producción, transporte y distribución de combustibles, proporcionando una visión más completa del ámbito ambiental

Enfoque híbrido de medición de la huella de carbono

El enfoque híbrido combina método el pasado en tantos específicos de la organización (bottom-up) Pon modelos de carácter macroeconómico (top-down), Lo que permite obtener estimaciones más integrales de las emisiones

Montoya et al. (2014), señalan que la metodología es particularmente útil en contexto donde existen múltiples fuentes de emisión ya que facilita la integración de información operativa con datos externos mejorando la precisión de los resultados

Este enfoque resulta relevante en estudios organizacionales donde las emisiones son sólo dependen de las actividades directas, sino también de los factores indirectos.

Fuentes de emisión de GEI en estaciones de servicio

Las estimaciones de servicio constituyen unidades operativas que generan emisiones de GEI debido a las actividades que se desarrollan

Según Castro et al., (2021), Las principales fuentes de emisión de este tipo de establecimientos incluyen el consumo de combustible fósiles, el uso de energía eléctrica, las emisiones fugitivas derivas de la evaporación de hidrocarburos y la generación de residuos sólidos.

Estas fuentes pueden ser clasificadas dentro de los alcances definidos por la ISO 14064-1, lo que permite estructurar adecuadamente su análisis y cuantificación

Factores de emisión y cuantificación de GEI

La estimación de emisiones de GEI se realiza mediante el uso de factores de emisión, los cuales representan la cantidad de gases emitidos por la unidad de actividad.

El Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) han desarrollado factores de emisión de referencia a nivel internacional mientras que entidades como el IDEAM adaptan estos valores al contexto nacional.

La selección adecuada de estos factores es un aspecto fundamental para garantizar la confiabilidad de los resultados en estudios de huella de carbono.

Relación entre huella de carbono y gestión ambiental

La cuantificación de la huella de carbono no sólo permite estimar emisiones, sino que también constituye una herramienta clave para gestión ambiental dentro de las organizaciones,

De acuerdo con el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2021) el desarrollo de inventarios de GEI facilita la identificación de oportunidades de mejora, la implementación de estrategias de reducción de emisiones y el cumplimiento de los compromisos climáticos

En este sentido la voy a cargar en su procesión como un indicador estrategia para el evaluar desempeño ambiental y orientar la toma de decisiones sin modo de desarrollo sostenibles

Marco conceptual

Huella de carbono

La huella de carbono se entiende como un indicador que permite estimar un total de emisiones de GEI generadas tanto en forma directa como indirecta por una actividad, organización o sistema expresado en dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq). Este concepto es

ampliamente utilizado para analizar el impacto de las actividades humanas Por el clima y constituye una herramienta fundamental en la gestión ambiental y la sostenibilidad (Pandey et al., 2011; Matthews et al., 2008).

Gases de efecto invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero son sustancias presentes en la atmosfera que tiene la capacidad de retener el calor irradiando desde la superficie terrestre, contribuyendo el calentamiento global. Entre los principales GEI se encuentra dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O), los cuáles se generan principalmente a partir de las actividades como la quema de combustibles fósiles, procesos industriales y prácticas agrícolas (Forster et al., 2021).

Dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq}$)

El dióxido de carbono equivalente es una unidad que permite expresar el impacto climático en distintos gases de efecto invernadero en la misma escala, tomado como referencia su potencial de calentamiento global. La estandarización facilita la comparación y consolidación de emisiones provenientes de diversas frentes (Shine et al., 2005).

Clasificación de emisiones organizacionales

Las emisiones generadas en el ámbito organizacional pueden categorizarse en función de su origen, lo que permite una mejor comprensión y gestión de las mismas. Esta clasificación incluye emisiones producción directamente por las actividades de la organización, así como aquellas que se deriva del consumo de energía y otras actividades externas relacionadas como el transporte y la gestión de residuos (Matthews et al., 2008).

Esta organización facilita la elaboración de inventarios de emisiones y el diseño de estrategias para su reducción.

Factores de emisión

Los factores de emisión son coeficientes utilizados para estimar la cantidad de gases de efecto invernadero liberados por unidad de actividad, como el consumo de combustible o energía. Estos valores son esenciales en la cuantificación de emisiones especialmente cuando no se cuenta con mediciones directas y su precisión depende de las fuentes de información empleada (Eggleston et al., 2006).

Inventario de emisiones de GEI

El inventario de GEI es una herramienta técnica permite registrar y cuantifica las emisiones generadas por una organización en un período determinado, Este proceso incluye la identificación de fuentes emisoras. la recopilación de datos y el cálculo de emisiones sirviendo como a las implementaciones de gestión ambiental (Ranganathan et al., 2004).

Emisiones directas e indirectas

Las emisiones directas son aquellas que se originan dentro del límite operativos de una organización, mientras que las emisiones indirectas corresponde a las que se generan como consecuencia de actividades externas, como consumo de electricidad o el transporte e insumos. Esta diferenciación permite de manera más completa el impacto ambiental la sociedad a las operaciones (Weidema et al., 2008).

Consumo energético y emisiones

El uso energía, tanto en forma de combustibles como de electricidad, representa una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. En particular, la combustión de combustibles fósiles genera importantes cantidades de dióxido de carbono, mientras que las acciones asociadas a electricidad dependen de la fuente utilizada en su generación (International Energy Agency, 2022).

Emisiones fugitivas

Las emisiones fugitivas corresponden a liberaciones no intencionales de gases que ocurren durante procesos como el almacenamiento, transporte o manipulación de combustibles. Estas emisiones son comunes en actividades relacionadas con hidrocarburos y pueden representar una fuente significativa de GEI (U.S. Environmental Protection Agency, 2021).

Gestión de residuos y emisiones

La forma en que se manejan los residuos tiene una incidencia directa en la generación de gases de efecto invernadero. En particular, la descomposición de residuos orgánicos en condiciones sin oxígeno produce metano, un gas con alto potencial de calentamiento global. Por ello, una adecuada gestión de residuos contribuye a la reducción de emisiones (Bogner et al., 2008).

Eficiencia energética

La eficiencia energética hace referencia al uso adecuado y optimizado de la energía con el fin de reducir su consumo sin afectar el desempeño de las actividades. Su implementación permite disminuir tanto los costos operativos como las emisiones de GEI, contribuyendo al mejoramiento del desempeño ambiental de las organizaciones (Pérez-Lombard et al., 2008).

Mitigación del cambio climático

La mitigación del cambio climático comprende un conjunto de acciones orientadas a reducir la emisión de gases de efecto invernadero o a aumentar la capacidad de captura de carbono. Estas acciones incluyen la adopción de tecnologías limpias, la optimización de procesos y el uso de fuentes de energía renovables (Stern, 2007).

Los conceptos desarrollados permiten comprender de manera integral los elementos necesarios para el análisis de la huella de carbono en contextos organizacionales. Su aplicación

facilita la identificación de fuentes de emisión, la cuantificación de impactos y la formulación de estrategias orientadas a la reducción de emisiones, contribuyendo al fortalecimiento de la gestión ambiental en las estaciones de servicio objeto de estudio

Marco contextual

Contexto geográfico

La investigación se desarrolló en el municipio de Mocoa, capital del departamento del Putumayo, ubicado en la región sur del país, en el piedemonte amazónico. Este territorio se caracteriza por su alta biodiversidad, riqueza hídrica y condiciones climáticas propias de la Amazonía, lo que lo convierte en una zona de gran importancia ecológica a nivel nacional.

Figura 1. *Mapa de ubicación de Mocoa, departamento del Putumayo*



Fuente: Elaboración propia / Google Maps / IGAC (2026).

Contexto ambiental

El departamento del Putumayo forma parte de la Amazonía colombiana, considerada una región estratégica para la regulación del clima global. No obstante, enfrenta presiones derivadas de actividades como el uso de combustibles fósiles y el crecimiento del transporte.

Un evento representativo de la vulnerabilidad ambiental del territorio fue la Avalancha de Mocoa de 2017, que evidenció la relación entre factores ambientales y riesgos asociados al cambio climático.

Contexto económico y sectorial

En el municipio de Mocoa, el sector de distribución de combustibles cumple un rol fundamental en el abastecimiento energético, apoyando actividades económicas como el transporte y el comercio.

En este contexto, las estaciones de servicio representan unidades clave dentro del sistema, debido a su relación directa con el consumo de combustibles fósiles y la generación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Las unidades de estudio de esta investigación corresponden a:

1. Estación de servicio Terpel Mocoa
2. Estación de servicio La Reserva

Figura 2.

Estación de servicio Terpel Mocoa



Fuente: propia

Figura 3.

Estación de Servicio La Reserva



Fuente: Elaboración propia

Contexto institucional y empresarial

Las estaciones de servicio en Colombia operan bajo lineamientos técnicos y ambientales establecidos por la normativa vigente.

En particular, la estación de servicio asociada a la empresa Terpel forma parte de una red nacional de distribución de combustibles, lo que implica la implementación de estándares corporativos.

Por su parte, la estación La Reserva representa una unidad con características operativas propias del contexto local, lo que permite realizar un análisis comparativo entre diferentes modelos de gestión.

Contexto de la investigación

La investigación se desarrolló durante un periodo de cuatro meses, desde septiembre de 2025 a enero de 2026, en el cual se recolectó información relacionada con el consumo de combustibles, energía eléctrica, agua y generación de residuos en ambas estaciones.

Este contexto permitió analizar la huella de carbono bajo condiciones reales de operación, facilitando la comparación del desempeño ambiental entre las estaciones evaluadas.

Marco Legal

Tabla 1.

Marco Legal Internacional y Nacional

Ámbito	Norma	Año Entidad	Descripción	Relación con la investigación
Internacional	Organización Internacional de Normalización – ISO 14064-1	2006ISO	Establece principios y requisitos para la cuantificación y reporte de emisiones de GEI a nivel organizacional proporcionar estándares globales para la mediación y la gestión de emisiones de GEI	Base metodológica principal para el cálculo de la huella de carbono en las estaciones de servicio.
Internacional	World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development – GHG Protocol	2004WRI / WBCSD	Proporciona estándares globales para la medición y gestión de emisiones de GEI.	Permite clasificar las emisiones en alcances 1, 2 y 3.
Internacional	Intergovernmental Panel on Climate Change – Directrices IPCC	2006IPCC	Define metodologías y factores de emisión para inventarios de GEI.	Fuente de factores de emisión utilizados en el cálculo.
Internacional	Organización de las Naciones Unidas – Acuerdo de París	2015ONU	Compromiso global para reducir emisiones y mitigar el cambio climático.	Marco global que impulsa la medición de huella de carbono.
Internacional	Organización de las Naciones Unidas – Convención Marco sobre Cambio Climático	1992ONU	Establece lineamientos internacionales sobre cambio climático.	Base jurídica internacional sobre reducción de emisiones.
Nacional	Congreso de la República de Colombia – Ley 1931	2018Congreso	Establece directrices para la gestión del cambio climático en Colombia.	Regula acciones para reducción de emisiones de GEI.

Ámbito	Norma	Año Entidad	Descripción	Relación con la investigación
Nacional	Congreso de la República de Colombia – Ley 2169	2021Congreso	Ley de Acción Climática que establece metas de carbono neutralidad.	Refuerza la importancia de medir la huella de carbono.
Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Resolución 1447	2018MADS	Reglamenta el monitoreo, reporte y verificación de emisiones de GEI.	Aplica directamente a la medición de emisiones en organizaciones.
Nacional	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Decreto 298	2016MADS	Establece el Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA).	Articula políticas de gestión de emisiones en el país.
Nacional (Colombia)	IDEAM	2017IDEAM	Inventarios nacionales de GEI y lineamientos técnicos.	Proporciona datos y factores de emisión adaptados al país.

Nota: La tabla anterior sintetiza el marco normativo aplicable a la medición y gestión de emisiones de gases de efecto invernadero, integrando instrumentos internacionales y nacionales que respaldan la aplicación de metodologías como la ISO 14064-1 y el GHG Protocol. Estas normas proporcionan el sustento técnico y legal para el desarrollo de la investigación.

Metodología

Enfoque de la investigación

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo; debido a que se basó en la medición, cuantificación y comparación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas en dos estaciones de servicio del municipio de Mocoa

Este enfoque permitió analizar datos numéricos relacionados con el consumo de combustible, energía eléctrica generación de residuos sólidos y consumo de agua con el fin de determinar la huella de carbono y cada estación en concordancia como planteado por Hernández et al. (2014), quienes establecen que el enfoque cuantitativo se orienta al análisis de datos medibles y verificables

Tipo y diseño de investigación

El estudio correspondió a una investigación de tipo descriptiva y comparativa, ya que se caracterizaron las emisiones de GEI en cada estación de servicio y posteriormente se realizó una comparación entre ambas.

El diseño fue no experimental, dado que no se manipularon variables, sino que se analizaron las condiciones reales de operación, tal como lo señalan Hernández Sampieri et al. (2014) para este tipo de estudios.

Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en dos estaciones de servicio ubicadas en el municipio de Mocoa, en el departamento del Putumayo.

Estas estaciones fueron seleccionadas por su representatividad dentro del sistema de distribución de combustibles en el municipio, permitiendo evaluar y comparar su desempeño ambiental.

Población y muestra

La población estuvo conformada por las estaciones de servicio del municipio de Mocoa, mientras que la muestra correspondió a dos estaciones específicas (La Reserva y Terpel).

La selección fue de tipo no probabilística por conveniencia, considerando la accesibilidad a la información, criterio que, según Hernández et al., (2014) es válido en estudios aplicados donde se requiere viabilidad operativa.

Fases metodológicas

Fase 1. Identificación de fuentes de emisión de GEI

- **Objetivo 1.** *(Analizar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel, de acuerdo con los alcances 1, 2 y 3 establecidos en la norma ISO 14064-1:2006).*

Se identificaron las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero presentes en cada estación mediante observación directa y revisión de procesos operativos.

Las fuentes se clasificaron en emisiones directas e indirectas conforme a los lineamientos del World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development (2004), a través del GHG Protocol, el cual establece la categorización en alcances 1, 2 y 3.

Límites organizacionales y selectividad del Alcance 3: Se adoptó el criterio de control operacional (ISO 14064-1:2006), considerando todas las fuentes dentro de los límites físicos y operativos de cada estación de servicio. Conforme al GHG Protocol, se seleccionaron las categorías de residuos sólidos y consumo de agua por representar las fuentes indirectas más materiales y cuantificables con los registros operativos disponibles. Otras categorías (ej. transporte de insumos, desplazamiento de personal) se excluyeron por baja relevancia relativa y limitaciones de trazabilidad, asegurando la consistencia metodológica del inventario.

Fase 2. Cuantificación de la huella de carbono

- **Objetivo 2.** *(Cuantificar la huella de carbono generada en cada estación de servicio durante el periodo de estudio, mediante la recopilación de datos de actividad y la aplicación de factores de emisión reconocidos).*

Se cuantificaron las emisiones de GEI mediante la recopilación de datos de consumo de combustibles, energía eléctrica y generación de residuos durante un periodo de cuatro meses.

La estimación de emisiones se realizó aplicando factores de emisión establecidos por el Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) y el IDEAM, los cuales son ampliamente utilizados para la elaboración de inventarios de GEI a nivel internacional y nacional.

Se empleó la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Este procedimiento se encuentra respaldado por metodologías estandarizadas para la cuantificación de emisiones (IPCC, 2006).

Fase 3. Comparación del desempeño ambiental

- **Objetivo 3.** *(Comparar los niveles de emisión de GEI entre ambas estaciones de servicio, con el fin de identificar diferencias en su comportamiento ambiental).*

Se realizó un análisis comparativo de los resultados obtenidos en cada estación, con el fin de identificar diferencias en la magnitud de las emisiones y en las fuentes más representativas.

Este tipo de análisis permite evaluar el desempeño ambiental organizacional, tal como lo plantean Ranganathan et al. (2004) en la construcción de inventarios de GEI.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron técnicas como:

- Observación directa

- Revisión documental
- Registro de datos

Estas técnicas son ampliamente utilizadas en estudios ambientales aplicados, ya que permiten obtener información confiable sobre procesos operativos (Hernández Sampieri et al., 2014).

Como instrumento, se empleó una matriz de recolección de datos diseñada para registrar información de consumos y emisiones.

Procesamiento y análisis de la información

Los datos recolectados fueron organizados en hojas de cálculo, donde se realizaron los cálculos de emisiones y su conversión a CO₂ equivalente, siguiendo lineamientos metodológicos del Intergovernmental Panel on Climate Change (2006).

Posteriormente, se efectuó un análisis comparativo de los resultados mediante tablas y gráficos.

Análisis de incertidumbre: Con el fin de garantizar la robustez técnica del inventario de GEI, se realizó un análisis de incertidumbre conforme a las directrices del IPCC (2006) y el GHG Protocol. Se estimó una incertidumbre relativa del ± 5 % para los datos de actividad (registros de facturación e inventarios operativos) y del ± 10 % para los factores de emisión, consistente con el Nivel 1 (Tier 1) de las guías internacionales. Aplicando propagación de varianza para variables independientes, la incertidumbre combinada por categoría fue de $\pm 11,2$ %, y la incertidumbre total ponderada del inventario se estima en $\pm 12,4$ %. Este valor se encuentra dentro de los rangos aceptados para inventarios organizacionales y no compromete la validez de los hallazgos.

Consideraciones éticas

La investigación garantizó el uso adecuado de la información proporcionada por las estaciones de servicio, respetando principios de confidencialidad y uso exclusivamente académico de los datos.

Resultados

A partir de las fases metodológicas establecida, se presenta los resultados de la identificación y cuantificación de las fuentes de emisión de GEI en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel, organizados por alcance conforme a los lineamientos de la norma ISO 14064-1:2006 y el GHG Protocol.

Identificación de fuentes de emisión de GEI

Objetivo 1 (*Determinar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel, de acuerdo con los alcances 1, 2 y 3 establecidos en la norma ISO 14064-1:2006*).

En esta fase se realizó la identificación y clasificación de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel, de acuerdo con los lineamientos establecidos en la ISO 14064-1.

Las fuentes identificadas fueron organizadas conforme a los alcances 1, 2 y 3, considerando tanto emisiones directas como indirectas asociadas a las actividades operativas de las estaciones.

Tabla 2.

Inventario de fuentes de emisión de GEI

Fuente de emisión	Alcance	Unidad de actividad	Factor de emisión	Fuente
Combustibles (gasolina)	Alcance 1	gal	8,89 kg CO ₂ /gal	Intergovernmental Panel on Climate Change (2006; actualización 2019)
Energía eléctrica	Alcance 2	kWh	0,20 kg CO ₂ /kWh	IDEAM (2018)
Residuos orgánicos	Alcance 3	kg	0,25 kg CO ₂ /kg	Intergovernmental Panel on Climate Change (2006)

Fuente de emisión	Alcance	Unidad de actividad	Factor de emisión	Fuente
Residuos no aprovechables	Alcance 3	kg	0,57 kg CO ₂ /kg	Intergovernmental Panel on Climate Change (2006)
Residuos peligrosos	Alcance 3	kg	2,50 kg CO ₂ /kg	Intergovernmental Panel on Climate Change (2006)
Agua	Alcance 3	m ³	0,344 kg CO ₂ /m ³	IDEAM (2018)

Nota: Los factores eléctricos varían según la composición de la red interconectada y se ajustan a los reportes de la UPME para el periodo 2024–2025.

Fuente: Elaboración propia con base en Intergovernmental Panel on Climate Change (2006; 2019) y IDEAM (2018).

Cálculo de la Huella de Carbono

Objetivo 2. *(Calcular la huella de carbono generada en cada estación de servicio durante el periodo de estudio, mediante la recopilación de datos de actividad y la aplicación de factores de emisión reconocidos)*

A partir del inventario de fuentes de emisión previamente establecido, se procedió al cálculo de la huella de carbono en las estaciones de servicio evaluadas, mediante la aplicación de datos de actividad y factores de emisión, conforme a metodologías reconocidas como el GHG Protocol y la ISO 14064-1.

Para cada fuente de emisión, se aplicó la siguiente ecuación general:

Ecuación 1. Cálculo de emisiones de GEI

$$\text{Emisiones (kg CO}_2\text{-eq)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Donde:

Dato de actividad: corresponde a la cantidad de residuos generados (kg).

Factor de emisión: valor que representa la cantidad de CO₂ equivalente emitido por unidad de residuo generado.

Este procedimiento permitió estimar el impacto ambiental derivado de la gestión de residuos en las actividades operativas de cada estación de servicio.

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización de residuos sólidos para cada estación de servicio.

Generación de Residuos Sólidos

Caracterización de residuos sólidos – E.S. Terpel Mocoa

La caracterización de residuos sólidos sin estación de servicio Terpel Mocoa se realizó durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y enero de 2026, mediante la clasificación de residuos generados en aprovechables, no aprovechables, orgánicos y peligrosos, de acuerdo con su naturaleza y manejo operativo.

Los resultados evidencian una generación total de 482 kg de residuos sólidos durante el periodo avaluado. Dentro de los residuos aprovechables, el plástico represento el material de mayor generación con 63 kg, seguido del papel con 52 kg, cartón con 42 kg y metal con 29 kg alcanzando un total de 186 kg de residuos potencialmente reciclables.

En relación con los residuos no aprovechables, se registró una generación total de 109 kg asociados principalmente a materiales de difícil recuperación y disposición final convencional. En otra parte los conocidos orgánicos alcanzaron 134 kg constituyéndose una de las categorías con mayor participación dentro de la generación de tanta residente en la estación

Finalmente, los residuos peligrosos registraron total de 53 kg durante el periodo de estudio. Aunque esta categoría presenta menores cantidades en comparación con los otros

residuos, representa una fuente importante de impacto ambiental debido a sus características contaminantes y a los riesgos asociados a su manejo y disposición final

El análisis mensual muestra que diciembre de 2025 fue el mes con mayor generación de residuos, alcanzando 110 kg, mientras que noviembre presentó la menor generación con 84 kg. Este comportamiento puede estar relacionado con variaciones en la dinámica operativa y el incremento de actividades comerciales durante temporadas de mayor demanda.

Tabla 3.

Caracterización de residuos sólidos ES Terpel Mocoa

Fecha	Residuos Aprovechables (kg)					Residuos No aprovechables (kg)	Residuos Orgánicos (kg)	Residuos Peligrosos (kg)	Total (kg)
Mes	Met al (kg)	Pap el (kg)	Cart ón (kg)	Plásti co (kg)	total Aprovecha bles (Kg)				
Sep 2025	5	10	8	12	35	20	25	10	90
Oct 2025	6	11	9	13	39	22	27	11	99
Nov 2025	5	9	7	11	32	19	24	9	84
Dic 2025	7	12	10	14	43	25	30	12	110
Ene 2026	6	10	8	13	37	23	28	11	99
total	29	52	42	63	186	109	134	53	482

Nota: La caracterización de residuos sólidos en la estación de servicio Terpel se efectuó clasificando los residuos en aprovechables, no aprovechables, orgánicos y peligrosos, conforme a su naturaleza y gestión operativa durante el periodo evaluado.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada en campo.

Caracterización de residuos sólidos – E.S. La Reserva

La caracterización de residuos sólidos de la estación de servicio La Reserva se desarrolló durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y enero de 2026, mediante la clasificación de los residuos generados en categorías aprovechables, no aprovechables, orgánicos y peligrosos.

Durante el periodo evaluado, la estación registró una generación total de 492,5 kg de residuos sólidos. Los residuos aprovechables estuvieron conformados principalmente por plástico, papel, cartón y metal, alcanzando un total aproximado de 202,2 kg. Dentro de esta categoría, el plástico representó el mayor porcentaje de generación con 72 kg, seguido del papel con 56,5 kg, cartón con 44,5 kg y metal con 29,2 kg.

Por otra parte, los residuos no aprovechables alcanzaron un total de 124 kg, constituyéndose en una de las categorías de mayor generación dentro de la estación. Este comportamiento refleja la presencia de materiales de difícil recuperación asociados a las actividades operativas y comerciales.

En relación con los residuos orgánicos, se registró una generación total de 95 kg, mientras que los residuos peligrosos alcanzaron 66 kg durante el periodo de estudio. Aunque esta última categoría presenta menores cantidades, representa un aspecto ambiental crítico debido a su elevado potencial contaminante y a las implicaciones ambientales derivadas de su manejo y disposición final.

El análisis mensual evidencia que diciembre de 2025 fue el periodo con mayor generación de residuos sólidos, alcanzando 108 kg, mientras que noviembre presentó la menor generación con 90,5 kg

Tabla 4.*Caracterización de residuos sólidos ES La Reserva*

Fecha	Residuos Aprovechables (kg)				Residuos No aprovechables (kg)	Residuos Orgánicos (kg)	Residuos Peligrosos (kg)	Total (kg)
Mes	Metal (kg)	Papel (kg)	Cartón (kg)	Plástico (kg)				
Sep 2025	5	11	7,5	15	24	18	12	92,5
Oct 2025	6,5	13	9	14	26	21	15	104,5
Nov 2025	5,5	12	8	13	22	17	13	90,5
Dic 2025	7	14	9	16	27	20	15	108
Ene 2026	5	12	11	14	25	19	11	97
total	29.2	56.5	44,5	72	124	95	66	492,5

Nota: La caracterización de residuos sólidos en la estación de servicio La Reserva se realizó mediante la clasificación de los residuos en aprovechables, no aprovechables, orgánicos y peligrosos, de acuerdo con su naturaleza y manejo durante el periodo de estudio.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información recolectada en campo.

A partir de los resultados obtenidos en la caracterización de residuos sólidos, se determinaron las cantidades totales generadas por tipo de residuo en cada estación de servicio, lo cual permitió establecer la base para el cálculo de la huella de carbono asociada a esta fuente de emisión.

En este sentido, se aplicaron factores de emisión específicos para cada tipo de residuo, con el fin de estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en términos de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq), conforme a la ecuación previamente establecida.

A continuación, se presentan los resultados de la medición de la huella de carbono generada por los residuos sólidos en cada una de las estaciones de servicio evaluadas.

Ecuación aplicada 2

Emisiones (kg CO₂) = generación de residuos sólidos (Kg) × Factor de emisión (kg CO₂/kg)

Tabla 5.

Medición de huella de carbono por residuos sólidos

Estación	Tipo de residuo	Dato de actividad (kg)	Factor de emisión (kg CO ₂ /kg)	Emisiones (kg CO ₂)
La Reserva	No aprovechables	124	0,57	70,68
	Orgánicos	95	0,25	23,75
	Peligrosos	66	2,50	165,00
	TOTAL	285		259,43
Terpel	No aprovechables	109	0,57	62,13
Mocoa	Orgánicos	134	0,25	33,50
	Peligrosos	53	2,50	132,50
	TOTAL	296		228,13

Nota: Las emisiones fueron calculadas a partir del producto entre el dato de actividad y los factores de emisión establecidos por el Intergovernmental Panel on Climate Change y el IDEAM. Los residuos aprovechables no fueron considerados en el cálculo, debido a que no generan emisiones directas dentro del alcance del estudio.

La comparación de la huella de carbono por residuos sólidos permite evidenciar que la estación de servicio La Reserva presenta un mayor impacto ambiental asociado a la generación y manejo de residuos sólidos en comparación con Terpel Mocoa.

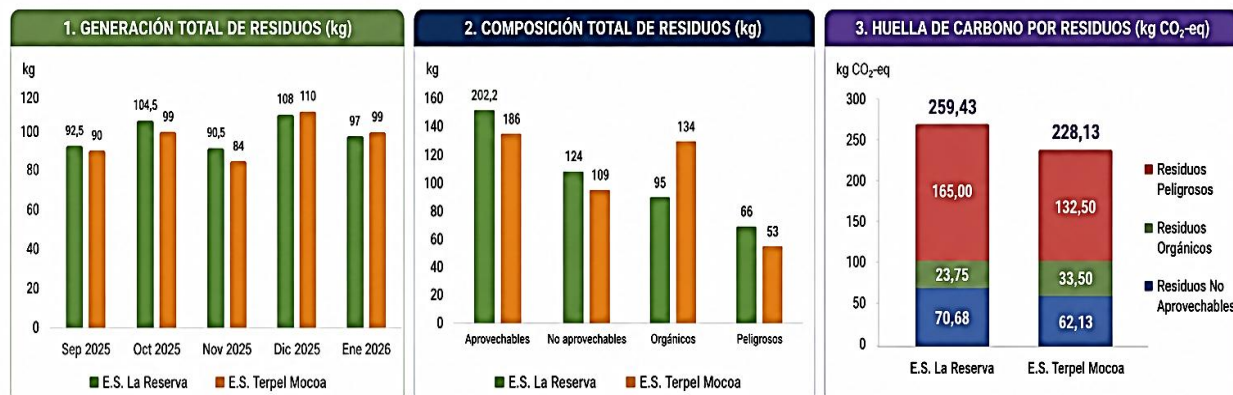
Aunque Terpel registró una mayor generación de residuos orgánicos, estos presentan un menor factor de emisión, razón por la cual su contribución a la huella de carbono total resulta menor. En contraste, La Reserva presentó una mayor generación de residuos peligrosos y no aprovechables, categorías que poseen mayores factores de emisión y, por tanto, una mayor incidencia en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos permiten identificar que la gestión de residuos peligrosos constituye el principal aspecto crítico dentro de la huella de carbono asociada a residuos sólidos en ambas estaciones de servicio.

En este sentido, se recomienda fortalecer estrategias de separación en la fuente, reciclaje, aprovechamiento de residuos y manejo adecuado de residuos peligrosos, con el propósito de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar el desempeño ambiental de las estaciones evaluadas.

Figura 4.

Comparación de la huella de carbono por tipo de residuo, E.S. La Reserva y Terpel



Nota: La figura 4, representa las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por tipo de residuo en cada estación de servicio, calculadas a partir de los datos de actividad y factores de emisión correspondientes.

Consumo de Energía Eléctrica

En el marco de la identificación y cuantificación de fuentes de emisión, se evaluó el consumo de energía eléctrica como una fuente indirecta de generación de gases de efecto invernadero en las estaciones de servicio objeto de estudio.

El consumo de energía eléctrica se clasifica como una emisión indirecta, debido a que la generación de la electricidad ocurre fuera de los límites operativos de las estaciones; sin embargo, su uso es indispensable para el desarrollo de las actividades, contribuyendo a la huella de carbono total.

Para la estimación de las emisiones, se utilizaron los registros mensuales de consumo de energía eléctrica correspondientes al periodo entre septiembre de 2025 a enero de 2006, a los cuales se les aplicó un factor de emisión representativo del sistema energético colombiano.

Ecuación aplicada

$$\text{Emisiones (kg CO}_2\text{)} = \text{Consumo de energía (kWh)} \times \text{Factor de emisión (kg CO}_2\text{/kWh)}$$

Tabla 6.

Medición de huella de carbono energía eléctrica E.S Terpel Mocoa

Mes	Consumo de energía (kWh)	Factor de emisión (kg CO ₂ /kWh)	Emisiones (kg CO ₂)
sep-25	1.840	0,225	414,0
oct-25	1.900	0,225	427,5
nov-25	1.980	0,225	445,5
dic-25	1.940	0,225	436,5
ene-26	2.000	0,225	450,0
TOTAL	9.6600		2.174

Nota: Los valores presentados corresponden al consumo mensual de energía eléctrica y a la estimación de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) asociadas durante el periodo de estudio. Las emisiones fueron calculadas mediante la aplicación de un factor de emisión de **0,225 kg CO₂/kWh**, el cual representa un valor actualizado del sistema eléctrico colombiano y considera las emisiones generadas en los procesos de generación y distribución de la energía.

Fuente: Elaboración propia con base en la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2024).

Tabla 7.*Medición de huella de carbono energía eléctrica E.S La Reserva*

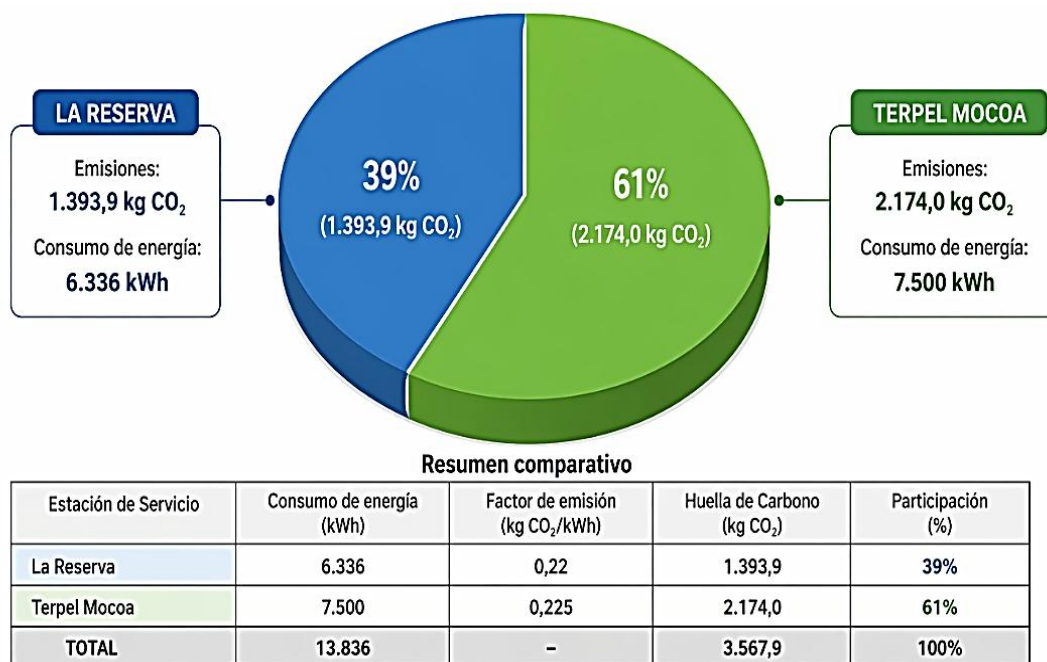
Mes	Consumo Energía (kWh)	Factor emisión (kg CO2/kWh)	Emisiones (kgCO2- eq)
Sep 2025	1245	0,22	273,9
Oct 2025	1283	0,22	282,3
Nov 2025	1262	0,22	277,6
Dic 2025	1337	0,22	294,1
Ene 2026	1209	0,22	266,0
TOTAL			1.394

Nota: El cálculo de las emisiones se realizó utilizando un factor de emisión de **0,22 kg CO₂/kWh**, correspondiente al valor actualizado del sistema eléctrico colombiano, el cual refleja las emisiones generadas durante la producción y distribución de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia con base en la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2024).

Figura 5.

Comparación de la huella de carbono por consumo eléctrico estaciones de servicio



Nota: los valores de emisiones fueron calculados a partir del consumo mensual de energía eléctrica y factores de emisión actualizados para el sistema eléctrico colombiano

Fuente: elaboración propia con base a UPME (2024)

Los resultados obtenidos para el consumo de energía eléctrica en las estaciones de servicio La Reserva y Terpel Mocoa evidencian diferencias importantes en los niveles de consumo y, en consecuencia, en las emisiones asociadas.

En el caso de la estación de servicio La Reserva, se registró un consumo total de 6.336 kWh, generando emisiones aproximadas de 1.393,9 kg CO₂ (con factor 0,22). Este comportamiento muestra una demanda energética moderada y relativamente estable, con un pico en diciembre, asociado posiblemente a una mayor actividad operativa.

Por su parte, la estación de servicio Terpel Mocoa presenta un consumo total significativamente mayor de 7.500 kWh, con emisiones de 2.174 kg CO₂ (factor 0,225). Esto indica una mayor intensidad en el uso de energía eléctrica, lo cual puede estar relacionado con una mayor infraestructura operativa, mayor número de equipos.

Emisiones por consumo de combustibles fósiles

El consumo de combustibles fue identificado como una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en las estaciones de servicio evaluadas, debido a la naturaleza de los combustibles fósiles y su alta intensidad de carbono. Esta fuente corresponde al alcance 1, al tratarse de emisiones directas derivadas de la actividad operativa.

Para la estimación de las emisiones, se consideraron los volúmenes mensuales de combustibles comercializados (ACPM y gasolina) durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y enero de 2026. Se aplicaron factores de emisión de 10,16 kg CO₂/gal para ACPM y 8,89 kg CO₂/gal para gasolina, conforme a lineamientos del Intergovernmental Panel on Climate Change (2006; actualización 2019).

Ecuación aplicada 4

$$\text{Emisiones (kg CO}_2\text{)} = \text{Consumo de combustible (gal)} \times \text{Factor de emisión (kg CO}_2\text{/gal)}$$

Estación de Servicio Terpel Mocoa

Tabla 8.

Medición de la huella de carbono por combustibles fósiles – E.S. Terpel Mocoa

Mes	ACPM consumi do (g)	Gasolina consumid a (g)	Emisione s ACPM (kg CO ₂)/gal	Emisione s Gasolina (kg CO ₂)/gal	Total (kg CO ₂) ACPM	Total (kg CO ₂) Gasolina
sep-25	34.500	45.670	10,16	8,89	350.520	406.006
oct-25	41.500	43.670	10,16	8,89	421.640	388.226
nov-25	35.000	45.000	10,16	8,89	355.600	400.050
dic-25	35.600	54.000	10,16	8,89	361.696	480.060
ene-26	44.000	45.600	10,16	8,89	447.040	405.384
TOTAL	190.600	233.940			1.936.496	2.079.727

Nota: Los valores presentados corresponden a la estimación de emisiones de CO₂

derivadas del consumo de combustibles (ACPM y gasolina) en la estación de servicio Terpel Mocoa, calculadas a partir de los datos de actividad mensual y factores de emisión específicos para cada combustible.

Fuente: Elaboración propia con base en Intergovernmental Panel on Climate Change (2006; 2019).

Estación de Servicio La Reserva

El consumo de combustibles fue identificado como una de las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la estación de servicio La Reserva, debido a la naturaleza de los combustibles fósiles y su alta intensidad de carbono. Para su estimación, se consideraron los volúmenes mensuales de combustibles comercializados durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y enero de 2026.

Se analizaron dos tipos de combustibles: ACPM (diésel) y gasolina, aplicando factores de emisión de 10,16 kg CO₂/gal y 8,89 kg CO₂/gal respectivamente, conforme a lineamientos del Intergovernmental Panel on Climate Change (2006; actualización 2019).

Tabla 9.

Medición de la huella de carbono por combustibles fósiles – E.S. La Reserva

Mes	ACPM consumi do (gal)	Gasolina consumid a (gal)	Factor de emisión ACPM (kg CO ₂)/ga l	Factor de emisión Gasolin a (kg CO ₂)/ga l	Total (kg CO ₂) ACPM	Total (kg CO ₂) Gasolina
sep-25	56.600	23.600	10,16	8,89	575.056	209.804
oct-25	56.000	19.000	10,16	8,89	568.960	168.910
nov-25	49.500	23.500	10,16	8,89	502.920	208.915
dic-25	42.100	32.000	10,16	8,89	427.736	284.480
ene-26	35.240	36.700	10,16	8,89	358.038	326.263
TOTAL	239.440	134.800			2.432.710	1.198.372

Nota: El cálculo de emisiones se realizó de manera diferenciada para ACPM y gasolina, considerando sus respectivos factores de emisión. Los datos de consumo corresponden a los registros operativos mensuales de la estación de servicio.

Fuente: Elaboración propia con base en Intergovernmental Panel on Climate Change (2006; 2019).

Comparación Entre Estaciones

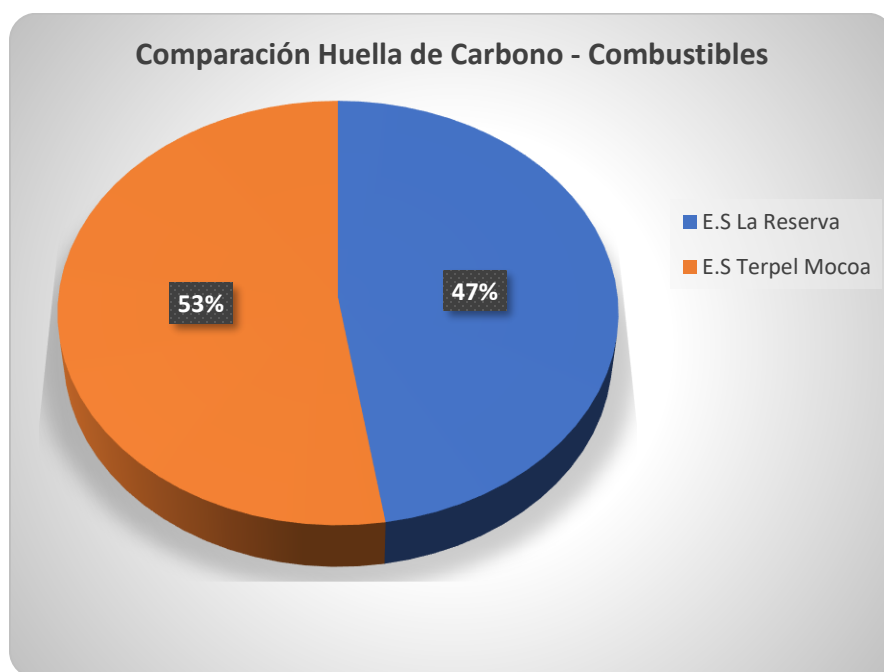
Al comparar ambas estaciones, se evidencian diferencias significativas en la distribución de las emisiones por tipo de combustible:

En La Reserva, predomina el ACPM (67%)

En Terpel Mocoa, predomina la gasolina (52%)

Figura 6.

Comparación de emisiones de CO₂ por consumo de combustibles E.S. La Reserva y Terpel Mocoa



Nota: La comparación evidencia que la estación de servicio Terpel Mocoa presenta una mayor contribución a la huella de carbono asociada al consumo de combustibles en relación con la estación La Reserva. Esta diferencia se encuentra directamente relacionada con el mayor volumen de combustible comercializado, especialmente gasolina, lo que incrementa las emisiones totales de CO₂. Asimismo, se identifican variaciones en la participación de cada tipo de combustible, donde en La Reserva predomina el ACPM, mientras que en Terpel Mocoa la gasolina representa la principal fuente de emisión.

Fuente: Elaboración propia con base en Intergovernmental Panel on Climate Change (2006; 2019).

Emisiones por consumo de agua

El consumo de agua constituye uno de los principales aspectos ambientales asociados al funcionamiento de estaciones de servicio que cuentan con sistemas de lavado de automóviles y motocicletas. Estas actividades demandan grandes volúmenes de agua para procesos de limpieza, enjuague y mantenimiento de vehículos, generando además vertimientos con presencia de grasas, aceites, detergentes y sólidos suspendidos.

Con el propósito de evaluar el comportamiento del consumo hídrico y su contribución a la generación de emisiones indirectas de gases de efecto invernadero, se realizó la medición y análisis del consumo de agua en dos estaciones de servicio ubicadas en el municipio de Mocoa, Putumayo: E.S. La Reserva y E.S. Terpel Mocoa.

La información fue recopilada durante el periodo comprendido entre septiembre de 2025 y enero de 2026, considerando el consumo mensual de agua asociado principalmente a las actividades de lavado de automóviles y motocicletas.

Caracterización del consumo de agua – E.S. La Reserva

La estación de servicio La Reserva cuenta con un área destinada al lavado de automóviles y motocicletas, actividad que representa el principal consumo hídrico dentro de la operación de la estación.

Durante el periodo evaluado, se registró un consumo total de 412 m³ de agua. El mayor consumo se presentó durante el mes de diciembre de 2025 con 92 m³, asociado al incremento de servicios de lavado por temporada alta y mayor flujo vehicular.

El lavado de automóviles representó aproximadamente el 68 % del consumo total de agua, mientras que el lavado de motocicletas correspondió al 32 %. Este comportamiento se

relaciona con el mayor volumen de agua requerido para el lavado completo de vehículos livianos.

Tabla 6.

Consumo de agua – E.S. La Reserva

Mes	Lavado automóviles (m³)	Lavado motocicletas (m³)	Otros usos operativos (m³)	Consumo total mensual (m³)
Septiembre 2025	42	18	12	72
Octubre 2025	45	19	13	77
Noviembre 2025	40	17	11	68
Diciembre 2025	56	22	14	92
Enero 2026	48	20	15	83
TOTAL	231	96	65	412

Nota: El consumo de agua corresponde a las actividades de lavado de vehículos, motocicletas y usos operativos internos de la estación de servicio.

Fuente: Elaboración propia a partir de registros operativos y facturación del servicio de agua.

Caracterización del consumo de agua – E.S. Terpel Mocoa

La estación de servicio Terpel Mocoa también dispone de un sistema de lavado de automóviles y motocicletas, constituyéndose en una de las principales actividades de consumo hídrico dentro de la operación.

Durante el periodo evaluado, la estación registró un consumo total de 386 m³ de agua. El mayor consumo se presentó en diciembre de 2025 con 85 m³, debido al incremento de la demanda de servicios de lavado durante temporada vacacional.

El lavado de automóviles representó el mayor porcentaje de consumo con aproximadamente el 66 % del total, mientras que las motocicletas aportaron el 29 %, y los usos operativos internos el 5 % restante.

Tabla 10.

Consumo de agua – E.S. Terpel Mocoa

Mes	Lavado automóviles (m³)	Lavado motocicletas (m³)	Otros usos operativos (m³)	Consumo total mensual (m³)
Septiembre 2025	38	16	11	65
Octubre 2025	41	17	12	70
Noviembre 2025	37	15	10	62
Diciembre 2025	52	20	13	85
Enero 2026	46	18	12	76
TOTAL	214	86	58	386

Nota: El consumo de agua corresponde a las actividades de lavado de automóviles, motocicletas y operaciones internas de la estación.

Fuente: Elaboración propia a partir de registros operativos y facturación del servicio de agua.

Comparación del consumo de agua entre estaciones de servicio

La comparación del consumo de agua entre las estaciones evaluadas evidencia que La Reserva presentó un mayor consumo hídrico total con 412 m³, mientras que Terpel Mocoa registró 386 m³ durante el periodo de estudio.

La diferencia observada se encuentra asociada principalmente a la mayor demanda de servicios de lavado de automóviles en La Reserva, actividad que requiere mayores volúmenes de agua por vehículo atendido.

En ambas estaciones, el lavado de automóviles constituyó la principal fuente de consumo de agua, representando más del 65 % del consumo total. Asimismo, se observó un incremento significativo del consumo durante diciembre de 2025, asociado a temporadas de mayor movilidad y demanda comercial.

Los resultados obtenidos permiten identificar oportunidades de mejora relacionadas con la implementación de sistemas de recirculación de agua, optimización de procesos de lavado y fortalecimiento de estrategias de ahorro y uso eficiente del recurso hídrico.

Medición de la huella de carbono asociada al consumo de agua

El consumo de agua genera emisiones indirectas de gases de efecto invernadero debido a los procesos de captación, potabilización, distribución y tratamiento de aguas residuales asociados al servicio.

Para la estimación de la huella de carbono derivada del consumo de agua se aplicó la siguiente ecuación:

Donde:

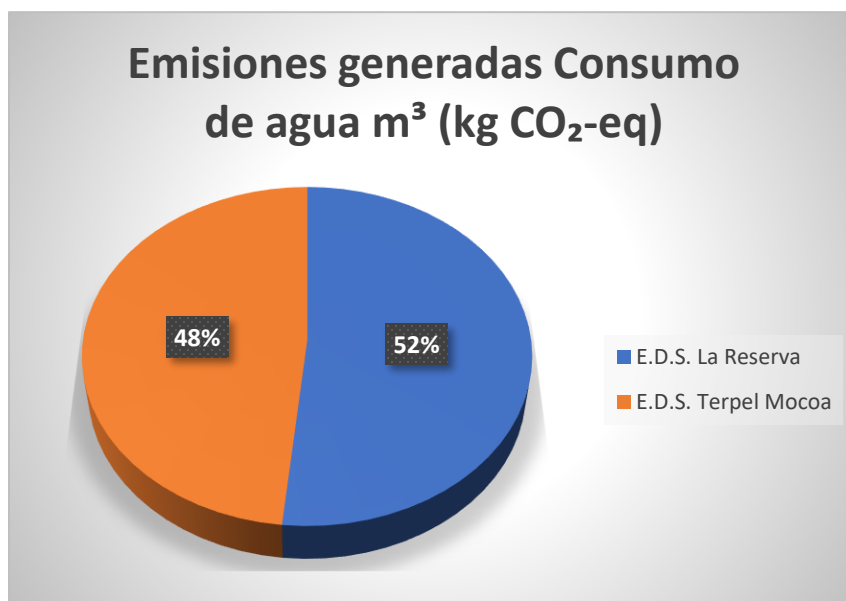
Consumo de agua: volumen total consumido en metros cúbicos (m³).

Factor de emisión: cantidad de emisiones generadas por cada metro cúbico consumido.

Para el presente estudio se utilizó un factor de emisión de 0,344 kg CO₂-eq/m³, basado en lineamientos del IDEAM y factores internacionales para sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua

Figura 7.

Huella de carbono asociada al consumo de agua



Nota: La huella de carbono fue calculada mediante la aplicación de factores de emisión asociados al abastecimiento, distribución y tratamiento de agua.

Fuente: Elaboración propia con base en IDEAM (2018) y factores IPCC (2006).

Análisis de la huella de carbono asociada al consumo de agua

Los resultados obtenidos evidencian que la estación de servicio La Reserva presentó mayores emisiones indirectas de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de agua, alcanzando 141,73 kg CO₂-eq, mientras que Terpel Mocoa registró 132,78 kg CO₂-eq.

La diferencia observada se encuentra relacionada con el mayor volumen de agua consumido en las actividades de lavado de automóviles y motocicletas en La Reserva.

En ambas estaciones, el lavado de automóviles representó la principal fuente de consumo hídrico y, en consecuencia, la mayor contribución a las emisiones indirectas derivadas del uso de agua.

El análisis demuestra que el consumo hídrico constituye un aspecto ambiental relevante dentro de las operaciones de estaciones de servicio con lavadero vehicular, debido tanto al uso intensivo del recurso como a la generación de emisiones asociadas a su tratamiento y distribución.

Discusión

Los resultados obtenidos de la evaluación ambiental realizada en las estaciones de servicio de La Reserva y Terpel Mocoa permitieron identificar diferencias relevantes en cuánto la generación de residuos sólidos, consumo de agua y emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de sus actividades operativas. Estas variaciones están relacionadas con las dinámicas de funcionamiento, intensidad de operación y práctica de manejo ambiental implementadas en cada establecimiento.

En cuanto a la caracterización de residuos sólidos, ambas estaciones presentaron una generación considerable de residuos aprovechables, principalmente plástico, papel y cartón, evidenciando la posibilidad de fortalecer el proceso de reciclaje y aprovechamiento de materiales. El plástico fue el residuo con mayor participación en las dos estaciones, situación que se relaciona con el uso frecuente de empaques y materiales desechables asociados a las actividades comerciales y operativas propias del de este tipo de establecimiento

La estación La Reserva presentó una generación total de residuos ligeramente superior a la registrada en Terpel Mocoa, especialmente en la categoría de residuos no aprovechables y peligrosos. Este comportamiento representa una mayor presión ambiental debido a las dificultades de la asociadas con el manejo y disposición final de este tipo de residuos. En particular los residuos peligrosos constituyen un aspecto crítico ya que pueden incluir materiales contaminados con hidrocarburos, aceites usados y sustancias químicas derivadas de actividades de mantenimiento y lavado vehicular.

El análisis de la huella de carbono asociada a los residuos sólidos evidencio que los residuos peligrosos son la principal fuente de emisiones en ambas estaciones. . Aunque la cantidad generada es menor en comparación con otros residuos, su alto factor de emisión

incrementa considerablemente su aporte a las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Este comportamiento se encuentra relacionado con los procesos especiales requeridos para el almacenamiento, transporte y disposición final de este tipo de residuos.

La Reserva registró mayores emisiones de CO₂ equivalente por residuos sólidos respecto a Terpel Mocoa, debido principalmente a la mayor generación de residuos peligrosos y no aprovechables. Estos resultados indican la necesidad de fortalecer estrategias de reducción en la fuente, separación adecuada y mejora en la gestión integral de residuos.

En relación con el consumo de agua, ambas estaciones mostraron un uso significativo del recurso hídrico, especialmente en las actividades de lavado de automóviles y motocicletas. El mayor consumo se presentó durante diciembre de 2025, asociado al incremento de la demanda de servicios en temporadas de mayor flujo vehicular y actividad comercial.

La estación La Reserva registró un consumo de agua más elevado y, por consiguiente, mayores emisiones indirectas asociadas a este recurso. Aunque las diferencias entre ambas estaciones no fueron considerablemente amplias, los resultados evidencian que el lavado vehicular representa una actividad de alta demanda hídrica y un factor importante dentro de los impactos ambientales indirectos relacionados con el tratamiento y distribución del agua.

La evaluación de la huella de carbono derivada del consumo de agua permitió establecer que, aunque las emisiones generadas son inferiores frente a otras fuentes como los residuos peligrosos, el uso continuo e intensivo del recurso contribuye de manera significativa a las emisiones totales generadas por las operaciones de las estaciones de servicio.

Recomendaciones

1. Gestión de residuos peligrosos: Implementar programas de separación en fuente, convenios con gestores autorizados y sustitución de insumos con menor carga contaminante, dado que representan >60 % de las emisiones por residuos.

2. Eficiencia energética: Realizar auditorías energéticas semestrales, sustituir iluminación convencional por LED de alta eficiencia y evaluar la viabilidad de sistemas fotovoltaicos para cubrir demandas base.

3. Optimización hídrica: Instalar sistemas de recirculación y tratamiento de aguas de lavado, junto con boquillas de flujo restringido, para reducir el consumo en al menos 30 %.

4. Monitoreo continuo: Establecer un inventario anual de GEI bajo ISO 14064-1:2018 y GHG Protocol, incorporando métricas de intensidad (kg CO₂-eq/gal comercializado) para benchmarking sectorial.

5. Capacitación y cultura ambiental: Desarrollar programas de formación al personal en manejo seguro de combustibles, gestión de residuos y reporte ambiental, alineados con la Ley 2169 de 2021.

Conclusiones

La caracterización de residuos sólidos permitió evidenciar que en ambas estaciones de servicio predominan los residuos aprovechables, especialmente plástico, papel y cartón, materiales generados principalmente por las actividades comerciales y operativas desarrolladas dentro de estos establecimientos. Asimismo, se identificó que la estación de servicio La Reserva presentó mayores cantidades de residuos no aprovechables y peligrosos en comparación con Terpel Mocoa, situación que representa una mayor presión ambiental debido a las dificultades relacionadas con su manejo y disposición final.

Aunque los residuos peligrosos se generan en menores proporciones, estos constituyen uno de los aspectos ambientales de mayor relevancia por su capacidad contaminante y por los riesgos asociados al manejo de materiales contaminados con hidrocarburos, aceites y sustancias químicas.

En cuanto al consumo de agua, los resultados evidenciaron que las actividades de lavado de automóviles y motocicletas constituyen la principal fuente de demanda hídrica en ambas estaciones de servicio. La estación La Reserva registró un mayor consumo total de agua durante el periodo evaluado, comportamiento asociado a una mayor intensidad operativa y demanda de servicios de lavado vehicular.

Los resultados obtenidos permitieron identificar la necesidad de implementar medidas orientadas al ahorro y uso eficiente del recurso hídrico, mediante estrategias como sistemas de recirculación, reutilización y optimización de los procesos de lavado, con el propósito de disminuir el consumo de agua y reducir los impactos ambientales asociados.

La determinación de la huella de carbono permitió establecer que los residuos peligrosos representan la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en ambas estaciones

de servicio, debido a sus altos factores de emisión y a los procesos requeridos para su tratamiento y disposición final. De igual manera, la estación de servicio La Reserva presentó mayores emisiones totales de CO₂ equivalente tanto en residuos sólidos como en consumo de agua, reflejando un mayor impacto ambiental derivado de sus actividades operativas.

Finalmente, la cuantificación de la huella de carbono permitió establecer una línea base ambiental para las estaciones evaluadas, facilitando la formulación de estrategias orientadas a la reducción de emisiones, fortalecimiento de la gestión ambiental y promoción de prácticas sostenibles en el sector de estaciones de servicio.

Referencias

- Čuček, L., Klemeš, J. J., & Kravanja, Z. (2012). *A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability*. *Journal of Cleaner Production*, 34, 9–20.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.036>
- Congreso de la República de Colombia. (2018). Ley 1931 de 2018: Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático. Diario Oficial No. 50.672.
- Congreso de la República de Colombia. (2021). Ley 2169 de 2021: Ley de Acción Climática. Diario Oficial No. 51.844.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2023). Estadísticas de consumo energético y ambiental en Colombia. <https://www.dane.gov.co>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6a ed.). McGraw-Hill.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2018). Factores de emisión para Colombia. <http://www.ideam.gov.co>
- International Energy Agency. (2023). *CO₂ emissions from fuel combustion*.
<https://www.iea.org/reports/co2-emissions-from-fuel-combustion-overview>
- International Organization for Standardization. (2006). ISO 14064-1:2006: *Greenhouse gases — Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*.
<https://www.iso.org/standard/38381.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Institute for Global Environmental Strategies.
<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). 2019 *refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/>
- Matthews, H. S., Hendrickson, C. T., & Weber, C. L. (2008). *The importance of carbon footprint estimation boundaries*. *Environmental Science & Technology*, 42(16), 5839–5842. <https://doi.org/10.1021/es703112w>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Decreto 298 de 2016: Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 1753 de 2015. Diario Oficial No. 49.757.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Resolución 1447 de 2018: Por la cual se establecen los lineamientos técnicos y metodológicos para el Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) de GEI. Diario Oficial No. 50.683.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Guía para la medición de la huella de carbono en organizaciones. <https://www.minambiente.gov.co>
- Minx, J., Wiedmann, T., Wood, R., Peters, G. P., Lenzen, M., Owen, A., Scott, K., Barrett, J., Hubacek, K., Baiocchi, G., & Suh, S. (2009). *Input-output analysis and carbon footprinting: An overview of applications*. *Economic Systems Research*, 21(3), 187–216. <https://doi.org/10.1080/09535310903541298>
- Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). *Carbon footprint: Current methods of estimation*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1–4), 135–160. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1678-y>
- Peters, G. P. (2010). *Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2(4), 245–250. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.004>

Unidad de Planeación Minero Energética. (2024). Factor de emisión del sistema eléctrico colombiano. <https://www.upme.gov.co>

United Nations Environment Programme. (2020). Emissions gap report 2020. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2020>

Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). *A definition of “carbon footprint”*. En C. C. Pertsova (Ed.), *Ecological economics research trends* (pp. 1–11). Nova Science Publishers.

World Resources Institute. (2015). *GHG Protocol scope 2 guidance: An amendment to the GHG Protocol corporate standard*. <https://ghgprotocol.org/scope-2-guidance>

World Resources Institute, & World Business Council for Sustainable Development. (2004). *The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard* (Rev. ed.). <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

Figura 10. *Punto ecológico EDS Terpel Texaco Mocoa*



Fuente: propia

Figura 11. *Pesaje de Residuos*



Fuente: propia

Figura 13. Caracterización de residuos sólidos EDS. la Reserva



Fuente: propia