



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR
LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA CEDAL,
LATACUNGA, COTOPAXI”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del título de
Ingeniera Ambiental

Autora:

Casacilla Dominguez Angie Maitte

Tutor:

Andrade Valencia José Antonio

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Casacilla Dominguez Angie Maitte con cédula de ciudadanía No. 1725719627, declaro ser autora del presente Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA CEDAL, LATACUNGA, COTOPAXI.**”, siendo el Dr. José Antonio Andrade Valencia, PhD, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 05 de febrero del 2026

Angie Maitte Casacilla Dominguez
C.C: 1725719627
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CASACILLA DOMINGUEZ ANGIE MAITTE**, identificada con cédula de ciudadanía **1725719627** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA CEDAL, LATACUNGA, COTOPAXI.”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Dr. José Antonio Andrade Valencia, PhD.

Tema: **“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA CEDAL, LATACUNGA, COTOPAXI.”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

f) **CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 05 días del mes de febrero del 2026.

Angie Maitte Casacilla Dominguez
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA CEDAL, LATACUNGA, COTOPAXI”, de Casacilla Dominguez Angie Maitte, de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 05 de febrero del 2026

Dr. José Antonio Andrade Valencia, PhD.
C.C: 0502525581
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Casacilla Dominguez Angie Maitte, con el título de Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA CEDAL, LATACUNGA, COTOPAXI.**”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 05 de febrero del 2026

Lcdo. Jaime René Lema Pillalaza, Mg.
C.C: 1713759932
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.
C.C: 0502205164
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. Lenin Lucas Guanoquiza Tello, Mg.
C.C: 1716622939
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por permitirme culminar esta etapa de mi formación académica y por brindarme la fortaleza necesaria para superar cada desafío durante este proceso.

A mi familia, especialmente a mi madre Marcia Domínguez y a mi hermano Daniel Domínguez, por su apoyo incondicional, su confianza y por motivarme constantemente a seguir adelante en cada paso de mi vida.

A la institución CEDAL por haberme brindado la oportunidad de desarrollar parte de mi proceso académico y de formación profesional.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la carrera de Ingeniería Ambiental, por proporcionarme los conocimientos, herramientas y formación profesional necesarios para mi desarrollo académico y personal.

A mi docente tutor, el Dr. José Antonio Andrade Valencia, por su orientación, apoyo y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación.

Angie Maitte Casacilla Dominguez

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo principalmente a Dios, por ser mi guía y fortaleza durante cada etapa de mi vida y por brindarme la sabiduría y perseverancia necesarias para culminar esta importante meta académica.

A mi madre, Marcia Domínguez, por su amor incondicional, su apoyo constante y por enseñarme con su ejemplo el valor de la lucha, la dignidad y la perseverancia, a mi hermano Daniel Domínguez, quien más que un hermano ha sido para mí una figura paterna, brindándome apoyo, consejo y acompañamiento en los momentos más importantes de mi vida.

A mis hermanos Andrés, Sofía y Albert, por su cariño y por formar parte fundamental de mi vida. A mi sobrina Emily, cuya alegría ha sido una motivación constante para seguir adelante, y a mi prima Tania, por su apoyo y compañía en diferentes momentos de este camino.

También dedico este logro a mis amigas de la universidad, Scarleth, Rubí, Rosita y Estefaní, quienes me acompañaron durante esta etapa académica, compartiendo risas, compañía y momentos que hicieron este proceso más significativo.

Angie Maitte Casacilla Dominguez

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS DE LA EMPRESA CEDAL, LATACUNGA, COTOPAXI.

Autora:
Casacilla Dominguez Angie Maitte

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue la determinación de la huella de carbono generada por las actividades productivas de la empresa Cedal, ubicada en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi, en el período año 2025, su problemática ambiental asociada con el incremento de emisiones de gases de efecto invernadero en la industria evidencia la necesidad de cuantificar emisiones que se generan por los procesos productivos, especialmente en industrias donde la demanda de energía es alta como es la del aluminio. Para el estudio se utilizó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo, con un diseño no experimental y corte transversal, en la determinación de la huella de carbono se aplicó metodologías con base a los lineamientos de IPCC y GHG Protocol, las cuales consideran emisiones directas como el Alcance 1 e indirectas por consumo de energía como el Alcance 2. Se realizó la cuantificación mediante la aplicación de factores de emisión y la conversión de datos de actividad a toneladas de CO₂ equivalente, En los resultados se obtuvo que Cedal generó en el año 2025 un total de 5.182,74 tCO₂e, el consumo eléctrico fue la principal fuente de emisión. Finalmente, se concluye que la determinación de la huella de carbono en la empresa Cedal, permitió identificar las principales fuentes emisoras y establecer una línea base de emisiones para la empresa.

Palabras Claves: Contaminación, CO₂ equivalente, Emisiones, Gases de efecto Invernadero, Procesos industriales.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: Determination of the Carbon Footprint Generated by the Productive Activities of the Company Cedal, Latacunga, Cotopaxi.

Author:
Casacilla Dominguez Angie Maitte

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the carbon footprint generated by the productive activities of the company Cedal, located in the city of Latacunga, province of Cotopaxi, during the year 2025. The environmental problem associated with the increase in greenhouse gas emissions in the industrial sector highlights the need to quantify emissions generated by production processes, especially in industries with high energy demand such as the aluminum industry. For this study, a quantitative approach was used, with a descriptive type, a non-experimental design, and a cross-sectional scope. For the determination of the carbon footprint, methodologies based on the guidelines of the IPCC and the GHG Protocol were applied, which consider direct emissions as Scope 1 and indirect emissions from energy consumption as Scope 2. Quantification was carried out through the application of emission factors and the conversion of activity data into tons of CO₂ equivalent. The results showed that Cedal generated a total of 5,182.74 tCO₂e in 2025, with electricity consumption being the main source of emissions. Finally, it is concluded that determining the carbon footprint in the company Cedal made it possible to identify the main emission sources and establish a baseline of emissions for the company.

Keywords: Pollution, CO₂ equivalent, Emissions, Greenhouse Gases, Industrial Processes.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
1. Información General.....	1
2. Introducción.....	2
3. Justificación.....	3
4. Beneficiarios del Proyecto.....	4
5. El Problema de Investigación.....	4
5.1. Formulación del problema.....	5
6. Objetivos.....	6
6.1. Objetivo general	6
6.2. Objetivos específicos.....	6
7. Actividades en Relación con los Objetivos Planteados	6
8. Fundamentación Científico - Técnica.....	7
8.1. Cambio climático.....	7
8.1.1. Concepto de cambio climático	7
8.1.2. Principales forzantes climáticos	7
8.1.3. Impactos ambientales y socioeconómicos.....	8

8.2. Gases de efecto invernadero y métricas de cuantificación	8
8.2.1. GEI reconocidos y sus características físico-químicas.....	8
8.2.2. Potencial de calentamiento global y conversión a CO ₂ equivalente.....	8
8.2.3. Fuentes de emisión en instalaciones industriales y operaciones asociadas	9
8.2.4. Principios para la cuantificación y consistencia de inventarios	9
8.3. Huella de carbono e inventarios de emisiones.....	9
8.3.1. Conceptualización de la huella de carbono	9
8.3.2. Principios del inventario de emisiones: año base y periodos	10
8.3.3. Función de la huella de carbono como herramienta analítica	10
8.4. Alcances de emisión y límites organizacionales según GHG Protocol	10
8.4.1. Alcance 1 y emisiones directas asociadas a fuentes fijas y móviles.....	10
8.4.2. Alcance 2 y emisiones indirectas por consumo de electricidad	11
8.5. Norma ISO 14064-1 y requisitos para inventarios de GEI.....	12
8.5.1. Propósito de ISO 14064-1 y su aplicación	12
8.5.2. Requisitos para cuantificación, reporte y consistencia.....	12
8.5.3. Relación con verificación, transparencia y calidad del inventario	12
8.6. Factores de emisión, datos de actividad e instrumentos de cálculo.....	13
8.6.1. Concepto de dato de actividad y su trazabilidad documental.....	13
8.6.2. Factores de emisión y jerarquía de fuentes técnicas.....	13
8.6.3. Ecuación de cálculo, supuestos, conversiones y unidades	14
9. Preguntas de Investigación	14

10. Área de Estudio	15
11. Metodología.....	15
11.1. Enfoque y diseño metodológico.	15
11.1.1 Enfoque Cuantitativo.....	15
11.1.2 Investigación descriptiva	16
11.1.3 Diseño no experimental	16
11.1.4 Corte transversal	16
11.2. Métodos de Investigación	16
11.2.1 Método Analítico	16
11.2.2 Método Deductivo.....	16
11.3.1 Revisión Documental.....	16
11.4. Instrumentos	16
11.5. Recolección de datos	16
11.5.1 Identificación de fuentes de emisión.....	16
11.5.2 Cuantificación de las emisiones.....	17
11.5.3 Evaluación e interpretación de resultados	17
12. Análisis y discusión de resultados	17
12.1. Identificación y clasificación de fuentes de emisión.....	17
12.2. Descripción de los datos de actividad por fuente	21
12.3. Resultados del alcance 1	26
12.4. Resultados del alcance 2.....	29

12.5. Huella de carbono total.....	30
12.6. Discusión de resultados	31
14. Conclusiones y recomendaciones	35
14.1. Conclusiones.....	35
14.2. Recomendaciones	36
15. Bibliografía.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados.....	6
Tabla 2. Inventario de fuentes de emisión de GEI - Alcance 1	18
Tabla 3. Inventario de fuentes de emisión de GEI - Alcance 2	19
Tabla 4. Emisiones totales de GEI del Alcance 1	28
Tabla 5. Huella de carbono total de la empresa Cedal.....	30
Tabla 6. Comparación de resultados de huella de carbono organizacional (Alcances 1 y 2) con estudios similares.....	32

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Emisiones de alcance 1 y 2.....	11
Ilustración 2. Ubicación de la empresa Cedal, Latacunga.....	15
Ilustración 3. Mapa de procesos de la empresa Cedal.....	20
Ilustración 4. Consumo mensual de Diesel por proceso.....	21
Ilustración 5. Consumo mensual de GLP por procesos.....	23
Ilustración 6. Consumo Mensual de energía eléctrica por procesos.....	25
Ilustración 7. Emisiones de GEI por tipo de combustible-Alcance 1.....	28
Ilustración 8. Participación porcentual de emisiones del Alcance 1.....	28
Ilustración 9. Emisiones de gases de efecto invernadero por alcance.....	31
Ilustración 10. Cuadro de mando ambiental para la empresa.....	34

1. Información General

Título del proyecto:

Determinación de la huella de carbono generada por las actividades productivas de la empresa Cedal, Latacunga, Cotopaxi.

Fecha de Inicio:

Octubre 2025.

Fecha de Finalización:

Febrero 2026.

Lugar de ejecución:

Provincia: Cotopaxi.

Cantón: Latacunga.

Parroquia: Ignacio Flores.

Barrio: Barrio Sur.

Empresa: Corporación Ecuatoriana de Aluminio.

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia: Ingeniería Ambiental

Nombres de equipo de investigadores:

Dr. José Antonio Andrade Valencia, PhD.

Lector 1: (presidente): Lcdo. Jaime René Lema Pillalaza, Mg.

Lector 2: Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.

Lector 3: Dr. Lenin Lucas Guanoquiza Tello, Mg.

Estudiante:

Casacilla Dominguez Angie Maitte.

Línea de investigación:

Gestión Ambiental, Sostenibilidad, Cambio Climático.

Línea de vinculación:

Ambiente, Desarrollo sostenible, Gestión Ambiental Empresarial.

2. Introducción

La preocupación mundial creciente por el cambio climático ha situado la medición de las emisiones de los gases de efecto invernadero GEI como uno de los bastiones centrales del discurso ambiental actual, dado que estas emisiones son el principal origen del calentamiento global, y de las alteraciones en los sistemas naturales y humanos (Posso, 2020). En el marco de la investigación ambiental, la huella de carbono constituye un parámetro expresable que cuantifica el impacto de las actividades humanas en términos de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) (Peñaranda et al., 2022), de modo que permite la comparación entre procesos y sectores productivos y da lugar a la confección de decisiones destinadas a la reducción de las emisiones y el camino hacia modelos de producción menos carbonizados (UNEP, 2022). La configuración de este enfoque metodológico responde a la exigencia de la generación de información ambiental que oriente políticas públicas y corporativas hacia una gestión más eficiente de los recursos y, por tanto, de las emisiones, en consonancia con los compromisos internacionales de sostenibilidad.

La productividad moderna lleva consigo una serie de GEI tanto directas como indirectas por lo que se puede considerar que dicha producción, no sólo genera un cambio del componente, sino que da lugar a un componente de sostenibilidad empresarial, propiedad de la misma organización, ya que toda actividad productiva de cualquier tipo de organización contiene insumos energéticos, transporte, procesos industriales y gestión de residuos que se acumulan en la huella de carbono general. Según Gómez (2024) hay un mayor interés científico y estratégico por la huella de carbono como criterio de valoración ambiental en los procesos productivos y se encuentran tendencias de investigación, como la que detectan Liu et al. (2021), que buscan la modificación de sus economías hacia bajas en carbono, subrayando la importancia de utilizar enfoques cuantitativos y procedimientos estandarizados para su cálculo y gestión, que permiten estimar sus emisiones y orientar procesos de eficiencia energética, reducción de impactos ambientales y el uso de tecnologías limpias que favorezcan una sostenibilidad organizativa.

En el contexto del mundo empresarial la estimación de la huella de carbono precisa la aplicación de métodos científicos y protocolos de carácter internacional que consideran tanto las emisiones directas asociadas a la operación de la empresa como las emisiones indirectas relacionadas con el consumo de energía, la compra de materiales y otros aspectos de la cadena de suministro. Normas y guías metodológicas como el GHG Protocol o la ISO 14064-1 dan orden a esta contabilización y aseguran que la medida sea comparable y reproducible entre

diferentes organizaciones, fomentando una gestión ambiental más transparente y efectiva (Dametis, 2025). La aplicación de estos marcos metodológicos en los estudios empresariales ha revelado su adaptabilidad para estimar la huella de carbono de servicios, productos y organizaciones en contextos diferentes, evidenciando no sólo la magnitud de las emisiones sino también los sectores donde se produce la mayor parte de los impactos y las oportunidades de mejora más significativas.

Al situar el análisis en la empresa Cedal de Latacunga, Cotopaxi, la huella de carbono de las actividades productivas se postula como una medida fundamental para analizar el impacto ambiental de las actividades de dicha empresa, pero también como un medio para proporcionar un soporte técnico que indique acciones de mitigación, eficiencia y sostenibilidad empresarial. El análisis de las emisiones de esta empresa no solo tiene como fin elaborar un inventario de sus GEI, sino que también ofrece insumos científicos para la elaboración de acciones de reducción y gestión ambiental con vistas hacia la mejora de su desempeño ambiental y hacia el cumplimiento de compromisos locales y globales frente al cambio climático.

3. Justificación

La ejecución de esta investigación resulta necesaria con respecto al aumento constante de las emisiones de GEI asociadas a las prácticas productivas industriales, que constituyen uno de los factores que más potencia el calentamiento global a nivel planetario. El cálculo de la huella de carbono, ha logrado posicionarse como una herramienta técnica fundamental para medir esos impactos y dirigir procesos de mitigación sustentados en la evidencia al permitir a las organizaciones inferir la real magnitud de sus emisiones y tomar el papel que les corresponde en la gestión ambiental responsable (Enríquez, 2025). En este sentido, la investigación nace de la necesidad de encontrar información ambiental verificable que sirva de soporte para la toma de decisiones en el seno del sector productivo.

Desde la perspectiva teórica, la investigación promueve el avance del saber aplicado dentro del ámbito de la ingeniería ambiental a través de la utilización de metodologías estandarizadas para la estimación de la huella de carbono como el GGP o la norma ISO 14064-1. El uso de este tipo de marcos metodológicos convierte el presente estudio en una contribución a la literatura sobre inventarios de emisiones en empresas manufactureras proporcionando evidencia empírica que podrá ser utilizada como apoyo para la realización de investigaciones similares en el contexto nacional y regional en el futuro.

En términos prácticos, la investigación proporciona a la empresa Cedal una base técnica certera para poder reconocer sus principales fuentes de emisión y evaluar el impacto que tienen sobre el ambiente sus procesos productivos. Este conocimiento es indispensable para diseñar el camino a seguir para reducir emisiones, mejorar el consumo de energía y aumentar el progreso ambiental corporativo, y, por supuesto, para permitir una gestión ambiental más eficiente de sus operaciones.

Por último, la investigación también se vincula con las obligaciones internacionales en materia ambiental en especial los Objetivos de Desarrollo Sostenible, focalizándose en el ODS 9 dedicado a la industria, innovación e infraestructura y en el ODS 13, que aborda la acción para el clima-plan que promueve medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus consecuencias (Naciones Unidas, 2023). A través de un diagnóstico cuantitativo de emisiones de GEI, el estudio se inscribe en el cumplimiento de estas agendas internacionales, lo cual intensifica la urgencia de agregar el control de la huella de carbono como una parte estratégica de las acciones vinculadas al desarrollo de una industria sostenible.

4. Beneficiarios del Proyecto

Los beneficiarios directos del proyecto son la empresa Cedal y su personal operativo y administrativo con un total de 189 personas, al contar con un diagnóstico técnico que le permita ubicar las principales fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y orientar acciones de mejora ambiental en su proceso productivo, la cual también contribuiría a una mejor gestión de los recursos y a la eliminación de impactos ambientales locales.

Indirectamente, los resultados benefician a la población del cantón Latacunga y los ecosistemas aledaños debido a que contribuye a la potencial reducción de las emisiones contaminantes que afectan la calidad ambiental y la del aire y a la sociedad en general mediante la generación de información científica sobre otros contextos industriales similares.

5. El Problema de Investigación

El acelerado aumento de las emisiones de GEI procedentes de las actividades productivas industriales representa un problema ambiental a nivel global, pues estas emisiones son una de las principales explicaciones del calentamiento climático que se está experimentando en las últimas décadas, rebasando los valores históricos de concentración de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre y produciendo efectos negativos sobre los sistemas naturales y sociales (Banguera, 2021). Esta tendencia no solo perjudica los procesos ecológicos, sino que, además, hace incrementar los riesgos para la salud de las personas, modifica los patrones climáticos y

hace crecer la probabilidad de que aparezcan fenómenos climáticos extremos, lo que pone de manifiesto la necesidad de entender en detalle las fuentes y magnitudes de emisiones asociadas a los procesos productivos implicados.

En Ecuador, el sector industrial constituye un componente relevante dentro del consumo energético nacional. Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, Las emisiones del GEI en el país están estrechamente relacionadas con actividades productivas y consumo de energía (MAATE, 2022). No obstante, muchas empresas manufactureras aún no cuentan con estudios formales de cuantificación de huella de carbono, lo que limita la implementación de estrategias de mitigación basadas en información técnica verificable. En ciudades con crecimiento industrial como Latacunga, existe escasa información pública sobre medición de emisiones en industrias del sector aluminio.

La empresa Cedal, está dedicada a la producción de perfiles de aluminio, en ella se desarrollan procesos industriales que implican un alto consumo de energía eléctrica. Sin embargo, hasta el año 2025, la organización no dispone del cálculo de huella de carbono que permita identificar y cuantificar las emisiones generadas por sus actividades productivas. Esta situación dificulta la toma de decisiones orientadas a la gestión ambiental y al mejoramiento del desempeño climático empresarial.

5.1. Formulación del problema

¿Cuál es la huella de carbono generada por las actividades productivas de la empresa Cedal, Latacunga, Cotopaxi?

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

Determinar la huella de carbono generada por las actividades productivas de la empresa Cedal.

6.2. Objetivos específicos

- Identificar las fuentes de emisión de Gases de Efecto Invernadero directas e indirectas en Cedal.
- Cuantificar la huella de carbono que genera Cedal utilizando metodologías, como la del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) o ISO 14064.
- Evaluar los resultados obtenidos de las fuentes de emisión identificadas en la empresa.

7. Actividades en Relación con los Objetivos Planteados

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en la relación a los objetivos planteados

Objetivos	Metodología	Actividades	Resultados
Identificar las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero directas e indirectas en CEDAL	Aplicación del GHG Protocol para la identificación de fuentes según alcances de emisión	Mapeo de procesos productivos y operativos, elaboración de inventario de fuentes fijas y móviles y clasificación de emisiones por alcances	Identificación y clasificación de las fuentes de emisión de GEI según Alcance 1 y 2
Cuantificar la huella de carbono que genera CEDAL utilizando metodologías estandarizadas	Aplicación de la metodología GHG Protocol y la norma ISO 14064-1	Cálculo de emisiones mediante el uso de factores de emisión oficiales y consolidación de datos en hojas de cálculo	Cuantificación detallada de las emisiones de GEI por tipo de fuente y por alcance

Evaluar los resultados obtenidos de las fuentes de emisión identificadas	Análisis comparativo y descriptivo de los resultados obtenidos	Análisis de emisiones por fuente y alcance, identificación de puntos críticos y elaboración de gráficos e indicadores ambientales	Interpretación de resultados y determinación de las principales fuentes de impacto ambiental
--	--	---	--

Nota. Elaborado por la autora.

8. Fundamentación Científico - Técnica

8.1. Cambio climático

8.1.1. Concepto de cambio climático

De acuerdo con Linares & Losada (2017) el cambio climático se define como una variación significativa y persistente en el estado del clima identificable a partir de cambios en la media y en la variabilidad de sus propiedades que se extienden durante periodos prolongados, generalmente décadas o más (p. 41). Esto es atribuible tanto a procesos naturales internos del sistema climático como a actividades humanas que incrementan la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, alterando el balance radiactivo del planeta y generando transformaciones en patrones de temperatura, precipitación y frecuencia de eventos extremos (Salaverry & Botana, 2022), lo que ha sido ampliamente documentado por la comunidad científica internacional y constituye el marco conceptual sobre el cual se desarrollan los inventarios de emisiones y las estrategias de mitigación en sectores productivos.

8.1.2. Principales forzantes climáticos

Entre los forzantes de origen antrópico con mayor incidencia en el calentamiento actual se encuentran el aumento sostenido de dióxido de carbono por combustión de combustibles fósiles, junto con aportes relevantes de metano y óxido nitroso vinculados a sistemas energéticos, procesos industriales y cadenas de suministro asociadas, además de la influencia de aerosoles y contaminantes climáticos de vida corta que modifican el balance radiactivo, de modo que las actividades productivas con demanda energética y uso de combustibles constituyen un componente determinante para explicar el forzamiento neto y su efecto acumulativo sobre el clima. (IPCC, 2021)

8.1.3. Impactos ambientales y socioeconómicos

Los impactos ambientales del cambio climático se manifiestan a través del aumento de olas de calor, alteraciones en los regímenes hidrológicos y mayor frecuencia de eventos extremos que afectan la infraestructura física, la disponibilidad de recursos naturales y la estabilidad de los sistemas productivos, generando presiones directas sobre la operación y el mantenimiento de instalaciones industriales. (Nimma et al., 2025)

Desde el ámbito socioeconómico, estos impactos se traducen en disminuciones de la productividad laboral, interrupciones en la continuidad operativa, mayores costos asociados a daños y adaptación, así como en el incremento de la vulnerabilidad de las cadenas de suministro, lo que evidencia la necesidad de integrar la evaluación climática con la gestión del riesgo para preservar la competitividad y la resiliencia de los territorios con alta concentración de actividades productivas. (Adom, 2024)

8.2. Gases de efecto invernadero y métricas de cuantificación

8.2.1. GEI reconocidos y sus características físico-químicas

Los gases de efecto invernadero reconocidos por la comunidad científica incluyen principalmente el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los gases fluorados, los cuales poseen la capacidad de absorber y reemitir radiación infrarroja, contribuyendo al calentamiento del sistema climático en función de su estructura molecular, tiempo de permanencia atmosférica y eficiencia de radiación. (Parlamento Europeo, 2023)

El dióxido de carbono se asocia mayoritariamente a la combustión de combustibles fósiles y procesos industriales, mientras que el metano presenta una mayor capacidad de atrapamiento de calor en el corto plazo y el óxido nitroso destaca por su elevada persistencia atmosférica, lo que explica la necesidad de considerar sus propiedades físico-químicas al momento de evaluar su impacto climático relativo. (Arce, 2023)

8.2.2. Potencial de calentamiento global y conversión a CO₂ equivalente

El potencial de calentamiento global constituye una métrica comparativa que permite evaluar la contribución de cada gas de efecto invernadero al calentamiento climático en relación con el dióxido de carbono, utilizando un horizonte temporal definido, comúnmente de cien años, lo que facilita la estandarización del impacto climático entre gases con comportamientos atmosféricos distintos (IPCC, 2021).

La conversión de las emisiones a dióxido de carbono equivalente se fundamenta en esta métrica y permite expresar en una sola unidad el efecto agregado de múltiples GEI, lo que resulta esencial para la elaboración de inventarios corporativos y para la comparación de resultados entre organizaciones, sectores y periodos de reporte (ISO, 2018).

8.2.3. Fuentes de emisión en instalaciones industriales y operaciones asociadas

En el contexto industrial, las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero se originan principalmente en la combustión estacionaria para generación de energía térmica, el uso de combustibles en equipos móviles, el consumo de electricidad adquirida y determinados procesos productivos que liberan emisiones de manera directa, configurando un perfil de emisiones estrechamente ligado al tipo de actividad desarrollada (WRI & WBCSD, 2004).

Adicionalmente, las operaciones asociadas como el transporte interno, el mantenimiento de equipos y el uso de insumos energéticos contribuyen de forma indirecta al total de emisiones, lo que evidencia la necesidad de identificar y clasificar de manera exhaustiva todas las fuentes relevantes para evitar subestimaciones del impacto climático real de la organización (Martínez-Rodríguez et al., 2021).

8.2.4. Principios para la cuantificación y consistencia de inventarios

La evaluación de los GEI en inventarios se inspira en principios de relevancia, integridad, consistencia, transparencia y veracidad, que aseguran que la información que se genera es relevante para la toma de decisiones y comparable en el tiempo, evitándose así las distorsiones que pueden producirse por cambios metodológicos injustificables (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, 2022). El uso sistemático de estos principios, así como de datos de actividad verificables y factores de emisión caracterizados, permite garantizar la coherencia interna del inventario y reforzar la credibilidad de los resultados obtenidos, especialmente cuando se utilizan para políticas de mitigación, o como base para la declaración ambiental o, incluso, para la verificación de acuerdo con la norma ISO 14064-1.

8.3. Huella de carbono e inventarios de emisiones

8.3.1. Conceptualización de la huella de carbono

La huella de carbono se comprende como un indicador que sintetiza la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a una entidad, actividad o sistema dentro de límites definidos y bajo reglas explícitas de medición, expresándose en dióxido de carbono equivalente para integrar gases con diferente efecto climático dentro de una misma unidad comparativa. (Hernández & Pascual, 2023)

En el plano conceptual, su utilidad depende de la claridad con la que se definan el objeto de análisis, los gases incluidos y el enfoque de contabilización, debido a que la literatura advierte que el término ha sido utilizado con alcances heterogéneos que van desde emisiones directas hasta aproximaciones de ciclo de vida, razón por la cual la operacionalización exige criterios consistentes de delimitación. (Brito et al., 2025)

8.3.2. Principios del inventario de emisiones: año base y periodos

El año base representa el punto de partida para comparar el desempeño de emisiones a lo largo del tiempo, mientras que el periodo de reporte define la ventana temporal de cuantificación y presentación de resultados, por lo que ambos elementos permiten construir series comparables y evaluar tendencias sin sesgos derivados de cambios arbitrarios en el marco temporal de medición. (GBA, 2018)

Cuando la información histórica es limitada, los marcos normativos aceptan establecer como año base el primer periodo inventariado, siempre que se documenten los supuestos y se mantenga coherencia metodológica en actualizaciones posteriores, lo cual refuerza la trazabilidad y la interpretabilidad de comparaciones interanuales. (GBA, 2018)

8.3.3. Función de la huella de carbono como herramienta analítica

Como herramienta analítica, la huella de carbono permite traducir la presión climática asociada a una entidad en información cuantitativa estructurada, facilitando la identificación de contribuyentes principales, la priorización de acciones de mitigación y la evaluación de avances mediante métricas comparables en el tiempo. (Mellado & Carrasco, 2021)

Su valor conceptual se consolida cuando se apoya en principios de calidad de información tales como relevancia, integridad, consistencia, transparencia y exactitud, debido a que estos principios sostienen la credibilidad del inventario y su capacidad para respaldar decisiones de mejora continua y comunicación ambiental técnicamente sustentada. (Mellado & Carrasco, 2021)

8.4. Alcances de emisión y límites organizacionales según GHG Protocol

8.4.1. Alcance 1 y emisiones directas asociadas a fuentes fijas y móviles

El Alcance 1 comprende las emisiones directas de gases de efecto invernadero que se originan en fuentes que son propiedad o están bajo el control de la organización, incluyendo aquellas derivadas de la combustión de combustibles en instalaciones fijas y en equipos móviles,

así como emisiones resultantes de procesos físicos o químicos definidos dentro de los límites operacionales establecidos. (GRI, 2023)

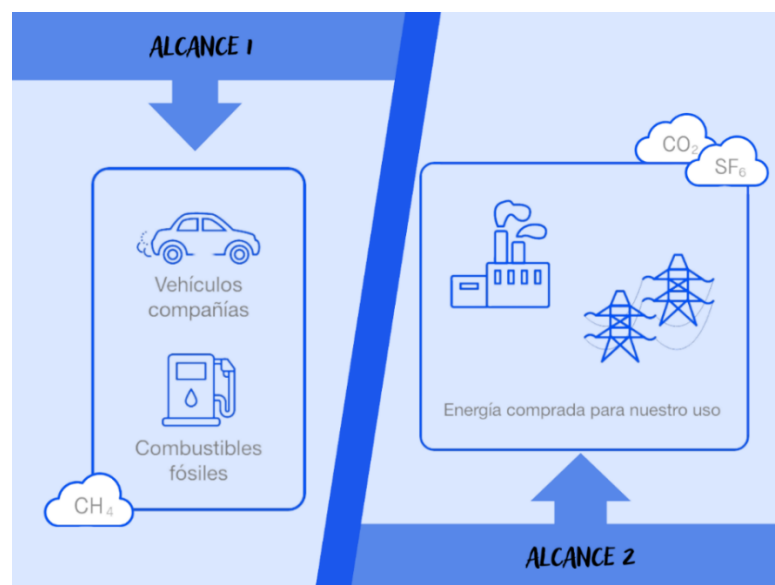
Desde un enfoque teórico, estas emisiones representan la expresión más inmediata de la relación entre la actividad humana y el sistema climático, ya que su cuantificación depende de datos de actividad directamente observables y constituye la base primaria sobre la cual se estructuran los inventarios de emisiones organizacionales con mayor nivel de control y responsabilidad atribuible. (Paspuezan & Mozo, 2023)

8.4.2. Alcance 2 y emisiones indirectas por consumo de electricidad

El Alcance 2 corresponde a las emisiones indirectas asociadas a la generación de energía eléctrica, térmica o de vapor adquirida y consumida por la organización, las cuales no se producen físicamente dentro de sus límites, pero son consecuencia directa de su demanda energética y, por tanto, atribuibles desde una perspectiva de responsabilidad climática. (GRI, 2023)

En términos conceptuales, este alcance permite visibilizar la dependencia de los sistemas organizacionales respecto a matrices energéticas externas y facilita la comparación del impacto climático del consumo energético bajo distintos contextos de generación, reforzando el análisis de eficiencia energética y la evaluación de alternativas de suministro con menor intensidad de carbono. (Cornejo, 2024)

Ilustración 1. Emisiones de alcance 1 y 2



Nota. Obtenido de <https://www.airco2.earth/blog/wp-content/uploads/2025/04/Emisiones-alcance-1-y-2-1.png>

8.5. Norma ISO 14064-1 y requisitos para inventarios de GEI

8.5.1. Propósito de ISO 14064-1 y su aplicación

La norma ISO 14064-1 establece los principios y requisitos para la cuantificación y el reporte de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero a nivel organizacional, proporcionando un marco técnico que permite desarrollar inventarios coherentes, transparentes y comparables en distintos contextos institucionales. Su propósito central es asegurar que la información climática generada sea fiable y útil para la gestión ambiental, la toma de decisiones y la comunicación de desempeño climático, independientemente del tamaño o sector de la organización. (International Organization for Standardization, 2018)

Desde una perspectiva teórica, la aplicación de ISO 14064-1 contribuye a estandarizar los criterios de medición de GEI, reduciendo la heterogeneidad metodológica y fortaleciendo la consistencia conceptual de los inventarios organizacionales. Merodio (2023) reconoce que este estándar facilita la armonización con otros marcos internacionales de reporte y con políticas climáticas, lo que refuerza su relevancia como referencia técnica en estudios de huella de carbono.

8.5.2. Requisitos para cuantificación, reporte y consistencia

ISO 14064-1 define requisitos específicos para la cuantificación de emisiones y remociones de GEI que incluyen la identificación de fuentes y sumideros relevantes, la selección de métodos de cálculo apropiados y el uso de datos de actividad y factores de emisión técnicamente sustentados. Estos requisitos buscan asegurar que el inventario refleje de manera fiel la realidad del sistema evaluado y que los resultados obtenidos sean reproducibles y verificables (International Organization for Standardization, 2018). Asimismo, el estándar enfatiza la necesidad de mantener consistencia metodológica a lo largo del tiempo, estableciendo lineamientos para documentar supuestos, cambios en los métodos de cálculo y actualizaciones de datos.

8.5.3. Relación con verificación, transparencia y calidad del inventario

ISO 14064-1 se vincula estrechamente con procesos de verificación, al establecer criterios que facilitan la evaluación independiente de los inventarios de GEI, fortaleciendo la credibilidad y confiabilidad de la información reportada. La norma promueve la transparencia mediante la documentación detallada de métodos, fuentes de datos y supuestos utilizados, lo que permite a terceros comprender y evaluar la solidez técnica del inventario (ISO, 2018).

Vera (2023) resalta que inventarios desarrollados bajo criterios de calidad de datos y transparencia metodológica incrementan su valor como herramientas analíticas para la gestión ambiental y el seguimiento de compromisos climáticos, tanto a nivel organizacional como institucional.

8.6. Factores de emisión, datos de actividad e instrumentos de cálculo

8.6.1. Concepto de dato de actividad y su trazabilidad documental

El dato de actividad constituye la variable cuantitativa que determina el nivel que toma una actividad humana emisor de gases de efecto invernadero, el cual puede expresarse en unidades físicas como litros de combustible consumidos; kilovatios hora de energía eléctrica utilizados; o toneladas de materia prima procesadas (FAO, 2015). El dato de actividad es el primer insumo mediante el cual se procede a calcular las emisiones puesto que se conecta inmediatamente la operación del sistema objeto de estudio con la producción de GEI lo que permite que las acciones que se realizan se conviertan en valores medibles de impacto climático (Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, 2022). La trazabilidad documental del dato de actividad representa uno de los principios metodológicos más importantes de la contabilidad de GEI puesto que implica que todos los valores utilizados estén soportados de alguna manera por registros a verificar como facturas, reportes de consumo, registros contables o mediciones directas.

8.6.2. Factores de emisión y jerarquía de fuentes técnicas

El factor de emisión representa la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por unidad de dato de actividad y se expresa generalmente en términos de masa de GEI por unidad física, como kg CO₂e por litro de combustible o kg CO₂e por kWh de energía consumida. Conceptualmente, los factores de emisión sintetizan el comportamiento promedio de una fuente emisora y permiten convertir datos operativos en emisiones climáticas comparables. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2025)

Desde el punto de vista metodológico, existe una jerarquía en la selección de factores de emisión, priorizando aquellos específicos del contexto evaluado sobre los factores por defecto. Los factores específicos, obtenidos a partir de mediciones locales o datos oficiales nacionales, ofrecen mayor precisión, mientras que los factores por defecto, como los propuestos por el IPCC, se utilizan cuando no se dispone de información más detallada, siempre que se documente esta elección y se evalúe su impacto en la incertidumbre del inventario. (International Organization for Standardization, 2018)

8.6.3. Ecuación de cálculo, supuestos, conversiones y unidades

La cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero se basa en una ecuación general ampliamente aceptada en normas internacionales, la cual establece que la emisión total se obtiene multiplicando el dato de actividad por el factor de emisión correspondiente, expresándose de forma matemática como:

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

El uso de esta relación permite calcular las emisiones individuales de cada una de las fuentes y posteriormente integrarlas en formas de dióxido de carbono equivalente mediante el potencial de calentamiento global de cada gas, cumpliendo con las unidades de reporte (Mancheno, 2018).

Para poder aplicar correctamente esta relación se debe ser capaz de realizar supuestos explícitos sobre los límites del inventario, de los periodos de análisis y sobre las conversiones de unidades a las que se debe recurrir, como la conversión de la energía de mega julios a kilovatios hora o la conversión de la masa de un gas en la masa de CO₂ equivalente. La sistematicidad de las unidades y, sobre todo, la explícita escritura de los supuestos metodológicos es esencial para asegurar la validez científica del indicador y su comparabilidad, tal como destacan las propias directrices del IPCC, así como la norma ISO 14064-1 para la evaluación de la huella de carbono organizacional. (International Organization for Standardization, 2018)

9. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son las fuentes que emiten gases de efecto invernaderos de una manera clara y de manera indirecta a partir de las actividades productivas de la empresa Cedal, conforme a los criterios de los alcances separados por el GHG Protocol?
- ¿Cuántas emisiones de gases de efecto invernadero genera la empresa, expresadas en toneladas equivalentes de dióxido de carbono, en el período que se define?
- ¿Cómo se distribuyen las emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa CEDAL en función de los diferentes tipos de fuentes y alcances de emisión incluidos en el inventario?
- ¿Cuáles son las fuentes que aportan más en la huella de carbono total de la empresa CEDAL y qué implicaciones tiene ese resultado para la gestión ambiental?

10. Área de Estudio

La empresa CEDAL está ubicada en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, en la Sierra centro del Ecuador, a unos 2.800 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra dentro de un corredor industrial importante para la región, con actividades productivas centradas en la fabricación y transformación de perfiles de aluminio. Sus instalaciones incluyen áreas de producción, almacenamiento y oficinas administrativas, donde se desarrollan procesos que generan consumo energético y emisiones que deben ser gestionadas para reducir su impacto ambiental local, con 189 colaboradores.

Ilustración 2. Ubicación de la empresa Cedal, Latacunga.



Nota. Tomado de Google Maps (2025)

11. Metodología

11.1. Enfoque y diseño metodológico.

11.1.1 Enfoque Cuantitativo.

En la presente investigación, el enfoque es cuantitativo debido a que se trabajó con datos numéricos por el consumo energético y la conversión de toneladas de CO₂e, esto nos permite tener una medición objetiva de la huella de carbono.

11.1.2 Investigación descriptiva

El estudio de la investigación es descriptivo debido a que se orienta a detallar fuentes de emisión y cuantificar las emisiones generadas por las actividades productivas de Cedal.

11.1.3 Diseño no experimental

La investigación tiene un diseño no experimental ya que no se manipula variables, solo se observa los fenómenos en su contexto natural y se los analiza.

11.1.4 Corte transversal

La investigación tiene un corte transversal, debido a que recolecta datos en un solo momento determinado.

11.2. Métodos de Investigación

11.2.1 Método Analítico

En la presente investigación se aplicó el método analítico para identificar y examinar cada fuente de una manera individual de cada proceso productivo de Cedal.

11.2.2 Método Deductivo.

Para la investigación realizada en la empresa Cedal se empleó el método deductivo al utilizar lineamientos internacionales sobre la huella de carbono.

11.3 Técnicas de recolección de datos

11.3.1 Revisión Documental

Para la investigación se revisaron registros internos del consumo de la energía eléctrica y documentación de los demás procesos productivos de Cedal.

11.4. Instrumentos

En la investigación se utilizaron como instrumentos, el registro documental de consumo proporcionado por la empresa, una hoja de cálculo para la conversión de los datos dados por la empresa a toneladas de CO₂ e y tablas de factores de emisiones oficiales.

11.5. Recolección de datos

11.5.1 Identificación de fuentes de emisión.

Para comenzar con la recolección de datos, se realizó la identificación de las fuentes que generan gases de efecto invernadero en Cedal. Para ello, se realizó la revisión de la base de datos de la empresa que fue desde el periodo enero 2025-diciembre 2025, con ello se logró clasificar las fuentes según su naturaleza y el tipo de consumo de energía

11.5.2 Cuantificación de las emisiones

Para la presente investigación los factores de emisiones utilizados se basaron en las directrices de IPCC, en esta fase se realizó la cuantificación de las emisiones mediante la aplicación de los factores de emisión oficiales, los datos fueron procesado en una hoja de cálculo digital, con la siguiente fórmula:

$$\text{Emisiones (tCO}_2\text{e)} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

Donde:

Dato de Actividad: Medida de nivel de actividad generadora

Factor de Emisión: Coeficiente que convierte la actividad en toneladas de CO₂.

11.5.3 Evaluación e interpretación de resultados

Los resultados para la investigación fueron analizados e interpretados con el fin de determinar la magnitud de la huella de carbono generada por Cedal en el año 2025, sus principales fuentes de emisión se presentan en términos de toneladas de CO₂ equivalente.

12. Análisis y discusión de resultados

Este apartado presenta y analiza los resultados que se han obtenido en la determinación de la huella de carbono que las actividades productivas de la empresa Cedal han generado en el año 2025 a partir del análisis de datos de consumo de combustibles y energía eléctrica, y tomando en consideración únicamente las emisiones de Alcance 1 y Alcance 2 de acuerdo con la metodología que el GHG Protocol y la norma ISO 14064-1 recogen, y con la finalidad de determinar y discutir los resultados en relación con criterios técnicos y antecedentes científicos relativos a las principales fuentes de emisión y su contribución relativa.

12.1. Identificación y clasificación de fuentes de emisión

La identificación de las fuentes que emiten GEI se realizó mediante el análisis de los registros de consumo de combustibles y de consumo energético disponibles para el año 2025 y que se encuentren desagregados por equipos y procesos de producción de acuerdo con la información que la empresa suministró. Este nivel de desagregación permitió identificar no solo el tipo de insumo energético consumido sino también las máquinas y sistemas precisos relacionados con el consumo, favoreciendo la trazabilidad del inventario y la identificación de los emisores.

A partir de este análisis se elaboró el inventario de emisiones que clasifica las fuentes de acuerdo con el tipo, grupo de equipo relacionado y su alcance, siguiendo las orientaciones del GHG Protocol y la norma ISO 14064-1, constituyendo la base técnica del inventario que se elaborará posteriormente para la huella de carbono organizacional.

Inventario de fuentes de emisión de GEI por alcance - Año 2025

Tabla 2. Inventario de fuentes de emisión de GEI - Alcance 1

Equipo	Insumo energético	Tipo de fuente	Unidad
Horno de fundición	Diésel, GLP	Fuente fija	Galones o kg
Montacargas - fundición	Diésel	Fuente móvil	Galones
Montacargas	GLP	Fuente móvil	Galones o kg
Horno de homogenizado	Diésel, GLP	Fuente fija	Galones o kg
Proceso de extrusión	Diésel	Fuente fija	Galones
Anodizado	Diésel	Fuente fija	Galones
Pintura	Diésel, GLP	Fuente fija	Galones o kg
Horno de secado	Diésel	Fuente fija	Galones
Horno de secado - empaque	GLP	Fuente fija	Galones o kg
Horno de envejecimiento	GLP	Fuente fija	Galones o kg
Matricería	GLP	Fuente fija	Galones o kg
Cocina	GLP	Fuente fija	Galones o kg
Generación interna	Diésel	Fuente fija	Galones

Nota. Las emisiones de Alcance 1 corresponden a la combustión directa de combustibles fósiles en fuentes fijas y móviles bajo control de la organización.

Tabla 3. Inventario de fuentes de emisión de GEI - Alcance 2

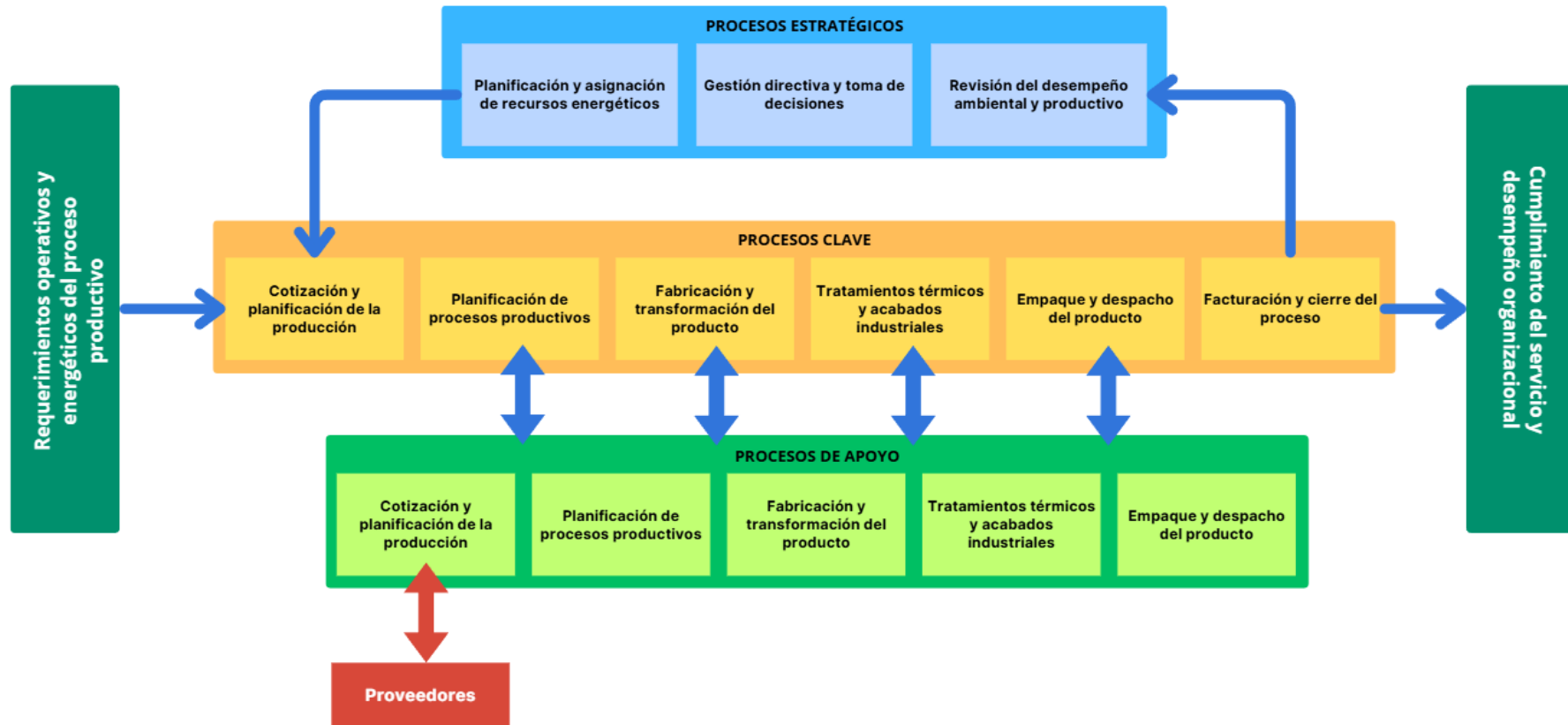
Equipo	Insumo energético	Tipo de fuente	Unidad
Horno de fundición	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Horno de homogenizado	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Extrusión	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Anodizado	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Pintura	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Estañado	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Empaque	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Horno de envejecimiento	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Matricería	Electricidad	Fuente indirecta	kWh
Administración	Electricidad	Fuente indirecta	kWh

Nota. Las emisiones de Alcance 2 se asocian exclusivamente al consumo de energía eléctrica adquirida y consumida durante el año 2025.

Mapa de procesos

El mapa de procesos de la empresa Cedal permite representar de manera integral la estructura organizacional y operativa vinculada al desarrollo de sus actividades productivas, identificando la interacción entre los procesos estratégicos, los procesos clave y los procesos de apoyo que intervienen en la generación del producto final. Esta representación facilita la identificación de los puntos donde se concentran los consumos energéticos y el uso de combustibles, lo que resulta fundamental para la identificación y clasificación de las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero consideradas en el inventario, constituyendo una base visual y metodológica para la determinación de la huella de carbono organizacional correspondiente a los Alcances 1 y 2.

Ilustración 3. Mapa de procesos de la empresa Cedal

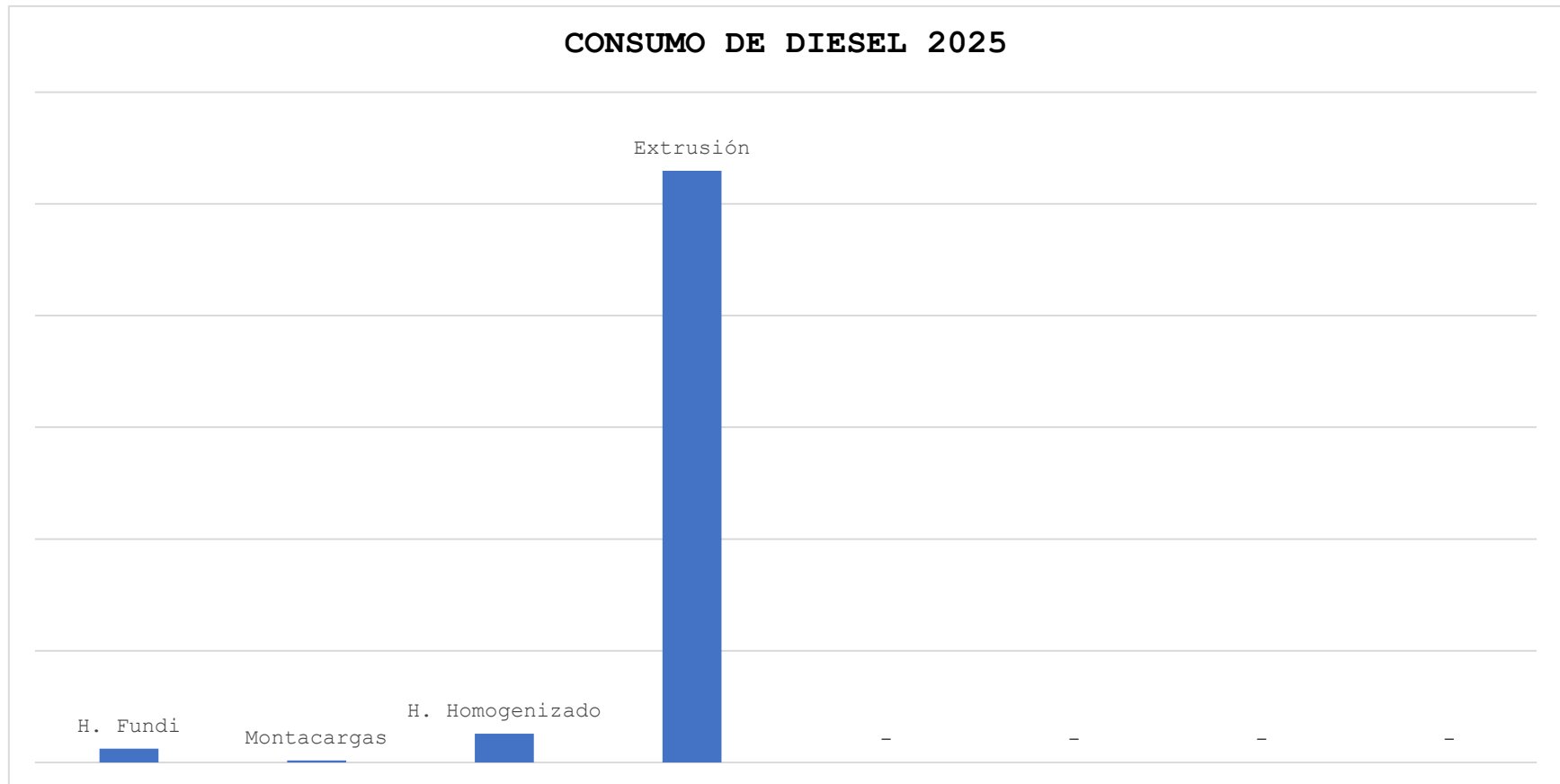


Nota. Elaborado con base en el análisis de procesos y consumo energético del año 2025.

12.2. Descripción de los datos de actividad por fuente

Consumo mensual de Diesel

Ilustración 4. Consumo mensual de Diesel por proceso.



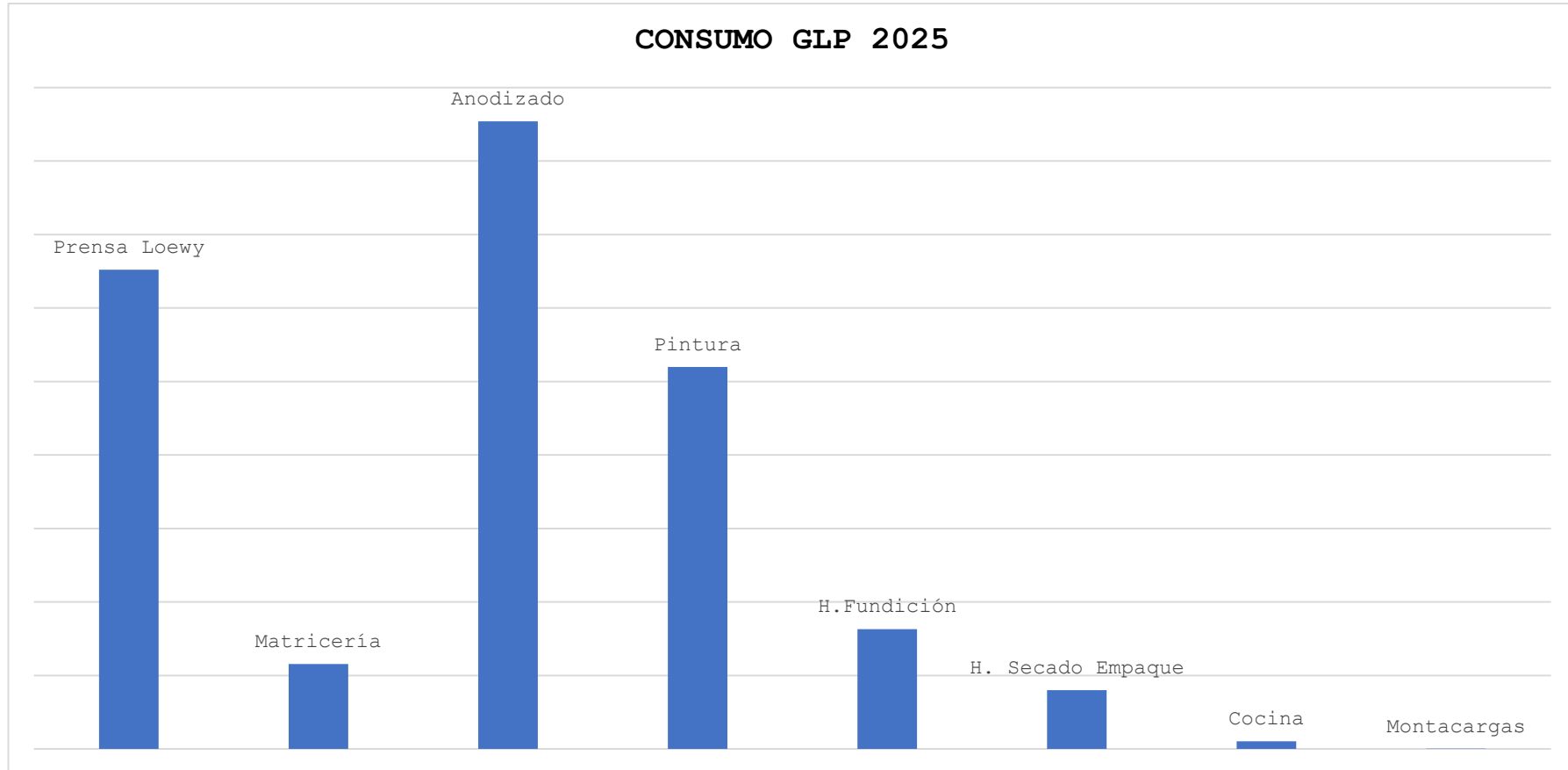
Nota. Consumo de diésel, año 2025

La evaluación de las emisiones de GEI asociadas al uso de diésel durante el año 2025 evidencia una clara concentración de las emisiones directas en el proceso de extrusión, el cual constituye la principal fuente de emisiones del Alcance 1 vinculadas a este combustible dentro de la empresa. La cuantificación de emisiones muestra que dicho proceso aporta la mayor proporción del total anual de dióxido de carbono equivalente generado por el uso de diésel, reflejando su elevada intensidad operativa a lo largo del periodo analizado. Las variaciones observadas en las emisiones mensuales responden a cambios en la carga productiva del proceso, lo que pone de manifiesto una relación directa entre el nivel de actividad y la generación de emisiones asociadas.

Por otro lado, las emisiones producidas por la utilización de diésel para otros procesos productivos son puntuales y limitadas, puesto que solo se manifiestan en determinados momentos del año y presentan una aportación mucho más baja al total de emisiones generadas por el combustible. Estas aportaciones pertenecen a procesos como el de hornos o el de los equipos auxiliares, cuyo grado de participación en la huella de carbono es marginal en comparación con la extrusión. Las emisiones totales que se producen a raíz del uso de diésel durante el año se expresan únicamente en toneladas de CO₂ equivalente, obtenidas a partir de los registros internos de consumo que hizo la empresa y que, por motivos de confidencialidad, no se han hecho explícitos en el presente documento. Esta entrega de emisiones es representativa del hecho de que la extrusión es el foco principal de las emisiones directas asociadas al diésel y es también el modelo que pone de manifiesto la relación de la actividad productiva anual con la generación de GEI.

Consumo mensual de gas licuado de petróleo (GLP)

Ilustración 5. Consumo mensual de GLP por procesos.



Nota. Consumo de GLP, año 2025

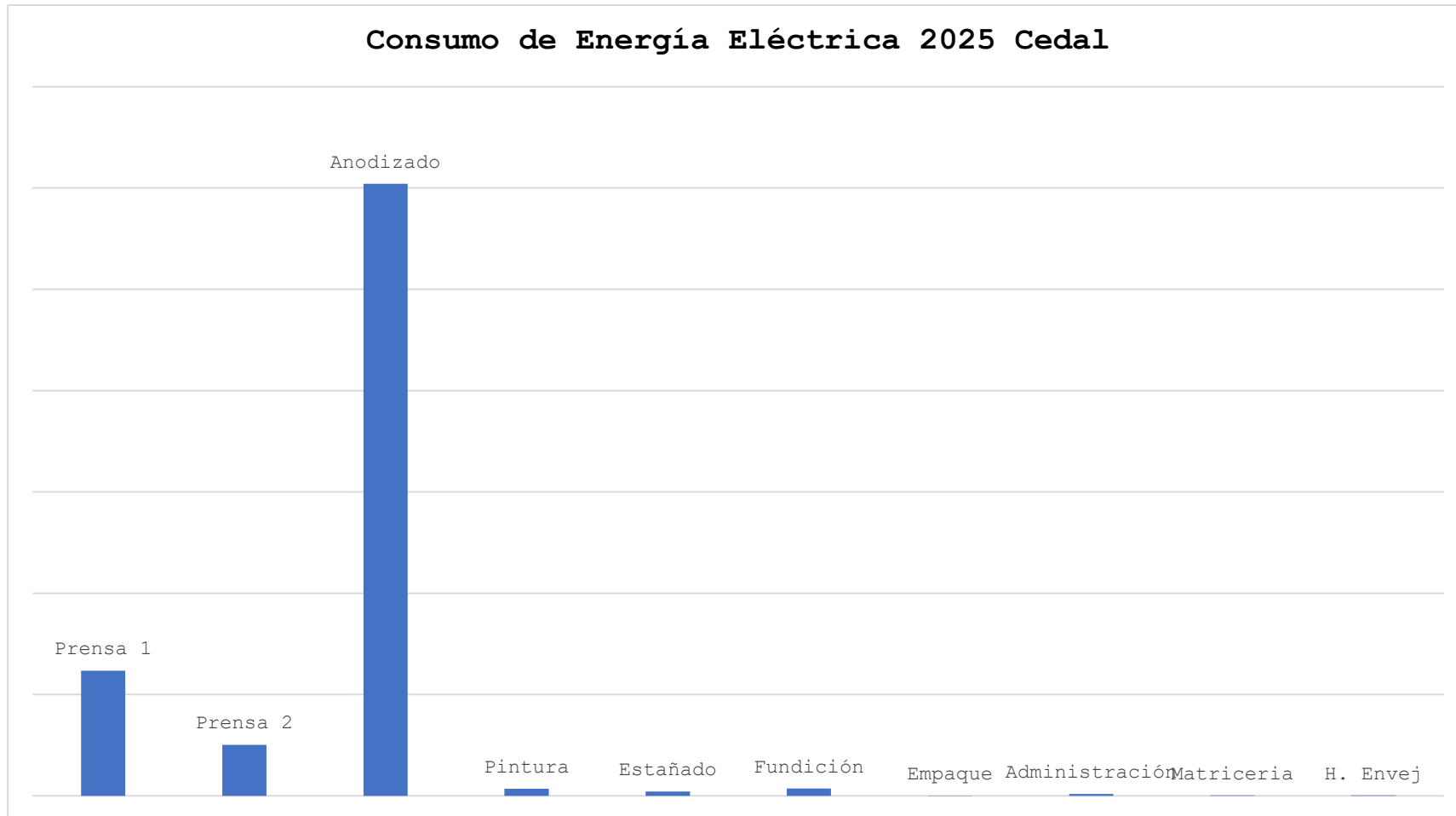
La estimación de las emisiones de GEI asociadas al uso de GLP durante 2025 evidencia una participación amplia de este combustible en diversos procesos productivos de la empresa, lo que confirma su relevancia como fuente de energía térmica dentro del sistema industrial. Los resultados muestran que los procesos de anodizado, pintura y prensado concentran la mayor proporción de las emisiones directas de Alcance 1 vinculadas al GLP, reflejando una alta dependencia de estos procesos respecto del suministro térmico proporcionado por dicho combustible. Esta distribución de emisiones es coherente con la naturaleza energética de las operaciones, en las que el GLP cumple un rol fundamental para garantizar las condiciones técnicas requeridas en cada etapa productiva.

Desde el punto de vista temporal, las emisiones mensuales de GLP muestran variaciones a lo largo del año que se pueden explicar por una modificación en la programación y la intensidad de los procesos térmicos. Por un lado, se detectan meses con niveles altos de emisiones, asociados a la operación de alguna de las instalaciones que son de alta demanda energética, mientras que otros meses presentan un descenso relativo de las emisiones que se relaciona con una menor actividad de producción o con ajustes internos. Además, otros procesos auxiliares, como la matricería, los hornos de secado o las áreas de apoyo, se caracterizan por ser procesos con una contribución más estable y de menor peso relativo dentro del total de las emisiones anuales de GLP, mientras que el uso de este combustible en las maquinarias móviles es también marginal en términos de aportación climática.

Las emisiones totales generadas por el uso de GLP en el año 2025 son expresadas en toneladas de CO₂ equivalente y se obtienen a partir de datos de consumo de energía recogidos de los registros internos de la empresa, los cuales no se muestran de forma desagregada en este documento por motivos de confidencialidad. Al analizar los resultados obtenidos en el punto anterior se determina que el GLP es una de las fuentes más relevantes respecto a las emisiones directas en la huella de carbono de Cedal y se obtiene la relación entre la planificación de la ejecución de los procesos térmicos y la variabilidad anual de las emisiones de los GEI.

Consumo mensual de energía eléctrica

Ilustración 6. Consumo Mensual de energía eléctrica por procesos.



Nota. Consumo de energía eléctrica, año 2025

La cuantificación de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de energía eléctrica durante el 2025 pone de manifiesto una clara predominancia del proceso de anodizado como principal contribuyente al Alcance 2 de la huella de carbono de la empresa Cedal. Los resultados evidencian que este proceso concentra la mayor proporción de las emisiones derivadas de la electricidad adquirida, lo que confirma su carácter intensivo en el uso de energía eléctrica y su relevancia dentro del sistema productivo. En una contribución secundaria, pero significativa, se ubican los procesos asociados a las prensas, cuya operación continua a lo largo del año genera un aporte relevante a las emisiones indirectas totales.

Las emisiones mensuales asociadas al consumo de electricidad muestran variaciones en el tiempo del trabajo para el periodo estudiado, reflejando cambios en la intensidad del trabajo de los procesos eléctricos primarios, en concreto anodizado y prensas, pero estos comportamientos son el reflejo de la dinámica productiva de la empresa, donde se dan situaciones de máximo desagüe de emisiones con un mayor consumo eléctrico y otras donde el desagüe es más bajo y por lo tanto de menor aportación relativa. En contraposición a estos procesos, el resto de procesos de consumo eléctrico, como pintura, estañado, fundición, empaque, matricería, hornos auxiliares y áreas administrativas, ofrecen una mayor homogeneidad y aportación de menor peso relativo en el total del desagüe de emisiones indirectas, aportando de forma complementaria a la huella de carbono eléctrica.

El patrón de emisiones obtenido confirma la alta dependencia de Cedal respecto a la energía eléctrica como insumo energético esencial, así como la influencia directa de la planificación y la intensidad de los procesos productivos sobre la variabilidad anual de las emisiones indirectas de GEI.

12.3. Resultados del alcance 1

En este apartado se presentan los resultados correspondientes a los GEI asociadas al Alcance 1, derivadas del consumo de diésel y GLP en 2025. El cálculo se realizó aplicando la ecuación general de cuantificación de emisiones y factores de emisión de referencia internacional, permitiendo expresar los resultados en toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO₂e).

Emisiones directas por consumo de Diesel

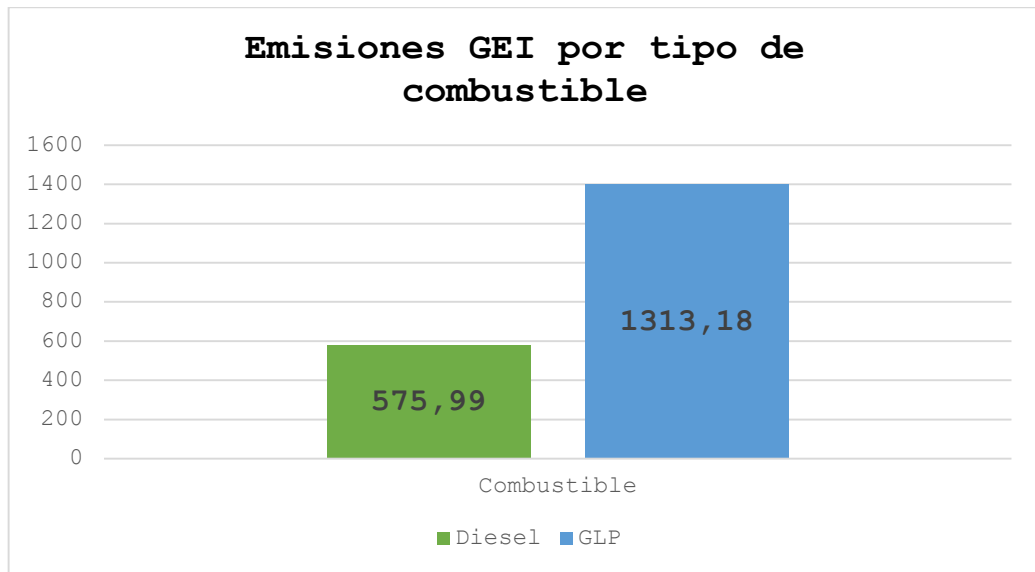
Las emisiones directas que se vinculan directamente con la combustión del diésel se encuentran, esencialmente, en el proceso de extrusión, el cual toma protagonismo a la hora de ser bajo el que se desarrollan los GEI dentro de esta categoría de Alcance 1. La aportación que tiene en este sentido la extrusión va sobradamente más allá que otro intercambio del diésel que existe en la empresa, el cual se encuentra muy puntualizado y que tiene un impacto muy bajo con respecto a la total de emisiones directas. La tendencia a la que se ha hecho referencia, pone de manifiesto la estrecha vinculación que existe entre la intensidad operativa de la extrusión y la generación de emisiones, la convierten en un proceso clave desde la vertiente de la gestión climática.

La marcada concentración de emisiones en un solo proceso permite identificar con claridad oportunidades de intervención prioritaria, ya que cualquier mejora orientada a la optimización energética, eficiencia operativa o sustitución tecnológica en la extrusión tendría un impacto directo y significativo en la reducción de las emisiones del Alcance 1 asociadas al diésel.

Emisiones directas por consumo de GLP

Las emisiones directas como consecuencia del uso del GLP constituyen, de forma absoluta, el factor más importante del Alcance 1 de la huella de carbono de la empresa para el año 2025, siendo, el GLP, un combustible de amplia utilización en diferentes procesos productivos de tipo térmico. Se destacan entre ellos los procesos de funcionamiento continuo como el anodizado y la pintura, los cuales concentran las emisiones más altas del GLP. Esto pone de manifiesto una elevada dependencia energética del GLP para satisfacer las condiciones técnicas del proceso productivo.

La distribución de las emisiones deja ver que el GLP tiene un carácter estructural que forma parte del sistema energético de la empresa, en contraposición al diésel que resultó ser clave pero con una menor importancia en cuanto a la carga climática directa, lo que pone de relieve la necesidad de desarrollar las acciones de gestión ambiental mejorando la eficiencia térmica y control de la utilización del GLP en los procesos de mayor carga, como eje central para la disminución de las emisiones directas de los gases de efecto invernadero.

Ilustración 7. Emisiones de GEI por tipo de combustible-Alcance 1

Nota. Emisiones expresadas en toneladas de CO₂ equivalente.

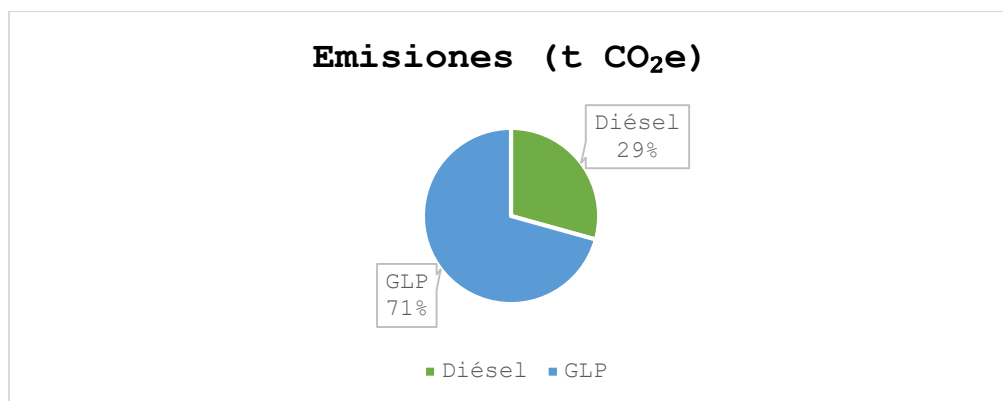
Emisiones totales del Alcance 1

La suma de las emisiones directas provenientes del consumo de diésel y GLP permite estimar las emisiones totales del Alcance 1 correspondientes al año 2025.

Tabla 4. Emisiones totales de GEI del Alcance 1

Fuente	Emisiones (t CO ₂ e)	Participación (%)
Diésel	575,99	29,3
GLP	1.313,18	70,7
Total	1.889,17	100

Nota. Porcentajes calculados sobre el total de emisiones directas del año 2025.

Ilustración 8. Participación porcentual de emisiones del Alcance 1

Nota. El GLP concentra la mayor proporción de emisiones directas del periodo analizado.

12.4. Resultados del alcance 2

En este apartado se presentan los resultados correspondientes a las emisiones indirectas de GEI asociadas al Alcance 2, derivadas del consumo de energía eléctrica adquirida por la empresa Cedal durante 2025. Estas emisiones no se generan directamente dentro de las instalaciones, pero se producen en las centrales de generación eléctrica que abastecen la demanda energética de la organización, razón por la cual constituyen un componente relevante dentro del inventario corporativo de GEI. El cálculo de las emisiones del Alcance 2 se realizó a partir del consumo anual de energía eléctrica registrado en kilovatios hora (kWh), aplicando un factor de emisión eléctrico representativo de la matriz de generación, conforme a lineamientos del GHG Protocol y criterios establecidos en la norma ISO 14064-1.

Emisiones indirectas por consumo de energía eléctrica

Los resultados obtenidos muestran que el consumo de la energía eléctrica aporta unas emisiones indirectas muy significativas, las cuales llegan a incrementar sobradamente las distintas emisiones individuales asociadas a cada combustible fósil del alcance 1. Este hecho se puede comprender a partir del elevado grado de la dependencia energética de los procesos productivos, especialmente aquellos en los cuales la demanda de energía eléctrica resulta alta como el anodizado, prensas o bien sistemas auxiliares.

Las emisiones indirectas del Alcance 2 alcanzan un total de 1.638,79 t CO_{2e}, cifra que refleja el impacto ambiental asociado con la utilización de electricidad durante el período analizado. Este resultado evidencia que, aunque las emisiones no se producen físicamente en la planta, el consumo eléctrico constituye una de las aportaciones más relevantes a la huella de carbono organizacional, dado el volumen de energía demandado durante el año. La magnitud de estas emisiones refuerza la necesidad de implementar estrategias de eficiencia energética, mejora de procesos y, con posterioridad, con el uso de fuentes de energía de menor intensidad de carbono, dado que cualquier reducción del consumo eléctrico influye de forma directa en la reducción de las emisiones del Alcance 2.

12.5. Huella de carbono total

En este apartado se presenta la huella de carbono total de la empresa Cedal correspondiente al año 2025, obtenida a partir de la integración de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al Alcance 1 y al Alcance 2, conforme a los criterios de delimitación establecidos en el presente estudio. La integración de ambos alcances permite evaluar la magnitud global de las emisiones generadas por la organización y analizar la contribución relativa de cada tipo de fuente dentro del inventario corporativo de GEI.

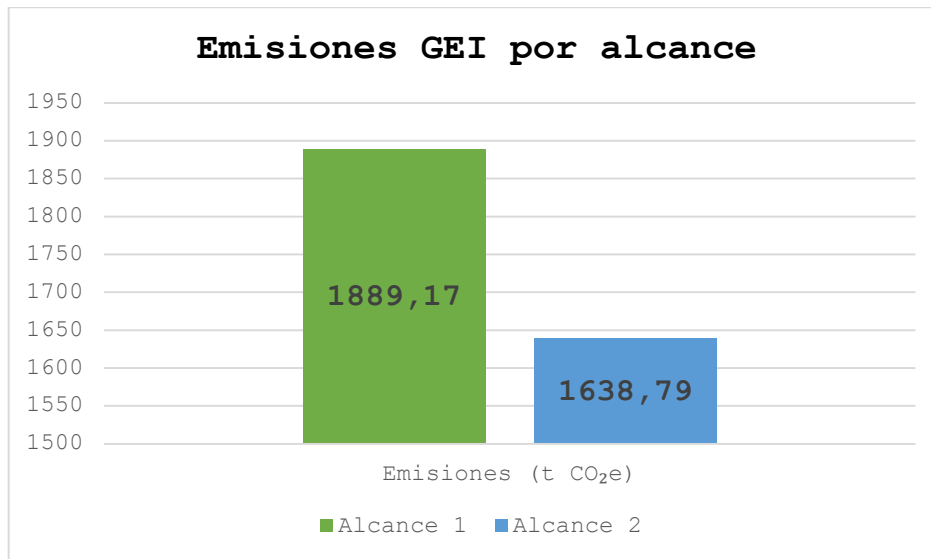
Tabla 5. Huella de carbono total de la empresa Cedal

Alcance	Fuente principal	Emisiones (t CO ₂ e)	Participación (%)
Alcance 1	Diésel y GLP	1.889,17	53,56
Alcance 2	Energía eléctrica	1.638,79	46,44
Total	-	3.527,96	100

Nota. La huella de carbono total corresponde a la suma de las emisiones directas e indirectas.

Los resultados muestran que la huella de carbono total de la empresa Cedal para el año 2025 es de 3.527,96 t CO₂e, cifra que representa la carga climática del consumo energético que genera la actividad de la compañía con sus procesos productivos y sus procesos operativos. En cuanto a la distribución de las emisiones, la parte del Alcance 1 es la que más aporta, suponiendo el 53,56 % del total, lo que supone que el consumo de diésel y GLP representan el factor que más contribuye a la huella de carbono de la empresa.

El Alcance 2, por su parte, representa el 46,44 % de las emisiones totales, que provienen en su gran mayoría del uso de energía eléctrica. Esto pone de manifiesto que, si bien las emisiones indirectas provenientes de la energía eléctrica son importantes, los combustibles adquiridos impactan de forma que es significativamente.

Ilustración 9. Emisiones de gases de efecto invernadero por alcance

Nota. Emisiones expresadas en toneladas de CO₂ equivalente.

12.6. Discusión de resultados

La huella de carbono corporativa calculada para Cedal, considerando únicamente el Alcance 1 (combustión in situ y móvil) y el Alcance 2 (electricidad adquirida), evidencia un claro predominio del Alcance 1 dentro del total de emisiones, asociado principalmente al uso intensivo de combustibles en las operaciones. En contraste, el Alcance 2 presenta una contribución menor, lo cual refleja una menor incidencia relativa del consumo de electricidad adquirida en la estructura global de emisiones.

Este comportamiento resulta más interpretable al contrastarse con inventarios organizacionales elaborados bajo marcos metodológicos análogos, ya que permite discernir si la distribución observada responde al perfil energético propio de la operación industrial o a decisiones metodológicas, especialmente en la selección de factores de emisión, definición de límites organizacionales y nivel de desagregación de los datos.

En la Tabla 6 se comparan los volúmenes totales de emisiones y su distribución por alcance con tres fábricas del sector aluminio, tomando como referencia los resultados reportados en sus respectivos estudios para los años de análisis. Para asegurar la consistencia comparativa, se establece como criterio la consideración exclusiva de los Alcances 1 y 2, evitando así posibles sesgos derivados de la inclusión del Alcance 3, el cual no ha sido contemplado en este estudio.

Tabla 6. Comparación de resultados de huella de carbono organizacional (Alcances 1 y 2) con estudios similares

Estudio	Tipo de organización	Total	Alcance 1	Alcance 2	Patrón dominante
Empresa Cedal (2025)	Planta industrial con consumos térmicos y eléctricos	3.527	1.889	1.638	A1
Aluminio La Estrella (España, 2023)	Industria aluminio (extrusión / transformación)	5.133,40	4.320,64	812,76	A1
Tubacero (México, 2023)	Industria metalúrgica (acero)	30.206	19.000	11.000	A1
Planta aluminio tipo extrusión (Europa)	Industria aluminio	8.500	6.800	1.700	A1

Nota. Cedal presenta un total de emisiones aproximado de 3.527 tCO₂e, de las cuales cerca de 1.889 tCO₂e corresponden al Alcance 1 y 1.638 tCO₂e al Alcance 2, evidenciando un ligero predominio del Alcance 1 dentro de su estructura de emisiones. Este comportamiento indica que las emisiones directas derivadas del uso de combustibles tienen una mayor incidencia en comparación con las emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad.

Al comparar los resultados de Cedal con otras organizaciones del sector industrial, se observa un patrón consistente en la predominancia del Alcance 1. En el caso de Aluminio La Estrella (España, 2023), el Alcance 1 representa una proporción significativamente mayor del total de emisiones (más del 80%), reflejando un alto consumo de combustibles en procesos productivos. De manera similar, Tubacero (México, 2023) y la planta de aluminio tipo extrusión en Europa presentan también una clara dominancia del Alcance 1, con valores que superan ampliamente al Alcance 2.

En contraste, aunque Cedal mantiene el mismo patrón de predominancia del Alcance 1, la diferencia entre ambos alcances es menor en comparación con las otras industrias analizadas. Esto sugiere que, si bien la empresa depende de combustibles para sus procesos, el consumo de electricidad también tiene una participación relevante dentro de su huella de carbono.

En conjunto, los resultados evidencian que la distribución de emisiones de Cedal es coherente con la tendencia observada en industrias del sector aluminio y metalúrgico, donde el uso de energía térmica directa constituye la principal fuente de emisiones, mientras que el Alcance 2 mantiene una contribución secundaria.

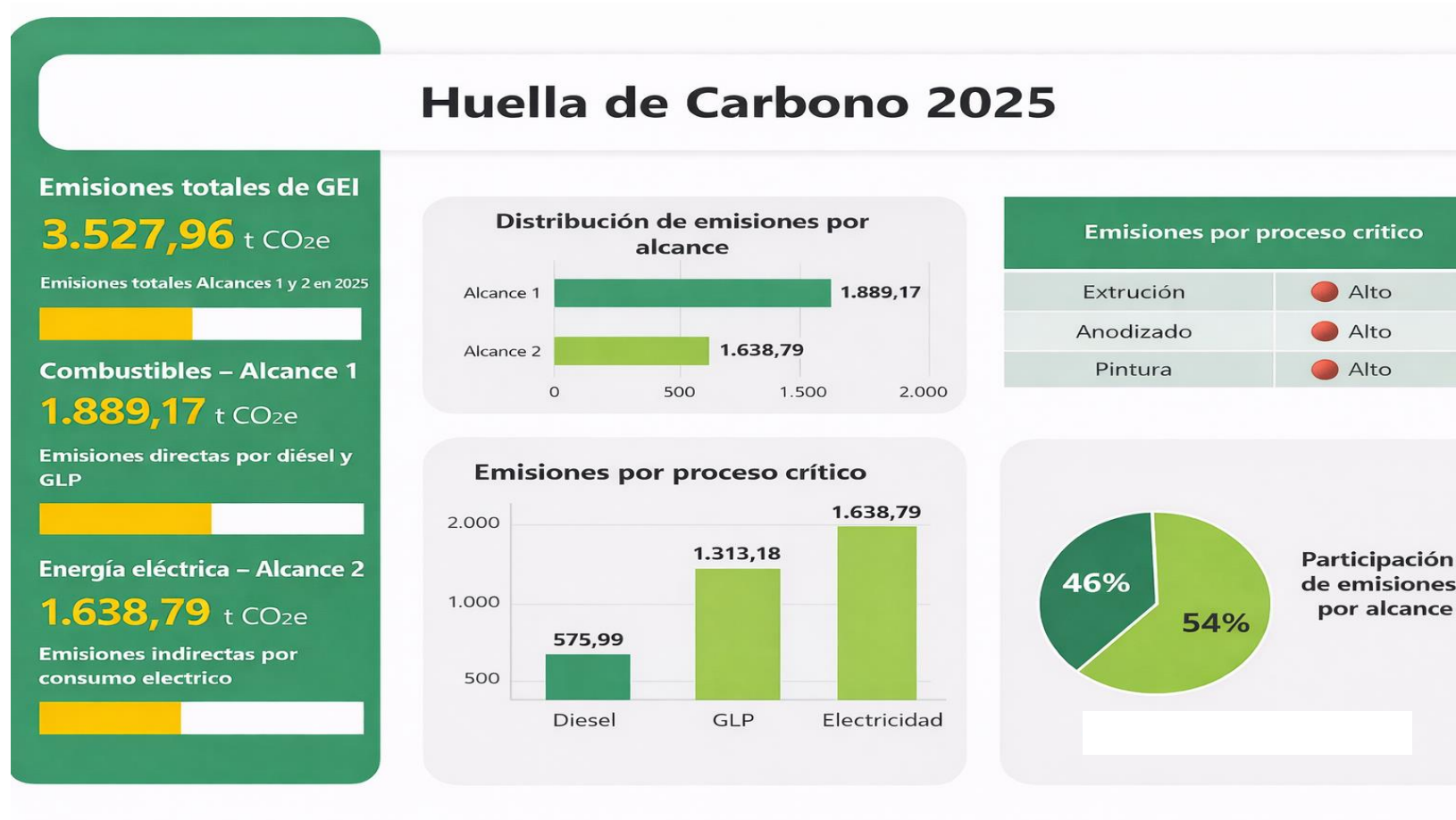
Implicaciones metodológicas para interpretar los resultados

La comparabilidad entre los diferentes estudios depende de que los factores de emisión y conversiones estén supeditados a fuentes reconocidas y un mismo criterio de reporte, dado que diferentes factores de emisión como el nacional eléctrico o la utilización de factores por defecto en comparación a factores específicos pueden transformarla sin que haya un cambio real en consumo, por lo que la discusión de Cedal tiene que explicitar el factor del SNI utilizado y de dónde provienen los factores de combustibles, así como las hipótesis de densidad y unidades si el dato de origen se encuentra en volumen o masa (Ministerio de Energía y Minas, 2023).

La lectura crítica plantea que la no inclusión de Alcance 3 permite afirmar que el inventario es consistente con un objetivo de medición controlable y verificable aunque debe conservarse el hecho de que es posible realizar una comparación con los estudios que sí lo incluyen, en la estructura Alcance 1–2, o bien mediante una aclaración clara y explícita de que el total “completo” corporativo puede ser mayor con la inclusión de compras, transporte y cadena de valor igual que el caso que se ha presentado Iamchamnan et al. (2025), donde aparece una fracción adicional del total cuando se incluyen las emisiones indirectas ajenas al control operativo directo.

Cuadro de mando ambiental

Ilustración 10. Cuadro de mando ambiental para la empresa.



Nota. El cuadro de mando ambiental integra los principales indicadores derivados del inventario de gases de efecto invernadero de los Alcances 1 y 2 y se presenta como una herramienta conceptual de apoyo a la gestión ambiental.

El Cuadro de Mando Ambiental permite visualizar de manera consolidada la estructura de la huella de carbono de la empresa Cedal, exponiendo que las mayores oportunidades de reducción se centran en el consumo de energía eléctrica y en el uso de GLP en procesos térmicos. Esta herramienta constituye una base operativa para el seguimiento anual de las emisiones y para la evaluación de propuesta de eficiencia energética, de sustitución tecnológica y de optimización de procesos; facilitando la transición de una gestión ambiental de una actividad basada en la seguridad hacia una prevención de los efectos del cambio climático más estratégica y más orientada a su reducción.

14. Conclusiones y recomendaciones

14.1. Conclusiones

La identificación y clasificación del conjunto de fuentes de emisión dio como resultado la conclusión de que las principales emisiones directas provienen del consumo de GLP en unidades de procesos térmicos continuos como anodizado, pinturas o prensas y del uso de diésel en el proceso de extrusión; y, por otro lado, que el consumo de energía eléctrica en la ejecución de procesos como anodizado constituyeron la fuente de emisiones indirectas más significativa del inventario. Dicha clasificación por alcance y por proceso de forma clara puso de manifiesto la estructura de las emisiones existente, situándola en una industria manufacturera de carácter energético intensivo.

La aplicación de metodologías estandarizadas como el protocolo GHG Protocol o la norma ISO 14064-1, además de permitir cuantificar de forma trazable y consistente las emisiones de GEI, aseguró la validez técnica de los resultados obtenidos. En cuanto a la huella de carbono del Alcance 1, se calculó un total de 1889,17 t CO₂e, mientras que para el Alcance 2 se obtuvieron un total de 1638,79 t CO₂e, confirmando que los combustibles adquiridos constituyen la fuente de emisiones de mayor impacto climático organizacional durante el periodo de estudio.

La evaluación integrada de los resultados da pie a determinar que los procesos relacionados con anodizado, prensas, sistemas térmicos de GLP son los que más aportan a la huella de carbono total, siendo estos los puntos de control ambiental clave. La comparación con estudios similares pone de manifiesto que la tendencia de las emisiones de Cedal es la misma que la de las industrias que mezclan cargas eléctricas y térmicas altas, evidenciando la necesidad de estrategias de mitigación mixtas que lleven a la mejora de la eficiencia energética y a la optimización del uso de combustibles.

14.2. Recomendaciones

Se recomienda que la empresa Cedal incorpore la huella de carbono organizacional como un indicador de gestión ambiental de carácter permanente, actualizando el inventario de emisiones de modo anual, como un indicador del comportamiento en el tiempo de las emisiones, como elemento para evaluar el resultado de las acciones de mitigación y como una variable que ayude a la toma de decisiones estratégicas relacionadas con la sostenibilidad y eficiencia energética.

Se recomienda priorizar el análisis técnico de los procesos que más aportan a las emisiones, sobre todo en los procesos que consumen GLP y diésel, a través de evaluaciones de eficiencia térmica, del control de pérdidas de calor y de las condiciones de operación, con el objetivo de reducir consumo específico de combustibles sin afectar la productividad.

Se recomienda mantener el uso de metodologías estandarizadas, actualizar factores de emisión en futuros inventarios y documentar de manera sistemática los supuestos, conversiones y fuentes de datos, para asegurar la consistencia, comparabilidad y futura verificación del inventario de acuerdo a los lineamientos de la norma ISO 14064-1.

15. Bibliografía

- Adom, P. (2024). The socioeconomic impact of climate change in developing countries over the next decades: A literature survey. *Heliyon*, 10(15), e35134.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35134>
- Arce, K. (2023). *Emisión de óxido nitroso y metano en pasturas activas en la zona de vida del trópico húmedo en Costa Rica*. Universidad Nacional Campus Omar Dengo:
<https://repositorio.una.ac.cr/server/api/core/bitstreams/0648db74-4788-40e9-9a5f-5d2b79a22f87/content>
- Banguera, H. (2021). *Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades realizadas por una consultora ambiental, mediante el cálculo de la huella de carbono*. Universidad Agraria del Ecuador:
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BANGUERA%20ERAZO%20HUGO%20DANIEL.pdf>
- Benavides, V. (2015). *Diseño del plan de gestión ambiental para la Industria Textil Aritex de Colombia S.A*. Universidad Autónoma de Occidente:
<https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/cc87f2d0-72b6-400c-ae2e-ff603d81f8d1/content>
- Brito, J. C., Hernández Luna, G., y Elizalde Domínguez, C. (2025). Análisis Teórico-Conceptual de la Huella de Carbono. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 2570-2590. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17077
- Cornejo, M. (2024). *Cuantificación de la huella de carbono mediante GHG Protocol para reducir los GEI en el hogar Inés Chambers*. Universidad Agraria del Ecuador:
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CORNEJO%20VILLACIS%20MARIA%20DANIELA.pdf>
- Dametis. (2025). *Comprender la norma ISO 14064*. <https://www.dametis.com/es/comprender-la-norma-iso-14064/>
- Enríquez, D. (2025). *Cálculo de la huella de carbono en la empresa pública-privada (Mixta) de prestación de servicio de acueducto y alcantarillado EMPOPASTO de la ciudad de San Juan de Pasto- Nariño- Colombia*. Universidad Europea:
https://titula.universidadeuropea.es/bitstream/handle/20.500.12880/12181/250427_TFM_Danilo_Enriquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FAO. (2015). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura*.
<https://inec.cr/wwwisis/documentos/ESTADISTICAS%20AMBIENTALES/Estiamaci>

%F3n%20de%20gases%20con%20efecto%20de%20invernadero%20en%20la%20agricultura_Espa%F1ol.pdf

GBA. (2018). *Manual de Aplicación de la Huella de Carbono*.

https://www.gba.gob.ar/sites/default/files/agroindustria/docs/Manual_aplicacion_Huella_de_Carbono.pdf

GRI. (2023). *GRI 305: Emisiones 2016*.

<https://globalreporting.org/pdf.ashx?id=14125&page=13>

Hernández, J., & Pascual, C. (2023). *La huella de carbono y el cambio climático*. Revista

Iberoamericana de Derecho, Cultura y Ambiente: [https://aidca.org/wp-](https://aidca.org/wp-content/uploads/2023/12/RIDCA4-ambiental-hernandez-morales-y-pascual-cruz-LA-HUELLA-DE-CARBONO-Y-EL-CAMBIO-CLIMATICO.pdf)

[content/uploads/2023/12/RIDCA4-ambiental-hernandez-morales-y-pascual-cruz-LA-HUELLA-DE-CARBONO-Y-EL-CAMBIO-CLIMATICO.pdf](https://aidca.org/wp-content/uploads/2023/12/RIDCA4-ambiental-hernandez-morales-y-pascual-cruz-LA-HUELLA-DE-CARBONO-Y-EL-CAMBIO-CLIMATICO.pdf)

Iamchamnan, P., Saithanoo, S., Putsukee, T., y Intasuwan, S. (2025). Assessment of Carbon

Footprint for Organization in Frozen Processed Seafood Factory and Strategies for Greenhouse Gas Emission Reduction. *Processes*, 13(7), 1990.

<https://doi.org/10.3390/pr13071990>

International Organization for Standardization. (2018). *Norma Internacional ISO 14064-1*.

https://peru.controlunion.com/wp-content/uploads/sites/5/2025/01/ISO_14064-1_2018.pdf

IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. [https://www.ipcc-](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf)

[nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf)

IPCC. (2019). *Calentamiento global de 1,5 °C*.

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf

IPCC. (2021). *Climate Change 2021*. The physical science basis:

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf

MAATE. (2022). <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/>

Mancheno, M. (2018). *Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero, según*

norma ISO 14064-1:2006, en la empresa INDUMASTER S.A. Montecristi, Ecuador

2016. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí:
<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3088/1/ULEAM-RNA-0054.pdf>
- Mellado, N., & Carrasco, S. (2021). Huella de carbono en Latinoamérica como herramienta de medición de impacto ambiental en Instituciones privadas, 2017-2021. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(5), 10018-10038.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.1050
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2025). *Informe 2024. Factor de emisión de CO2*:
https://arconel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2025/09/Factor-de-emision-de-CO2-del-Sistema-Nacional-Interconectado-de-Ecuador-Informe-2024_compressed.pdf
- Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Factor de emisión de CO2 del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador*. <https://www.ambienteyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/08/wp-1692720103183.pdf>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivos y metas de desarrollo sostenible*.
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Nimma, D., Devi, O., Laishram, B., Naga, J., y al., e. (2025). Implications of climate change on freshwater ecosystems and their biodiversity. *Desalination and Water Treatment*, 321. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100889>
- Padrón, C. (2023). *Actualización de la huella de carbono de la Universidad Católica Andrés Bello Sede Montalbán para el año 2022*. Universidad San Francisco de Quito: 10.18272/aci.v15i2.3017
- Parlamento Europeo. (2023). *Cambio climático: gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global*.
<https://www.europarl.europa.eu/topics/es/article/20230316STO77629/cambio-climatico-gases-de-efecto-invernadero-que-causan-el-calentamiento-global>
- Paspuezan, J., & Mozo, A. (2023). *Determinación de huella de carbono y desarrollo de un plan piloto basado en la ISO 14064 en dos obras salesianas ubicadas en Quito Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24413/1/TTS1187.pdf>
- Peñaranda, G., Vanegas, P., y Castañeda, M. (2022). Revisión de elementos clave para el desarrollo de una herramienta operacional para cálculo de huella de carbono. *Semillas del Saber*, 2(1), 60-65.
<https://revistas.unicatolica.edu.co/revista/index.php/semillas/article/download/502/274/1580>

- Posso, A. (2020). *Emisión de gases de efecto invernadero en las opciones dominantes de movilidad del Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad Andina Simón Bolívar : <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/7972/1/T3453-MCCNA-Posso-Emision.pdf>
- Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. (2022). *Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2022-12/GHGP_GPC%20%28Spanish%29.pdf
- Salaverry, E., & Botana, M. (2022). *Las teorías sobre cambio climático aplicadas en América Latina y la estandarización de los sistemas ambientales*. XXII Jornadas de Investigación y Enseñanza de la Geografía: https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.15067/ev.15067.pdf
- Salud S.A. (2023). *Informe de Gases de Efecto Invernadero año 2022*. <https://www.saludsa.com/wp-content/uploads/2023/06/informe-de-gases-de-efecto-invernadero-saludsa-2022.pdf>
- UNEP. (2022). *Fundamentos para el establecimiento de objetivos de mitigación climática*. <https://www.unepfi.org/wordpress/wp-content/uploads/2023/01/08-Foundations-for-climate-target-setting-ESP.pdf>

