

**Plan integral de gestión contra el cambio climático de la empresa Proyecto Soto
Norte S.A.S**

Laura Lizeth Aguirre Chávez

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Ambiental

Director

Alix Yusara Contreras Gómez

Magíster en Ingeniería Ambiental

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Ingeniería Ambiental

2024

Dedicatoria

Quiero dedicarle este trabajo primeramente a Dios por ayudarme a culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre quien es mi motor principal para luchar día a día por mis sueños, porque ha sido quien siempre a confiado en mis habilidades y con su amor infinito me a acompañado en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi padre por su ayuda y comprensión en las diferentes etapas de mi vida.

A mi amor por estar siempre presente en este proceso, por creer en mis capacidades y por brindarme todo su apoyo, paciencia y amor.

Contenido

Introducción	11
1. Plan integral de gestión contra el cambio climático de la empresa PROYECTO SOTO NORTE S.A.S.....	13
1.1 Planteamiento del problema.....	13
1.2 Justificación	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo general.....	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
2. Marco referencial.....	16
2.1 Marco teórico.....	16
2.1.1. Cambio climático	16
2.1.2. Gases de efecto invernadero (GEI).....	17
2.1.3 Huella de carbono	19
2.1.4 NTC ISO 14064-1.....	22
2.1.5 Soluciones basadas en la naturaleza (NbS).....	24
2.2 Marco antecedentes.....	29
2.3. Marco legal	32
3. Metodología	34
3.1. Cálculo huella de carbono.....	34
3.2. Identificación y priorización de medidas de mitigación	38
3.3. Sistema de monitoreo y evaluación para el seguimiento de las emisiones de GEI.	41
4. Resultados.....	44

4.1 Línea base para el cálculo de la huella de carbono	44
4.1.1 Consumo energía eléctrica	44
4.1.2 Vehículos	45
4.1.3 Consumo de combustible	45
4.1.4 Residuos orgánicos y ordinarios	46
4.1.5 Túnel exploratorio “El emboque”	47
4.2 Alcance para la medición de la huella de carbono e inventario de GEI	48
4.2.1 Alcance 1: Emisiones directas	48
4.2.2 Alcance 2: Emisiones indirectas de energía.....	49
4.2.3 Alcance 3: Otras emisiones indirectas	49
4.3 Cálculo de la huella de carbono	50
4.3.1 Cálculo de la huella de carbono consumo combustible	50
4.3.2 Cálculo de la huella de carbono drenaje túnel exploratorio “El emboque”	51
4.3.3 Cálculo de la huella de carbono consumo fuentes de luz	53
4.3.4 Cálculo de la huella de carbono de residuos	54
4.4 Resultados huella de carbono total	55
4.5 Proyección de emisiones a 2030 y 2050	57
4.5.1 Proyección de emisiones a 2030	57
4.5.2 Proyección de emisiones a 2050	59
5.0 Identificación y priorización de medidas de manejo ambiental contra el cambio climático ..	62
5.1 Priorización de necesidades de intervención	62
6.0 Sistema de monitoreo y evaluación para el seguimiento de las emisiones de GEI	65
6.1 Estructura general del sistema	66

6.2 Estrategias componente de mitigación.....	67
6.2.1 Estrategia 1: jornada anual día sin carro	67
6.2.2 Estrategia 2: jornada anual siembra de árboles.....	68
6.2.3 Estrategia 3: renovación parque automotor	69
6.2.4 Estrategia 4: adecuado manejo de efluentes del túnel	70
6.2.5 Estrategia 5: uso eficiente y ahorro de energía eléctrica.....	72
6.2.6 Estrategia 6: gestión integral de residuos.....	73
6.3 Estrategias componente de adaptación.....	74
6.3.1 Estrategia 1: conservación de afloramientos de agua	74
6.3.2 Estrategia 2: rehabilitación ecológica	74
6.3.3 Estrategia 3: gestión de emergencias	75
6.3 Estrategias componente de gobernanza.....	76
6.4.1 Estrategia 1: proyectos verdes	76
6.4.2 Estrategia 2: educación ambiental	77
7. Conclusiones	78
Referencias.....	81

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Tiempo de vida de algunos GEI en la atmosfera</i>	18
Tabla 2. <i>Resultados obtenidos de la cantidad de CO₂ en los procesos y el total en la evaluación preliminar de huella de carbono de planta de procesamiento de minerales auríferos de Vetas Santander.</i>	31
Tabla 3. <i>Marco legal</i>	32
Tabla 4. <i>Metodología huella de carbono</i>	34
Tabla 5. <i>Metodología identificación y priorización medidas de mitigación.</i>	38
Tabla 6. <i>Metodología para el sistema de monitoreo y evaluación.</i>	41
Tabla 7. <i>Datos oficinas y bodega centro empresarial Cacique, Bucaramanga.</i>	44
Tabla 8. <i>Consumo energía eléctrica otras instalaciones Proyecto Soto Norte.</i>	45
Tabla 9. <i>Consumo de gasolina</i>	46
Tabla 10. <i>Consumo de ACPM</i>	46
Tabla 11. <i>Generación de residuos</i>	47
Tabla 12. <i>Resultados caracterización drenaje ácido de mina (DAM)</i>	47
Tabla 13. <i>Inventario GEI</i>	49
Tabla 14. <i>Factores de emisión</i>	50
Tabla 15. <i>Resultados huella de carbono</i>	55
Tabla 16. <i>Clasificación de necesidades</i>	64

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Proyección cambio climático en Colombia.....</i>	17
Figura 2. <i>Orígenes de GEI.....</i>	20
Figura 3. <i>Resultados huella de carbono explotación minera de carbón</i>	21
Figura 4. <i>Metodología para el cálculo de la huella de carbono NTC ISO 14064-1</i>	22
Figura 5. <i>Esquema de los elementos que componen cada alcance</i>	24
Figura 6. <i>Eco reservas designadas por el Grupo Ecopetrol con el Instituto Alexander von Humboldt.....</i>	27
Figura 7. <i>Lagunas artificiales ubicadas en El Cerrejón, La Guajira.....</i>	29
Figura 8 <i>Emisiones de GEI y producción de la minería del cobre en Chile, 2001 -2021</i>	30
Figura 9. <i>Proceso cálculo huella de carbono</i>	34
Figura 10 <i>Proceso para la identificación y priorización de medidas de mitigación.....</i>	38
Figura 11. <i>Metodología para clasificación y cuantificación de necesidades.....</i>	40
Figura 12 <i>Proceso para el sistema de monitoreo y evaluación.</i>	41
Figura 13. <i>Factores de Emisión para Cada Tipo de Sistema de Tratamiento de los Residuos... </i>	52
Figura 14. <i>Huella de carbono Proyecto Soto Norte</i>	56
Figura 15. <i>Proyección de emisiones</i>	61
Figura 16. <i>Matriz DOFA.....</i>	62
Figura 17. <i>Priorización de necesidades identificadas.</i>	63
Figura 18. <i>Indicador estrategia 1: jornada anual sin carro.....</i>	68
Figura 19. <i>Indicador estrategia 2: jornada anual siembra de árboles</i>	69
Figura 20. <i>Indicadores estrategia 3: renovación parque automotor.....</i>	70
Figura 21. <i>Indicadores estrategia 4: adecuado manejo de efluentes del túnel</i>	71

Figura 22. <i>Indicadores estrategia 5: uso eficiente y ahorro de energía eléctrica.....</i>	72
Figura 23. <i>Indicadores estrategia 6: gestión integral de residuos</i>	73
Figura 24. <i>Indicador estrategia 1: conservación de afloramientos de agua.....</i>	74
Figura 25. <i>Indicador estrategia 2: rehabilitación ecológica.....</i>	75
Figura 26. <i>Indicador estrategia 3: gestión de emergencias</i>	76
Figura 27. <i>Indicadores estrategia 1: proyectos verdes.....</i>	76
Figura 28. <i>Indicador estrategia 2: educación ambiental</i>	77

Resumen

Este documento se centra en el plan integral de gestión contra el cambio climático para la empresa Proyecto Soto Norte, una empresa minera comprometida con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Con la creación de este plan se busca desarrollar estrategias que le permita a la empresa reducir su huella de carbono, optimizar el uso de recursos naturales y fomentar la capacidad de adaptación ante los efectos adversos del cambio climático. Para ello, se han identificado algunas áreas de intervención, que incluyen la optimización del consumo de energía eléctrica, la reducción del consumo de combustibles fósiles, educación ambiental y el fortalecimiento de los programas de rehabilitación ecológica para contribuir a la preservación de la biodiversidad local. Por otro lado, también se abordará la necesidad de seguir fortaleciendo la relación con las comunidades locales y otros grupos de interés para asegurar un enfoque inclusivo y participativo.

Palabras clave: biodiversidad, cambio climático, huella de carbono, mitigación, minería, emisiones, gases de efecto invernadero, riesgos climáticos

Abstract

This document focuses on the comprehensive climate change management plan for Proyecto Soto Norte, a mining company committed to sustainability and environmental responsibility. This plan looks to develop strategies that will enable the company to reduce its carbon footprint, optimize the use of natural resources, and build resilience to the adverse effects of climate change. To this end, some areas of intervention have been identified, including the optimization of electricity consumption, the reduction of fossil fuel consumption, environmental education, and the strengthening of ecological rehabilitation programs to contribute to the preservation of local biodiversity. On the other hand, the need to further strengthen the relationship with local communities and other stakeholders to ensure an inclusive and participatory approach will also be addressed.

Keywords: biodiversity, climate change, carbon footprint, mitigation, mining, emissions, greenhouse gases, climate risks

Introducción

El cambio climático es hoy en día uno de los desafíos más apremiantes del siglo XXI, ya que se ha constituido en una amenaza para la humanidad, afectando todos los diferentes sectores económicos y sociales a nivel mundial. Según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), si no se toman medidas contundentes, el calentamiento global podría superar los 3,5°C para finales de este siglo (Pinto, 2019). En Colombia, este fenómeno agrava la vulnerabilidad ambiental y social de país, impactando sectores estratégicos como la agricultura, la energía y la minería, poniendo en riesgo el cumplimiento de los compromisos adquiridos en el Acuerdo de París (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2023).

El sector minero colombiano, clave para el desarrollo económico, enfrenta importantes retos en sostenibilidad por su dependencia de procesos intensivos en recursos y energía, y sus altos niveles de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Según datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, este sector contribuye significativamente a la deforestación, la alteración de ecosistemas y la contaminación de suelos y cuerpos de agua (Universidad del Rosario, 2022). Como resultado, la industria se encuentra bajo una presión creciente para adoptar prácticas sostenibles que minimicen su impacto ambiental y promuevan una transición hacia el carbono neutralidad.

Proyecto Soto Norte S.A.S, una empresa ubicada en el municipio de California, departamento de Santander, es un ejemplo de los desafíos que enfrenta la minería en Colombia. Actualmente, la empresa no está operativa por la falta de una licencia ambiental, requisito indispensable para cumplir con la normativa vigente y garantizar la sostenibilidad de sus futuras operaciones. Sin embargo, actualmente se llevan a cabo diferentes actividades que generan impactos ambientales significativos, lo que subraya la necesidad de acciones inmediatas y

estratégicas. Ante este escenario, durante la práctica empresarial se pretende formular un Plan Integral de Gestión contra el Cambio Climático alineado con las metas nacionales de reducción de (Gases de efecto invernadero [GEI]) en un 51% para 2030 y la carbono neutralidad para el 2050. Con este plan no solo se busca mitigar los impactos ambientales actuales, sino también posicionar a Proyecto Soto Norte S.A.S como un referente en sostenibilidad minera, contribuyendo al cumplimiento de las políticas nacionales de cambio climático y sentando las bases para la obtención de la licencia ambiental que permita su operación responsable.

1. Plan integral de gestión contra el cambio climático de la empresa PROYECTO SOTO NORTE S.A.S

1.1 Planteamiento del problema

Colombia ha incluido la minería en su plan estratégico de desarrollo como principal motor productivo del país, con una contribución del 1,3% al PIB (ANM, 2021). El sector enfrenta dificultades por la estricta regulación ambiental para proyectos mineros. Esta normativa busca la necesidad de dar cumplimiento a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) destacándose el fin de la pobreza, trabajo decente y crecimiento económico, reducción de las desigualdades y, producción y consumo responsable (Ministerio de minas y energía, 2023).

No obstante, a pesar de la estricta normativa ambiental, la minería sigue siendo una de las actividades económicas más controvertidas debido a sus impactos significativos en el medio ambiente, como la deforestación, la degradación del suelo, la contaminación del agua y la emisión de gases de efecto invernadero (Ospina y Correa, et al., 2020).

El proyecto Soto Norte, minero del departamento de Santander, enfrenta ahora el desafío de no contar con la licencia ambiental necesaria para iniciar operaciones, pero diariamente se realizan actividades que generan impactos ambientales. Estas incluyen el consumo de energía eléctrica, la generación de residuos orgánicos y la emisión de gases de combustión de sus vehículos, lo que resalta la importancia de implementar prácticas sostenibles para mitigar estos impactos. Es por esto por lo que se plantea la necesidad de desarrollar un Plan Integral de Gestión contra el Cambio Climático que aborde los impactos ambientales actuales y que integre estrategias efectivas para mitigar estos efectos. Este plan debe considerar la implementación de prácticas como las soluciones basadas en la naturaleza (NbS) para reducir las emisiones de gases de efecto

invernadero. También busca promover y fortalecer la participación de las comunidades locales y otros grupos de interés para garantizar que las actividades realizadas no solo cumplan con las normativas ambientales y contribuyan positivamente al desarrollo socioeconómico de la región.

1.2 Justificación

El cambio climático es un fenómeno que afecta globalmente y que particularmente tiene impactos severos en países con gran diversidad ecológica como Colombia. La emisión de (Gases de efecto invernadero [GEI]) es uno de los principales factores que contribuyen a este fenómeno, acelerando el calentamiento global y provocando alteraciones significativas en los patrones climáticos, ejemplo de esto son los resultados de estudios realizados por la NASA donde se demostró que el mes de agosto de 2023 en América Latina fue 1,2°C más cálido que la media del periodo 1951 – 1980 y que el mes de julio de los últimos cinco años han sido los más calurosos desde 1880 (Miguel & Sánchez, 2023). En Colombia, los efectos del cambio climático se han manifestado a través de eventos naturales extremos, como sequías prolongadas, inundaciones y la pérdida de biodiversidad en varias regiones del país, esto subraya la importancia de adoptar medidas que sean efectivas para mitigar y adaptarse a estos impactos; Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (MADS). Como medida de acción contra el cambio climático Colombia implementó los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático que tienen como objetivo evaluar, priorizar definir medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de (Gases efecto invernadero [GEI]), para ser implementados en el territorio

u organizaciones para el cual han sido formulados. Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible (MADS).

Actualmente, Proyecto Soto Norte no cuenta con ninguna medida de acción contra el cambio climático, por lo tanto, la presente práctica empresarial tiene el objetivo de formular el plan integral de gestión contra el cambio climático y también de realizar la medición de la huella de carbono empresarial para conocer con precisión las emisiones de GEI que realiza la empresa. Esto en atención a que la empresa ha reconocido la necesidad de abordar el cambio climático como una prioridad estratégica, incluso antes de obtener la licencia ambiental para iniciar operaciones.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Formular un plan integral de gestión contra el cambio climático teniendo en cuenta las metas para Colombia a 2030 y 2050.

1.3.2 Objetivos específicos

- Calcular la huella de carbono de las actividades actuales de la empresa, incluyendo tanto las operaciones directas como indirectas, para establecer una línea base que permita la formulación de estrategias de mitigación.
- Identificar y priorizar las medidas de mitigación y adaptación más adecuadas para reducir las emisiones de GEI, alineadas con las metas nacionales de Colombia para 2030 y 2050.
- Establecer un sistema de monitoreo y evaluación para el seguimiento de las emisiones de GEI y la efectividad de las medidas implementadas, asegurando el cumplimiento de las metas establecidas.

2. Marco referencial

2.1 Marco teórico

2.1.1. Cambio climático

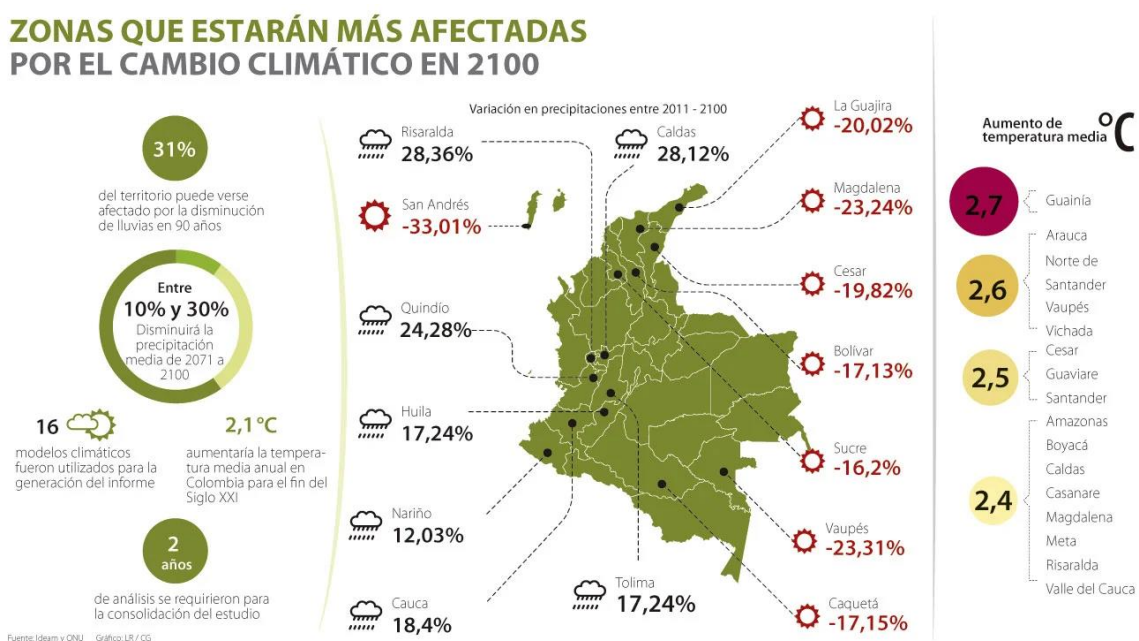
La convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), define el cambio climático como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima (Cordero, 2012). Las principales causas del cambio climático antropogénico están relacionadas con la emisión de (Gases de efecto invernadero [GEI]), que incluyen el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), y los óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros. Estas emisiones provienen en su mayoría de la quema de combustibles fósiles para la generación de energía, el transporte, la deforestación, las prácticas agrícolas intensivas, la minería y la producción de alimentos (Naciones Unidas, s.f.).

El cambio climático tiene impactos profundos y diversos en los ecosistemas y las sociedades humanas en todo el mundo. A nivel mundial, se ha observado un aumento en la frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos, como olas de calor, sequías, inundaciones, escasez de alimentos, desaparición de especies, y pobreza y desplazamiento (Naciones Unidas, s.f.). Específicamente, en Colombia, los impactos del cambio climático son preocupantes debido a su gran diversidad biológica y su dependencia de los recursos naturales. En los últimos años el país ha experimentado un aumento en la

temperatura media, cambios en los patrones de precipitación, y un incremento en la frecuencia de desastres naturales como deslizamientos de tierra e inundaciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

Según el informe “Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011 – 2100” se considera a Colombia como el tercer país más vulnerable al cambio climático y también reveló que la temperatura promedio para el país en el 2100 sería 2,14°C mayor a la actual (Delgado, 2015). En la figura 1 se muestran las zonas de Colombia que estarían más afectadas por el cambio climático en el año 2100.

Figura 1. Proyección cambio climático en Colombia



Tomado de (Delgado, 2015)

2.1.2. Gases de efecto invernadero (GEI)

Los (Gases de efecto invernadero [GEI]) son compuestos gaseosos que tienen la propiedad de absorber y reemitir radiación, devolviéndola a la superficie terrestre, causando el aumento de la temperatura del planeta y contribuyendo al fenómeno conocido como efecto invernadero (Trespalcios, et ál., 2018). Este fenómeno es natural y necesario para mantener la temperatura del planeta en niveles que permitan la vida; sin embargo, la actividad humana ha aumentado la concentración de estos gases, lo que ha intensificado el efecto invernadero y ha llevado al calentamiento global. “Los principales (Gases de efecto invernadero [GEI]) son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el ozono (O_3) y los gases fluorados” (UNAL, 2022). En la tabla 1 se muestra el tiempo que se demora en disipar o degradar los principales gases en la atmosfera.

Tabla 1. *Tiempo de vida de algunos GEI en la atmosfera*

Gas	Tiempo estancia en la atmosfera
Gas carbónico: CO_2	Entre 100 – 150 años
Metano: CH_4	12 años
Óxido nitroso: N_2O	120 años

Tomado de (Trespalcios, et ál., 2018)

En Colombia, las emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]) provienen principalmente del sector agrícola, la deforestación y la energía. Según el Inventario Nacional de Emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]), el país ha visto un aumento en las emisiones, especialmente en sectores como el transporte y la industria. Sin embargo, Colombia ha asumido compromisos internacionales para reducir sus emisiones como parte del Acuerdo de París, con el objetivo de disminuir un 51% sus emisiones para 2030 y alcanzar el carbono neutralidad para 2050 (IDEAM, 2022).

2.1.3 Huella de carbono

La huella de carbono es un indicador que busca cuantificar la cantidad de emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]) emitidos directa o indirectamente por una persona, organización, evento, o producto a lo largo de su ciclo de vida y es medida en emisiones de CO₂ equivalente (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2024). Este indicador se ha convertido en una herramienta esencial para la evaluación y gestión del impacto ambiental provocado bien sea por actividades humanas o corporativas.

En el año 2023 se realizó la medición de huella de carbono de una empresa extractora de carbón con título minero operado desde el año 2011. Para la obtención del mineral, se llevan a cabo diferentes actividades, incluyendo la exploración, preparación, explotación y arranque del carbón, almacenamiento, cargue y transporte, almacenamiento del carbón en tolvas, así como el cierre y abandono del yacimiento de carbón; todas estas actividades son generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero (Gases de efecto Invernadero [GEI]) (Bonilla, 2023). Una vez identificadas las actividades realizadas en la mina, el autor hizo procedió a determinar las fuentes de emisión que resultan del proceso productivo de la explotación del carbón. Estos datos se presentan en la figura 2.

Figura 2. Orígenes de GEI

Inventario de Categoría de GEI	Subcategoría de Fuente	Fuente Presente en Construcairo S.A. S	Clave de Notación
	GEI directas a partir de combustión estacionaria	Consumo de A.C.P.M. para la operación del Malacate y gasolina para la operación de la motosierra.	C
Emisiones y remociones directas de GEI	Emisiones directas de combustión móvil	No hay parque automotor.	NC
	Emisiones fugadas directas producidas por el desprendimiento de GEI en métodos antropogénicos	Emisiones fugadas procedentes de la explotación de carbón bajo tierra.	C
Emisiones indirectas de GEI por Energía importada	Emisiones indirectas por la electricidad importada.	Consumo de energía eléctrica	C
	Emisiones indirectas por la energía importada excluyendo electricidad.	No hay consumo ni suministro de vapor, calefacción o enfriamiento	NC
	Emisiones producidas por el transporte y distribución, fletes pagados por la organización por insumos.	No se estimaron dado que no se dispone información suficiente	NE
Emisiones indirectas de GEI por transporte	Emisiones originadas por el transporte, fletes pagados de suministro de carbón.	No se generan, los clientes asumen el transporte del carbón	NC
	Emisiones causadas por el desplazamiento diario de empleados	No se estimaron dado que no se dispone información suficiente	NE
	Emisiones causadas por el transporte de clientes y visitantes	No se estimaron por falta de información	NE

Tomado de (Bonilla, 2023)

Tras realizar los cálculos correspondientes utilizando la metodología establecida por la norma NTC ISO 14064-1, Bonilla consideró la huella de carbono de la empresa extractora de carbón. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 3.

Figura 3. Resultados huella de carbono explotación minera de carbón

Emisiones	Fuentes	Emisión CO ₂ [Ton CO ₂ e/Año o]	Emisiones CH ₄ [Ton CO ₂ e/Año]	Huella De Carbono [Ton CO ₂ e/Año]	Representación [%]
Directas	Fuentes Móviles	0,00	0,00	0,00	0,00%
	Fuentes Fijas	22,11	0,00	22,12	0,20%
	Emisiones de Proceso	0,00	10.739,35	10.739,35	97,94%
	Subtotal	22,11	10.739,35	10.761,47	98,15%
Indirectas	Energía	203,31	0,00	203,31	1,85%
Energía Eléctrica	Adquirida				
	Subtotal	203,31	0,00	203,31	1,85%
Otras Indirectas	Fuentes Móviles	0,00	0,00	0,00	0,00%
	Otras Fuentes	0,00	0,00	0,00	0,00%
	Subtotal	0,00	0,00	0,00	0,00%
Total, HCC		225,42	10.739,35	10.964,78	100,00%

Tomado de (Bonilla, 2023)

Las emisiones totales de la empresa ascienden a 10.964,78 Ton de CO₂e. El 98,15% corresponde a emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]) generadas directamente por el consumo de combustible y las emisiones fugitivas de metano. El 1,85% restante corresponde a las emisiones de forma indirecta asociadas al consumo de energía eléctrica (Bonilla, 2023).

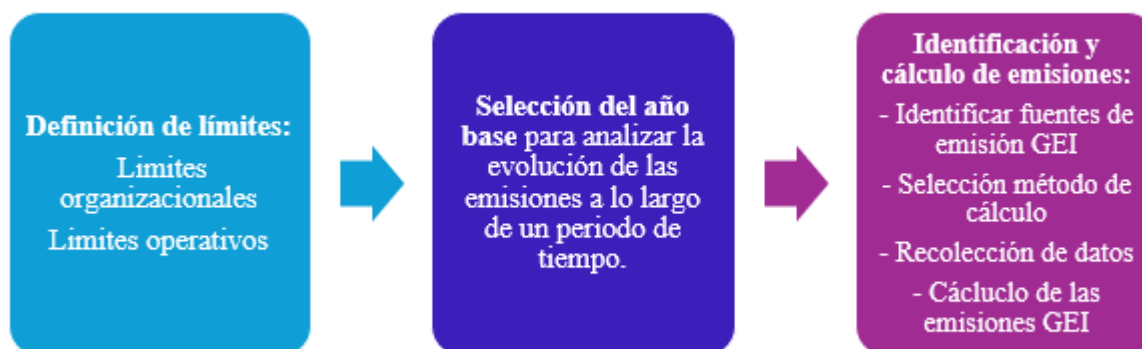
2.1.3.1. Metodologías de cálculo. El cálculo de la huella de carbono puede realizarse utilizando diferentes metodologías, siendo la más común la norma de la Organización Internacional de Normalización (ISO) 14064-1.

2.1.4 NTC ISO 14064-1

La Norma ISO 14064 es una herramienta que brinda apoyo a las empresas y organizaciones para acreditar y garantizar los cálculos realizados para el reporte de (Gases de efecto invernadero [GEI]), también define las políticas y los objetivos ambientales y energéticos de las empresas con el fin de reducir las emisiones de gases efecto invernadero, costos y el cumplimiento con la legislación vigente. (International Dynamic Advisors; s.f.).

En la figura 4, se muestra un resumen de la metodología para el inventario de (Gases de efecto invernadero [GEI]) según la NTC ISO 14064-1.

Figura 4. Metodología para el cálculo de la huella de carbono NTC ISO 14064-1



Tomado de (International Dynamic Advisors; s.f.)

2.1.4.1. Alcances. Cuando se habla de huella de carbono y a las fuentes que generan emisiones se debe utilizar el término alcance, el cual se clasifica en alcance 1, 2 y 3. Cabe destacar que las emisiones asociadas a las operaciones de una empresa u organización pueden ser directas o indirectas. Las emisiones directas son generadas por fuentes que son propiedad o están controladas por la organización, mientras que las emisiones indirectas

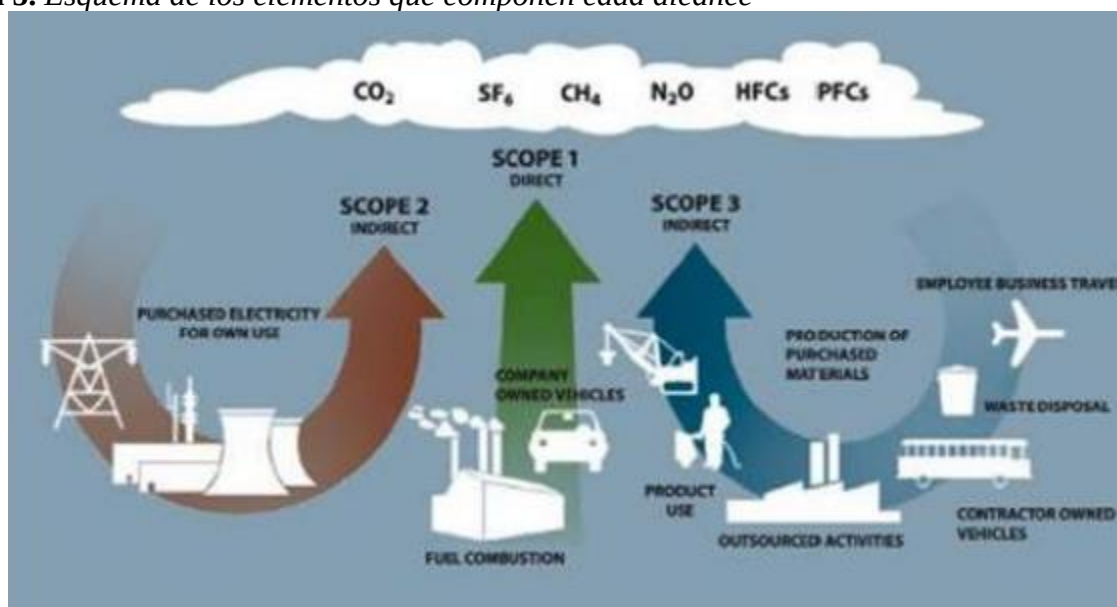
son las que aun siendo generadas por actividades de la organización son propiedad o están controladas por otra organización. (MITECO , 2024)

2.1.4.1.1. Alcance 1. Se conocen como emisiones directas de GEI y están asociadas a actividades provenientes de la combustión de vehículos, calderas, hornos, etc., y estas son de propiedad de la empresa u organización, también se deben tener en cuenta las emisiones fugitivas como las fugas de aire acondicionado, fugas de CH₄ de conductos, entre otras (MITECO , 2024).

2.1.4.1.2. Alcance 2. Emisiones indirectas de (Gases de efecto invernadero [GEI]) asociadas a la electricidad que adquiere la empresa y/o organización y que es consumida en sus operaciones (MITECO , 2024).

2.1.4.1.3. Alcance 3. Otras emisiones indirectas que se generan en las actividades de producción y extracción de materiales, viajes de trabajo, transporte de materias primas, de combustibles y de productos realizados o servicios ofrecidos por terceros (MITECO , 2024).

En la figura 5 se observa de manera gráfica los alcances mencionados anteriormente y los elementos que lo componen.

Figura 5. Esquema de los elementos que componen cada alcance

Tomado de (MITECO , 2024)

2.1.5 Soluciones basadas en la naturaleza (NbS)

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) ha definido las (soluciones basadas en la naturaleza [NbS]) como acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados que aborden de manera efectiva desafíos sociales, como la seguridad alimentaria, la seguridad hídrica, el cambio climático, el riesgo de desastres, la pérdida de biodiversidad, la salud humana, entre otros, proporcionando simultáneamente beneficios para el bienestar humano y la biodiversidad (Ecopetrol, 2024). El concepto de (soluciones basadas en la naturaleza [NbS]) es amplio e incluye enfoques como la restauración de ecosistemas, la conservación de la biodiversidad, la agricultura sostenible, y la infraestructura verde. Estas soluciones indican que la naturaleza puede ser una aliada poderosa en la mitigación y adaptación al cambio climático,

a la vez que proporciona múltiples beneficios para las comunidades humanas y la biodiversidad.

2.1.5.1 Tipos de soluciones basadas en la naturaleza: las (soluciones basadas en la naturaleza [NbS]) abarcan varios enfoques que pueden aplicarse en diferentes contextos. Algunos de los tipos más comunes incluyen:

2.1.5.1.1 Conservación y restauración de ecosistemas: incluye la protección de áreas, naturales, como bosques, humedales, arrecifes de coral y la restauración de ecosistemas degradados (Samaniego, et ál., 2021).

2.1.5.1.2 Infraestructura verde: implica la integración de elementos naturales en los entornos urbanos y rurales para mejorar la resiliencia climática y la calidad de vida (Samaniego, et ál., 2021).

2.1.5.1.3 Agricultura sostenible: dentro de estas prácticas se incluyen la agroforestería, la rotación de cultivos, y el uso de coberturas vegetales, son (soluciones basadas en la naturaleza [NbS]) que mejoran la productividad del suelo, reducen el uso de insumos químicos y aumentan la resistencia de los sistemas agrícolas a los impactos del cambio climático (Samaniego, et ál., 2021).

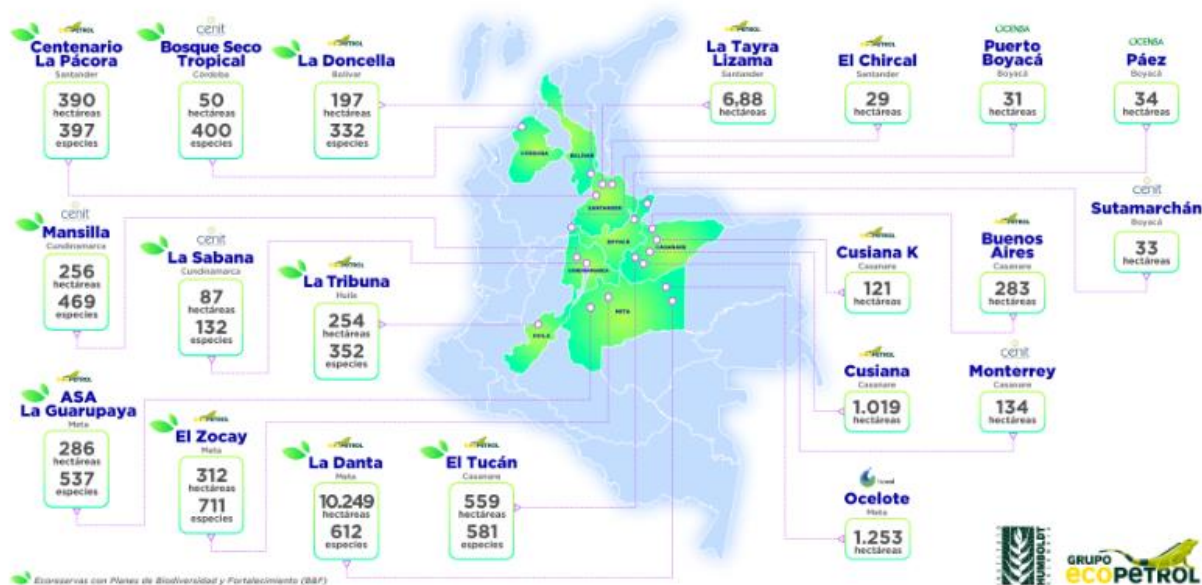
2.1.5.1.3 Gestión integrada de cuencas hidrográficas: son prácticas que protegen y restauran los ecosistemas acuáticos para garantizar el suministro de agua potable y reducir el riesgo de inundaciones (Samaniego, et ál., 2021).

2.1.5.2 Implementación de soluciones basadas en la naturaleza (NbS) en Colombia. En Colombia, las (Soluciones Basadas en la Naturaleza [NbS]) se están integrando cada vez más en las políticas y estrategias nacionales para enfrentar el cambio climático. El país, con su gran diversidad biológica y sus extensos recursos naturales, tiene un potencial significativo para implementar (soluciones basadas en la naturaleza [NbS]) que no solo contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático, sino que también promuevan la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible. Actualmente la empresa Ecopetrol lleva adelante una red de Eco reservas, que son áreas delimitadas geográficamente y se destinan en parte o completamente a la conservación de la biodiversidad y la oferta de servicios ecosistémicos (Ecopetrol, 2024).

La red de Eco reservas actualmente cuenta con 20 áreas designadas en diferentes partes del territorio nacional, con aproximadamente 15.583 hectáreas destinadas a la conservación (Ecopetrol, 2024). En la figura 6, se observa la localización de las Eco reservas del grupo Ecopetrol en Colombia.

Figura 6. Eco reservas designadas por el Grupo Ecopetrol con el Instituto Alexander von Humboldt.

Localización de las Ecoreservas del Grupo Ecopetrol



Tomado de (Ecopetrol, 2024)

También la integración de soluciones basadas en la naturaleza ha ganado relevancia como una estrategia sostenible para mitigar los impactos ambientales de actividades económicas como la minería. Un caso de ejemplo en Colombia es una de las minas de carbón a cielo abierto más grande del mundo, conocida como el Cerrejón, ubicada en el departamento de La Guajira (Norte Minero, 2024). Esta gran empresa minera ha implementado lagunas artificiales para demostrar el potencial de las soluciones basadas en la naturaleza en el tratamiento de aguas residuales industriales.

El sistema de lagunas artificiales del Cerrejón se diseñó como medida de control para manejar el agua en la operación. Las lagunas actúan como sistemas de tratamiento natural, replicando los procesos de filtración y purificación que ocurren en las lagunas o humedales naturales. Este sistema de tratamiento está compuesto por lagunas de sedimentación, áreas de

vegetación acuática y sustratos que facilitan el crecimiento de microorganismos esenciales para el tratamiento. Se utilizan plantas como el junco (*Scirpus spp.*) y el buchón de agua (*Eichhornia crassipes*) por su capacidad de absorber contaminantes y promover la biodegradación de compuestos químicos (Cerrejón, 2021).

En cuanto a su funcionamiento, las aguas residuales ingresan a las lagunas donde pasan por varias etapas de sedimentación y filtración, después microorganismos presentes degradan contaminantes orgánicos, mientras que las plantas acuáticas (junco y buchón de agua) remueven nutrientes como nitrógeno y fósforo. “Este proceso permite asegurar que el agua que llega a los cuerpos de agua, como el río Ranchería, es de buena calidad y cumple con la normatividad vigente” (Cerrejón, 2021).

Actualmente, no se dispone de información específica sobre la capacidad diaria de tratamiento de agua en las lagunas implementadas, sin embargo, es posible estimar que, considerando las necesidades de tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas en una operación minera de gran escala, estos sistemas podrían estar diseñados para manejar volúmenes significativos de agua diariamente (Corpoguajira, 2022). En la figura 7 se observa una de las lagunas artificiales implementadas por la empresa “El Cerejón”.

Figura 7. *Lagunas artificiales ubicadas en El Cerrejón, La Guajira*



Tomado de (Cerrejón, 2021)

2.2 Marco antecedentes

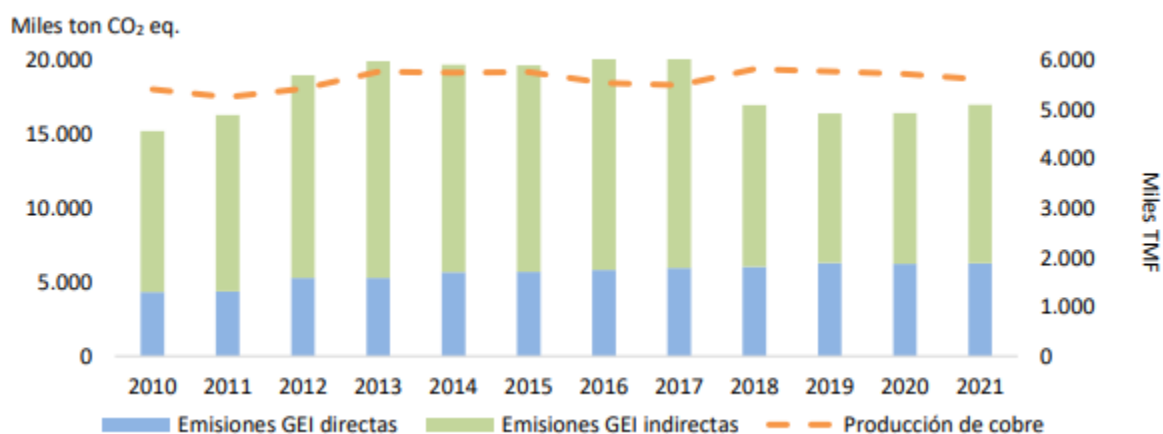
La sociedad minera de Santander (MINESA) hoy conocida como Proyecto Soto Norte S.A.S, es una empresa colombiana de minería de oro ubicada en el municipio de California, departamento de Santander que fue instalada en noviembre de 2015 a razón de que el fondo árabe Mubadala, de propiedad del Gobierno de Abu Dabi compro AUX Colombia, empresa minera brasilera (Villar, 2017). Desde ese entonces la empresa ha luchado por conseguir la licencia ambiental que le permite empezar con sus actividades de extracción; en el año 2019 la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), institución adscrita al ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS), inició el trámite de la licencia ambiental para el proyecto “Explotación subterránea de minerales auroargentíferos Soto Norte”, localizado en los municipios de California y Suratá, departamento de Santander (Castellanos, 2021).

El 2 de octubre de 2020, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales emitió el concepto técnico 6134 donde se declaró el archivo del proceso debido a que fueron identificados

107 requerimientos que presentaban diversos problemas en el estudio presentado y advertían la inconsistencia del proyecto que lo hacen bastante inviable y con grandes dificultades ambientales y técnicas sin resolver (Castellanos, 2021).

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales busca proteger el páramo de Santurbán ya que son ecosistemas de vital importancia no solo para la flora y fauna que los habita, sino también para el 70 por ciento de la población que depende del suministro de agua dulce que allí nace (Castellanos, 2021) y es que se ha demostrado que las actividades de minería son generadoras de emisiones de (Gases efecto invernadero [GEI]). Por ejemplo, en 2021 el ministerio de minería de Chile realizó un inventario de gases efecto invernadero de la minería del cobre donde se registraron emisiones de 17.016 KtCO₂eq. distribuidas en 6.305 mil por (Gases de efecto invernadero [GEI]) directos (37,1% del total de emisiones de la minería del cobre) y 10.710 mil por GEI indirectos (62,9% del total) (Ministerio de minería, 2022). En la figura 8, se muestra el resultado del cálculo de la huella de carbono para la minería de cobre en Chile.

Figura 8 Emisiones de GEI y producción de la minería del cobre en Chile, 2001 -2021



Tomado de (Ministerio de minería, 2022)

En el año 2024, se realizó la medición de la huella de carbono de una planta de procesamiento de minerales auríferos en el municipio de Vetas, departamento de Santander. La estimación de la huella de carbono para la mina se basó en la recolección de datos de los siguientes procesos que se llevan a cabo: trituración, molienda, hidrociclón, mesas de sacudida, transporte y electricidad del área administrativa, también se tuvo en cuenta el factor de emisión en la cantidad de kilogramos equivalentes de CO₂, que son estimados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) (Carvajal & Castillo, 2024). Finalmente, en la tabla 2 se muestran los resultados del cálculo de huella de carbono.

Tabla 2. Resultados obtenidos de la cantidad de CO₂ en los procesos y el total en la evaluación preliminar de huella de carbono de planta de procesamiento de minerales auríferos de Vetas Santander.

Proceso	Equivalente de CO ₂ (Kg/día)
Trituración	5208,1448
Molienda	21209,94
Hidrociclón	301,9204
Mesas de sacudida	74,4801
Transporte	271,44
Electricidad del área administrativa	225,4957
Total	27292,421

Tomado de (Carvajal & Castillo, 2024)

La huella de carbono producida en Colombia es de aproximadamente 77.57 Mt equivalentes de CO₂/año, Carvajal y Castillo estimaron el porcentaje que genera la huella de carbono en la mina y evaluar qué tan alto es su porcentaje con respecto a la huella de carbono producida en Colombia, el resultado que se obtuvo fue de: 0,00012841% (Carvajal & Castillo,

2024). Por último, se concluyó que el valor obtenido es mínimo en comparación a la huella de carbono de Colombia.

2.3. Marco legal

En la tabla 3 se consolidó la normativa que aplica para la formulación del plan integral de gestión contra el cambio climático de la empresa Proyecto Soto Norte S.A.S.

Tabla 3. Marco legal

Norma	Descripción
Constitución política de Colombia. (Congreso de la República de Colombia, 1991)	“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Es deber del Estado proteger la diversidad, integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”.
Ley 99 de 1993 (Congreso de Colombia, 1993)	“Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”.
Ley 1931 de 2018 (Congreso de Colombia, 2018)	Esta ley promueve la adopción de medidas específicas para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. En el marco del plan de gestión, esta normativa respalda la implementación de acciones concretas como: <i>Tecnologías de monitoreo de emisiones:</i> en línea con las directrices de esta ley, este plan de gestión contra el cambio climático plantea calcular la huella de carbono como base para identificar las fuentes principales de emisiones y priorizar su reducción mediante estrategias de monitoreo y control. <i>Soluciones basadas en la naturaleza (NBS):</i> inspiradas en esta ley, las NBS es una propuesta para proteger la biodiversidad local frente a riesgos climáticos.
Ley 685 de 2001 (Congreso de Colombia, 2001)	Esta ley establece las normativas para la exploración y explotación de recursos minerales en Colombia, promueve el de desarrollo minero sostenible bajo criterios de protección ambiental y social. En el contexto de este plan de gestión, esta normativa es fundamental para garantizar que las actividades propuestas cumplan con los estándares ambientales exigidos.
Decreto 1076 de 2015 (Ministerio de	“Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. En el marco del plan de

Norma	Descripción
Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016)	gestión contra el cambio climático, este decreto se conecta directamente con: <i>Instrumentos de gestión ambiental:</i> se realiza la formulación de un plan integral de gestión del cambio climático (PIGCC), que incorpora acciones como la evaluación y reducción de emisiones de GEI mediante estrategias de control y monitoreo.
Acuerdo de París (Naciones Unidas, 2015)	Adoptado en 2015, este acuerdo internacional es el marco global para la acción climática, con el objetivo de mantener el aumento de la temperatura global por debajo de 2°C y, preferiblemente, limitarlo a 1.5°C. Dentro de este plan, este acuerdo se traduce en acciones concretas como: <i>Contribuciones a los compromisos de Colombia:</i> este plan está diseñado para alinearse con las metas climáticas de Colombia, las cuales priorizan la reducción de emisiones. <i>Transición hacia la sostenibilidad:</i> dentro del plan se incluye la optimización del consumo energético y de otros recursos, promoviendo prácticas sostenibles que fortalecen la competitividad y reducirán los riesgos asociados al cambio climático.
“Lineamientos para la formulación de los Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático Empresariales del Sector Minero” (Ministerio de minas y energía, 2023)	Este documento presenta los lineamientos técnicos y recomendaciones para la construcción de los PIGCCe como instrumentos de planeación empresarial a mediano y largo plazo del sector minero energético; considerando las particularidades de la industria, así como generando acciones que permitan la identificación de oportunidades para la transición energética y el fortalecimiento de la competitividad de las empresas y del gobierno nacional.

3. Metodología

3.1. Cálculo huella de carbono

Para el cálculo de la huella de carbono de la empresa PROYECTO SOTO NORTE S.A.S se realizará adaptando los pasos propuestos en la guía para el cálculo de la huella de carbono de MITECO. En la figura 9, se muestran los pasos a seguir y en la tabla 4 se describe la metodología para realizar el cálculo de la huella de carbono.

Figura 9. Proceso cálculo huella de carbono



Adaptado de (MITECO , 2024)

Tabla 4. Metodología huella de carbono

#	Proceso	Descripción	Fuente
1	“Establecer los límites de la organización y los límites operativos.” (Studocu, s.f.)	Actualmente la empresa PROYECTO SOTO NORTE S.A.S no se encuentra en operaciones de extracción, se tendrán en cuenta las áreas que generan emisiones como las oficinas administrativas, transporte, el drenaje del túnel exploratorio y la gestión de residuos. Para el límite operativo se tendrán en cuenta 3 alcances: <i>Alcance 1:</i> Emisiones directas de GEI. Por ejemplo, emisiones provenientes de la combustión de los vehículos, que son propiedad de la empresa. Los datos se obtendrán del área de transporte que controla el gasto de combustibles dentro de la empresa. <i>Alcance 2:</i> Emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad adquirida. Se tendrán en cuenta todos los consumos de electricidad en todas las instalaciones que hacen parte de la empresa, basado en facturas emitidas por la electrificadora de Santander (ESSA). <i>Alcance 3:</i> Otras emisiones indirectas. Algunos ejemplos son la extracción y producción de materiales, viajes de trabajo, gestión de residuos, entre otros. Para este caso se tomarán los datos de la gestión de residuos de la empresa, proporcionados por el área de saneamiento básico. <i>Indicadores y herramientas:</i> se utilizarán los registros históricos y bases de datos internas de la empresa, sin el uso de software de cálculo especializado o sensores de medición.	(MITECO , 2024)
2	“Elegir el periodo para el que se va a calcular la huella de carbono.”	El año base es 2024. Se recopilará la información desde enero a junio de 2024 de las siguientes actividades: consumo de combustibles fósiles, consumo de energía y gestión de residuos orgánicos y ordinarios.	(MITECO , 2024)
3	Recopilar los datos de actividad de las operaciones.	Se recopilarán los datos que permitan conocer los consumos de cada actividad consultando: facturas de servicios básicos, registros por parte del área de administración, transporte y saneamiento básico. <i>Indicadores y herramientas:</i> los cálculos se realizarán con base en los conocimientos adquiridos en el curso de medición de huella de carbono en organizaciones, impartido por el SENA, utilizando registros de las bases de datos de la empresa.	

#	Proceso	Descripción	Fuente
4	Buscar los factores de emisión adecuados.	Se buscarán los factores de emisión correspondientes a cada Gas de Efecto Invernadero consultando bases de datos y referentes de entidades como la UPME. <i>Indicadores y herramientas:</i> se buscarán fuentes bibliográficas nacionales e internacionales como directrices del IPCC, bases de datos del IDEAM y uso de herramientas digitales como EPA para consultar factores de emisión.	(UPME, 2021)
5	Cálculo y reporte de huella de carbono.	Se realizará el cálculo utilizando la Ecuación 1: $H. \text{carbono} = \sum \text{Datos de la actividad} \times \text{Factor de emisión} \quad (1)$ Por último, se consolida el reporte para elaborar los correspondientes planes de mejora. <i>Indicadores y herramientas:</i> se utilizará Microsoft Excel para realizar los cálculos de la huella de carbono, así como para la elaboración de las gráficas y análisis de los resultados.	(MITECO, 2024)
6	Proyección de emisiones GEI a los años 2030 y 2050	Se hará una proyección de emisiones GEI para el 2030 y 2050, donde se considerará su posible crecimiento o decrecimiento en el tiempo y en consecuencia el aumento o disminución de sus emisiones de GEI. Para realizar este cálculo se utilizará la Ecuación 2: $E_t^A = (AD_s^A \times GF_s^A) \times EF_t^A \quad (2)$ Donde: E_t^A : emisión en el año proyectado “t” correspondiente a la actividad “A” AD_s^A : dato de actividad en el año “s”, origen de lanzamiento de la proyección, correspondiente a la actividad “A” GF_s^A : factor de crecimiento para la actividad “A” desde el año origen de lanzamiento de la proyección hasta el año “t” de la proyección EF_t^A : factor de emisión correspondiente a la actividad “A” en el año “t”. El escenario seleccionado para las proyecciones al 2030 y 2050 refleja la situación actual de la empresa, considerando que Proyecto Soto Norte no cuenta con la licencia ambiental requerida para iniciar operaciones	(Ministerio de minas y energía, 2023)

#	Proceso	Descripción	Fuente
		mineras. Además, los conflictos socioambientales en el territorio han dificultado la obtención de dicho licenciamiento, lo que genera incertidumbre sobre el futuro del proyecto. Si bien sería posible modelar escenarios de reducción de emisiones, en este caso, las proyecciones se realizaron con el objetivo de formular un plan de acción enfocado en la adaptación al cambio climático y la reducción de emisiones bajo la operación actual de la empresa. La elaboración de proyecciones considerando distintos escenarios de reducción de emisiones excede el alcance de esta práctica empresarial.	

3.2. Identificación y priorización de medidas de mitigación

El proceso y la metodología para identificar y priorizar las medidas de mitigación, adaptación y gobernanza para reducir las emisiones de (gases de efecto invernadero [GEI]) se muestra en la figura 10 y la tabla 5.

Figura 10 Proceso para la identificación y priorización de medidas de mitigación.



Adaptado de (Ministerio de minas y energía, 2023)

Tabla 5. Metodología identificación y priorización medidas de mitigación.

#	Proceso	Descripción	Fuente
1	Análisis de la línea base y evaluación de emisiones.	<i>Revisión de la huella de carbono calculada:</i> se analizarán los resultados obtenidos del cálculo de la huella de carbono para identificar las principales fuentes de emisiones de GEI. Esto proporcionará una base sólida para la identificación de medidas de mitigación. <i>Evaluación de la contribución a las emisiones Nacionales:</i> las emisiones calculadas serán comparadas con los sectores más representativos del país, como los sectores mineros, energéticos e industrial. Este análisis permitirá conocer la contribución de la empresa dentro del panorama de emisiones de Colombia.	(Ministerio de minas y energía, 2023)
2	Elaboración de matriz DOFA.	Se elaborará una matriz DOFA para identificar las debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas que tiene la empresa Proyecto Soto Norte S.A.S, esto permitirá evaluar si la empresa está preparada para afrontar los diferentes retos derivados del cambio climático y proporcionará un diagnóstico estratégico para la gestión climática.	(Ministerio de minas y energía, 2023)
3	Identificación y clasificación de medidas por componente (mitigación, adaptación y gobernanza).	A partir de la matriz DOFA, se identificarán las necesidades específicas que tiene la empresa en relación con la gestión del cambio climático. Estas necesidades serán clasificadas según los tres componentes clave: mitigación, adaptación y gobernanza. Esta clasificación permitirá priorizar las acciones según su relevancia y urgencia para la empresa.	(Ministerio de minas y energía, 2023)
4	Priorización de necesidades.	Una vez identificadas y clasificadas las necesidades, serán calificadas, categorizadas y cuantificadas en tres niveles de prioridad: extremadamente alta, muy alta o alta por componente (mitigación, adaptación y gobernanza), de acuerdo con una metodología previamente establecida por la empresa (figura 11). Esta clasificación permitirá identificar qué acciones requieren atención inmediata, cuáles deben ser abordadas a corto plazo y	(Ministerio de minas y energía, 2023)

#	Proceso	Descripción	Fuente
		cuáles pueden ser planificadas para fases posteriores.	
5	Investigación de medidas de mitigación y adaptación disponibles.	<i>Revisión de buenas prácticas nacionales e internacionales:</i> se realizará una investigación exhaustiva de las mejores prácticas en mitigación y adaptación al cambio climático en los diferentes sectores. Con esta revisión se buscarán casos exitosos de implementación de tecnologías y estrategias que hayan demostrado ser efectivo para combatir el cambio climático.	(Ministerio de minas y energía, 2023)
6	Alineación con metas nacionales de Colombia.	<i>Revisión de las metas climáticas de Colombia:</i> Las medidas propuestas se revisarán según las metas climáticas de Colombia para 2030 y 2050, que incluyen compromisos de reducción de emisiones de GEI, la expansión de energías renovables y la reforestación. <i>Ajuste de medidas a las metas nacionales:</i> Las medidas identificadas serán ajustadas para garantizar su contribución directa al cumplimiento de las metas climáticas nacionales.	(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)

Figura 11. Metodología para clasificación y cuantificación de necesidades

Clasificación general		Importancia Extremadamente Alta		Importancia Muy Alta		Importancia Alta	
Mitigación	0	Mitigación	0	Mitigación	0	Mitigación	0
Adaptación	0	Adaptación	0	Adaptación	0	Adaptación	0
Gobernanza	0	Gobernanza	0	Gobernanza	0	Gobernanza	0

Tomado de (Proyecto Soto Norte, comunicación personal, julio de 2024)

3.3. Sistema de monitoreo y evaluación para el seguimiento de las emisiones de GEI.

Para diseñar el sistema de monitoreo y evaluación se propone los siguientes pasos (figura 12) y la siguiente metodología (tabla 6).

Figura 12 Proceso para el sistema de monitoreo y evaluación.



Adaptado de (Ministerio de minas y energía, 2023)

Tabla 6. Metodología para el sistema de monitoreo y evaluación.

#	Proceso	Descripción	Fuente
1	Diseño del sistema de monitoreo y evaluación.	<i>Definición de indicadores de desempeño:</i> Se identificarán y definirán los indicadores de desempeño necesarios para el seguimiento de las emisiones de GEI y la efectividad de las medidas implementadas. Estos indicadores se clasificarán según los tres componentes clave: mitigación, adaptación y gobernanza. <i>Selección de herramientas y tecnologías de monitoreo:</i> de acuerdo con el presupuesto que disponga la empresa, se evaluarán y seleccionarán las	(Ministerio de minas y energía, 2023)

#	Proceso	Descripción	Fuente
		herramientas más adecuadas para el monitoreo continuo de GEI. Se establecerán metas específicas para cada componente (mitigación, adaptación y gobernanza) esto permitirá realizar seguimientos efectivos de los alcances. <i>Establecimiento de líneas base de emisiones:</i> se seleccionarán periodos de tiempo para recolectar los datos que sean necesarios y así poder evaluar la efectividad de las medidas implementadas. La recolección de datos comenzará a partir del año 2025 y se extenderá según las metas establecidas en las estrategias planteadas. Estas metas tienen tiempos definidos, con objetivos parciales hasta el 2030 y objetivos de largo plazo hasta el 2050.	
2	Implementación del sistema de monitoreo.	Implementación de las herramientas de monitoreo: según las seleccionadas en el punto anterior, se instalarán en las operaciones actuales de la empresa para iniciar los monitoreos.	(Ministerio de minas y energía, 2023)
3	Recolección y análisis de datos	<i>Recolección de datos continuos:</i> periódicamente se recolectarán datos sobre las emisiones de GEI y la efectividad de las medidas que se implementen. <i>Análisis periódico de datos:</i> una vez recopilados los datos se analizarán para evaluar la tendencia de las emisiones de GEI y la efectividad de las medidas aplicadas.	(Ministerio de minas y energía, 2023)
4	Evaluación y ajuste de estrategias	<i>Evaluación trimestral y anual:</i> se realizarán evaluaciones trimestrales y anuales para revisar el desempeño del plan de gestión integral contra el cambio climático y así poder medir el progreso hacia las metas de reducción de GEI. <i>Ajuste de estrategias:</i> con base en los resultados de las evaluaciones y en caso de ser necesario se ajustarán las medidas de	(Ministerio de minas y energía, 2023)

#	Proceso	Descripción	Fuente
		mitigación y adaptación para mejorar su efectividad.	
5	Reporte y comunicación de resultados	Se elaborarán informes periódicos que resuman los resultados obtenidos del monitoreo y evaluación de las emisiones de GEI, se incluirán cumplimientos de metas y recomendaciones para continuar mejorando la efectividad de las medidas. Por último, los resultados serán comunicados a las partes interesadas donde se incluyen directivos, empleados y autoridades regulatorias.	(Ministerio de minas y energía, 2023)

4. Resultados

4.1 Línea base para el cálculo de la huella de carbono

La línea base proporciona un punto de referencia que permite identificar las áreas de mayor impacto y las oportunidades para poder implementar prácticas sostenibles. En esta sección se informa del consumo de combustibles fósiles, el consumo energético, la gestión de residuos y otros aspectos relacionados con el cambio climático dentro de las actividades realizadas en Proyecto Soto Norte. Con la recolección de datos del primer semestre de 2024, se busca tener una visión clara del estado actual de la empresa, sirviendo para medir el progreso y la efectividad de las estrategias implementadas.

4.1.1 Consumo energía eléctrica

En la tabla 7 y 8 se presentan los datos de consumo de energía eléctrica durante el periodo de enero a junio de 2024 en las oficinas de Bucaramanga, el campamento la Higuera y Padilla, Llano redondo, Pórtico, túnel exploratorio el emboque y las casas sociales ubicadas en los municipios de California, Matanza y Suratá. Estos datos fueron recopilados a partir del consumo registrado en las facturas emitidas por la Electrificadora de Santander (ESSA).

Tabla 7. Datos oficinas y bodega centro empresarial Cacique, Bucaramanga.

Consumo energía oficinas		Consumo energía bodega	
Mes	Consumo (kWh)	Mes	Consumo (kWh)
Enero	9040	Enero	23
Febrero	8640	Febrero	21
Marzo	9560	Marzo	27
Abril	9960	Abril	25
Mayo	10360	Mayo	36

Junio	10480	Junio	20
<i>Consumo total (kWh)</i>		<i>58192</i>	

Tabla 8. Consumo energía eléctrica otras instalaciones Proyecto Soto Norte.

Lugar	Consumo (kWh)					
	<i>Enero</i>	<i>Febrero</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>
<i>Campamento La Higuera</i>	12920	14800	14560	14480	15560	14560
<i>Llano redondo</i>	209	200	220	194	172	179
<i>Casa social Suratá</i>	57	67	75	73	73	66
<i>Casa social Matanza</i>	338	207	393	0	286	66
<i>Casa social California</i>	209	200	220	194	172	179
<i>Campamento Padilla</i>	1587	1933	1653	1867	1840	1120
<i>Pórtico</i>	1033	1047	1080	1040	1053	1056
<i>Túnel exploratorio “El emboque”</i>	6000	6000	3167	2834	0	1620
<i>Total</i>	22353	24454	21368	20682	19156	18846
<i>126859 kWh</i>						

4.1.2 Vehículos

Actualmente Proyecto Soto Norte tiene 28 vehículos, de los que 16 son propiedad de la empresa y 12 de Minero y Oro Express. Del total de vehículos solo dos (2) operan con gasolina y el restante opera con ACPM.

4.1.3 Consumo de combustible

En las tablas 9 y 10 se muestra la información sobre los galones de gasolina y ACPM que consumieron los 28 vehículos durante el periodo de enero a junio de 2024. El área de transporte

proporcionó esta información, encargada de llevar el registro detallado del consumo de combustible de cada vehículo.

Tabla 9. *Consumo de gasolina*

Mes	Urbano	Campo	Total, Galones
Enero	69	70,153	139,153
Febrero	91	87,787	178,787
Marzo	29	78,434	107,434
Abril	85	36,451	121,451
Mayo	61	58,376	119,376
Junio	97	102,178	199,178
<i>Total</i>	<i>432</i>	<i>433,38</i>	<i>865,38</i>

Tabla 10. *Consumo de ACPM*

Mes	Urbano	Campo	Total, Galones
Enero	387	562,405	949,41
Febrero	612	674,1957	1286,20
Marzo	451	539,327	990,33
Abril	591	364,672	955,67
Mayo	526	873,796	1399,80
Junio	594	720,272	1314,27
<i>Total</i>	<i>3161</i>	<i>3734,7</i>	<i>6895,67</i>

4.1.4 Residuos orgánicos y ordinarios

En la tabla 11, se presenta la cantidad de residuos orgánicos y ordinarios que se recolectan en el campamento La Higuera durante el primer semestre del 2024. El área de saneamiento básico proporcionó estos datos, encargada de controlar la cantidad de residuos producidos. Los residuos son generados en las diferentes áreas del proyecto, como el casino, las casas sociales, las oficinas y demás instalaciones. Sin embargo, no se conoce cuánto es el aporte de cada área porque no se realiza una segregación en la fuente.

Tabla 11. *Generación de residuos*

Mes	Residuos Orgánicos (kg/mes)	Residuos Ordinarios (kg/mes)
<i>Enero</i>	125	725
<i>Febrero</i>	250	1830
<i>Marzo</i>	250	2060
<i>Abril</i>	450	3700
<i>Mayo</i>	450	3720
<i>Junio</i>	470	4020

4.1.5 Túnel exploratorio “El emboque”

Debido a la actual situación de la empresa, se cuenta únicamente con un túnel en fase de exploración que genera un drenaje con pH entre 6,09 a 6,21 y un caudal de 12,87 L/s. Según la guía de drenaje ácido de roca o de mina del INAP, este tipo de drenaje se clasifica como (drenaje ácido de mina [DAM]) (Contreras Gómez, 2016). Sin embargo, no se tuvo acceso a la información específica sobre la caracterización del drenaje proveniente del túnel exploratorio “El emboque”, ya que esta se encuentra clasificada como restringida. Para realizar el cálculo de la huella de carbono, se utilizaron como referencia los valores obtenidos en una caracterización previa de un (drenaje ácido de mina [DAM]) (tabla 12) ubicada en el municipio de California, Santander, cuyas condiciones son similares a las del túnel exploratorio de la empresa.

Tabla 12. *Resultados caracterización drenaje ácido de mina (DAM)*

Parámetro	Unidades	DAM
<i>pH</i>	Unidades de pH	6,93
<i>DQO</i>	mg O ₂ /L	34,5

Parámetro	Unidades	DAM
<i>SST</i>	mg/L	15
<i>Nitrógeno Total</i>	mg N/L	16,66
<i>Fósforo Total</i>	mg P/L	0,8
<i>Conductividad</i>	μS/cm	354
<i>Acidez</i>	mg/L	97,96
<i>Azufre</i>	mg/L	25,18
<i>% de saturación de oxígeno</i>	%	84,1
<i>Arsénico</i>	mg As/L	<0,00055
<i>Cadmio</i>	mg Cd/L	<0,0011
<i>Cromo Total</i>	mg Cr/L	<0,0045
<i>Cromo Hexavalente</i>	mg Cr ⁺⁶ /L	0,014
<i>Hierro Total</i>	mg Fe/L	8,764
<i>Plomo</i>	mg Pb/L	<0,0068
<i>Cobre</i>	mg Cu/L	<0,0021
<i>Manganeso</i>	mg Mn/L	1,975
<i>Aluminio</i>	mg Al/L	<0,005

Tomado de (Contreras Gómez, 2016)

4.2 Alcance para la medición de la huella de carbono e inventario de GEI

El inventario de emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]) del Proyecto Soto Norte abarca un enfoque integral para evaluar las fuentes relevantes de emisiones, considerando actividades directas e indirectas, cabe mencionar que no se incluyen los datos de la caracterización del agua tratada en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) ni del gasto de papel debido a la ausencia de registros sobre estas actividades. Los límites del inventario se definen de la siguiente manera:

4.2.1 Alcance 1: Emisiones directas

4.2.1.1 Vehículos. Emisiones provenientes del uso de vehículos que son propiedad y le prestan apoyo a la empresa durante las actividades diarias.

4.2.1.2 Drenaje túnel exploratorio “El emboque”. Emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]) asociadas al drenaje generado en el túnel exploratorio “El emboque”.

4.2.2 Alcance 2: Emisiones indirectas de energía

4.2.2.1 Electricidad comprada. Emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica adquirida de la red nacional para las instalaciones de la empresa ubicadas en California y Bucaramanga, Santander.

4.2.3 Alcance 3: Otras emisiones indirectas

4.2.3.1 Gestión de residuos. Emisiones producidas por la gestión de residuos orgánicos y ordinarios generados en la empresa.

En la tabla 13, se observan los datos obtenidos del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) durante el periodo escogido.

Tabla 13. Inventario GEI

<i>Mes</i>	Combustible vehículos		<i>Electricidad (kWh)</i>	Residuos (kg)	
	<i>ACPM (Gal)</i>	<i>Gasolina (Gal)</i>		<i>Orgánicos</i>	<i>Ordinarios</i>
<i>Enero</i>	949,41	139,15	31416	125	725
<i>Febrero</i>	1286,20	178,79	33115	250	1830
<i>Marzo</i>	990,33	107,43	30955	250	2060
<i>Abril</i>	955,67	121,45	30667	450	3700

Mayo	1399,80	119,38	29552	450	3720
Junio	1314,27	199,18	29346	470	4020
Total	6895,668	865,379	176051	1995	16055

4.3 Cálculo de la huella de carbono

Para calcular las emisiones de CO2e a partir de los datos de las actividades identificadas, se utilizó la Ecuación 1 mencionada previamente en el numeral 3.1, tomada de la metodología establecida en la norma ISO 14064-1:2019. Esta metodología es reconocida internacionalmente para la cuantificación y reporte de emisiones de gases de efecto invernadero (Intedya, s.f.)

En la tabla 14, se muestran los factores de emisión utilizados para el cálculo de la huella de carbono los cuales se tomaron de La Agencia de Protección ambiental de los Estados Unidos (EPA) que desde 1972 ha publicado la compilación de Factores de Emisiones de Contaminantes del Aire (Carvajal & Castillo, 2024).

Tabla 14. Factores de emisión

Actividad	Factor de emisión
ACPM	10.21 kg CO2e/galón
Gasolina	8.78 kg CO2e/galón
Electricidad	0.17573 kg CO2e/kWh
Residuos orgánicos	0.25 kg CO2e/kg de residuos
Residuos ordinarios	0.2kg CO2e/kg de residuos

Fuente: (Carvajal & Castillo, 2024)

4.3.1 Cálculo de la huella de carbono consumo combustible

4.3.1.1 ACPM. Aplicando la Ecuación 1, usando el valor de la línea base (tabla 13) y el factor de emisión correspondiente (tabla 14), se obtiene el valor de los kilogramos equivalente de CO₂ para el ACPM.

$$kg \text{ equivalentes de } CO_2 (ACPM) = 6895,668 \text{ gal} \times 10,21 \text{ kg} \frac{CO_2e}{gal} \quad (1)$$

$$kg \text{ equivalentes de } CO_2 (ACPM) = 70404,77$$

4.3.1.2 Gasolina. Aplicando la Ecuación 1, usando el valor de la línea base (tabla 13) y el factor de emisión correspondiente (tabla 14), se obtiene el valor de los kilogramos equivalente de CO₂ para la gasolina.

$$kg \text{ equivalentes de } CO_2 (Gasolina) = 865.379 \text{ gal} \times 8,78 \text{ kg} \frac{CO_2e}{gal} \quad (1)$$

$$kg \text{ equivalentes de } CO_2 (Gasolina) = 7598,027$$

4.3.2 Cálculo de la huella de carbono drenaje túnel exploratorio “El emboque”

Para hallar el factor de emisión correspondiente a esta actividad se utilizó la metodología propuesta en la herramienta de cálculo de la huella de carbono corporativa MVC Colombia (Pava, et al., 2016), a partir de la Ecuación 3:

$$FE_{ARI} = CMP_{CH_4} \times FC_{CH_4} \times PCG_{CH_4} \quad (3)$$

Donde:

“FE_{ARI}: factor de emisión para tratamiento de los residuos líquidos industriales” (Pava, et al., 2016).

“ CMP_{CH_4} : Capacidad máxima de producción de metano en los residuos líquidos industriales (el valor por defecto es $0.25 \text{ kgCH}_4/\text{kgDQO}$, según Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI)” (Pava, et al., 2016).

FC_{CH_4} : Factor de corrección para el CH_4 (Para este caso se tomará el valor de 0,8), según Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de GEI – Figura 13 – Valores de Factor de Corrección para CH_4 por Defecto para las Aguas Residuales Industriales

“ PCG_{CH_4} : Potencial de Calentamiento Global del metano, se selecciona el valor de 28, según Potenciales de Calentamiento Global para los GEI” (Pava, et al., 2016).

Figura 13. Factores de Emisión para Cada Tipo de Sistema de Tratamiento de los Residuos

TIPO DE TRATAMIENTO	CMP_{CH_4} ($\text{kgCH}_4/\text{kgDQO}$)	FC_{CH_4}	FE_{CH_4} ($\text{kgCH}_4/\text{kgDQO}$)
Vertimientos industriales no tratados (solo para alcance 3)	0,25	0,1	0,03
Vertimientos industriales tratados (PTAR aeróbica)	0,25	0,0	0,00
Vertimientos industriales tratados (PTAR aeróbica sobrecargada)	0,25	0,3	0,08
Vertimientos industriales tratados (Digestor o reactor anaeróbico)	0,25	0,8	0,20
Vertimientos industriales tratados (Laguna anaeróbica < 2 mts)	0,25	0,2	0,05
Vertimientos industriales tratados (Laguna anaeróbica > 2 mts)	0,25	0,8	0,20

Tomado de (Pava, et al., 2016)

Después de realizado el cálculo se obtuvo que el factor de emisión es de $5,6 \text{ kgCH}_4/\text{kgDQO}$.

Para el cálculo de la huella de carbono del drenaje se realizaron los siguientes pasos:

- Convertir el caudal de L/s a L/día: $12,87 \text{ L/s} = 1111,48 \text{ l/día}$

- Calcular la carga de DQO en mg/día:

$$Carga\ de\ DQO\ \left(\frac{mg}{día}\right) = Caudal\ \frac{L}{día} \times DQO\ \left(\frac{mg}{L}\right) \quad (4)$$

Aplicando la Ecuación 4 se obtiene la carga diaria de DQO:

$$Carga\ de\ DQO\ \left(\frac{mg}{día}\right) = 1111,488\ \frac{L}{día} \times 34,5\ \left(\frac{mg}{L}\right) = 38346,336\ \frac{mg}{día} = 0,0383\ \frac{kg}{día} \quad (4)$$

- Calcular las emisiones de CH₄: Ahora se calcularán las emisiones de metano utilizando el factor de emisión y la Ecuación 4

$$Emisiones\ de\ CH_4\ \left(\frac{kg}{día}\right) = Carga\ DQO\ \frac{kg}{día} \times Factor\ de\ emisión \quad (5)$$

$$Emisiones\ de\ CH_4\ \left(\frac{kg}{día}\right) = 0,0383\ \frac{kg}{día} \times 5,6 = 0,21448\ \frac{kg\ CH_4}{día} \quad (5)$$

- Convertir las emisiones de CH₄ a CO₂e (Ecuación 6): El factor de conversión de CH₄ a CO₂e es 25 y proviene del quinto informe de evaluación (AR5) del IPCC. Este valor es el del potencial de calentamiento global (GWP) a 100 años para el metano (CH₄) en comparación con el dióxido de carbono (CO₂) (IPCC, 2014).

$$Emisiones\ de\ CO_2e\ \left(\frac{kg}{día}\right) = 0,21448\ \frac{kg\ CH_4}{día} \times 25 = 5,362\ \frac{kg\ CO_2e}{día} \quad (6)$$

- Calcular la huella de carbono total para los 6 meses:

Se calcula la huella de carbono para seis meses porque el periodo de estudio seleccionado fue de enero a junio de 2024, utilizando la Ecuación 7.

$$Huella\ de\ carbono(kgCO_2e) = 5,362\ \frac{kgCO_2e}{día} \times 183\ días = 981,246\ kgCO_2e \quad (7)$$

- Por último, se convierte el resultado a toneladas (Ecuación 8)

$$Huella\ de\ carbono(TonCO_2e) = \frac{981,246}{1000} = 0,981\ TonCO_2e \quad (8)$$

4.3.3 Cálculo de la huella de carbono consumo fuentes de luz

4.3.3.1 Electricidad. Aplicando la Ecuación 1, usando el valor de la línea base (tabla 13) y el factor de emisión correspondiente (tabla 14), se obtiene el valor de los kilogramos equivalente de CO₂ para la electricidad.

$$\text{kg equivalentes de CO}_2 \text{ (electricidad)} = 185051 \text{ KWh} \times 0,17573 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{KWh}}$$

(1)

$$\text{kg equivalentes de CO}_2 \text{ (Electricidad)} = 32519,02$$

4.3.4 Cálculo de la huella de carbono de residuos

4.3.4.1 Residuos orgánicos. Aplicando la Ecuación 1, usando el valor de la línea base (tabla 13) y el factor de emisión correspondiente (tabla 14), se obtiene el valor de los kilogramos equivalente de CO₂ para los residuos orgánicos.

$$\text{kg equivalentes de CO}_2 \text{ (R. Orgánicos)} = 1995 \text{ Kg} \times 0,25 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{kg}} \quad (1)$$

$$\text{kg equivalentes de CO}_2 \text{ (R. Orgánicos)} = 498,75$$

4.3.4.2 Residuos ordinarios. Aplicando la Ecuación 1, usando el valor de la línea base (tabla 13) y el factor de emisión correspondiente (tabla 14), se obtiene el valor de los kilogramos equivalente de CO₂ para los residuos ordinarios.

$$\text{kg equivalentes de CO}_2 \text{ (R. Ordinarios)} = 16055 \text{ kg} \times 0,2 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{kg}} \quad (1)$$

$$\text{kg equivalentes de CO}_2 \text{ (R. Ordinarios)} = 3211$$

4.4 Resultados huella de carbono total

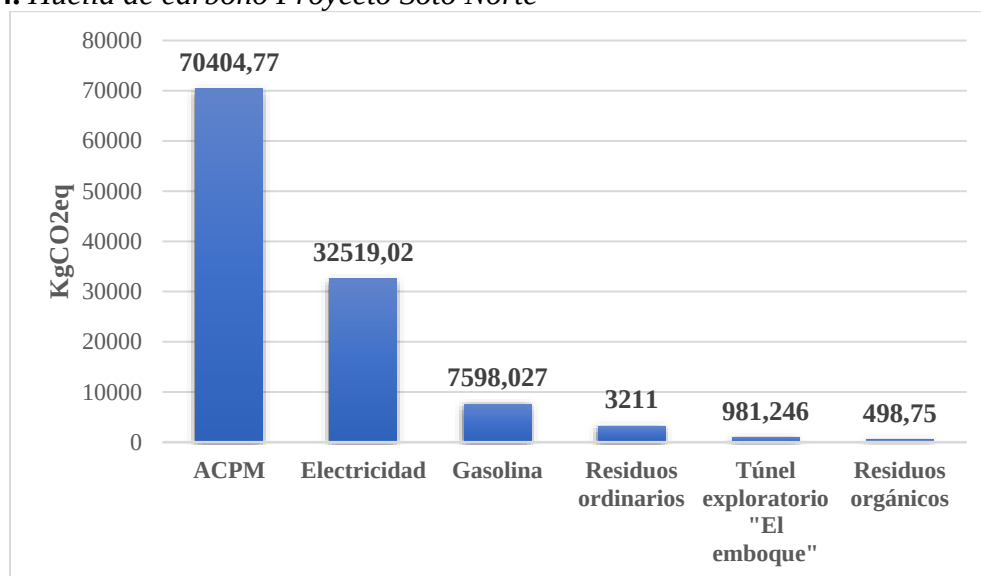
Realizada la suma de los consumos de las actividades ejecutadas en la empresa, se obtuvo el valor total de los kg de CO₂ equivalentes. En la tabla 15 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 15. Resultados huella de carbono

Actividad	Equivalentes de CO ₂ (kg)
ACPM	70404,77
Electricidad	32519,02
Gasolina	7598,027
Residuos ordinarios	3211
Túnel exploratorio "El emboque"	981,246
Residuos orgánicos	498,75
<i>Total</i>	<i>115212,813</i>

Se hizo la conversión para obtener el resultado de la huella de carbono en Toneladas de CO₂ equivalentes y se halló un valor de 115,213 TonCO₂eq.

En la figura 14, se observa que las actividades que más generan emisiones de CO₂ implican el consumo de ACPM y electricidad, por eso es importante presentar un plan de reducción de la huella de carbono empresarial.

Figura 14. *Huella de carbono Proyecto Soto Norte*

Las emisiones de la empresa, que ascienden a 115,213 toneladas de CO₂ equivalente, representan una fracción muy baja en comparación con las emisiones totales de Colombia en 2022, estimadas en 88,47 megatoneladas de CO₂ equivalente (88.470.000 toneladas) (Datosmacro, 2022). En términos porcentuales, la contribución del proyecto equivale aproximadamente al 0,00013% de las emisiones nacionales, lo que clasifica su impacto como muy bajo en el contexto de la huella de carbono nacional.

Al comparar estas emisiones con otras operaciones mineras, se observa que Proyecto Soto Norte se encuentra en un rango significativamente inferior debido a que aún no ha iniciado operaciones. Por ejemplo, la mina Buriticá (oro, Antioquia) presenta emisiones estimadas entre 150.000 y 250.000 toneladas de CO₂e anuales en su fase operativa (Continental Gold, 2020), mientras que Cerrejón, una de las minas de carbón más

grandes de Colombia, registró aproximadamente 4,9 millones de toneladas de CO₂e en 2020 (Mendoza, 2024), cifra casi 43.000 veces superior a la del Proyecto Soto Norte.

4.5 Proyección de emisiones a 2030 y 2050

En el contexto del Plan de Gestión contra el Cambio Climático, se hace necesario proyectar las emisiones de CO₂ hacia los años 2030 y 2050, en línea con las metas establecidas por Colombia en sus compromisos con el Acuerdo de París y el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático. Los cálculos para las proyecciones al 2030 y 2050 se realizaron utilizando la Ecuación 2 mencionada previamente en el apartado 3.1 de este documento.

Las proyecciones se limitaron al consumo de energía eléctrica y al uso de combustibles como gasolina y ACPM, dado que estas actividades son actualmente las principales fuentes de emisiones de GEI para el proyecto. Asimismo, la decisión se fundamentó en una revisión de fuentes bibliográficas, en la cual solo se identifican factores de emisión proyectados para dichas actividades.

4.5.1 Proyección de emisiones a 2030

4.5.1.1 Cálculo del factor de crecimiento acumulado (GF_S^A). Se discutió con el personal del área ambiental y se acordó un crecimiento anual del 1% en 6 años (2024 a 2030). Esta decisión se tomó debido a la incertidumbre sobre el futuro del proyecto, ya que no se tiene certeza de si en los próximos años se iniciarán las operaciones.

$$GF_S^A = (1 + 0,01)^{2030-2024} = (1 + 0,01)^6$$

$$GF_S^A = 1.062$$

4.5.1.2 Cálculo proyección de emisiones consumo energético a 2030 (E_{2030}^A). Se utilizó la Ecuación 2 mencionada previamente en la metodología y el factor de emisión se tomó de la calculadora de carbono 2050 publicada por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente, s.f.).

$$E_{2030}^A = (176051 \text{ KWh} \times 1,062) \times 0,00026 \text{ kgCO}_2/\text{KWh}$$

(2)

$$E_{2030}^A = (186966,162 \text{ KWh}) \times 0,00026 \text{ kgCO}_2/\text{KWh}$$

$$E_{2030}^A = 48,611 \text{ kgCO}_2$$

4.5.1.3 Cálculo proyección de emisiones consumo de gasolina y ACPM. Se utilizó la Ecuación 2 mencionada previamente en la metodología y los factores de emisión se tomaron de IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006).

4.5.1.3.1 Gasolina.

$$E_{2030}^A = (865,379 \text{ Gal} \times 1,062) \times 7,87 \text{ kgCO}_2/\text{Galón} \quad (2)$$

$$E_{2030}^A = (919,0325 \text{ Gal}) \times 7,87 \text{ kgCO}_2/\text{Galón}$$

$$E_{2030}^A = 7232,786 \text{ kgCO}_2$$

4.5.1.3.2 ACPM.

$$E_{2030}^A = (6895,668 \text{ Gal} \times 1,062) \times 9,13 \text{ kgCO}_2/\text{Galón} \quad (2)$$

$$E_{2030}^A = (7323,199 \text{ Gal}) \times 9,13 \text{ kgCO}_2/\text{Galón}$$

$$E_{2030}^A = 66860,811 \text{ kgCO}_2$$

4.5.2 Proyección de emisiones a 2050

Para las proyecciones del año 2050, se considera una reducción en los factores de emisión, sustentada en el avance esperado de las tecnologías limpias y la implementación de políticas climáticas más estrictas.

4.5.2.1 Cálculo del factor de crecimiento acumulado (GF_S^A). Para estimar las emisiones de GEI proyectadas al año 2050, se utilizó el mismo factor de crecimiento anual del 1% en 26 años (2024 a 2050), definido previamente en consulta con el personal del área ambiental. Este porcentaje refleja la incertidumbre asociada al futuro del proyecto, considerando que no se tiene claridad sobre el inicio de operaciones extractivas en los próximos años.

$$GF_S^A = (1 + 0,01)^{2050-2024} = (1 + 0,01)^{26}$$

$$GF_S^A = 1.295$$

4.5.2.2 Cálculo proyección de emisiones consumo energético a 2050 (E_{2050}^A). Se utilizó la Ecuación 2 mencionada previamente en la metodología y el factor de emisión se tomó de la calculadora de carbono 2050 publicada por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (Ministerio de Ambiente, s.f.).

$$E_{2030}^A = (176051 \text{ KWh} \times 1,295) \times 0,00022 \text{ kgCO}_2/\text{KWh} \quad (2)$$

$$E_{2030}^A = (228031,1695 \text{ KWh}) \times 0,00022 \text{ kgCO}_2/\text{KWh}$$

$$E_{2030}^A = 50,167 \text{ kgCO}_2$$

4.5.2.3 Cálculo proyección de emisiones consumo de gasolina y ACPM. Se utilizó la Ecuación 2 mencionada previamente en la metodología y los factores de emisión se tomaron de IPCC 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (IPCC, 2006).

4.5.2.3.1 Gasolina.

$$E_{2030}^A = (865,379 \text{ Gal} \times 1,295) \times 6,99 \text{ kgCO}_2/\text{Galón} \quad (2)$$

$$E_{2030}^A = (1120,666 \text{ Gal}) \times 6,99 \text{ kgCO}_2/\text{Galón}$$

$$E_{2030}^A = 7833,454 \text{ kgCO}_2$$

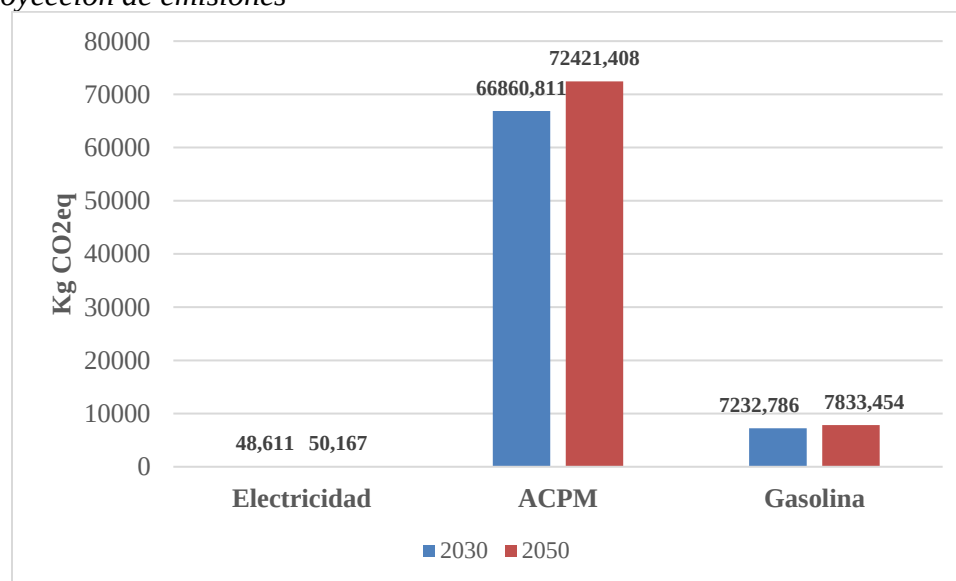
4.5.2.3.1 ACPM.

$$E_{2030}^A = (6895,668 \text{ Gal} \times 1,295) \times 8,11 \text{ kgCO}_2/\text{Galón} \quad (2)$$

$$E_{2030}^A = (8929,890 \text{ Gal}) \times 8,11 \text{ kgCO}_2/\text{Galón}$$

$$E_{2030}^A = 72421,408 \text{ kgCO}_2$$

En la figura 15 se muestran los resultados obtenidos para la proyección de emisiones a los años 2030 y 2050 en los diferentes sectores de la empresa

Figura 15. *Proyección de emisiones*

De acuerdo con el análisis de la información en la figura 15 se observa un aumento en las emisiones para los tres sectores proyectados (electricidad, ACPM y gasolina) al 2030 y 2050. Esto indica que, sin la formulación de estrategias, actividades, implementación de tecnologías o la transición a energías renovables las emisiones de CO₂ seguirán en aumento. Cabe destacar que el consumo de ACPM sigue siendo la mayor fuente de emisiones de CO₂, lo que resalta la importancia de buscar medidas que sean efectivas para la mitigación. Aunque las emisiones de electricidad y gasolina son menores en comparación con el ACPM, es igualmente necesario implementar medidas que reduzcan la huella de carbono generada por la empresa para poder alcanzar las metas climáticas de Colombia al 2030 y 2050.

En este contexto, se podría evaluar la factibilidad de cambiar en su totalidad el parque automotor de ACPM a gasolina como medida de mitigación. Aunque la gasolina tiene menos factor de emisión (8,78 KgCO₂eq/gal) que el ACPM (10,21 KgCO₂eq/gal), esta medida no sería la más adecuada por la menor eficiencia energética de los motores a gasolina. Estudios previos han demostrado que un litro de gasolina tiene aproximadamente un 10% menos energía que un

litro de ACPM (DISPETROCOM, 2020), adoptar esta medida implicaría un mayor uso de gasolina en los vehículos para recorrer las mismas distancias.

Una estrategia más viable sería la transición hacia el gas natural vehicular (GNV), el cual presenta un factor de emisión significativamente menor 1,952 KgCO₂eq / m³ST. Además, el GNV ofrece un costo por kilómetro de un 16,8% menor en comparación con el ACPM y mantiene una eficiencia energética adecuada para recorrer diferentes distancias en zonas geográficas y topográficas retadoras (Rey, et al., 2023).

5.0 Identificación y priorización de medidas de manejo ambiental contra el cambio climático

5.1 Priorización de necesidades de intervención

En el contexto del plan de gestión contra el cambio climático de la empresa Proyecto Soto Norte, se construyó esta matriz para identificar las fortalezas y debilidades dentro de la organización, así como las oportunidades y amenazas del entorno. Este análisis es fundamental para la formulación de estrategias que aborden los desafíos del cambio climático y aseguren la sostenibilidad a largo plazo.

Figura 16. *Matriz DOFA*

Debilidades	Oportunidades
Falta de planificación en los recorridos diarios lo cual genera más gasto de combustible y mayores emisiones de GEI.	Planeación del número de recorridos diarios con lo cual la empresa contribuiría a la reducción de emisiones de GEI.
Falta de estrategias para reducir el consumo de energía.	Implementar medidas para reducir el consumo de energía.
Falta de estrategias para reducir el consumo de agua, a pesar de contar con un PUEA.	Adoptar tecnologías y prácticas de gestión del agua para reducir el consumo.

Falta de un programa formal de reciclaje y aprovechamiento de residuos.	Implementar programas de compostaje para gestionar adecuadamente los residuos orgánicos.
Fortalezas Mantenimientos preventivos para el parque automotor de la empresa. Existencia de un plan de uso eficiente y ahorro del agua (PUEA). Infraestructura de separación de residuos alineada con el plan de gestión integral de residuos (PGIR) para facilitar su manejo. Gestión documental aplicable a los procesos internos de la compañía en tema de biodiversidad.	Amenazas No contar con una estrategia de transporte genera movimientos innecesarios. Cambios climáticos y fenómenos meteorológicos que puedan afectar las actividades y la infraestructura de la empresa. La no gestión adecuada de los residuos orgánicos puede causar GEI.

A partir del análisis realizado en la matriz DOFA (figura 16), se identificaron una serie de necesidades que deben ser atendidas para mejorar la capacidad de la empresa Proyecto Soto Norte en la gestión contra el cambio climático. Estas necesidades se dividen en tres componentes clave: mitigación, adaptación y gobernanza. Las necesidades de mitigación están enfocadas en reducir las emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]), mientras que las de adaptación se centran en preparar a la empresa para enfrentar los impactos inevitables del cambio climático y las necesidades de gobernanza se relacionan con el fortalecimiento de los procesos internos y las relaciones con los grupos de interés para asegurar una gestión efectiva. En la figura 17, se detallan las principales necesidades identificadas para cada componente.

Figura 17. *Priorización de necesidades identificadas.*

Implementar tecnologías o estrategias más eficientes para reducir el gasto de combustible de los vehículos.
Desarrollo de programas de eficiencia energética.
Implementación de mejores prácticas de gestión de residuos para reducir emisiones de GEI.
Formulación e implementación de proyectos de soluciones basadas en la naturaleza.
Desarrollo de estrategias que fortalezcan el ahorro y consumo de agua.

Desarrollo de estrategias para fortalecer las relaciones con comunidades locales y grupos de interés en el contexto del cambio climático.
Programa de educación en cambio climático para niños y jóvenes que residen en el área donde hace presencia Proyecto Soto Norte.
Estrategia de optimización del gasto en los recursos de agua, energía y residuos
Programa de economía circular.
Programas de apoyo al desarrollo local en proyectos verdes.
Educación ambiental para la prevención y gestión de catástrofes naturales.
Fortalecer el programa de rehabilitación ecológica en las 70 hectáreas de la compañía.


Importancia
extremadamente
alta


Importancia
muy alta


Importancia
alta

La tabla 16 organiza las necesidades por componente: mitigación, adaptación y gobernanza.

Tabla 16. *Clasificación de necesidades*

Mitigación	Adaptación	Gobernanza
Implementar tecnologías o estrategias más eficientes para reducir el gasto de combustible de los vehículos. Desarrollo de programas para la reducción del consumo de agua. Desarrollo de programas de eficiencia energética. Implementación de mejores prácticas de gestión de residuos para reducir emisiones de GEI.	Formulación e implementación de proyectos de soluciones basadas en la naturaleza. Educación ambiental para la prevención y gestión de catástrofes naturales. Fortalecer el programa de rehabilitación ecológica en las 70 hectáreas de la compañía.	Desarrollo de estrategias para gestionar y mejorar las relaciones con comunidades locales y grupos de interés en el contexto del cambio climático. Programa de educación en cambio climático para niños y jóvenes que residen en el área donde hace presencia Proyecto Soto Norte. Programas de apoyo al desarrollo local en proyectos verdes. Estrategias de optimización del gasto en los recursos de agua, energía y residuos.

Mitigación	Adaptación	Gobernanza
		Programa de economía circular.

Fueron reconocidas en total 12 necesidades (tabla 16) clasificadas entre actividades, medidas y/o acciones relacionadas con la gestión integral del cambio climático, que, de no ser consideradas por la planeación estratégica de la empresa, representan una debilidad y amenaza para su competitividad futura. En general, del total de necesidades cuantificadas (tabla 16), 5 se asociaron al componente de Gobernanza, 3 al de Adaptación y 4 al de Mitigación. Dicho esto, si bien las mayores necesidades de la empresa están relacionadas con el componente de gobernanza, es importante destacar que bajo la categoría de “importancia extremadamente alta” (categoría que determina que temáticas, actividades, medidas y/o acciones deben ser atendidas con urgencia), el componente que presenta mayores necesidades es Mitigación (4 necesidades). Es por esto por lo que la empresa atenderá en primera instancia la formulación del **componente de mitigación** de emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]), centrando sus esfuerzos en: **i)** Implementar estrategias más eficientes para reducir el gasto de combustible de los vehículos, **ii)** Desarrollo de programas para la reducción del consumo de agua. **iii)** Desarrollo de programas de eficiencia energética e **iv)** Implementación de mejores prácticas de gestión de residuos para reducir emisiones de GEI.

6.0 Sistema de monitoreo y evaluación para el seguimiento de las emisiones de GEI

Para cumplir con las metas climáticas nacionales, es fundamental generar estrategias y actividades que permitan reducir significativamente las emisiones de (Gases de efecto invernadero

[GEI]) en la empresa. En esta sección, con base al análisis realizado en el diagnóstico empresarial se plantearán las estrategias y actividades que buscan cumplir con las metas de reducción establecidas para 2030 y 2050. En la tabla 16, se priorizó una serie de necesidades por cada componente (mitigación, adaptación y gobernanza) a las que se les propondrá actividades y/o estrategias para reducir el impacto ambiental de las operaciones actuales. Estas actividades incluyen la adopción de tecnologías más eficientes, la optimización del uso de combustibles fósiles, y la promoción de iniciativas sostenibles que involucre a todo el personal de la empresa. Es importante aclarar que en estas estrategias no se contempla ni el presupuesto ni el personal necesario para su ejecución, ya que queda a decisión de la empresa si decide acogerse a las propuestas presentadas. Asimismo, no se incluyen las (Soluciones basadas en la naturaleza [NbS]) dentro de las estrategias propuestas, dado que la empresa actualmente forma parte de la Alianza PAS (pacto por la protección del agua de Santander), a través de esta alianza, se están llevando a cabo iniciativas lideradas por la comunidad en el área de influencia del proyecto, enfocadas en la gestión sostenible del agua y la conservación de la biodiversidad mediante las soluciones basadas en la naturaleza, cuyos resultados serán entregados a la empresa una vez finalicen todas las actividades planteadas por Alianza PAS.

6.1 Estructura general del sistema

Actualmente, la empresa gestiona sus informes a través de una matriz en Excel. Sin embargo, se propone integrar todo el sistema de indicadores en la herramienta Power BI, lo que permitirá un seguimiento gráfico más eficiente. Para garantizar la calidad de los datos, su recolección estará a cargo de profesionales ambientales, asegurando la precisión

y confiabilidad de la información. La validación inicial de los datos será responsabilidad del líder de cambio climático, mientras que la revisión final estará a cargo del superintendente ambiental, quien verificará la exactitud de toda la información.

Además, el sistema de seguimiento incluye un mecanismo de alerta: cuando un indicador presente valores por debajo de lo esperado, se convocará un comité de seguimiento de sostenibilidad. En este espacio, se analizarán las desviaciones y se definirán las correctivas necesarias para garantizar el cumplimiento de las acciones establecidas. Como parte de este proceso, se realizará un análisis de causas para identificar las razones de la desviación, ya sea por fallas en la recolección de datos, problemas operativos o factores externos. Si se determina que la baja en el indicador se debe a errores en la ejecución de procesos, el comité podrá proponer capacitaciones para el personal, con el fin de reforzar conocimientos y habilidades. Asimismo, se establecerán controles más frecuentes para monitoreo y seguimiento, lo que permitirá evaluar la efectividad de las acciones implementadas y realizar ajustes si es necesario. Finalmente, se llevará a cabo un proceso de comunicación e informes, mediante la elaboración de informes periódicos sobre el estado de los indicadores y las adoptadas.

6.2 Estrategias componente de mitigación

6.2.1 Estrategia 1: jornada anual día sin carro

Esta estrategia consiste en realizar una jornada anual de "Día sin Carro" para reducir el consumo de combustibles fósiles en las actividades de la empresa, asegurando que al menos el 80% de los vehículos no sean utilizados durante ese día. Se estima que esta medida contribuirá a reducir aproximadamente un 1% de la huella de carbono de la compañía.

6.2.1.1 Actividades. Dentro de estas se incluyen la preparación previa del evento, asegurando la correcta planificación y difusión. Durante la jornada, se realizará un comparativo de los movimientos vehiculares utilizando la información de la línea base para evaluar el impacto de la iniciativa. Además, se llevará a cabo el desarrollo de la jornada, promoviendo la participación del personal y garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados. Finalmente, se elaborará un informe final que recopile los resultados obtenidos, identificando oportunidades de mejora para futuras ediciones.

Figura 18. Indicador estrategia 1: jornada anual sin carro

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Reducción uso de combustible en el día	$\left(\frac{\text{Promedio consumo diario} - \text{combustible consumido día sin carro}}{\text{Promedio consumo diario}} \right) * 100$	Una vez al año	Reducir en al menos un 50% el consumo de combustible y garantizar que al menos el 80% de los vehículos no sean utilizados.

6.2.2 Estrategia 2: jornada anual siembra de árboles

Esta estrategia consiste en plantar al menos 100 árboles durante la jornada anual del día sin carro. De acuerdo con literatura, cada árbol tiene la capacidad de absorber hasta 150 kg de CO₂ al año (WWF, 2020), lo que representa una disminución aproximada de 15 toneladas de CO₂ equivalente como resultado de esta actividad.

6.2.2.1 Actividades. Las actividades relacionadas con la reforestación dentro del programa de rehabilitación ecológica de la empresa incluyen la identificación de áreas de siembra dentro de las 70 hectáreas disponibles, seguida de la selección de especies de

árboles adecuadas para el ecosistema. Además, se llevará a cabo la capacitación de los colaboradores en técnicas de plantación para asegurar el éxito del proceso. Posteriormente, se realizará un monitoreo continuo de los árboles plantados, evaluando su supervivencia y llevando a cabo mediciones periódicas para determinar la cantidad de CO₂ efectivamente absorbida.

Figura 19. *Indicador estrategia 2: jornada anual siembra de árboles*

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Árboles plantados en el día sin carro	(No. de árboles plantados / meta de árboles plantados) *100	Una vez al año	Plantar al menos 100 árboles durante la jornada anual del 'Día sin Carro'
Supervivencia de árboles plantados en el día sin carro	(No. de árboles sobrevivientes después de un año / No. de árboles plantados) * 100	Anual	Garantizar al menos el 80% de supervivencia de los árboles plantados después de un año.

6.2.3 Estrategia 3: renovación parque automotor

En esta estrategia se propone implementar nuevas tecnologías mediante la incorporación de un vehículo híbrido anual en el parque automotor de la empresa hasta el 2030. Según literatura, cada vehículo puede reducir la huella de carbono en aproximadamente un 17% contribuyendo significativamente a la disminución de las emisiones de CO₂ (La República, 2022).

6.2.3.1 Actividades. Para optimizar la eficiencia y reducir el impacto ambiental, la empresa llevará a cabo la identificación de los modelos de vehículos híbridos más adecuados para sus necesidades operativas. Como parte del proceso de implementación, se brindará capacitación a los conductores en el uso eficiente de estos vehículos. Además, se realizará un monitoreo continuo del consumo de combustible y las emisiones de CO₂ en comparación con la línea base establecida.

Finalmente, se elaborarán informes anuales que reflejen la reducción de la huella de carbono obtenida gracias a la incorporación de los vehículos híbridos.

Figura 20. Indicadores estrategia 3: renovación parque automotor

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Porcentaje de renovación del parque automotor	(No. de vehículos híbridos adquiridos / No. total, de vehículos planificados al 2030) * 100	Anual	Incorporar al menos 1 vehículo híbrido al año hasta alcanzar el 100% de lo planificado para el 2030
Reducción de emisiones de CO₂ parque automotor	((Emisiones de CO ₂ por el uso de vehículos del año anterior - Emisiones de CO ₂ por el uso de vehículos del año actual) / Emisiones de CO ₂ por el uso de vehículos del año anterior) * 100	Anual Hasta el 2030	Reducción del 60% de las emisiones de CO ₂ al 2030 o 12% anual.

6.2.4 Estrategia 4: adecuado manejo de efluentes del túnel

En esta estrategia se desea implementar un enfoque integral para el manejo del efluente del túnel, continuando con el manejo adecuado mediante la PTARI para garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la resolución 0631 de 2015 hasta el año 2050. Además, desarrollar un programa de investigación al 2030 que evalúe al menos tres tecnologías más eficientes y sostenibles para el tratamiento del drenaje ácido de mina. Finalmente, con esta estrategia también se quiere promover la reutilización del 50% de las aguas tratadas en la planta de tratamiento de agua residual (PTARI) para actividades del proyecto hacia el año 2050.

6.2.4.1 Actividades. Para mejorar la gestión del agua industrial, se llevará a cabo un monitoreo mensual de los parámetros de calidad del agua tratada para garantizar el cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015. Además, se establecerán alianzas con universidades o centros de investigación especializados en la gestión de aguas industriales. Como parte de las estrategias de optimización, se implementarán pruebas piloto de al menos tres tecnologías identificadas para evaluar su viabilidad técnica y ambiental. Asimismo, se realizarán estudios para identificar procesos dentro del proyecto donde el agua industrial pueda ser reutilizada, y se efectuará un monitoreo trimestral de la cantidad de agua tratada reutilizada en las actividades del proyecto.

Figura 21. Indicadores estrategia 4: adecuado manejo de efluentes del túnel

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Cumplimiento de la resolución 631 de 2015	$(\text{Número de parámetros en cumplimiento} / \text{Número total de parámetros de la norma}) * 100$	Anual	Mantener un 100% del efluente tratado en la PTARI en cumplimiento con la normativa hasta el año 2050.
Número de tecnologías evaluadas para mejorar el tratamiento de la PTARI	$(\text{Número de tecnologías evaluadas} / \text{Total de tecnologías investigadas}) * 100$	Cada dos años hasta el 2030	Evaluar al menos tres tecnologías más eficientes y sostenibles para el tratamiento del drenaje ácido de mina mediante pruebas piloto antes del 2030.
Reutilización de aguas para actividades productivas	$((\text{Consumo de agua año anterior} - \text{Consumo de agua reutilizada año actual}) / \text{Consumo de agua del año anterior}) * 100$	Anual	Reutilizar al menos 50% del agua tratada en la PTARI en actividades del proyecto hacia el año 2050, cada año se debe garantizar la reutilización de agua del 2%.

6.2.5 Estrategia 5: uso eficiente y ahorro de energía eléctrica

Con esta estrategia se propone disminuir el consumo de energía eléctrica del proyecto en un 10% para el año 2030, mediante medidas de eficiencia energética en todas las áreas de la empresa. Según estimaciones basadas en el factor de emisión de la energía eléctrica en Colombia (0,17573 kgCO₂/ kWh) (UPME, 2021), esta reducción podría representar una disminución de la huella de carbono en 3,091 toneladas de CO₂eq por año aproximadamente.

6.2.5.1 Actividades. Para optimizar el consumo energético del proyecto, se priorizará la compra de equipos certificados con etiquetas de eficiencia energética (sellos verdes) que garanticen un menor consumo de energía. Adicionalmente, se implementará un plan de instalación progresiva de tres paneles solares anuales, con el objetivo de que para 2050 el 50 % del consumo energético del proyecto sea abastecido por energía solar, lo que permitiría una reducción estimada de 16 kgCO₂ anuales. Finalmente, se llevarán a cabo campañas educativas para promover el uso eficiente y el ahorro de energía eléctrica entre los colaboradores.

Figura 22. Indicadores estrategia 5: uso eficiente y ahorro de energía eléctrica

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Equipos adquiridos con sello verde	(No. De equipos con etiqueta verde / total de equipos comprados) * 100	Anual	100% de los equipos adquiridos tengan sello verde
Paneles solares instalados anualmente	Registro fotográfico de la instalación de los paneles	Anual	Instalar 3 paneles solares anualmente hasta el 2050

Porcentaje de reducción consumo de energía eléctrica	$\left(\frac{\text{Consumo de energía eléctrica año anterior} - \text{consumo de energía eléctrica año actual}}{\text{Consumo de energía eléctrica año anterior}} \right) * 100$	Anual hasta el 2030	Reducir en un 15% el consumo de energía eléctrica al 2030 o 3% anual.
---	---	----------------------------	---

6.2.6 Estrategia 6: gestión integral de residuos

En esta estrategia se desea lograr una reducción del 15% en la cantidad total de residuos enviados al relleno sanitario para el año 2030, a través de prácticas como el manejo de residuos, segregación en la fuente y el reciclaje.

6.2.6.1 Actividades. Para mejorar la gestión de residuos en la empresa, se llevará a cabo una caracterización detallada de los residuos generados con el fin de identificar y cuantificar el potencial de materiales reciclables. Además, se implementará un programa de compostaje para aprovechar los residuos orgánicos producidos en el casino. Como complemento, se desarrollarán campañas educativas dirigidas a los colaboradores para fomentar buenas prácticas de segregación de residuos en la fuente, promoviendo una cultura de gestión ambiental responsable.

Figura 23. Indicadores estrategia 6: gestión integral de residuos

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Residuos orgánicos compostados	$\left(\frac{\text{Residuos orgánicos compostados}}{\text{total de residuos orgánicos generados}} \right) * 100$	Anual hasta el 2030	Compostar al menos el 70% de los residuos orgánicos generados en el casino al 2030.
Reducción de residuos	$\left(\frac{\text{Cantidad de residuos generados}}{\text{Total de residuos generados en la línea base}} \right) * 100$	Anual hasta el 2030	Reducir en un 15% la cantidad de residuos enviados al relleno sanitario al 2030

6.3 Estrategias componente de adaptación

6.3.1 Estrategia 1: conservación de afloramientos de agua

Con esta estrategia se desea garantizar la protección del 100% de los afloramientos de agua en los terrenos de la empresa de rehabilitación ecológica, asegurando su conservación y calidad.

6.3.1.1 Actividades. Se llevarán a cabo monitoreos trimestrales de la vegetación en las áreas de afloramientos de agua para evaluar su estado y detectar posibles alteraciones. Además, se realizará un registro fotográfico periódico que permitirá documentar cualquier cambio y asegurar la efectividad de las medidas de protección. Como complemento, se implementarán inspecciones periódicas en estas áreas para garantizar su conservación y mantenimiento adecuado.

Figura 24. Indicador estrategia 1: conservación de afloramientos de agua

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Monitoreo trimestral de la vegetación de los afloramientos de agua	Informe de monitoreo con evidencia fotográfica	Trimestral	Proteger y conservar el 100% de los afloramientos de agua, garantizando su calidad y disponibilidad al 2030

6.3.2 Estrategia 2: rehabilitación ecológica

Esta estrategia consiste en monitorear las 70 hectáreas de rehabilitación ecológica que tiene la compañía para evaluar su estado y efectividad en la restauración del ecosistema.

6.3.2.1 Actividades. Se realizarán evaluaciones periódicas de la vegetación para determinar su estado y evolución, complementadas con un registro fotográfico que permitirá observar los cambios a lo largo del tiempo. Además, se llevarán a cabo inspecciones regulares en las áreas de rehabilitación ecológica para garantizar su adecuado mantenimiento y desarrollo.

Figura 25. *Indicador estrategia 2: rehabilitación ecológica*

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Monitoreo anual del área de restauración ecológica de la empresa	Informe de monitoreo con evidencia fotográfica	Anual	Realizar monitoreos anuales en el 100% de las 70 hectáreas de rehabilitación ecológica.

6.3.3 Estrategia 3: gestión de emergencias

En esta estrategia se propone capacitar al 100% del personal directo e indirecto, contratistas y grupos de interés en temas de gestión de emergencias sobre posibles eventos naturales a través de talleres prácticos en los próximos dos años.

6.3.3.1 Actividades. Se llevará a cabo la planificación y preparación de talleres enfocados en la gestión de emergencias, seguido de su implementación mediante sesiones prácticas. Además, se realizarán simulacros regulares y capacitaciones en primeros auxilios para fortalecer la

respuesta ante incidentes. Finalmente, se elaborará un informe final con el registro fotográfico de las actividades realizadas.

Figura 26. *Indicador estrategia 3: gestión de emergencias*

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Personal capacitado en gestión de emergencias y primeros auxilios	$(\text{No. De empleados capacitados} / \text{No. Total, de empleados}) * 100$	Anual	Capacitar al 100% del personal en gestión de emergencias durante los próximos dos años, asegurando al menos el 80% de participación en las diferentes actividades

6.3 Estrategias componente de gobernanza

6.4.1 Estrategia 1: proyectos verdes

Esta estrategia consiste en implementar proyectos verdes orientados a promover el desarrollo sostenible de las comunidades locales.

6.4.1.1 Actividades. Se iniciará con la identificación de las necesidades locales para definir las acciones prioritarias. Posteriormente, se llevará a cabo la planificación de los proyectos a ejecutar, seguida de su desarrollo e implementación. Finalmente, se realizarán seguimientos periódicos para evaluar el progreso y el impacto de cada proyecto.

Figura 27. *Indicadores estrategia 1: proyectos verdes*

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
-----------	---------	------------	------

Proyectos de desarrollo local	(Proyectos implementados / total de proyectos planificados) * 100	Anual	Implementar al menos el 80% de los proyectos planificados al 2030.
--------------------------------------	---	--------------	--

6.4.2 Estrategia 2: educación ambiental

Esta estrategia consiste en diseñar e implementar un programa de educación ambiental que incluya a las comunidades locales y también a los empleados, contratistas y grupos de interés de la empresa. Dentro de este programa se incluirán capacitaciones en temas de economía circular, centrándose en la reducción de residuos, reutilización de materiales y el uso eficiente de la energía eléctrica y el agua. También, se buscará sensibilizar a todos los actores involucrados sobre la importancia del cambio climático y la gestión ambiental, promoviendo prácticas sostenibles en su vida diaria y entorno laboral.

6.4.2.1 Actividades. Se iniciará con la preparación y puesta en marcha de cada una de las campañas educativas planificadas. Luego, se llevará a cabo su desarrollo, asegurando la participación de los involucrados. Finalmente, se elaborará un informe final que evaluará los resultados y el impacto de la campaña.

Figura 28. Indicador estrategia 2: educación ambiental

Indicador	Fórmula	Frecuencia	Meta
Campañas educativas efectivas	(No. De campañas efectivas en el año/ No. De campañas proyectadas al año por eje temático) * 100	Anual	Completar al menos el 90% de las actividades educativas planeadas por eje temático.

			Alcanzar un 80% de participación en cada actividad educativa
--	--	--	--

7. Conclusiones

En conclusión, gracias al plan integral de gestión contra el cambio climático, la empresa Proyecto Soto Norte S.A.S ha podido establecer una ruta clara que abarca tres componentes fundamentales: mitigación, adaptación y gobernanza. Este enfoque permitió identificar y abordar los principales desafíos asociados a las emisiones de (Gases de efecto invernadero [GEI]) y los impactos ambientales relacionados con su actividad.

El cálculo de la huella de carbono, como parte del componente de mitigación, reveló que la empresa en el primer semestre del año 2024 generó 115,213 toneladas de CO₂ equivalente, donde las mayores contribuciones provienen del uso de combustibles fósiles y el consumo de energía eléctrica. Basándose en estos resultados, se diseñaron estrategias específicas como el comienzo de una transición a energías más limpias y el uso eficiente y ahorro de energía eléctrica, entre otras acciones proyectadas para las corrientes con menores aportes a la huella de carbono.

En el componente de adaptación, se fortalece la capacidad de la empresa ante los efectos del cambio climático, como cuidar y conservar los afloramientos de agua existentes en el terreno empresarial, fortalecer los programas de rehabilitación ecológica y desarrollar programas de formación en gestión de emergencias. Estas acciones están alineadas con las metas nacionales de adaptación, que buscan reducir la vulnerabilidad frente a los impactos climáticos y asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales para el 2030 y 2050. Por su parte, el componente de gobernanza se enfocó en programas de educación ambiental y

en el fortalecimiento de la relación con las comunidades locales, contribuyendo a las metas de inclusión social y empoderamiento comunitario, esenciales para la implementación de políticas climáticas nacionales y la consolidación de un desarrollo sostenible con bajas emisiones de carbono, en línea con los objetivos de carbono neutralidad a 2050.

La implementación de las estrategias de adaptación, mitigación y gobernanza permitirá una reducción anual de la huella de carbono en un 31% aproximadamente, lo que equivale a disminuir cerca de 35 toneladas de CO₂ equivalente en el primer año. Se proyecta que para el año 2025 la huella de carbono de la empresa se reduzca a 79 toneladas de CO₂ equivalente y continúe disminuyendo año tras año en un 31% hasta alcanzar alrededor de 13 toneladas de CO₂ equivalente para 2030. Esta trayectoria representa una reducción acumulada cercana al 88%, lo que posiciona a la empresa en línea con las metas climáticas de Colombia de reducir las emisiones en un 51% para 2030 y avanzar hacia la Neutralidad de carbono en 2050.

En definitiva, los resultados de este proyecto reflejan la importancia de adoptar una gestión estratégica del cambio climático. El plan integral de gestión contra el cambio climática de la empresa Proyecto Soto Norte S.A.S no solo mitiga los impactos ambientales, sino que también genera valor para la empresa, fomenta su competitividad, y la posiciona como un actor clave en la lucha global contra el cambio climático. Asimismo, a través de iniciativas de educación ambiental y el establecimiento de una sólida gobernanza, se promueve la sensibilización y el compromiso de las partes interesadas, fortaleciendo las capacidades locales y asegurando una gestión inclusiva y participativa que contribuya al desarrollo sostenible.

Referencias

- ANM. (2021). *PIB Colombia*. Obtenido de Agencia Nacional de Minería:
<https://mineriaencolombia.anm.gov.co/sites/default/files/2022-02/Ficha%20Colombia%2001%202022.pdf>
- Bonilla, A. C. (2023). *Medición de Huella de Carbono en la Empresa Extractora de Carbón Construcairos S.A.S.* Obtenido de
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/59218/aclealb.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carrillo, A., & González, D. (21 de Junio de 2013). *INVENTARIO DE EMISIONES DE LA ZONA MINERA DEL CESAR*. Obtenido de <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/221>
- Carvajal, M. S., & Castillo, V. G. (2024). *Evaluación preliminar de huella de carbono de planta de procesamiento de minerales auríferos de Vetas Santander*. Obtenido de
<https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/31488a59-58c2-40e6-aebd-86e3d6879fbf/content>
- Castellanos, J. (01 de Febrero de 2021). *ANLA archiva definitivamente proyecto Soto Norte de MINESA en Santurbán*. Obtenido de <https://www.sur.org.co/anla-archiva-definitivamente-proyecto-soto-norte-de-minesa-en-santurban-pero/>
- Cerrejón. (3 de Noviembre de 2021). *Cerrejón cuenta con lagunas artificiales para el manejo adecuado del agua de minería*. Obtenido de <https://www.cerrejon.com/medios/noticias/cerrejon-cuenta-con-lagunas-artificiales-para-el-manejo-adecuado-del-agua-de-mineria#:~:text=agua%20de%20miner%C3%ADa-,Cerrej%C3%B3n%20cuenta%20con%20lagunas%20artificiales%20para%20el%20manejo%20adecuado%20del,del>

Congreso de Colombia . (1991). *Secretaría General del Senado*. Obtenido de <http://www.secretariasenado.gov.co/constitucion-politica>

Congreso de Colombia . (14 de Julio de 2017). *Secretaría del Senado*. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1844_2017.html

Congreso de Colombia . (27 de Julio de 2018). *Función Pública*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>

Congreso de Colombia. (22 de Diciembre de 1993). *LEY 99 DE 1993*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>

Congreso de Colombia. (15 de Agosto de 2001). *LEY 685 DE 2001*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9202>

Congreso de Colombia. (27 de Julio de 2018). *LEY 1931 DE 2018*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765#:~:text=Por%20medio%20de%20la%20cual,acciones%20de%20adaptaci%C3%B3n%20al%20cambio>

Congreso de Colombia. (22 de 12 de 2021). *Acmineria*. Obtenido de <https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/2022/01/Ley-N0002169-de-2021-1.pdf>

Congreso de la República de Colombia. (1991). *CONSTITUCIÓN POLITICA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA* 1991. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4125>

Continental Gold. (2020). *Mina Buriticá, minería moderna de Colombia para el mundo*. Obtenido de Informe de Sostenibilidad: https://www.continentalgold.com/wp-content/uploads/ZIJINCG_INFORME_DE_SOSTENIBILIDAD_GRI_2020.pdf?utm_source

Contreras Gómez, A. E. (2016). *PROPUESTA PARA EL CIERRE DE UN DRENAJE ÁCIDO DE UNA MINA ABANDONADA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE CALIFORNIA, DEPARTAMENTO*

SANTANDER, COLOMBIA. Obtenido de

<https://noesis.uis.edu.co/server/api/core/bitstreams/a2d1bdcd-4e88-4454-9635-1dc83560309d/content>

Cordero, G. D. (2012). *EL CAMBIO CLIMÁTICO*. Santo Domingo: Redalyc.

Corpoguajira. (27 de Abril de 2022). *POR MEDIO DEL CUAL SE REALIZA UN REQUERIMIENTO POR SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES*.

Datosmacro. (2022). *Colombia - Emisiones de CO2*. Obtenido de <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/colombia>

Delgado, P. (15 de Abril de 2015). Colombia, el tercer país más vulnerable al cambio climático. *La república*, págs. 01-05.

Departamento Nacional de Planeación. (14 de Julio de 2011). *Colaboracion DNP*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/conpes/econ%C3%B3micos/3700.pdf>

DISPETROCOM. (18 de Diciembre de 2020). *¿SABES LA DIFERENCIA ENTRE ACPM, GASOLINA CORRIENTE Y GASOLINA EXTRA?* Obtenido de <https://dispetrocom.com/sabes-la-diferencia-entre-acpm-gasolina-corriente-y-gasolina-extra/>

Ecopetrol. (21 de Febrero de 2022). *Portal Ecopetrol*. Obtenido de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/es/ResponsabilidadEtiqueta/Medio%20ambiente/cambio-climatico-et#:~:text=Inventario%20de%20emisiones,-El%20inventario%20de&text=El%20total%20de%20las%20emisiones,Inventario%20de%20Emisiones%20del%20GEI>.

Ecopetrol. (28 de Junio de 2024). *Soluciones Basadas en la Naturaleza*. Obtenido de <https://www.ecopetrol.com.co/wps/portal/Home/sostecnibilidad/ambiental/biodiversidad/sbn>

EPA. (Agosto de 2022). *United States Environmental Protection Agency*.

IDEAM. (2022). *Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero (GEI) Colombia*. Obtenido de http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf

IDEAM et al. . (2021). *unfccc*. Obtenido de <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf>

IDEAM. (s.f.). *Cambio Climatico Colombia*. Obtenido de <http://www.cambioclimatico.gov.co/estrategia-colombiana-de-desarrollo-bajo-en-carbono>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). *IDEAM*. Recuperado el Agosto de 2022, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>

Intedya. (s.f.). *Guía rápida de aplicación de ISO 14064-1 Sistema de Gestión Huella de Carbono*. Obtenido de https://www.intedya.com/productos/Plantilla_NORMAISO14064-1.pdf

International Dynamic Advisors. (s.f.). *Guía rápida de aplicación de ISO 14064-1 Sistema de Gestión Huella de Carbono*. Obtenido de https://www.intedya.com/productos/Plantilla_NORMAISO14064-1.pdf

IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Obtenido de https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

IPCC. (2014). *Quinto Informe de Evaluación (AR5): Cambio climático 2014: Informe de síntesis*. Obtenido de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

La República. (22 de Julio de 2022). *Carros eléctricos generan hasta 30% menos emisiones de gases de efecto invernadero*. Obtenido de <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/carros-electricos-generan-hasta-30-menos-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-3408082>

Mendoza, P. (12 de Octubre de 2024). *La Guajira y su encrucijada; El Cerrejón y el futuro del carbón*.

Obtenido de https://www.colombiaencifras.com/6941-2/?utm_source

Miguel, C. d., & Sánchez, J. (10 de Enero de 2023). *Medio ambiente y desarrollo sostenible: desafíos*

contemporáneos para la CEPAL y América Latina y el Caribe. Obtenido de

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e4aace61-2679-48c6-bd56->

[df5186241ae7/content](https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/e4aace61-2679-48c6-bd56-df5186241ae7/content)

Ministerio de Ambiente. (s.f.). *Calculadora de carbono 2050*. Obtenido de

<https://calculadora2050.minambiente.gov.co/version-web>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (26 de Mayo de 2016). *Decreto 1076 de 2015*. Obtenido

de <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Política Nacional de Cambio Climático*.

Obtenido de

https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Politica_Nacional_de_Cambio_

[Climatico_-_PNCC_/PNCC_Policas_Publicas_LIBRO_Final_Web_01.pdf](https://archivo.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Politica_Nacional_de_Cambio_Climatico_-_PNCC_/PNCC_Policas_Publicas_LIBRO_Final_Web_01.pdf)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (9 de Agosto de 2021). *“Colombia está comprometida*

con la acción climática global”: Ministro de Ambiente. Obtenido de

[https://www.minambiente.gov.co/colombia-esta-comprometida-con-la-accion-climatica-global-](https://www.minambiente.gov.co/colombia-esta-comprometida-con-la-accion-climatica-global-ministro-de-ambiente/#:~:text=agosto%209%2C%202021-)

[ministro-de-ambiente/#:~:text=agosto%209%2C%202021-](https://www.minambiente.gov.co/colombia-esta-comprometida-con-la-accion-climatica-global-ministro-de-ambiente/#:~:text=agosto%209%2C%202021-)

[,%E2%80%9CColombia%20est%C3%A1%20comprometida%20con%20la%20acci%C3%B3n](https://www.minambiente.gov.co/colombia-esta-comprometida-con-la-accion-climatica-global-ministro-de-ambiente/#:~:text=agosto%209%2C%202021-)

[%20clim%C3%A1tica%20global%E2%80%9D%3A%20Mini](https://www.minambiente.gov.co/colombia-esta-comprometida-con-la-accion-climatica-global-ministro-de-ambiente/#:~:text=agosto%209%2C%202021-)

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (22 de Abril de 2023). *¿Cómo afectaría el cambio*

climático a Colombia en los próximos años? Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/como->

[afectaria-el-cambio-climatico-a-colombia-en-los-proximos-](https://www.minambiente.gov.co/como-afectaria-el-cambio-climatico-a-colombia-en-los-proximos-)

anos/#:~:text=En%20Colombia%2C%20la%20seguridad%20alimentaria,un%20alto%20riesgo%
E2%80%9D%2C%20destac%C3%B3.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). *Huella de Carbono*. Obtenido de <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/mitigaci/huella-de-carbono>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Impacto del Cambio climático en Colombia*.
Obtenido de <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/cambio-climatico/que-es-cambio-climatico/impacto-del-cambio-climatico-en-colombia>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Territorial (PIGCCT)*. Obtenido de <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/planes-integrales-de-gestion-del-cambio-climatico-territorial/>

Ministerio de minas y energía. (2023). *GUÍA MINERO AMBIENTAL DE EXPLOTACIÓN*. Obtenido de https://acmineria.com.co/wp-content/uploads/2024/01/Guia_Minero_Ambiental_de_Explotacion.pdf

Ministerio de minas y energía. (2023). *Lineamientos para la formulación de los Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático empresariales del Sector Minero*. Obtenido de <https://www.andi.com.co/Uploads/Lineamientos%20PIGCCe%20Publicado%20V1.pdf>

Ministerio de minería. (2022). *Emisiones GEI en la minería del cobre al 2021 y análisis del contexto actual*. Obtenido de <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20GEI%20Directos%20e%20Indirectos%202021%20Final%20con%20rpi.pdf>

Ministerio de Relaciones Exteriores. (s.f.). *Cancilleria Gov.* Obtenido de [https://www.usergioarboleda.edu.co/medio-ambiente/cambio-climatico-afecta-a-](https://www.usergioarboleda.edu.co/medio-ambiente/cambio-climatico-afecta-a)

colombia/#:~:text=En%20Colombia%20hay%20cinco%20efectos,extremos%20y%20animales%20en%20peligro.

MITECO . (Junio de 2024). *GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de París*. Obtenido de https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

Naciones Unidas. (s.f.). *Acción por el Clima*. Obtenido de Causas y efectos del cambio climático: <https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change>

Norte Minero. (23 de Febrero de 2024). *Mina Cerrejón Colombia*. Obtenido de <https://www.facebook.com/watch/?v=404611232084476>

Ospina-Correa, J. D., Osorio-Cachaya, J. G., Henao-Arroyave, Á. M., Palacio-Acevedo, D. A., & Giraldo-Builes, J. (2020). *Retos y oportunidades para la industria minera como potencial impulsor del desarrollo en Colombia*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.

Pava, M., Villalba, D., Saavedra, F., Carrasco, Juan, & Rodríguez, W. (2016). *FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS EN LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA MVC COLOMBIA*. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Documents/Proyecto%20de%20grado/18Anexo_17Factores_emision_herramienta_MCV_V6.pdf

Pinto, F. (2019). *Cambio climático en Chile: del desafío global a la oportunidad local*. Obtenido de <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/chile/15512.pdf>

Presidente de la Republica. (18 de Diciembre de 1974). *Función Pública*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1551#:~:text=%2D%20El%20Gobierno%20procurar%C3%A1%20evitar%20o,all%C3%A1%20de%20la%20jurisdicci%C3%B3n%20territorial>.

Presidente de la Republica. (24 de Febrero de 2016). *Funcion Publica*. Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=68173>

Rey, A. M., Cubillos, C., Wilmsmeier, G., & Bocarejo, J. (Mayo de 2023). *PILOTO DE COMPARACIÓN DE EMISIONES ENTRE VEHÍCULOS DIÉSEL Y GAS*. Obtenido de Proyecto Giro Zero: https://girozero.uniandes.edu.co/sites/default/files/2023-08/Caso%20de%20Estudio%20-%20Gas%20Natural%20vs%20Diesel.pdf?utm_source=chatgpt.com

Samaniego, J., Alatorre, J. E., & Borght, R. V. (2021). *estudios del cambio climático en américa latina*. Obtenido de Soluciones basadas en la naturaleza El potencial de la restauración y conservación de bosques para la adaptación al cambio climático en Centroamérica: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5e6bbce0-a819-4394-937b-6976ee7b498a/content>

Studocu. (s.f.). *Guia huella carbono preparacion del examen*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/escuela-preparatoria-plantel-cuauhtemoc-de-la-universidad-autonoma-del-estado-de-mexico/calculo-i/guia-huella-carbono-preparacion-del-examen/24382616>

Trespalacios, J., Blanquicett, C., & Carrillo, P. (2018). *Gases y efecto invernadero*. Obtenido de <https://www.local2030.org/library/585/Gases-y-efecto-invernadero.pdf>

UNAL. (Mayo de 2022). *La crisis climática*. Obtenido de https://idea.manizales.unal.edu.co/publicaciones/boletines_ambientales/boletin_191.pdf

Universidad del Rosario. (2022). *La minería legal también contribuye a la deforestación*. Obtenido de https://urosario.edu.co/sites/default/files/2022-10/74-77_04-mineria_0.pdf

UPME. (2021). *Por la cual se actualiza el factor de emisión del Sistema Interconectado Nacional*. Obtenido de https://www1.upme.gov.co/ServicioCiudadano/Documents/Proyectos_normativos/Proyecto_resolucion_Cir_054_2022.pdf

Villar, J. F. (2017). *Implementación de la metodología mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para los equipos mineros a cargo del área de mantenimiento de la empresa Minesa S.A.S*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5240/digital_36246.pdf?sequence=1&isAllowed=y

WWF. (23 de Junio de 2020). *¿Por qué necesitamos árboles en las ciudades?* Obtenido de <https://www.wwf.org.py/?364240/Por-que-necesitamos-arboles-en-lasciudades#:~:text=Un%20%C3%A1rbol%20adulto%20puede%20absorber,la%20combusti%C3%B3n%20de%20los%20carros.>