

**Evaluación Del Proceso De Cierre De La Mina El Roble En Samacá, Boyacá,  
Conforme A La Normativa Ambiental Colombiana Vigente**



**Lina Fernanda Castiblanco Buitrago**

**Universidad Santo Tomás**

**Ingeniería Ambiental**

**Tunja**

**2025**

**Evaluación Del Proceso De Cierre De La Mina El Roble En Samacá, Boyacá,  
Conforme A La Normativa Ambiental Colombiana Vigente**



**Autora:**

**Lina Fernanda Castiblanco Buitrago**

**Director**

**Profesor Cristian Forero**

**Universidad Santo Tomás**

**Ingeniería Ambiental**

**Tunja**

**2025**

## **Agradecimientos**

A lo largo de estos 5 años quiero darle gracias a Dios y a la virgencita por haberme puesto en este camino, a mis padres Salito y Claudita, por ser mi apoyo incondicional y siempre apoyarme en los momentos de dificultad y nunca haberme dejado sola, a mi hermanita María Alejandra, por haber sido parte de este proceso siendo incondicional conmigo, ustedes son mi motor para seguir adelante.

Lina

## **Resumen**

Es crucial examinar el proceso de cierre de una mina de carbón El Roble en el municipio de Samacá, Boyacá, conforme a la ley ambiental de Colombia, con el objetivo de mitigar los impactos dañinos en el medio ambiente y las comunidades. Esto asegura la restauración del área afectada, previene la contaminación continua protege la salud de los individuos y los ecosistemas. Además, el cumplimiento de las normativas garantiza la legitimidad de la actividad minera evitando sanciones legales asegurando que la actividad minera se desarrolle de manera responsable y sustentable.

*Palabras clave: Ley ambiental, normativa, minería, plan de cierre, desarrollo sostenible*

**Abstrac**

El Roble coal mine in the municipality of Samacá, Boyacá, in accordance with Colombian environmental law, with the goal of mitigating harmful impacts on the environment and communities. This ensures the restoration of the affected area, prevents continued contamination, and protects the health of individuals and ecosystems. Furthermore, compliance with regulations guarantees the legitimacy of mining activities by avoiding legal sanctions and ensuring that mining is carried out responsibly and sustainably.

*Keywords: Environmental law, regulations, mining, closure plan, sustainable development*

## **Tabla de Contenido**

Introducción.....	8
Objetivos.....	14
Objetivo General.....	14
Objetivos Específicos.....	14
Antecedentes.....	14
Internacionales .....	14
Nacionales.....	19
Locales .....	23
Marco Conceptual.....	26
Marco Teórico .....	30
El Plan Nacional de Desarrollo Minero (PNDM).....	30
Cambio climático .....	32
Agenda de desarrollo sostenible (ODS).....	33
Economía circular .....	35
Justicia ambiental.....	36
Alternativas post minería .....	37
Restauración ecológica y participativa .....	39
Transición justa para la comunidad .....	40
Marco Legal.....	44
Metodología.....	49
Análisis y discusión de resultados.....	53
Impacto social y humanismo del proyecto .....	79
Conclusiones.....	80
Recomendaciones .....	81
Referencias Bibliográficas.....	81

## Lista de Figuras

<i>Figura 1. Cartografía temática.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 2 Diagrama de flujo Diseño Metodológico.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 3 Cierres durante la vida útil de los proyectos mineros .....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 4 Proyección para la gestión pos-cierre .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 5 Desafíos y oportunidades para la gestión pos-cierre.....</i>	<i>78</i>

## **Introducción**

La minería es una ocupación económica relacionada Mediante la extracción de metales, minerales y otros recursos valiosos de la corteza terrestre. Estos minerales se utilizan para crear una amplia variedad de productos, que van desde dispositivos electrónicos, hasta materiales para la construcción. Por su parte el sector minero se divide en dos categorías principales por un lado la extracción de recursos energéticos, como el petróleo y el gas natural y la extracción de minerales. Existen varios tipos de minería como la de superficie o a cielo abierto, esta se lleva a cabo valga la redundancia en la superficie de la tierra y se utiliza para extraer minerales que se encuentran cerca de esta. A continuación, se dan a conocer los tipos de minería empezando por la subterránea la cual se realiza en la superficie de la tierra y se utiliza para extraer minerales que están en profundidades mayores. Por otro lado, está la minería de placer que es utilizada para extraer minerales valiosos de depósitos de sedimentos aluviales, como oro, diamantes y otros minerales preciosos.

También, está la minería de cantera que se usa para extraer materiales de construcción tales como: piedra, arena y grava, la minería de dragado que extrae minerales como el oro que se encuentra en el lecho de los ríos y lagos. Por último, la minería submarina que se lleva a la práctica en el fondo marino, se utiliza para extraer minerales como el cobalto, utilizado en la fabricación de baterías para automóviles y dispositivos móviles. Continuando con el tema, la extracción minera se lleva a cabo por medio de unas etapas: La primera tiene que ver con la protección y exploración por medio de una investigación geológica para identificar áreas que contienen minerales y determinan la cantidad y calidad. Posteriormente, se da el desarrollo de la mina por medio de la construcción de caminos, túneles, pozos y otras infraestructuras para el acceso a los recursos minerales. La siguiente etapa es la extracción de los minerales de la tierra a través de la minería subterránea o de superficie.

De acuerdo a lo anterior, la extracción minera ha sido fundamental para el desarrollo económico en regiones como Boyacá. Sin embargo, su impacto en el entorno

natural, sobre todo al finalizar las operaciones en el proceso de cierre, plantea un desafío mayúsculo como es el caso de la mina El Roble, ubicada en Samacá, aunque se cuenta con un plan de cierre y abandono es importante evaluar su cumplimiento de acuerdo con las normativas vigentes con el fin de evitar secuelas perjudiciales para el medio ambiente a futuro. Si bien, Colombia cuenta con leyes claras para el cierre de minas, como el Decreto 1886 de 2015, el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 418 de 2024 emitida por la ANLA, Por otro lado, dicta las pautas para el cierre y abandono de minas, garantizando la observancia de las normas legales y la salvaguarda del medio ambiente y las comunidades (ANLA, 2024)

Según datos del Ministerio de Minas y Energía, (2022), más del 70% de los permisos mineros activos en Colombia no tienen un plan de cierre y abandono establecido, lo que implica un riesgo considerable para el entorno natural ya que, al menoscabar la biodiversidad de los suelos y al extraer material vegetal y orgánico, acarrea el riesgo de erosión hídrica. Conjuntamente, un informe de la Contraloría General de la República, (2021) reveló que solo el 16% de los proyectos mineros que son revisados han implementado medidas que realmente funcionan para cerrar y operaciones de restauración del medio ambiente. Esta gran diferencia resalta la urgencia de contar con estrategias integrales para la clausura de minas como una organización precoz y detallada, teniendo en cuenta factores ambientales, sociales, económicos, técnicos con el objetivo de reducir los efectos adversos y potenciar las ventajas a largo plazo para las comunidades y el medio ambiente, incluyendo a todos los involucrados desde el comienzo.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado, al no ejecutar un plan de cierre para las minas, puede conllevar a la contaminación de las fuentes hídricas, sobre todo a raíz del drenaje de ácido de rocas que perjudica a terrenos y cursos de agua, afectando la diversidad biológica y los ecosistemas del área (Huertas, 2019). Por otro lado, el deterioro del suelo en áreas de explotación sin una rehabilitación adecuada puede provocar erosión, debido a la alteración de su estructura y composición tornando el terreno inútil para usos posteriores. Otro efecto preocupante es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) debido a la exposición a residuos mineros mal dispuestos, agravando la situación del cambio climático. ANLA, (2016).

Es importante dar a conocer que, un cierre mal gestionado puede generar impactos ambientales, conflictos sociales, especialmente al no incluir a las comunidades al momento de la planificación, como se ha evidenciado en otros departamentos, como en La Guajira, donde la mina del Cerrejón ha demostrado que ignorar a las comunidades al tomar decisiones lleva a la desconfianza, la oposición y, a veces, al abandono de zonas que antes eran de explotación minera, incluyendo áreas donde se realizaban actividades extractivas como pozos, galerías, tajos, entre otros, con consecuencias dañinas que perduran a través de los años (Caro, 2018). Para enfrentar estos desafíos, la investigación plantea una estrategia basada en el esquema regulatorio vigente y el funcionamiento de la mina El Roble. (ANLA, 2016; Ministerio del Ambiente, 2020).

A su vez, el estudio de los impactos ambientales post-clausura, enfocándose especialmente en la polución hídrica, la emanación de gases de efecto invernadero y el deterioro del suelo y, por último, la presentación de alternativas sostenibles basadas en los objetivos de desarrollo sostenible, mediante la rehabilitación ecológica, la clausura paulatina y la participación de la comunidad, todo ello inspirado en las mejores prácticas globales (Svampa y Viale, 2021). La verdadera valía de este estudio reside en su perspectiva integral, del cumplimiento normativo, en lo técnico, social y ambiental para un cierre minero que sea responsable y perdurable.

Asimismo, la evaluación desarrollada podría servir de orientación para la clausura de otras minas de tamaño mediano en Colombia, en un contexto de cambio energético y una necesidad cada vez mayor de reducir los efectos ambientales negativos de la actividad minera. Este documento tiene el propósito de enriquecer el conocimiento venidero, creando un camino efectivo para tasar y producir estrategias de terminación de minas. Estas estrategias deben cumplir con los requisitos legales, ambientales y sociales particulares de cada zona. Los descubrimientos obtenidos podrían ser usados por entidades ambientales, empresas mineras y demás entidades, con el fin de robustecer destrezas técnicas y de manejo en el procedimiento de cierre y abandono, fomentando así una actividad minera más considerada y alineada con las metas de sustentabilidad.

Dentro de este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación ¿El plan de cierre y abandono de la unidad productiva minera UPM El Roble fue diseñado conforme a la Normativa Ambiental Colombiana Vigente? Guiada por el siguiente objetivo, evaluar si

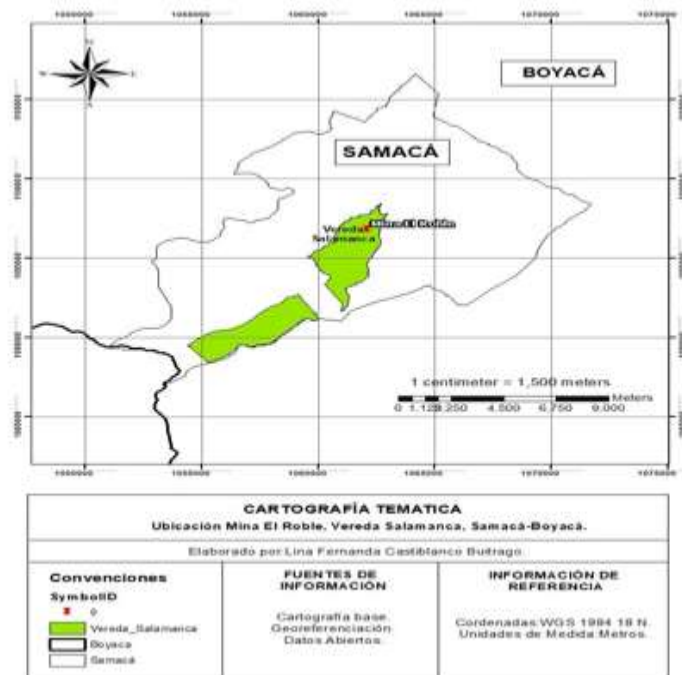
el plan de cierre y abandono unidad productiva minera UPM el Roble fue diseñado conforme a la Normativa Ambiental Colombiana vigente

Esta investigación es relevante, ya que aborda un asunto crítico dentro de la industria minera colombiana: la falta de modelos integrales y efectivos para llevar a cabo el cierre técnico, ambiental y social de las minas medianas de carbón. Según la información proporcionada por la Agencia Nacional de Minería (ANM, 2023), en Colombia existen más de 7.000 concesiones mineras registradas, una parte considerable de estas corresponde a operaciones de escala mediana y pequeña. Sin embargo, la mayoría no cuentan con planes de cierre bien estructurados, llevando a deudas ambientales afectando a las comunidades aledañas y la calidad de vida en ellas (UPME, 2022). La ANM gestiona 914 títulos de carbón subterráneo en la actualidad. De estos, solamente 374, que representan el 40%, tienen la capacidad de llevar a cabo actividades de explotación (lo cual significa que cuentan con un Plan de Trabajos y Obras PTO/PTI y un instrumento ambiental) (Agencia Nacional de Minería, 2023)

De acuerdo a lo anterior, esta investigación se llevó a cabo en la mina El Roble, situada en la vereda Salamanca, en el municipio de Samacá, Boyacá en el camino hacia Ráquira, cerca de un batallón militar, a unos 30 minutos del centro de Samacá. La cooperativa de carboneros, conocida como Cooprocabón, maneja la mina y se dedica a la extracción de carbón.

Figura 1

## Cartografía temática



Fuente, autor

Esta zona es considerada con problemas técnicos, normativos, medioambientales y sociales al estar vinculada con la actividad minería de carbón, determinando efectos adversos en la calidad del aire, en los cuerpos de aguas y en los suelos, tal y como lo indican el IDEAM, (2021) para la subcuenca hidrográfica del Alto Suárez. El cierre no programado de minas puede generar problemas sociales significativos como la pérdida de trabajo, el deterioro del tejido comunitario, el aumento de la pobreza, la aparición de conflictos sociales con administraciones locales y personas jurídicas privadas ANLA, (2020); GIZ, (2021).

Por otro lado, a pesar de que el país cuenta con una normatividad que establece lineamientos para el cierre y la recuperación de las zonas de explotación minera, como el Decreto 1076 de 2015 o el Decreto 1886 de 2015, su cumplimiento puede llegar a ser infructuoso, concretamente en las minas de menor tamaño como lo dan a conocer Arango y González, (2019), argumentando que en muchas de esas situaciones no existe un cierre planeado sin aplicar acciones de recuperación ecológica, generando problemáticas como el

drenaje de ácido de rocas, disminución de la cobertura vegetal, erosión de suelos o alteración de ecosistemas estratégicos.

Este análisis se vale de un método multidimensional donde se interrelacionan tres elementos fundamentales: el primero, establecer si se aseguró la mitigación y control de los impactos ambientales generados, segundo, dar a conocer si se cumplió con el diseño de alternativas ambientales sostenibles para la rehabilitación de la mina post-cierre y tercero, si se integró la participación de las comunidades y partes interesadas y el desarrollo de opciones sustentables, en cuyo caso se incluyen las alternativas técnicas, ecológicas y sociales que superen la consideración puramente normativa del cierre de la mina, para hacer hincapié en un modelo medioambientalmente sostenible, socialmente justo y técnicamente viable (Moncur et al., 2005).

La metodología empleada en este estudio se llevó a cabo con un enfoque cualitativo de naturaleza evaluativa-descriptiva. Evaluando si el plan de cierre y abandono de la unidad productiva minera UPM el Roble fue diseñado conforme con la legislación ambiental en vigor, a su vez describiendo los impactos ambientales presentes por medio de la revisión documental. Para la recopilación de datos, se llevó a cabo una encuesta a las autoridades medioambientales (ANLA, CDMB, ANM), al personal técnico y administrativo de la mina El Roble, así como a los líderes comunitarios. El proyecto es esencial para evitar deudas ambientales en áreas mineras, ofreciendo modelos repetibles para el cierre de minas y adaptándose a la transición energética con metodologías sostenibles. (Gudynas, 2011), (Morales y Hantke, 2020) (Yanguas et al., 2021). Este proyecto aborda un vacío en la bibliografía técnica, considerando las especificidades de la mediana minería en ecosistemas delicados, como el altiplano boyacense.

Los resultados y conclusiones fueron que el plan de cierre y abandono de la unidad productiva minera UPM el Roble fue diseñado conforme a la Normativa Ambiental Colombiana vigente con el fin de garantizar que el ecosistema afectado se recupere, siendo fundamental prevenir la contaminación a largo plazo asegurando que la empresa minera cumpla con sus obligaciones legales y ambientales. Esto no solo protege la salud pública y el medio ambiente, sino que también promueve la sostenibilidad de la región.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar si el plan de cierre y abandono de la unidad productiva minera UPM el Roble fue diseñado conforme a la Normativa Ambiental Colombiana vigente

### **Objetivos Específicos**

- Establecer si el plan de cierre de la mina el Roble aseguro la mitigación y control de los impactos ambientales generados
- Evidenciar si se cumplió con el diseño de alternativas ambientales sostenibles para la rehabilitación de la mina post-cierre, considerando estrategias de restauración ecológica, medidas de control de contaminación y acciones de adaptación al cambio climático.
- Determinar si integró la participación de las comunidades y partes interesadas en la definición de usos posteriores del suelo y en la mitigación de impactos socioeconómicos

## **Antecedentes**

### **Internacionales**

Para Orche, (2023) en su artículo *“Planteamiento general de la seguridad en la rehabilitación y explotación turística de los parques mineros o minas musealizadas”* La seguridad de los parques mineros y minas con museos no está regulada en ningún país, incluyendo España, donde los estándares son variados. Es necesario un marco normativo para proteger a empleados y visitantes, y definir procedimientos y responsabilidades. En Colombia, el sector minero tiene reglas claras bajo el Código de Minas y es gestionado por el Ministerio de Minas y Energía.

En el artículo de Valeriano, (2023) *“Análisis comparativo de políticas de cierre de minas y reparación de pasivos ambientales en el Estado Plurinacional de Bolivia”* Este documento presenta un estudio comparativo sobre el cierre de minas y la compensación por pasivos medioambientales. Se enfoca en un método de reparación para comunidades

vulnerables, como comunidades indígenas, mujeres, niños y adultos mayores. El estudio resalta el éxito de países como Suecia, Canadá, Australia y Alemania en la implementación de políticas efectivas. Se sugiere acciones para Bolivia, como mejorar leyes y normativas, fomentar la participación comunitaria, asignar recursos adecuados y establecer sistemas de seguimiento y evaluación. De esta manera, tanto Bolivia como Colombia se ocupan del cierre de minas y de arreglar los daños al medio ambiente, pero sus leyes y cómo están organizados son distintos. Bolivia se centra principalmente en manejar los problemas ambientales que vienen del pasado, mientras que Colombia tiene una visión más puesta en que la minería sea sostenible y en qué se hará con los terrenos mineros cuando ya no se usen.

En la tesis de grado de Olivo, (2023). “*Evaluación de la ejecución del plan de cierre de la Unidad Minera Quiruvilca, La Libertad 2023*” Este estudio evalúa la implementación del plan de cierre de la mina Quiruvilca. Se empleó un enfoque de tipo cualitativo, utilizando técnicas como la investigación documental, la observación y las entrevistas. Se revisó el informe de actualización del plan, que definió objetivos en términos de seguridad, salud, estabilidad geoquímica, estabilización física, empleo del agua, gestión de la tierra y metas sociales. La minería no autorizada fue la causa de que las visitas de campo revelaran fallos en el cumplimiento de los objetivos del plan de cierre. Se llevó a cabo una entrevista con 27 representantes de comunidades locales y se determinó que la autoridad no puso en marcha un plan de contingencia después del cierre de la mina, lo que dejó abierta la posibilidad a la invasión por minería informal.

Tanto en Perú como en Colombia, las estrategias de clausura de minas buscan primordialmente salvaguardar la salud de las personas y el entorno natural. Además, se proponen garantizar que el terreno transformado sea firme y no presente riesgos químicos. Se piensa, a su vez, en cómo darle un uso seguro y adecuado a la tierra una vez que ya no se mine, tomando en cuenta aspectos sociales y cómo usar las fuentes de agua. Al comparar las estrategias de clausura minera en Perú y el plan cierre y abandono de la mina el Roble del municipio de Samacá, es evidente que ambos planes persiguen propósitos esenciales parecidos, dada la propia esencia del trabajo minero y la necesidad de atenuar los efectos negativos en la sociedad y el ambiente.

Citando el artículo de Márquez-Huitzil et al. (2022), “*Adoptar los objetivos de la restauración ecológica como meta crucial al mitigar desechos mineros: una propuesta metodológica*” México tiene problemas por jales tóxicos de minería. Se propone una estrategia de restauración ecológica y su método. Tomar la restauración ecológica como un objetivo esencial para apaciguar los residuos mineros representa una vía prometedora que cada vez cala más hondo en México y Colombia, aunque con ritmos y enfoques distintos. La idea es que la restauración ecológica reviva el desempeño de los entornos dañados por la minería, devolviendo los procesos naturales y favoreciendo tanto al entorno como a los habitantes del lugar. En ambas naciones, la restauración ecológica figura como un planteamiento fundamental para atenuar los efectos adversos de la minería en lo ambiental y social, buscando la recuperación del terreno y la sostenibilidad de las zonas perjudicadas planteando métodos y técnicas concretas para la restauración, que abarcan la recuperación de la vegetación, el control de la erosión, la mejora de la calidad del suelo y el fomento de la biodiversidad como también lo plantea el Plan de cierre y abandono de la mina el Roble.

En el estudio de Núñez, et al. (2022) *Plan del cierre de la relavera comunitaria “el tablón”* Se establece un plan de cierre para la Relavera Comunitaria El Tablón en Ecuador, debido a problemas técnicos. Se crean modelos geológicos y se sugieren acciones para mejorar la gestión, incluida la construcción de una planta de tratamiento de agua. En Ecuador y Colombia, es obligatorio mostrar un proyecto para el cierre y desmantelamiento de minas, si bien el instante en que se elabora y algunos detalles de cómo se lleva a la práctica podrían no ser iguales; en Colombia, se debe presentar antes de que comience la explotación como tal y va de la mano con el Programa de Trabajo y Obras, mientras que, en Ecuador, los operadores deben darlo a conocer con antelación. La Ley 685 de 2001 hace que este proyecto sea un deber, sobre todo, en casos importantes como la minería de carbón a gran escala.

El proyecto de cierre indica qué hacer para cerrar o dejar de lado la actividad minera, según lo que digan las normas actuales. La minería en Ecuador, pese a lo mucho que podría aportar a la economía, se tropieza con grandes problemas ambientales, como la contaminación por metales pesados y la minería ilegal, lo que hace ver lo importante que son los proyectos de cierre y desmantelamiento que funcionen y una buena regulación. A

pesar de los retos en la minería, con bajadas en el PIB en algunos momentos, las reglas para cerrar y desmantelar minas buscan asegurar que la actividad minera sea sostenible.

En la investigación de Montoya et al. (2021) *“Influencia de la actividad minera e impacto económico por el cierre de las minas en el cantón Zaruma, provincia El Oro”* Esta investigación analiza el impacto económico de la minería y el cierre de minas en Zaruma de 2008 a 2018. En 2012, se cerraron minas ilegales debido a su daño ambiental. El estudio muestra que el cierre ha afectado la economía local, ya que la minería era una fuente importante de ingresos. Se destaca la influencia de ciertas variables en el Producto Interno Bruto de Zaruma. En el cantón de Zaruma, Ecuador, la minería impulsa fuertemente la economía; sin embargo, cuando las minas se clausuran, esto trae consigo notables efectos económicos y sociales, incluso dañando el legado cultural y creando inseguridad en la gente. Por otro lado, en Colombia, la minería es vital para su economía, aunque también lidia con retos ambientales y sociales de peso, viéndose además una reciente disminución en las cifras del PIB minero. Tal como sucede en Zaruma, la extracción minera constituye una pieza clave para la economía de Colombia, impulsando de forma notable su Producto Interno Bruto y las entradas económicas del país. No obstante, Colombia colisiona con serios inconvenientes ligados a la actividad minera, abarcando la contaminación del ambiente, el deterioro del terreno y los peligros que acarrea la minería al margen de la ley, incluyendo la contaminación derivada del mercurio.

En el artículo de Torres et al. (2021) *“Efecto de la aplicación de un procedimiento de rehabilitación minera con enfoque socioambiental y económico en Moa, Cuba”* La rehabilitación minera es clave en proyectos sostenibles. Se evaluó un nuevo método en Moa, con mejoras económicas y costos reducidos. Implementar una estrategia de recuperación minera que considere los aspectos sociales, ambientales y económicos en Moa, Cuba, ha rendido frutos palpables. En 2020, se alcanzó una eficiencia económica del 100%, un aumento notable frente al 74.82% de 2019, y se consiguieron ahorros significativos en gastos operativos. Aunque no se tienen datos comparables directos para Colombia a la misma escala, es bien sabido que Colombia lidia con muchos problemas ambientales derivados de los grandes proyectos mineros. Esto apunta a dificultades importantes en la gestión socioambiental de la minería allí, lo que contrasta con los progresos que se ven en Moa.

Entonces, la estrategia de recuperación minera en Moa, Cuba, con su atención a lo social, ambiental y económico, ha generado mejoras claras en la eficiencia y sostenibilidad de la actividad minera, mientras que Colombia enfrenta retos socioambientales más grandes debido a los conflictos comunes en sus proyectos.

De acuerdo con el artículo de Cervantes y Quito, (2020) *“Evaluación de riesgo ambiental generado por pasivo ambiental minero en la calidad de agua superficial”* En Perú, la minería ha estado activa por siglos y no se consideraban los Pasivos Ambientales Mineros (PAMs). Actualmente, hay leyes para abordar estos problemas, pero la evaluación de riesgos no avanza bien. Este estudio busca calcular el riesgo ambiental de los PAMs en el agua de San Miguel de Viso usando el método del Ministerio del Ambiente. Los hallazgos muestran que la tolva de mineral y la bocamina tienen riesgo moderado, mientras que la relavera y otra bocamina presentan un riesgo considerable. Para determinar qué tan perjudiciales son los Pasivos Ambientales Mineros (PAMs) para la calidad del agua superficial en San Miguel de Viso, usando la guía del MINAM y tomando como referencia a Colombia, es necesario un método que incluya ubicar los PAMs, hacer seguimiento de la calidad del agua, valorar la fragilidad de la zona y estudiar los posibles efectos, aunque los datos concretos sobre cómo usar la guía del MINAM aquí y una comparación clara con el método colombiano no se explican a fondo en los datos consultados.

Según el artículo de Cahuana, y Aduvire, (2019) *“Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú”* Las actividades mineras desmanteladas generan desechos que contaminan el medio ambiente y afectan la salud de las personas. Este estudio analiza la bioacumulación de metales pesados en vegetación acuática y terrestre cerca de estas zonas. En Perú y Colombia, la acumulación de metales pesados en las plantas de agua y tierra es un tema importante, sobre todo cerca de antiguas minas que causan daños al medio ambiente, si bien los estudios concretos y las plantas más perjudicadas pueden ser diferentes en cada país. Las antiguas operaciones mineras dejan instalaciones, líquidos, gases o restos que ponen en peligro la salud y el entorno. Se han hecho estudios para ver cómo se acumulan los metales pesados en plantas acuáticas grandes, como *Anomobryum prostratum* y *Marchantia polymorpha*. La investigación se centra en saber cómo la cantidad

de metales pesados en el agua y la tierra influye en la acumulación en las plantas, tanto acuáticas como terrestres.

En Colombia, la contaminación del agua por metales pesados es un problema; por ejemplo, en la parte alta del río Bogotá se han encontrado niveles altos de magnesio, zinc, manganeso, cromo, hierro, cobre, plomo y cadmio que exceden los límites establecidos por la EPA de Estados Unidos. Los dos países tienen problemas con la acumulación de metales pesados en las plantas debido a la minería. No obstante, el tipo de daño ambiental, los metales que más preocupan en cada lugar y las plantas que sirven para detectar la contaminación pueden ser distintos. La investigación en ambos países busca entender cómo se acumulan los metales y evaluar los peligros para el entorno y la salud de las personas relacionados con estos daños ambientales causados por la minería.

### **Nacionales**

En la tesis de maestría de Granados, (2023) *“Más allá de la minería de carbón: análisis de los marcos legales y jurídicos para el cierre y abandono de minas de carbón en Colombia frente a criterios de justicia socio-ecológica”* Se llevó a cabo una evaluación del plan de cierre de la mina de carbón Cerrejón, ubicada en Colombia, utilizando criterios de justicia socioecológica. Estos principios se desarrollaron a partir de las experiencias de las comunidades wayuu y negras que se vieron afectadas. Además, se detallaron las obligaciones legales para el cierre de minas según la legislación colombiana. El Plan Preliminar de Cierre de la mina Cerrejón fue analizado desde la óptica de los principios de ecología política y equidad socioecológica. Sin embargo, este plan se presentó de manera unidireccional, sin considerar las demandas de las comunidades negras y wayuu. Según la ley colombiana, es responsabilidad del concesionario llevar a cabo el cierre de las minas. La justicia socioecológica enfrenta importantes desafíos

En la tesis de maestría de Muñoz, y Vega, (2021) *“Cierre anticipado o temporal de minas: Pautas para un modelo contextualizado en el departamento del Cesar, Colombia”*. El artículo analiza el cierre de minas en Colombia, especialmente en el Cesar, y propone directrices. El cierre anticipado o transitorio de las minas es un asunto de creciente importancia en el escenario minero de Colombia, particularmente en el departamento del

Cesar, siendo necesario un estudio minucioso para definir directrices para un modelo contextual. Este estudio es esencial para el manejo sustentable de la minería, teniendo en cuenta factores técnicos, económicos, sociales y medioambientales. Como departamento que posee una considerable actividad minera El Cesar, se ve forzado a que la gestión debe ser muy activa en el cierre anticipado y/o la suspensión de la explotación en las minas que se ven afectadas por las mismas con vista de mitigar los eventuales efectos nocivos negativos para poder garantizar esta futura gestión de los recursos hacia un desarrollo más sustentable.

En el estudio de tesis de Hernández, (2023) *“Post minería en Colombia: el camino hacia la sostenibilidad en la minería”* El artículo analiza el cierre de minas en Colombia, comparte experiencias alemanas y examina regulaciones y soluciones. La minería en Colombia enfrenta muchos desafíos y oportunidades en su transición hacia la sostenibilidad que va desde los factores económicos y medioambientales hasta los sociales o de la administración del cierre de minas. La producción minera ha reducido, pero existe el impulso de una política de "Minería para la Vida" para modernizar la mina, impulsar la transición energética, industrializar el país y defender los derechos de las personas interesadas. Desde 1974 Colombia cuenta con una ley que regula el cierre y el abandono de minas. No obstante, eso encuentra resistencia a su efectiva implementación y también busca avanzar hacia un modelo que pueda ampliar la lectura de caso en función de fideicomisos medioambientales, aprovechamiento del suelo y de la infraestructura minera, programas de transformación de las actividades en el trabajo etc.

La meta es alcanzar una gestión de los pasivos ambientales adecuada, y que comunidades y autoridades se pongan de acuerdo sobre el uso del suelo. Teniendo en cuenta que, la minería, regular o irregular, tiene impactos severos en los ecosistemas y en las comunidades, ya que ocasiona la contaminación del agua, el suelo y el aire, genera la deforestación, disminuye la biodiversidad, también crea problemas sociales debidos a la minería irregular, debido al desplazamiento forzado y a la violación de derechos humanos.

En la tesis investigativa de Avendaño y Restrepo, (2024). *“Evaluación de pasivos ambientales en el componente suelo por actividades mineras amparadas en dos autorizaciones temporales, en la provincia García Rovira, Santander”* La provincia de García Rovira ha enfrentado retos en infraestructura vial usando Autorización Temporal

para materiales de construcción. Se analizaron pasivos ambientales de actividades mineras. Se evaluaron dos proyectos, encontrando áreas sin cobertura vegetal y falta de atención en clausura y recuperación. Se observó control deficiente por parte de la autoridad ambiental. Los pasivos medioambientales vinculados a las actividades mineras son lugares que tienen un daño ambiental no gestionado o abandono o zonas que necesitan ser restauradas, atenuadas o compensadas por la salud, la calidad de vida o por la utilización de los recursos públicos y privados. Aunque los datos que se tienen contrastan las definiciones de pasivos medioambientales mineros; Boyacá y Santander son los que tienen condiciones similares porque los pasivos ambientales mineros se definen de forma análoga ya que se visualizan como zonas generadas por daño a la actividad minera, que necesitan acciones para anteponer el daño generado al medioambiente.

A la luz de tesis de maestría de Ospina y Pulido, (2023) *“La revitalización de las zonas afectadas por la minería como estrategia de cierre de pasivos y desarrollo de usos post- minería a partir de la armonización de los instrumentos ambientales y urbanísticos: el caso del Rio Tunjuelo en Bogotá D.C”* El estudio propone un mecanismo técnico-jurídico para revitalizar terrenos dañados por la minería en Bogotá y transformarlos en áreas urbanas. Se evaluaron cierres mineros y se identificaron 94 usuarios y 6 empresas con título minero. Se necesita una normativa integral para recuperar estos terrenos y se sugiere interrelacionar el plan parcial con el instrumento ambiental en tres etapas. La investigación anteriormente mencionada, contribuye a este documento ya que, la revitalización de las áreas eutrofizadas por la explotación minera es una estrategia necesaria para la descarga de pasivos ambientales y el reconocimiento de usos posteriores a la explotación, a través de la adecuación de herramientas ambientales y urbanísticas, que permite mitigar efectos negativos y reconvertir las tierras de explotación en usos más ventajosos como espacios libres, hábitats, agricultura o desarrollo. La adición de prácticas sustentables para la actividad minera, como la electrificación de maquinaria o la implementación de energías renovables, puede disminuir la huella de carbono de la actividad, pues la revitalización se refiere a efectos ya producidos.

Mencionando a Carrillo, (2023). En su tesis de pregrado *“Apoyo a la alcaldía de Cucunubá en el tema de seguimiento y manejo de vertimientos generados en las minas de carbón El Cerrejoncito y Tierra Colorada en la vereda de Pueblo Viejo”* Cucunubá, en

Cundinamarca, se sitúa entre Ubaté, Suesca y Chocontá. Su economía se basa en la minería de carbón, con 300 unidades y una producción mensual de 80.153 toneladas. El 70% de la población depende de esta actividad. El control y la gestión de vertimientos en las minas de carbón en el municipio de Ubaté, en contraposición al departamento de Boyacá, implican ciertos retos que tienen que ver con la minería de informalidad en Boyacá y la gestión de aguas ácidas, que son un problema inherente a la minería del mineral. Por otro lado, si bien las grandes minas de carbón nacionales (las de Cesar y La Guajira) al día de hoy llevan su funcionamiento (con riesgo en general incluido en las grandes compañías), el departamento de Boyacá se enfrenta a retos adicionales debidos a la informalidad de la minería y, también, a la necesidad de una red vial para la producción.

En la tesis de pregrado Morales y Sarmiento, (2023) *“Seguimiento y evaluación al plan de manejo ambiental en la empresa Mina Cangrejo del municipio Santa Rosa del Sur, Bolívar”* El Plan de Manejo Ambiental de la compañía Mina El Cangrejo se organiza en programas basados en un análisis del impacto ambiental. Considera el entorno, la legislación y otros factores importantes. Es esencial monitorear y evaluar los objetivos y los indicadores. También se siguen las directrices de la Resolución 2206 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Los planes de gestión ambiental en Bolívar y Boyacá tienen diferencias en su enfoque y alcance. Su objetivo es prevenir, mitigar, remediar y compensar los efectos ambientales de proyectos y acciones. Se deben utilizar para mejorar el uso de recursos y asegurar actividades sin gran impacto ambiental.

Según la tesis de pregrado de Aldana, et al. (2023) *“Resultado de Investigación Riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos por finalización de ciclo productivo del campo petrolero Colorado, Colombia”* Este estudio analiza la situación de la población de Yarima tras el cierre del campo petrolero Colorado, que tuvo efectos positivos en la economía, pero causó contaminación y pérdida de biodiversidad. Se menciona que el fin de la producción puede permitir prácticas más sostenibles. El ciclo de producción en campos de petróleo y minería tiene riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos. Ambos sectores comparten algunos riesgos, pero también tienen características propias, como derrames en petróleo y contaminación, deforestación y desplazamiento en minería.

De acuerdo con la tesis de pregrado de Cárdenas y Corredor, (2023) *“Análisis de las acciones socio-ambientales desarrolladas por la comunidad en la minería tradicional de*

*las minas alizal 2 y 5 en el municipio de Lenguaque Cundinamarca, para la adaptación y mitigación frente al cambio climático*” En el Departamento de Cundinamarca, la minería tradicional es importante para la economía de la zona. El Ayuntamiento de Lenguaque ha explotado carbón durante generaciones, pero esto ha causado problemas ambientales y sociales. El cambio climático es un gran desafío, afectando la calidad de vida y los ecosistemas. Se necesitan decisiones para asegurar un futuro sostenible. Para entender las acciones que la población del municipio realiza frente al cambio climático, el estudio se centra en tres categorías: planificación institucional, relación con el medio ambiente e impacto ambiental. El objetivo es analizar cómo los diferentes actores perciben los cambios ambientales y contribuyen a reducir los impactos climáticos de forma sostenible. En Boyacá y Cundinamarca, la minería convencional causa contaminación del agua y aire, afectando el suelo, la biodiversidad y la salud de las comunidades. Esto requiere medidas de mitigación y restauración, como el tratamiento de aguas residuales, aunque su eficacia varía. Las comunidades buscan influir en políticas ambientales y gestionar desechos mineros.

### **Locales**

En el documento de tesis de Londoño, (2025). *“Análisis de los Procesos de Recuperación Ambiental Efectuados a Partir de los Impactos Ambientales sin resolver generados por la industria de hidrocarburos en el municipio de Puerto Boyacá (1993-2023)”* Este trabajo de grado se centra en llevar a cabo el análisis del estado de los impactos ambientales aún por solucionar causados por la industria de hidrocarburos en el municipio de Puerto Boyacá (departamento de Boyacá), con el objetivo de identificar los impactos ambientales aún por solucionar y examinar las estrategias de remediación empleadas en el municipio para la restauración de las zonas impactadas. De esta manera, se subraya la importancia de robustecer la legislación ambiental centrada en los impactos. Basándonos en que en la actualidad en Colombia no hay una normativa vinculada a este asunto, se examinará la bibliografía referente a la experiencia de otros países de Suramérica que también hayan experimentado este tipo de impactos y posean la normativa ambiental a la que deban adherirse.

Es crucial destacar que en Colombia hay varios factores que provocan la contaminación de zonas con hidrocarburos y no se ha logrado su recuperación, no solo

debido a acciones industriales inadecuadas, sino también al conflicto bélico que ha prevalecido en el país desde hace 70 años. En Colombia no existe un registro oficial de las zonas impactadas por derrames de crudo por un organismo oficial del Gobierno. No obstante, como se indicó, en el municipio de Puerto Boyacá se han llevado a cabo actividades vinculadas a la industria de hidrocarburos. En estas áreas, se han reconocido algunas áreas que han sido afectadas por estos impactos y en las que se están realizando acciones de recuperación, cuyo seguimiento se realiza por medio de un organismo oficial del Se lleva a cabo por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), por lo que este proyecto se asignará a este municipio, que ha sufrido impactos de esta industria desde 1950.

En el departamento de Boyacá, los efectos ambientales aún por resolver relacionados con la industria de hidrocarburos relacionados con alteraciones en el hábitat, contaminación de suelos y aguas, han llevado a la búsqueda de métodos que reestablezcan el estado ambiental. Aquí la fitorremediación, entre los métodos que se han explorado, se ha convertido en una técnica viable y respetuosa con el medio ambiente, aunque pueda ser una técnica relativamente lenta.

En el artículo de Méndez, (2023) *“Ponderación del componente socio cultural de las actividades mineras en la implementación del programa de sustitución de las áreas intervenidas por las actividades mineras en complejos de páramos delimitados”*. La actividad minera ha representado, representa y continuará siendo un pilar esencial de la vida humana, de la humanidad y sus civilizaciones. Sin embargo, en Colombia está prohibido dentro de los complejos de páramos definidos como ecosistemas estratégicos, debido a su relevancia crucial en los procesos de regulación del agua y su escasa presencia a nivel global. Se debe realizar una adecuada valoración del componente sociocultural de las actividades mineras, asegurando los tiempos y medios requeridos para salvaguardar el ecosistema y ajustarse a la nueva circunstancia en condiciones dignas para las comunidades en un estado particular de vulnerabilidad. En Boyacá, los programas de remediación para áreas afectadas por la minería se centran en recuperar, cerrar y dismantelar zonas dañadas, especialmente en ecosistemas como los páramos, donde la minería está prohibida. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Minas y Energía establecieron normativas para regular estos programas.

Según la tesis de Castañeda, (2024). *“Informe final de pasantía en la empresa Sanoha S.A.S de Nobsa en el análisis y propuesta de mejora para garantizar el cumplimiento de los planes de manejo ambiental (PMA) aprobados por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ)”*. El trabajo final de la pasantía para obtener el título de Ingeniero Ambiental en Sanoha S.A.S. implica definir estrategias para asegurar la adhesión a los Planes de Manejo Ambiental (PMA) de CORPOBOYACÁ. Se realizaron visitas técnicas, análisis ambiental y propuestas de mejora para cumplir con la legislación ambiental vigente.

Citando a Narváez, (2024). En la tesis *“Estudio de caso de los efectos de la formalización minera en el desarrollo económico y social Municipio de Boavita - Boyacá 2018 – 2022”* La tesis aborda la formalización minera en Boavita, Boyacá, destacando su impacto en la legalización, progreso técnico, y reducción de ilegalidad y conflictos mineros en la comunidad. Boyacá tiene como expectativa atender las condiciones sociales, económicas y ambientales de los mineros y sus poblaciones, alentar el desarrollo regional y un sentido de sostenibilidad. Este proceso implica cumplir requerimientos técnicos, legales, ambientales, económicos, laborales y sociales para convertir la minería de pequeña escala en una actividad legal, legítima, digna y que genere beneficios para la zona. No obstante, la transición de la informalidad a la formalidad requerirá de un cambio de mentalidad y la adquisición de nuevas destrezas por parte de los mineros. A la par, es necesario ejecutar programas de acompañamiento económico y mejorar los procedimientos administrativos para hacer el proceso de formalización más ágil; dado que, la falta de un marco legal claro y estable han dificultado la toma de decisiones y realizar inversiones en el sector minero.

Las investigaciones, ya sea a escala nacional o internacional, sobre el cierre de minas son imprescindibles, ya que son parte fundamental para poder llevar a cabo una transición responsable y sostenible desde la actividad extractiva hacia el futuro uso del suelo. Las investigaciones aportan información gratificante y adecuada para la planificación, ejecución y control de las estrategias de cierre susceptibles de mitigar los impactos negativos y maximizar los beneficios para la gente y el medio natural. Las investigaciones representan una valiosa fuente de datos para elaborar planes de cierre que toman en cuenta factores técnicos, ambientales, sociales y económicos, con el fin de una transición organizada y sostenible.

Estos estudios contribuyen a familiarizarse con las leyes y regulaciones actuales y las mejores prácticas globales para garantizar el cumplimiento de los requisitos legales y medioambientales. Facilitan el reconocimiento y manejo de riesgos relacionados con el cierre, tales como la estabilidad física y química de las instalaciones, la contaminación del suelo y agua, y las consecuencias en la salud de las personas. Promueven la implicación de las comunidades locales en el procedimiento de clausura, atendiendo sus necesidades e inquietudes. Promueven la organización y realización de iniciativas vinculadas a la inversión social que favorecen el crecimiento territorial y la creación de valor compartido. Además, fomenta la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas para el cierre de minas, buscando soluciones más eficientes y sostenibles

### **Marco Conceptual**

A continuación, se evidencian los conceptos clave que sirven de guía facilitando el entendimiento de la temática.

**Abandono (industria minera)** Reducción de producción, cierre de mina, recuperación, y prevención de impactos ambientales (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Aguas Ácidas** Se producen a través de la meteorización de los minerales sulfurosos, mientras las bacterias ejercen su acción catalizadora (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Aire (sector minero)** El aire en las minas cambia su composición, aumentando el N<sub>2</sub>, disminuyendo el O<sub>2</sub>, incrementando el CO<sub>2</sub>, y aumentando el vapor de agua. Esto se encuentra en gases y polvos, como respiración humana, combustión interna, volcanes, incendios, etc. (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Asistencia Técnica:** Se trata de las entidades, individuos u organizaciones gubernamentales que brindan a la unidad de explotación conocimientos técnicos. (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Auditoría ambiental** Instrumento de administración que verifica acciones medioambientales en planes de gestión y en la legislación. Método sistemático para valorar proyectos y sus efectos en el medio ambiente, cumpliendo regulaciones. Puede ser obligatorio o voluntario según la normativa (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Auditoría minera externa** Expertos y empresas con buen desempeño en proyectos mineros, autorizados por la autoridad minera, evaluarán los estudios técnicos del titular minero a su solicitud y coste. Su función será informar sobre el avance y cumplimiento del proyecto, sin perder la autonomía de la autoridad. (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Autoridad ambiental** La entidad supervisa recursos naturales renovables, aprueba investigaciones de impacto ambiental, valida licencias ambientales y define reservas forestales. También impone sanciones y recibe notificaciones mineras (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Autoridad minera** El Ministerio de Minas y Energía, como autoridad nacional, gestiona los recursos mineros, promueve la industria, y administra el recaudo y distribución de compensaciones económicas, además de realizar tareas de titulación y registro. (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Ciclo minero:** El ciclo de la minería comprende cinco fases. Inicio del proyecto, exploración, extracción minera, producción y desarme (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Cierre:** El cierre de las actividades mineras o el desmantelamiento de un proyecto implica una renuncia total, la expiración o la cancelación de los derechos del responsable minero. Esta es la etapa final en el ciclo de vida de una mina y sucede cuando los márgenes de ganancia ya no son viables, ya sea por niveles bajos de producción o porque las reservas se han agotado, lo que hace que competir con otras minas sea imposible. Por otro lado, la tarea de finalizar cualquier trabajo minero, generalmente en el subsuelo, al concluir las labores de extracción, busca prevenir accidentes y facilitar la recuperación del terreno (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Contaminación ambiental:** La acción que ocurre cuando los humanos introducen contaminantes en el medio ambiente, ya sea de forma directa o indirecta. Cuando estas sustancias superan los límites permitidos y permanecen durante un tiempo prolongado, el medio receptor comienza a adquirir características diferentes a las originales. Estos nuevos rasgos son perjudiciales para la salud, la naturaleza y los bienes (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Desarrollo sostenible:** El desarrollo que impulsa la mejora de la calidad de vida, aumenta la productividad humana, fomenta el crecimiento económico y optimiza el

bienestar social, todo esto sin perjudicar los recursos naturales renovables que lo sustentan ni comprometer el medio ambiente o el derecho de las futuras generaciones a utilizarlos para satisfacer sus propias necesidades (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Gobernanza:** La gobernanza institucional se refiere a la creación de entidades tanto estatales como privadas, así como de acuerdos institucionales que influyen y establecen procedimientos para la generación y asimilación de los resultados sociales y económicos en las naciones. (Zammuto, 2005).

**Mina:** La excavación se lleva a cabo con el objetivo de extraer minerales de manera económica, ya sea desde debajo de la superficie, en la parte superior o a cielo abierto. Además, se refiere al depósito mineral y a toda la serie de tareas, infraestructuras y herramientas que permiten una explotación eficiente de estos recursos. Según el Código de Minas, el término "mina" se refiere a la existencia o formación de minerales o materiales fósiles que son valiosos y productivos desde el punto de vista económico, sin importar si están ubicados en el subsuelo o en la superficie terrestre (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Mina inactiva:** La definición se refiere a una mina que, en este momento, está inactiva debido a factores como paros o problemas económicos. Aun así, hay tareas que continúan, como el mantenimiento de los equipos y la supervisión de la mina (Ministerio de Minas y Energía, 2003)

**Minería:** La ciencia, los métodos y las acciones vinculadas a la localización y extracción de recursos minerales. En un sentido estricto, el término se refiere a los trabajos subterráneos que tienen como objetivo la apertura y gestión de una mina o de la roca asociada. (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Minería subterránea:** Operaciones y actividades mineras llevadas a cabo bajo tierra o subterráneamente (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**Minería Responsable:** Es aquella que respeta y protege los intereses de todos los involucrados, cuida la salud humana, preserva el entorno natural y contribuye de manera justa al crecimiento económico del país y al bienestar de las comunidades locales. Además,

adopta las mejores prácticas tanto a nivel nacional como internacional y apoya el estado de derecho (Arvanitidis, Boon, Nurmi, y Di Capua, 2017)

**Pasivos ambientales:** Dañinos efectos en el medio ambiente ocasionados por acciones humanas, ya sean directas o indirectas, acumulativas o no, que pueden ser medidos, ubicados y delimitados geográficamente. Según lo establecido por el Ministerio de Salud y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estos daños generan un riesgo inaceptable para la vida, la salud humana o el entorno natural. No hay control disponible para ellos (Congreso de Colombia, 2023)

**El plan de desmantelamiento y clausura de la mina:** Es un proceso que se lleva a cabo una vez que se ha terminado la fase productiva. Este plan incluye la demolición y el desmantelamiento de instalaciones que ya no tienen ninguna función, la adecuación de los sistemas de ventilación y las bocaminas, así como la recuperación de los depósitos de material estéril. Su objetivo principal es eliminar posibles fuentes de contaminación del agua, reducir riesgos de accidentes, prevenir la erosión del suelo y abordar otros factores relevantes (Ministerio de Minas y Energía, 2003)

**Plan de Manejo Ambiental:** El Plan de Manejo Ambiental (PMA), tal como se describe en el Artículo No. 1 del Decreto No. 1753/94, es una herramienta de gestión muy práctica. Su objetivo es definir con claridad las acciones necesarias para prevenir, reducir, controlar, compensar y corregir los posibles efectos negativos que puedan surgir en el medio ambiente durante la ejecución de una actividad, obra o proyecto. Además, el PMA incluye planes de evaluación y seguimiento, así como estudios de proyección para futuras acciones, lo que lo diferencia de las investigaciones DAA y EIA. En la mayoría de los casos, el PMA se basa en una situación real donde se están generando impactos que son fácilmente identificables (Ministerio de Minas y Energía. 2003)

**El plan de rehabilitación ambiental:** Consiste en un conjunto de técnicas y procedimientos diseñados para restaurar las condiciones ambientales a su estado anterior o

incluso mejorarlas en áreas que han sido afectadas por la contaminación o el deterioro debido a actividades humanas (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

**Plan minero:** el Ministerio de Minas y Energía (2003) menciona que las planchas amalgamadoras del molino se utilizan para retener parcialmente la amalgama que queda fuera de estos.

**Recursos naturales:** son aquellos elementos que la humanidad puede aprovechar para satisfacer sus necesidades e intereses en aspectos económicos, sociales y espirituales. Los recursos renovables tienen la capacidad de regenerarse a un ritmo constante. Por otro lado, los recursos no renovables son aquellos que se agotan con su uso según el Ministerio de Minas y Energía (2003)

**Recursos naturales no renovables:** Son aquellos que no pueden recuperarse o regenerarse una vez utilizados, aunque podrían hacerlo en escalas de tiempo geológico (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

**Recursos naturales renovables:** Son aquellos cuya fuente es abundante y se generan a un ritmo que permite su uso continuo por parte del ser humano sin poner en riesgo su agotamiento (Ministerio de Minas y Energía, 2003)

### **Marco Teórico**

A continuación, se dan a conocer las bases teóricas que fundamentan esta investigación basada en el cierre de minas principalmente la del Roble en el municipio de Samacá como herramienta clave para garantizar que la minería se desarrolle de manera responsable y sostenible, mitigando los efectos negativos y aumentando los beneficios para las poblaciones y el medio ambiente.

### **El Plan Nacional de Desarrollo Minero (PNDM)**

El plan orientativo para la minería en Colombia se fundamenta en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 y tiene como objetivo regular la minería, fomentar la justicia social y salvaguardar los derechos humanos. Este plan se estructura en tres fases. La primera fase consiste en evaluar el sector minero en diversas regiones para comprender su situación y los desafíos específicos que enfrenta. Se recogen aportes de expertos para realizar un análisis territorial que toma en cuenta aspectos geográficos, sociales, económicos y ambientales.

La segunda fase se centra en definir posibles escenarios futuros para la minería, teniendo en cuenta la demanda global y el conocimiento sobre los recursos minerales. Se crean modelos de simulación que facilitan la planificación del futuro del sector minero. La tercera fase establece estrategias y medidas para alcanzar la visión y los objetivos del plan. Esta fase traza el camino hacia un futuro minero responsable y próspero. Se revisa el estado actual de la planificación minera, se incorporan conceptos clave y un marco regulatorio, y se evalúan los avances de las dos primeras fases del plan, destacando la importancia de las relaciones con los actores involucrados. Los elementos analizados son:

El Diagnóstico Territorial (Fase I) ofrece una visión detallada de seis regiones en México, resaltando aspectos ambientales, económicos, sociales y geográficos. También se incluyen datos de otras seis regiones que son importantes para la minería. Este análisis ha identificado seis prioridades y once temas clave que se han incorporado en el Plan Nacional de Desarrollo Minero (PNDM). En la Fase II, se desarrollaron cuatro escenarios para 19 minerales, basados en estrategias actualizadas para el sector minero en Colombia, lo que ayudó a definir prioridades y estrategias para el PNDM. El Plan Nacional de Desarrollo para 2022-2026 subraya que el avance económico debe estar ligado a la sostenibilidad social y ambiental, con un enfoque en la inclusión, la equidad y la gestión territorial centrada en el agua. Se han emitido nuevas directrices sobre recursos naturales no renovables, enfocando la planificación minera en la extracción para el mercado interno. Además, se han involucrado a actores clave a través de comités interinstitucionales y propuestas estratégicas para identificar y abordar los problemas del sector UPME, (2024)

Se revisaron los planes estratégicos de varias entidades clave en el sector minero, como el MME, ANM, SGC y UPME, buscando también colaborar con otros organismos importantes. Se identificaron siete ejes estratégicos que impulsarán el avance del sector minero y guiarán el desarrollo de la visión del plan. Además, se coordinó con la Política Minera Nacional para evitar duplicidades y se realizarán visitas estratégicas a empresas mineras con el fin de entender las tendencias actuales. En la tercera fase, se identificaron componentes clave y se definieron cuatro ejes estructurales y tres transversales que apoyan las metas para 2035. El PNDM se presenta como una herramienta que conectará políticas y acciones, promoviendo el crecimiento sostenible y la participación de todos los actores involucrados. Se fundamenta en principios de planificación que garantizan una gestión

integral y fortalecen a las comunidades locales, reflejando así el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, y fomentando la sostenibilidad y un desarrollo justo UPME, (2024)

### **Cambio climático**

El cambio climático está sucediendo con rapidez, y la humanidad es la responsable de ello; a pesar de que ya se están experimentando las consecuencias, aún hay algo que se puede hacer. Es claro que el calentamiento global cambiará el mundo en las próximas décadas pues, se han evidenciado grandes incendios a nivel mundial, donde a su vez se han registrado altas temperaturas en Europa y fuertes lluvias en Latinoamérica, los eventos fríos son cada vez más frecuentes y severos yendo en aumento. Esto debido a su vez por las emisiones de gases de efecto invernadero teniendo en cuenta que muchas de las actividades humanas son las responsables Paz y Chávez, (2025).

Por su parte, la iniciativa Climate Promise 2025 busca alinear los compromisos climáticos de los países con el objetivo de limitar el calentamiento global a 1,5 °C y facilitar la inversión en estos compromisos. Ante la creciente crisis climática, se da un momento crucial para que los países presenten sus nuevas Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) antes de la COP30. Las NDC son fundamentales para integrar acciones climáticas en el desarrollo nacional. Desde su lanzamiento en 2019, la iniciativa del PNUD ha respaldado al 85 % de los países en desarrollo, resultando en un aumento de la ambición de mitigación y adaptación. El secretario general de la ONU ha instado a usar esta estructura para un apoyo coordinado a las NDC en la próxima ronda. Además, el PNUD apoya la planificación de adaptación a través de Planes Nacionales de Adaptación (PNAD), esenciales para el éxito de las NDC. Ocurrentemente, el PNUD ha respaldado más del 60 % de las presentaciones de PNAD por países en desarrollo. Climate Promise 2025 se centra en tres pilares principales para aumentar la ambición de las NDC y fomentar un enfoque inclusivo en su implementación (UNDP. Org, 2025)

Relacionar la minería con el cambio climático implica reconocer su papel en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Aunque la industria ha sido acusada de ser responsable de entre el 4% y el 7% de estas emisiones, específicamente por medio de la quema de combustibles fósiles, como el carbón, también tiene un rol fundamental en el desplazamiento hacia fuentes de energía más limpias. Se destaca la necesidad de

descarbonización, donde la minería no solo debe enfrentar riesgos climáticos, como inundaciones y estrés hídrico, sino también trabajar para reducir sus propias emisiones. Al mismo tiempo, debe adaptarse a la demanda de nuevas materias primas que faciliten la generación de energías renovables, contribuyendo así a un futuro más sostenible y eficiente en la explotación de recursos finitos Minería Sostenible de Galicia, (2022)

Los minerales como el litio, cobre y tantalio son esenciales para la transición verde. La demanda y precios de estos materiales están en aumento, lo que resalta la necesidad de promover la circularidad mediante el reciclaje y la reutilización de residuos. El sector minero comienza a adoptar tecnologías renovables, aunque su implementación varía según el país y la empresa. Algunos metales, como el hierro y el aluminio, siguen siendo intensivos en carbón. La industria del cemento también busca reducir emisiones integrando residuos y nuevas técnicas para capturar y almacenar CO<sub>2</sub>, evidenciando que aún queda mucho por avanzar hacia la sostenibilidad Minería Sostenible de Galicia, (2022). El artículo destaca lo complicado que es el impacto de la minería en el cambio climático y subraya la importancia de encontrar un equilibrio que considere tanto la extracción de recursos como la protección del medio ambiente. Con la creciente demanda mundial de metales, es crucial que las prácticas mineras evolucionen hacia modelos más sostenibles, integrando la reducción y el reciclaje para minimizar los efectos negativos y asegurar un futuro en el que tanto la economía como el medio ambiente puedan florecer.

### **Agenda de desarrollo sostenible (ODS)**

La Asociación General de la ONU ha adoptado la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, un plan que tiene como objetivo mejorar la vida de las personas y cuidar nuestro entorno, mientras se fomenta la paz y la justicia a nivel global. Esta Agenda reconoce que erradicar la pobreza es el mayor desafío que enfrenta la humanidad y propone 17 objetivos interconectados que abarcan áreas económicas, sociales y ambientales. Además, establece que los países deben movilizar recursos y formar alianzas para lograr estos objetivos, poniendo especial énfasis en ayudar a los más vulnerables. La forma en que se implementará la Agenda dependerá de las circunstancias particulares de cada nación, permitiendo que cada Estado defina sus propias metas nacionales en función de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015).

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible no solo se enfocan en erradicar la pobreza a nivel global, sino que también abarcan otros aspectos importantes: eliminar el hambre y garantizar la seguridad alimentaria; asegurar una educación de calidad y promover una vida saludable; lograr la igualdad entre hombres y mujeres; facilitar el acceso al agua y la energía; fomentar un crecimiento económico sostenible; tomar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz y asegurar que todos tengan acceso a la justicia (ONU, 2015).

Los siguientes objetivos, junto con sus contribuciones destacan cómo los ODS se alinean con el PNDM (UPME, 2024)

- ODS 1 – Erradicación de la pobreza: La minería responsable no solo combate la pobreza, sino que también impulsa el bienestar social, crea nuevos empleos y mejora las condiciones de vida en las comunidades locales (UPME, 2024).

- ODS 7 - Energía asequible y libre de contaminación: Promover métodos de minería sostenible es clave para asegurar un suministro de energía limpio y constante, lo que ayuda a reducir la dependencia de recursos no renovables (UPME, 2024).

- ODS 8 - Trabajo digno y crecimiento económico: Un avance ético y justo en el sector minero fomenta empleos seguros y bien remunerados, mientras que la diversificación de la producción asegura un desarrollo económico sostenible (UPME, 2024).

- ODS 9 – Infraestructura, innovación e industria: Según la UPME (2024), esto impulsa la adopción de tecnologías sostenibles en la minería, mejorando la eficiencia y minimizando el impacto ecológico.

- ODS 12 - Consumo y producción responsables: Se promueven actividades mineras que minimizan el desperdicio, fomentan la economía circular, alientan el reciclaje y reducen la contaminación (UPME, 2024).

- ODS 13 - Acción por el clima: Se busca mitigar los efectos negativos de la minería en el cambio climático mediante prácticas más sostenibles y la implementación de energías renovables (UPME, 2024).

- ODS 15 – Vida de los ecosistemas en la tierra: Se espera que, a través de una minería que cumpla con altos estándares, se proteja y conserve la biodiversidad. Además,

esta práctica contribuirá a restaurar las áreas afectadas por la actividad minera, asegurando el bienestar de los ecosistemas a largo plazo (UPME, 2024).

- ODS 16 - Paz, justicia e instituciones sólidas: Para prevenir conflictos y promover una minería ética, justa y legal, es fundamental que el desarrollo institucional implemente marcos regulatorios adecuados (UPME, 2024).

Resalta la urgente necesidad de una minería sostenible que no solo se enfoque en el crecimiento económico, sino que también tenga en cuenta la responsabilidad hacia el medio ambiente y los derechos humanos. Es fundamental que el gobierno, la industria y las comunidades trabajen juntos para alcanzar estos objetivos. Además, se subraya la importancia de enfrentar el cambio climático de manera efectiva a través de la innovación y la eficiencia energética. Este enfoque integral presenta una oportunidad prometedora para construir un futuro más justo y sostenible en el sector minero.

### **Economía circular**

La Estrategia Nacional de Economía Circular en Colombia es un paso audaz hacia la sostenibilidad y el uso eficiente de los recursos, y requiere la colaboración de diferentes sectores de la sociedad. Al enfocarse en los flujos de materiales más importantes y al ofrecer herramientas concretas, se pretende transformar el modelo económico del país. Los beneficios que puede traer la economía circular no solo incluyen un desarrollo económico más resistente, sino también mejoras en la calidad ambiental y el bienestar social. La ENEC representa un cambio necesario hacia un futuro más justo y sostenible para Colombia (Minambiente, s.f.)

El desarrollo del Sistema de Información de Economía Circular (SIEC) representa un paso significativo hacia la implementación de políticas sostenibles y la transformación industrial hacia modelos más ecológicos. Reconocer el potencial de la economía circular es esencial no solo para mejorar la eficiencia en el uso de recursos, sino también para beneficiar económicamente a las empresas y mitigar el impacto ambiental. El cambio de perspectiva sobre la producción y el consumo puede dar lugar a un nuevo paradigma que favorezca la sostenibilidad a largo plazo.

## **Justicia ambiental**

Las cosmopolíticas han aportado nuevos significados al universo político (al permitir, por ejemplo, el reconocimiento de derechos naturales) no solo en las variadas formas de resistencia ciudadana contra el extractivismo y otros tipos de usufructo ambiental, sino también en las agendas que orientan la acción de antiguas y recientes plataformas políticas. En su función de reconfiguración, las cosmopolíticas ponen en duda los sentidos. Estos acuerdos y discrepancias transforman el ámbito interpretativo de la justicia, y su acatamiento constitucional y legal, de maneras que no solo llegan a la justicia distributiva -recuperando, por ejemplo, el valor de los bienes comunes y las responsabilidades que implican su cuidado obligatorio-, sino también a la justicia retributiva y la justicia restaurativa. Por ejemplo, ya en Colombia y Guatemala se han registrado proyectos de reconciliación y memoria que sugieren la utilización de herramientas cosmoéticas y cosmopolíticas «para vencer la ira (Rueda, 2024)

En un escenario donde las cosmopolíticas establecen el espacio para la posible articulación de diferentes mundos (culturales) y de los cosmos que son subsidiarios de estos, sin distinción alguna, su amplitud coincide con la del cosmopolitismo más reconocido. Es ampliamente conocido que el cosmopolitismo se refiere a la capacidad de edificar subjetividades e instituciones políticas que reconocen la misma dignidad y derechos a todos los habitantes del mundo, sin distinción alguna. Por lo tanto, al cosmopolitismo le corresponde el mismo sentido globalista que se refleja en la causa cosmopolítica: a ambos les impulsa la oportunidad de edificar un mundo común bajo condiciones de equidad equitativa para todos (Rueda, 2024)

El espíritu profundamente inclusivo del cosmopolitismo -"todos somos ciudadanos del mundo"- se identifica en el plan cosmopolítico de un mundo donde incluso la naturaleza, considerada como sujeto, no puede ser excluida. En cuanto al espíritu cosmopolítico, que se rebela contra la mera sujeción instrumentalizadora de la naturaleza, se identifica en un proyecto cosmopolita que busca una ciudadanía mundial bajo condiciones de justicia amplia, una justicia que actualmente resulta inviable sin asegurar una relación saludable y sostenible con la naturaleza (Rueda, 2024)

Es crucial abordar la injusticia ambiental en Chile mediante la implementación de SEP, proponiendo un cambio hacia un enfoque que no solo castigue, sino que también

compense y restablezca la equidad. Este mecanismo tiene el potencial de transformar el panorama de la justicia ambiental, fomentando la participación de la comunidad y promoviendo la responsabilidad compartida en la restauración del entorno dañado (Domique, 2024). La justicia ambiental es clave para lograr un entorno justo y saludable. Resalta cómo están conectados los derechos, las responsabilidades y la desigualdad social, enfatizando la importancia de fusionar la justicia social con la sostenibilidad en las políticas de desarrollo. En la vida cotidiana de las comunidades más vulnerables, el futuro del planeta depende de un enfoque que vea el medio ambiente como un bien común y que fomente la igualdad en el acceso y el cuidado de los recursos naturales.

### **Alternativas post minería**

El cierre de minas es un tema complejo que necesita nuestra atención urgente y soluciones bien pensadas, tanto en Colombia como en otros lugares. La experiencia de Alemania nos brinda un modelo valioso y resalta la importancia de adoptar un enfoque sostenible. A medida que Colombia avanza en la gestión del cierre de minas, es fundamental aprender de ejemplos internacionales y garantizar que la transición beneficie a las comunidades y al medio ambiente. Esto no solo ayudará a reducir los efectos negativos de la minería, sino que también promoverá un desarrollo más equilibrado y responsable en el futuro. (Hernández et al. 2023)

Entre 1960 y el 2000, la producción minera en Alemania sufrió una caída drástica, pasando de 150 millones de toneladas a apenas 25 millones. Esto resultó en el cierre de muchas minas y en despidos masivos de trabajadores, lo que generó tensiones en el sector. Para mitigar el impacto económico en las regiones afectadas, se implementaron subsidios gubernamentales durante este tiempo. Sin embargo, se llegó a la conclusión de que la minería no podría ser sostenible sin este apoyo estatal (Kretschmann et al., 2022). En 2007, varias entidades alemanas pusieron en marcha un plan para cerrar definitivamente la minería del carbón.

Luego, en 2018, se llevó a cabo una ceremonia que conmemoró el fin de dos siglos de minería del carbón y de los subsidios asociados. En Colombia, se enfrentan retos significativos en la gestión de los pasivos ambientales, ya que el cese irregular de las actividades mineras ha provocado problemas de contaminación. Muchas empresas se

retiran sin hacerse cargo de cerrar las minas de manera adecuada. Aunque el marco regulatorio sobre el cierre de minas en Colombia ha experimentado cambios, todavía enfrenta obstáculos en su implementación y claridad. Es crucial contar con una legislación sólida que garantice que las prácticas de cierre de minas se realicen de forma efectiva. Además, la falta de un debate público sobre la reducción de la minería y la escasa atención a las políticas nacionales y regionales sobre los cierres mineros generan inquietudes sobre las posibles consecuencias negativas (Hernández et al. 2023)

La transición de economías que dependen de la minería hacia alternativas como la agricultura, la ganadería y el turismo enfrenta una serie de dificultades estructurales. Para abordar estos retos, es crucial implementar enfoques integrales y políticas públicas efectivas. Iniciativas como la capacitación, la formación de cooperativas y las regulaciones medioambientales son esenciales para mejorar la calidad de vida de las comunidades afectadas. Los modelos exitosos de otros países ofrecen esperanza y una guía sobre cómo convertir estos desafíos en oportunidades para un desarrollo sostenible. (Hernández et al. 2023)

La mina tiene sus orígenes en la época de los nativos muiscas, que fue hace más de cuatro siglos. En América Latina, el interés por asuntos relacionados con el patrimonio geológico también está creciendo. El patrimonio geológico está constantemente relacionado con la geología y el papel que tiene la comunidad humana en la conformación y adaptación del paisaje (Rosado-González, 2018). Este texto presenta un enfoque integral hacia la posminería, subrayando la necesidad de ir más allá del simple cierre de las minas. Se pone de relieve la importancia de contar con un plan de cierre que incluya a todos los actores involucrados, así como la restauración del medio ambiente, la generación de oportunidades laborales y el fortalecimiento de la comunidad. Al implementar estas estrategias, no solo se busca mitigar el daño causado por la minería, sino también construir un futuro más sostenible y justo para las regiones afectadas

Las alternativas han de ser de largo recorrido y han de generar en el tiempo ventajas económicas, sociales y medioambientales para la comunidad. Las alternativas se han de adecuar a las características de cada una de las áreas, atendiendo a sus recursos naturales, a su cultura y a sus necesidades. El diseño de alternativas post mineras es un reto, pero también es una oportunidad para construir el futuro de una forma más próspera y sostenible

para las comunidades afectadas por la actividad minera. Se examinarán alternativas como la electrificación de maquinaria minera como el uso de energías alternativas con el objetivo de aminorar la huella de carbono de la actividad minera. Para concluir, la restauración ecológica participativa en la industria minera para el año 2024 es un proceso integral que tiene como objetivo no sólo restaurar los ecosistemas afectados por la actividad minera, sino también involucrar a las comunidades locales, diversificar la producción y alcanzar la sostenibilidad de las áreas mineras de forma prolongada.

### **Restauración ecológica y participativa**

El reto de la restauración ecológica en Colombia se encuentra en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, que lleva por nombre "Colombia potencia mundial de la vida". Este plan busca recuperar la naturaleza de una manera inclusiva, fomentando una transformación productiva y mitigando los efectos del calentamiento global. La clave está en integrar la preservación de la biodiversidad y la resiliencia climática, todo mientras se promueve la equidad social. Para llevar a cabo esta misión, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha creado la Estrategia Nacional de Restauración 2023-2026 (ENR), que tiene como meta restaurar más de 750,000 hectáreas mediante una colaboración entre diferentes instituciones. La ENR adopta un enfoque integral que toma en cuenta los contextos sociales y económicos, buscando impulsar economías sostenibles y asegurar un uso adecuado del agua. La implementación de esta estrategia está alineada con convenios internacionales y compromisos globales para proteger los ecosistemas y el bienestar de las comunidades étnicas y rurales (República de Colombia, 2024)

La transición crucial del sector minero en Colombia hacia un enfoque más sostenible y participativo en 2024 es realmente significativa. Con iniciativas que involucran a las comunidades y que ponen el medio ambiente en primer lugar, el país está trabajando para establecer un modelo de minería responsable que beneficie tanto a la economía como a la ecología. Estas acciones, que están en línea con planes y acuerdos importantes, buscan un futuro donde la minería y la conservación puedan coexistir de manera armoniosa. La restauración ecológica es considerada desde la perspectiva socio-ecológica inclusiva, donde las comunidades participan en la gestión de ecosistemas y en la restauración de territorios degradados. La perspectiva es la recuperación a escala de paisaje, reconociendo la

importancia de las conexiones fundamentales, de la integridad ecológica y de la provisión de los servicios ecosistémicos. Se propicia su transformación productiva y laboral, bajo la búsqueda de unas condiciones de trabajo justas y dignas en las zonas mineras.

### **Transición justa para la comunidad**

La transición justa es un elemento esencial en la evolución de Colombia hacia una economía con bajo contenido de carbono y resistente al cambio climático. El cese de las actividades mineras en la nación ilustra los significativos efectos que puede provocar la transición de un modelo de extracción intensiva y elevado en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a una economía más sustentable y variada. Esta situación resalta la importancia de adoptar un enfoque de transición equitativa en las políticas a nivel nacional y local, asegurando que las modificaciones estructurales no exacerbén las inequidades preexistentes y que las comunidades más desprotegidas participen activamente en el proceso (Mendoza et al. 2023)

La Transición Justa es una perspectiva que aspira a garantizar que el cambio hacia una sociedad más sustentable y reducida en emisiones favorezca a todos los individuos de forma justa. Esto se debe a que los efectos del cambio climático en las comunidades son variados, al igual que los efectos de las acciones o medidas implementadas para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. El objetivo principal es repartir de forma justa los gastos y ventajas de esta transición, potenciando las ventajas de la acción climática y minimizando los efectos adversos en las comunidades y los empleados (Mendoza et al. 2023)

Sin una planificación adecuada, las estrategias para enfrentar el cambio climático podrían intensificar las desigualdades ya existentes, impactando de forma desmedida a los grupos más vulnerables de la sociedad, tales como individuos de bajos recursos, comunidades originarias, entre otros. Una transición equitativa identifica estos riesgos y aspira a asegurar que las medidas climáticas fomenten la igualdad social, salvaguardando a aquellos que podrían afrontar retos más grandes durante este proceso (Mendoza et al. 2023)

La idea de transición justa emergió durante la década de 1970 en Estados Unidos como una reacción del movimiento sindical ante la disminución de puestos de trabajo en industrias como el carbón y el acero. Inicialmente centrado en salvaguardar los derechos de los trabajadores, el concepto se modificó en los años 90 para incorporar la justicia social y la equidad, tratando las repercusiones en comunidades completas. En 2015, el Tratado de París contempló una transición equitativa en su preámbulo, resaltando la importancia del respeto a los derechos humanos y laborales en el contexto de las políticas climáticas (Mendoza et al. 2023)

En 2015, solo Sudáfrica señaló una transición justa en su Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), y solo desde la COP26 en 2021, los principios de Transición Justa empezaron a incorporarse en los planes climáticos nacionales y en las NDC de otras naciones. En América Latina y el Caribe, naciones como Colombia, México, Chile, Argentina, Bolivia, Costa Rica, República Dominicana, entre otras, han integrado el principio de transición equitativa en sus programas de desarrollo nacional (Mendoza et al. 2023)

En la COP28 de Dubái, se establecieron siete factores esenciales para guiar las transiciones equitativas, tales como la generación de puestos de trabajo dignos, la inclusión social, la colaboración internacional y la adaptación local, subrayando la importancia de métodos participativos y sostenibles. Igualmente, se pretende enfocar especialmente en la implicación de grupos en situación de vulnerabilidad, como comunidades originarias, mujeres y jóvenes, en la organización y realización de las transiciones. Además, se resaltó la importancia de la colaboración internacional y la movilización de fondos económicos para respaldar a las naciones en vías de desarrollo en sus transiciones (Mendoza et al. 2023)

En 2024, las conversaciones del Programa de Trabajo Sobre Transición Justa (JTWP en inglés) en Bonn y Sharm el-Sheikh subrayaron retos como obstáculos económicos, la importancia de fortalecer a las comunidades locales y la consistencia en las políticas nacionales. Estos lugares subrayaron la relevancia de la colaboración multilateral y el intercambio de saberes para vencer dificultades compartidas. Colombia ha incorporado la

transición equitativa como un elemento esencial en sus políticas sobre el clima. La NDC del país, presentada en 2020, admite que la transición equitativa de la fuerza laboral es uno de los componentes transversales e integradores de la acción climática y se vincula directamente con los objetivos de educación, capacitación y concienciación, con el fin de incluir el asunto en la educación formal, así como en la educación laboral y el crecimiento humano (Mendoza et al. 2023)

La Estrategia Climática de Largo Plazo (E2050) ofrece una perspectiva más extensa. La E2050 sugiere una Transición Socio-Ecológica (TSE) estableciendo un cronograma con puntos de referencia para alcanzar en 2030, 2040 y 2050. Las Transformaciones Sistemáticas Ecológicas aluden a las modificaciones integrales en los sistemas sociales y ecológicos que persiguen un balance más sustentable entre la actividad humana y el medio ambiente. Estas transiciones generalmente conllevan un cambio radical en cómo las sociedades estructuran sus actividades económicas, políticas y sociales en relación con el entorno. Igualmente, la E2050 contiene un enfoque particular en la transición equitativa de la fuerza laboral, bajo la dirección del Ministerio de Trabajo (Mendoza et al. 2023)

La Estrategia Nacional de Transición Justa de la Fuerza Laboral fue elaborada por el Ministerio de Trabajo, con el respaldo de la Organización Internacional de Trabajo (OIT), que contiene pautas concretas para los sectores minero-energético, agropecuario y transporte; comercio, industria y turismo; y el sector de la construcción. La estrategia tiene como objetivo atender las demandas de transformación laboral, con el fin de impulsar la generación de puestos de trabajo dignos que ayuden a proteger y recuperar el medio ambiente, promover empresas de producción y asegurar el bienestar de los empleados. En contraposición, el Ministerio de Minas y Energía también ha desempeñado un papel significativo, promoviendo proyectos para descarbonizar el sector energético y promover la diversificación económica en áreas que dependen de la minería y los hidrocarburos, en particular en los departamentos que producen petróleo y carbón, como Meta, Casanare, Arauca, La Guajira, Cesar y Putumayo (Mendoza et al. 2023)

A pesar de que Colombia está realizando significativos esfuerzos para progresar y agilizar la transición equitativa, los desafíos son considerables debido a las condiciones nacionales en relación a diversos factores como el orden público, la elevada migración interna y extranjera, la escasez de puestos de trabajo de calidad (principalmente para mujeres, jóvenes y población rural) y la disparidad urbano-rural, entre otros. A estos desafíos se añade la imperiosa necesidad de potenciar el entendimiento del asunto, no solo entre los participantes del sector privado, sino también en ciertos sectores del ámbito público, con el fin de fomentar y acelerar su puesta en marcha en sus respectivos contextos (Mendoza et al. 2023)

Una transición justa en el sector de la minería tiene como propósito minimizar el efecto negativo en las comunidades locales durante la transición hacia una economía más sustentable, garantizando el bienestar de los trabajadores y las comunidades afectadas, generando nuevas oportunidades de trabajo y promoviendo un crecimiento sustentable. Implica, igualmente, considerar los derechos de los trabajadores y la necesidad de un consentimiento libre, previo e informado de las comunidades nativas. Intenta incluir a las comunidades en la organización y la toma de decisiones sobre la transición.

Al mismo tiempo, garantizar los derechos de los trabajadores mineros, incluyendo la protección y la formalización de su trabajo. Impulsar la creación de empleos verdes y alternativas económicas sostenibles. Abordar las necesidades de las comunidades afectadas, como el acceso a servicios básicos y oportunidades de desarrollo. Abordar las necesidades de las comunidades afectadas, como el acceso a servicios básicos y oportunidades de desarrollo garantizar la consulta previa, libre e informada de los pueblos indígenas sobre actividades mineras. Adaptar el marco legal y regulatorio para facilitar una transición justa y sostenible.

Dentro del marco teórico si se citan autores académicos y se utiliza literatura científica relevante (pero lo más importante son los documentos normativos o institucionales ya que son los que fundamentan mi investigación ya que estoy realizando una evaluación del plan de cierre y abandono a la unidad productiva minera UPM el Roble con el fin de demostrar si fue o no diseñado conforme a la Normativa Ambiental Colombiana vigente.

## Marco Legal

A continuación, se presenta la normativa vigente en el país, poniendo énfasis en las leyes que rigen el sector de la minería y las decisiones que han sido dictadas por el Consejo de Estado y la Corte Constitucional.

**Tabla 1**

### *Legislación*

<i>Normatividad</i>	<i>Descripción</i>
<i>Los artículos 25, 80, el párrafo del artículo 330 y los artículos 332, 334, 360 y 361 de la Constitución Nacional. promulgó la Ley 685 de 2001 - Código de Minas.</i>	Se centra en cómo se regula la actividad minera en el país, subrayando la relevancia del contrato de concesión minera. Se establece que este proceso debe seguir los requisitos y procedimientos que marca la legislación, y se destaca el principio de "primero en el tiempo, primero en el derecho", que da preferencia a las solicitudes que cumplen con estos criterios (Función Pública, 2001)
<i>Ley 1382 de 2010 modificó el Código de Minas</i>	El análisis de la Sentencia C-366/11 La decisión de la Corte Constitucional no solo defiende derechos fundamentales, sino que también abre la puerta a un desarrollo más justo y responsable. Es fundamental que el futuro marco legal incluya las voces de las comunidades afectadas (Corte Constitucional, 2011)
<i>Ley 1450 de 2011, "Por la cual se establece el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014"</i>	El artículo aborda temas como la distinción entre la minería informal y la ilegal. También se mencionan artículos específicos que organizan y regulan

<p><i>Ley 1753 de 2015, "Por la cual se establece el Plan Nacional de Desarrollo, 2014-2018"</i></p>	<p>diferentes aspectos de la minería, especialmente en lo que respecta a la extracción ilegal (Función Pública, 2011)</p> <p>El artículo ofrece un marco detallado sobre los procedimientos y regulaciones necesarios para llevar a cabo la pequeña minería, subrayando la importancia de formalizar y clasificar adecuadamente las actividades mineras. Se establece como prioridad el equilibrio entre el desarrollo económico y la responsabilidad social, lo que abre la puerta a un futuro donde la minería pueda coexistir de manera sostenible con las comunidades y el medio ambiente (Función Pública, 2015)</p>
<p><i>Ley 1955, "Por la cual se establece el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia, pacto por la equidad"</i></p>	<p>El artículo presenta una serie de medidas importantes para formalizar y regular el sector minero en el país, enfocándose tanto en la protección del medio ambiente como en la equidad en la concesión de derechos mineros. Las políticas propuestas tienen como objetivo iniciar un proceso de formalización que promueva prácticas más responsables y justas, estableciendo una base sólida para la sostenibilidad y el desarrollo del sector (Función Pública, 2019)</p>
<p><i>Ley 2250 de 2022</i></p>	<p>El artículo ofrece una visión clara sobre el Plan Único de Legalización y Formalización Minera, que tiene como objetivo integrar a los mineros</p>

convencionales y de pequeña escala dentro de un marco regulativo formal. Se propone un enfoque distintivo de sostenibilidad y supervisión que no solo podría mejorar el funcionamiento de este sector, sino también generar beneficios socioeconómicos y ambientales significativos. La efectividad de este plan dependerá de una implementación rigurosa y de la colaboración activa de todas las partes involucradas SUIN-Juriscal, (2022)

*Ley 2294 del año 2023*

El artículo se centra en la creación de distritos mineros en Colombia, impulsada por el decreto 0977 de 2024. Este decreto tiene como objetivo promover la producción de minerales esenciales, adoptando un enfoque inclusivo que beneficia a pequeños y medianos mineros. Se fundamenta en el Plan de Conocimiento Geocientífico, que señala áreas con alto potencial geológico. Esta iniciativa no solo busca diversificar la producción minera, sino que también aspira a contribuir al desarrollo sostenible y al fortalecimiento de la economía local, transformando la minería en una actividad más justa y responsable (Función Pública, 2023)

*La Corte Constitucional ha tomado varias decisiones importantes para salvaguardar los derechos fundamentales de las personas y de las regiones donde*

*se llevan a cabo actividades mineras, especialmente en lo que se refiere a la tutela y el control de constitucionalidad. A continuación, se presentan algunos ejemplos:*

<i>Sentencia C- 339 de 2002</i>	El derecho a disfrutar de un entorno saludable es esencial para construir un desarrollo sostenible que logre equilibrar las actividades económicas, como la minería, con la protección del medio ambiente. Esta responsabilidad recae tanto en el Estado como en la sociedad, creando un marco que promueve el respeto por la biodiversidad y el bienestar de las futuras generaciones. Para lograrlo, es fundamental aplicar principios como el de precaución y asegurar una colaboración efectiva entre las entidades que regulan tanto el medio ambiente como la minería. (Corte Constitucional, 2002)
<i>Sentencia T-766/15</i>	El artículo tiene como objetivo asegurar que diferentes comunidades estén bien informadas y que puedan participar activamente en las decisiones que impactan su territorio y su forma de vida (Corte Constitucional, 2015)
<i>Sentencia C-035/16</i>	En la que se establece el deber de acuerdo con las autoridades municipales antes de la declaración (Corte Constitucional, 2016)
<i>Sentencia SU-095/18</i>	En resumen, el artículo destaca lo importante que es fomentar el diálogo y la comunicación entre las autoridades locales y las entidades territoriales. Esto no solo mejora la gestión pública, sino que también

---

	<p>crea un ambiente de confianza y colaboración entre la ciudadanía y sus líderes. Poner en marcha estos programas es un paso crucial hacia una administración pública más participativa, eficiente y transparente. Prestar atención a estos principios ayudará a lograr una gobernanza que realmente responda a las necesidades urgentes de las comunidades locales (Corte Constitucional, 2018)</p>
<p><i>Sentencia SU-411/20</i></p>	<p>El tema de la consulta popular en el ámbito de la minería resalta la importancia de una buena coordinación entre el Estado y las comunidades locales. La legislación puede crear un marco que permita a las personas involucrarse de manera activa en las decisiones que afectan su entorno. Un enfoque inclusivo no solo fomenta la democracia, sino que también puede llevar a una gestión más responsable de los recursos naturales. A través de este proceso, se busca encontrar un equilibrio entre el desarrollo económico y el bienestar social, subrayando la relevancia de la búsqueda de consensos en la gobernanza minera (Corte Constitucional, 2020)</p>
<p><i>Fallo 25000234100020130245901 del 2022 Consejo de Estado "ventanilla minera"</i></p>	<p>Esta sentencia no solo pone fin a prácticas anteriores de la ANM, sino que también establece un precedente para mejorar las políticas de minería sostenible. Esto subraya la importancia de contar con una</p>

---

<p><i>Ministerios de Minas y Energía y de Ambiente y Desarrollo Sostenible</i></p>	<p>regulación efectiva y un compromiso colaborativo entre el gobierno, la industria y las comunidades afectadas (UPME, 2024)</p> <p>El artículo ofrece una perspectiva detallada sobre lo crucial que es contar con un marco regulatorio sólido en la minería, con un enfoque especial en la protección del medio ambiente y la biodiversidad. Es fundamental una renovación urgente de políticas y procedimientos para abordar los desafíos actuales del sector, asegurando un equilibrio entre el desarrollo económico y la sostenibilidad. Las propuestas presentadas son esenciales para garantizar una minería responsable que beneficie tanto a las comunidades locales como al entorno natural (UPME, 2024)</p>
--	--

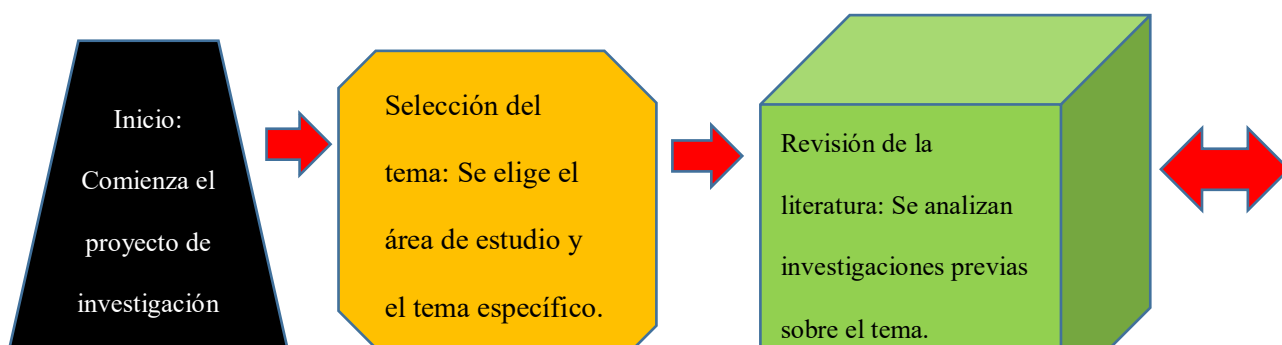
Fuente, propia

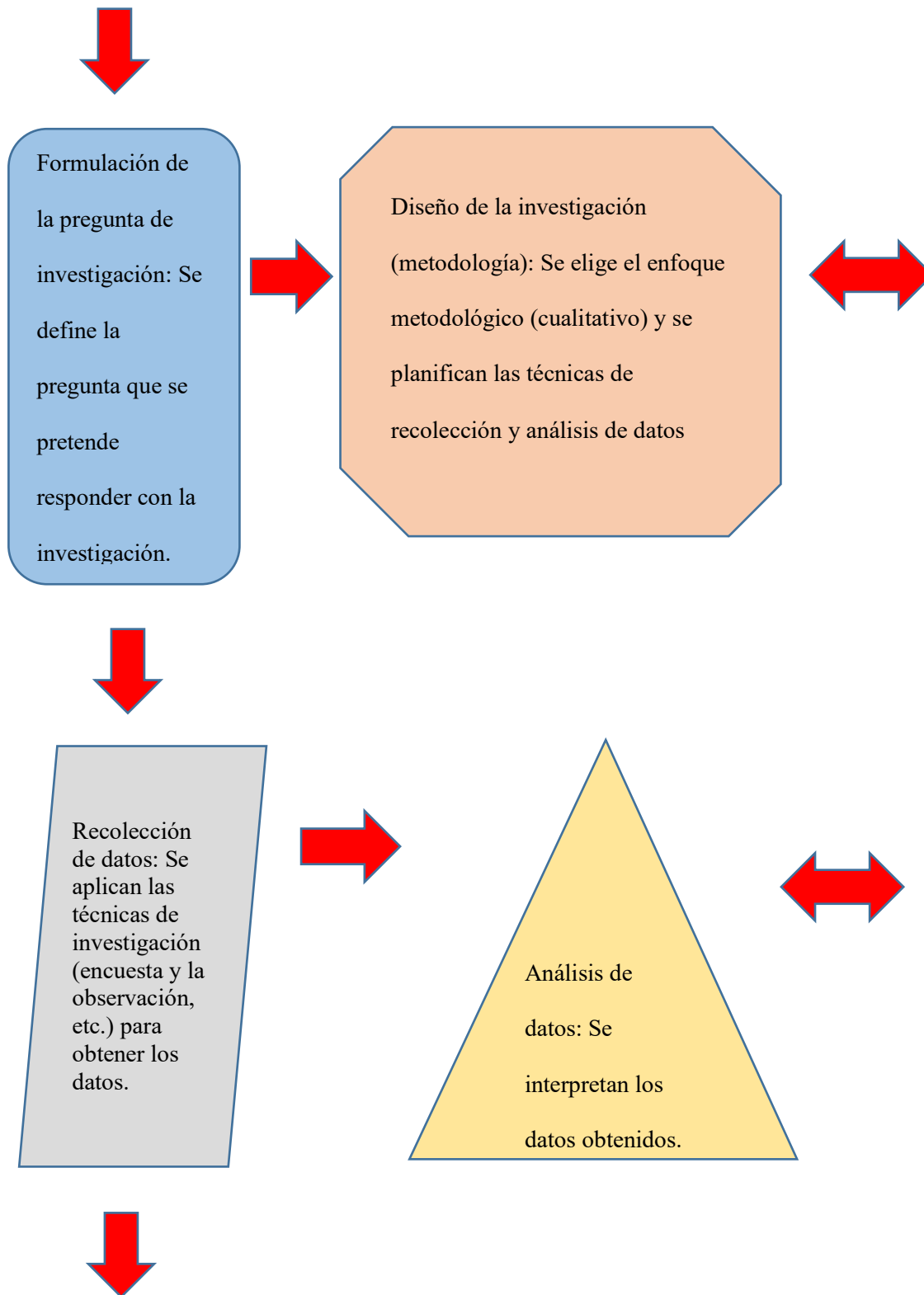
### **Metodología**

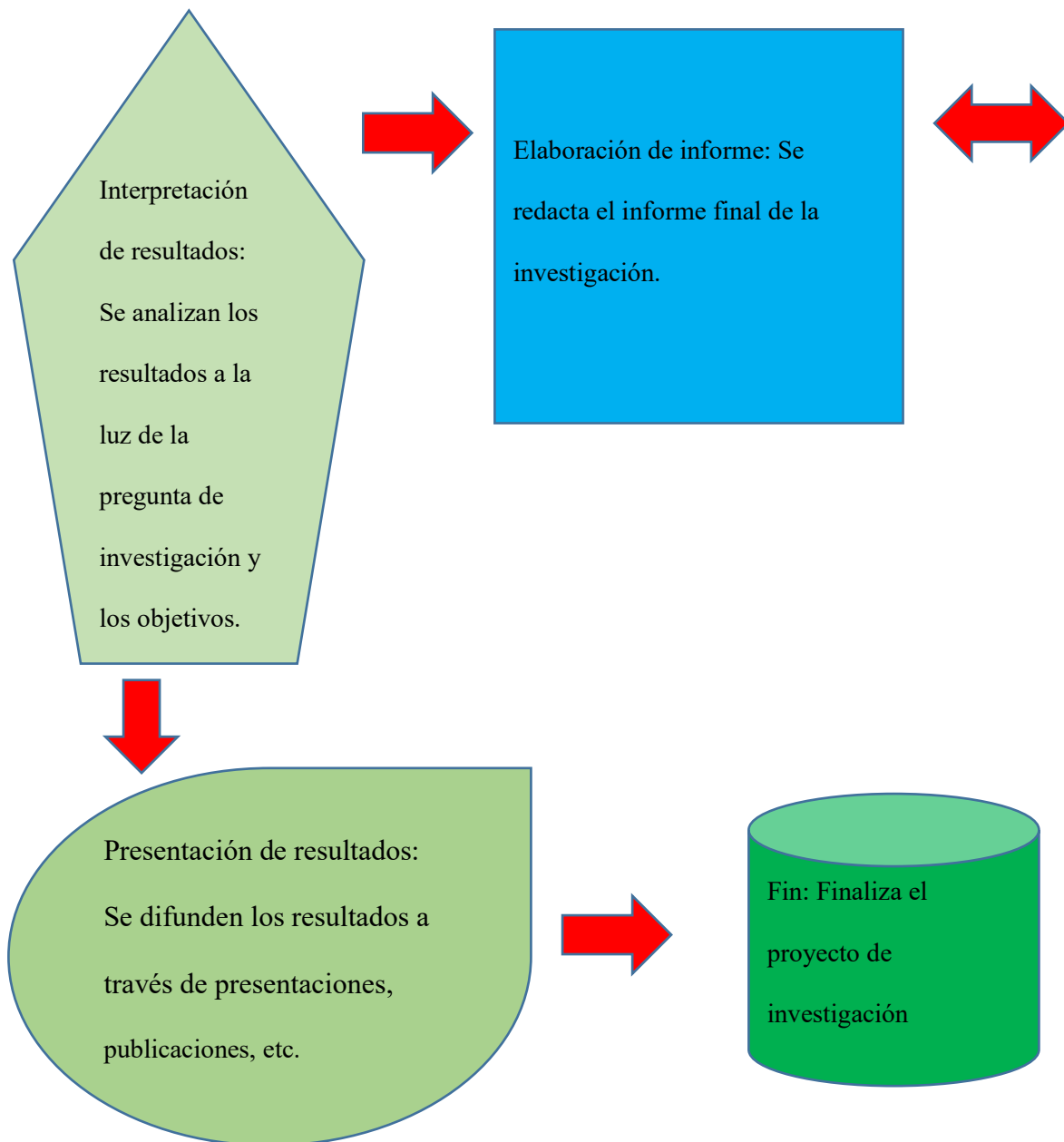
A continuación, se describe cómo se llevará a cabo la investigación consta de indicaciones del tipo de investigación, del diseño, de la población, de las técnicas de recogida de información y de los métodos de análisis.

### **Figura 2**

*Diagrama de Flujo Diseño metodológico*







Fuente, autor

La metodología utilizada en esta investigación se ejecuta con un enfoque cualitativo ya que motiva al investigador a emplear toda su habilidad intelectual con el fin que el marco teórico y metodológico sea llevado a cabo de forma exitosa, con repercusión en la resolución de problemas a través de procedimientos científicos, en el sentido más amplio de lo que significa la ciencia, sin prejuicios ni limitaciones metodológicas, con un profundo sentido ético y compromiso con la verdad, utilizando la ciencia para solucionar los problemas que más impactan a la población (Viramontes, 2024)

A través de la investigación descriptiva. El investigador tiene la posibilidad de ser un observador puro, participar como un observador, ser un participante observador o ser completamente un participante (Guevara et al. 2020) y la investigación evaluativa que es principalmente el procedimiento de emplear métodos científicos para recolectar pruebas válidas y confiables acerca de cómo y hasta qué punto un conjunto de actividades específicas genera resultados o efectos concretos (Ruthman, 1977) citado por (Alvira, 2024). Entonces la investigación es de tipo descriptiva-evaluativa ya que se busca evaluar y describir si el plan de cierre y abandono de la unidad productiva minera UPM el Roble fue diseñado conforme a la Normativa Ambiental Colombiana vigente.

Los instrumentos utilizados fueron la revisión documental específicamente, el desarrollo de habilidades instrumentales la cual se convierte en una guía en esta fase de la investigación, que posee una relevancia metodológica (Martínez et al. 2023) de acuerdo a las normativas nacionales aplicables al cierre y abandono de minas. Entre los principales documentos normativos que se analizaron se encuentran: el Código de Minas de Colombia, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, la ANM y las Guías técnicas del IDEAM para monitoreo ambiental.

Para la recolección de la información se realizó por medio de una encuesta también denominada sondeo de opinión pública donde se reconoce las necesidades y problemáticas de los ciudadanos, otorgando prioridad a los problemas en la región, entre otros aspectos. (Sánchez y Hernández, 2024) con preguntas abiertas a ocho personas que están en contacto frecuente con la mina como las autoridades ambientales (ANLA, CDMB, ANM), personal técnico y administrativo de la mina El Roble, líderes comunitarios y habitantes de la zona de influencia. Para la evaluación del cumplimiento normativo y técnico del cierre de la mina, se aplicarán criterios específicos de verificación, la existencia y actualización del plan de cierre aprobado por la ANM, la implementación de medidas de restauración ecológica, el cumplimiento de monitoreo ambientales requeridos (agua, suelo, biodiversidad), Aplicación de medidas de seguridad física y química post-cierre e inclusión de la comunidad en el proceso de planificación del cierre.

El análisis de resultados de la encuesta se realizó por medio de la triangulación En el contexto de una investigación cualitativa, la triangulación implica la aplicación de diversas tácticas para analizar un mismo fenómeno, como, por ejemplo, el uso de múltiples

técnicas (entrevistas individuales, grupos de discusión o talleres de investigación). Al realizar esto, se considera que las falencias de cada estrategia específica no se superponen con las de las demás, pero sí se añaden sus fortalezas (3). Se asume que, al emplear una única estrategia, los estudios son más susceptibles a prejuicios y fallos metodológicos propios de cada estrategia (3) y que la triangulación brinda la posibilidad de visualizar un problema desde distintos puntos de vista, incrementando así la validez y consistencia de los descubrimientos (Okuda y Gómez, 2005). En este caso para la triangulación se realizó un análisis de las respuestas de los encuestados, el punto de vista del investigador fundamentado esas respuestas con un autor que haya escrito sobre la temática

### **Análisis y discusión de resultados**

El análisis del plan de cierre de la unidad productiva minera UPM El Roble destaca lo crucial que es implementar medidas efectivas para reducir los impactos ambientales que la minería puede causar. También resalta la importancia de trabajar en conjunto con las comunidades locales y de tener un enfoque en la sostenibilidad a largo plazo, que son aspectos clave en el proceso de rehabilitación. A medida que se exploran estrategias integradas para la restauración ecológica y el control de la contaminación, es vital que quienes toman decisiones se mantengan atentos a las necesidades de la comunidad y a los nuevos desafíos que surgen debido al cambio climático. En resumen, para evaluar el plan de cierre, se deben revisar todos estos aspectos. Esto asegura que se entiende bien el impacto ambiental si se lograron las metas y se hicieron las acciones, el plan puede considerarse exitoso por ello a continuación se muestra el resultado de la encuesta por medio del análisis de datos por triangulación donde se da a conocer el resumen de las repuestas, seguido por la opinión del investigador y la sustentación de un autor experto en la temática.

#### **1. ¿Cuál fue el objetivo principal del cierre de esta mina de carbón?**

Encuestado 1: El objetivo principal fue garantizar la recuperación ambiental del área intervenida, prevenir riesgos futuros para el entorno y las comunidades, y asegurar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, restituyendo condiciones eco sistémicas adecuadas en el territorio de Samacá.

Encuestado 2: El objetivo principal fue garantizar la restauración ambiental del área intervenida, prevenir riesgos para la salud humana y el medio ambiente, y asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en Colombia, conforme a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 1525 de 2012.

Encuestado 3: Conforme a la normatividad ambiental colombiana vigente, el objetivo principal fue prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales generados durante la fase operativa, restaurando las condiciones del entorno natural y garantizando la estabilidad física, química y ecológica del área intervenida.

Encuestado 4: Incumplimiento de normatividad

Encuestado 5: Su principal objetivo es restaurar la zona al paisaje original, minimizando los efectos negativos dejados por la actividad minera, y garantizar la protección de la salud humana y el medio ambiente, manteniendo la estabilidad física y química de la zona afectada.

Encuestado 6: El objetivo principal del cierre fue garantizar la recuperación ambiental, la estabilidad del terreno y la seguridad de las comunidades al finalizar la vida útil de la explotación del carbón

Encuestado 7: Contaminación

Encuestado 8: Garantizar la recuperación ambiental del área intervenida.

Encuestado 9: Prevenir impactos futuros sobre ecosistemas y comunidades.

Encuestado 10: Cumplir con la normatividad ambiental y minera colombiana

Fuente, autor

De acuerdo con los encuestados el cierre de la mina buscó recuperar el área dañada. Esta meta es muy importante para asegurar que el lugar sea seguro y estable. Además, de buscar reducir los efectos negativos a largo plazo como se da a conocer en las respuestas que según el Decreto 1076 de 2015 y la Resolución 1525 de 2012, el cierre de la mina El Roble incluyó varias acciones entre estas el desmantelamiento de instalaciones y la estabilización de terrenos. También la restauración de suelos y el tratamiento de aguas contaminadas. Finalmente, revegetar el área y el cumplimiento del diseño de alternativas ambientales sostenibles para la rehabilitación de la mina después de su cierre, teniendo en cuenta las estrategias de restauración ecológica, las medidas para controlar la contaminación y las acciones para adaptarse al cambio climático. Además, es importante que las comunidades locales y los grupos interesados se involucren en el establecimiento de usos futuros del suelo y en la reducción de los efectos socioeconómicos.

Analizando las respuestas dadas a conocer por los encuestados se puede establecer que, el objetivo principal del cierre de la mina de El Roble fue dar cumplimiento al Decreto

1076 de 2015 que establece las reglas para cuidar el medio ambiente en Colombia. Este decreto se ocupa de la minería dando a conocer lo que las empresas deben hacer para el cierre de una mina por medio de un plan que contribuya a prevenir y reducir el daño al medio ambiente. Por su parte, la Resolución 1525 de 2012 proporciona detalles sobre cómo hacer y revisar los planes de cierre. Esta resolución menciona qué deben incluir esos planes y cómo deben ser evaluados. Además, las autoridades ambientales deben supervisar estos procesos. Por lo tanto, existen reglas claras que las empresas deben seguir.

La planificación del cierre de minas es un proceso esencial y complejo que requiere una atención cuidadosa a diversos factores ambientales y sociales. Las empresas deben seguir los lineamientos establecidos y garantizar la participación de expertas y autoridades para la elaboración y actualización de estos planes. Al enfocarse en la sostenibilidad y la adaptación a las condiciones locales, se puede mitigar el impacto de las actividades mineras y asegurar que se cumplan las responsabilidades ambientales una vez terminada la explotación (Pinzón, 2022)

## 2. ¿Cuánto tiempo se ha estado trabajando en el proceso de cierre y cuáles son las etapas principales?

Encuestado 1: El proceso de cierre se ha desarrollado durante los últimos años en etapas clave: planeación, ejecución, monitoreo y post-cierre. Incluye actividades como el desmantelamiento de infraestructura, revegetación, manejo de residuos, y seguimiento ambiental para asegurar la estabilización ecológica.

Encuestado 2: • Planificación del cierre

- Cierre progresivo
- Cierre final
- Post-cierre o monitoreo ambiental

Encuestado 3: El proceso de cierre ha tenido una duración de aproximadamente 3 años, dividido en las siguientes etapas: (1) planificación y diseño del cierre, (2) desmantelamiento y limpieza, (3) rehabilitación y revegetación, (4) monitoreo y seguimiento post-cierre. Cada fase ha sido coordinada con la autoridad ambiental.

Encuestado 4: 1 año

Encuestado 5: 1 años Aprox

Encuestado 6: Planificación, ejecución y monitoreo post cierre y el tiempo entre 2 y 5 años

Encuestado 7: 1 años aproximadamente por 4 etapas 1 planificación del cierre 2 cierre progresivo 3 cierre final 4 cierre ambiental

Encuestado 8: Cierre inicial (planificación)

Cierre progresivo (durante la operación)

Encuestador 9: Cierre final (desmantelamiento)

Encuestador 10: Pos-cierre (monitoreo y mantenimiento)

Fuente, autor

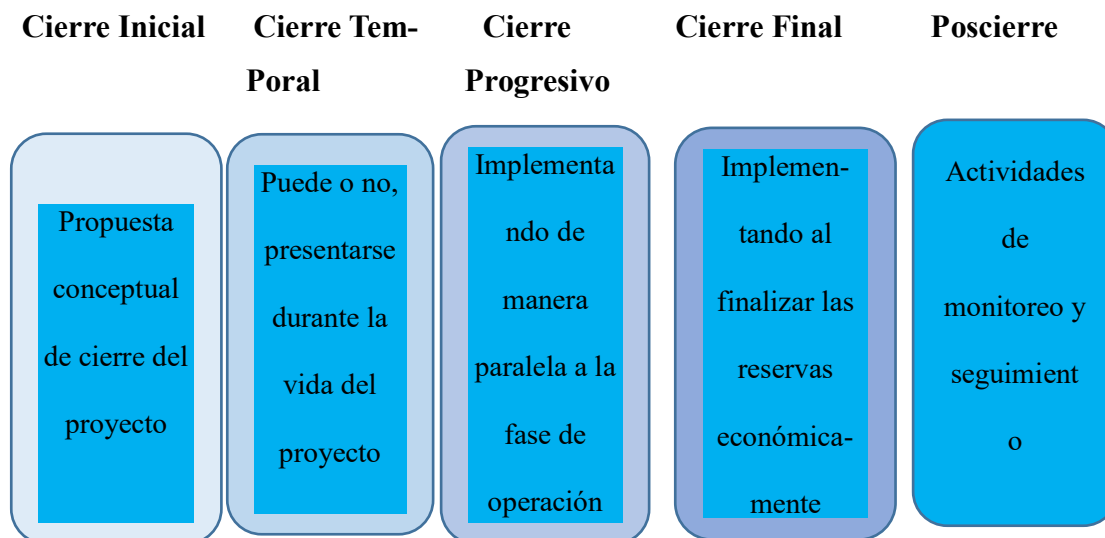
Según lo dado a conocer por los encuestadores el proceso de cierre de la mina El R Roble lleva aproximadamente entre un año y cinco años dando también a conocer que varios de ellos son conocedores del proceso de cierre.

Cerrar una mina de carbón es un proceso importante. Este proceso tiene varias etapas y requiere mucha reflexión. Primero, se planifica el cierre luego, se debe restaurar el lugar. El cierre de una mina no solo se trata de dejar de extraer carbón, sino que también se debe cuidar el medio ambiente. Además, es importante considerar cómo afecta a la comunidad ya que, la minería puede tener impactos negativos, y eso se debe manejar bien. Por eso, se deben tomar decisiones cuidadosas siendo fundamental que las personas involucradas en el cierre de la mina piensen en el futuro del lugar. Así, se puede asegurar que todo se maneje correctamente. La planificación adecuada puede ayudar a evitar problemas si al final, el objetivo es que el sitio sea seguro y útil para todos. Las etapas son: 1) Planificación que incluye la evaluación ambiental, estudios sociales, diseño de medidas de cierre, planes de transición, rehabilitación del sitio y monitoreo y mantenimiento. 2) ejecución se implementan las acciones definidas en el plan de cierre, que pueden incluir Demolición de estructuras, Tratamiento de residuos, Restauración del terreno, Gestión del agua, Reubicación de trabajadores, Desarrollo de actividades económicas alternativas. 3) Monitoreo y mantenimiento. Garantizar la estabilidad en términos físicos y químicos del lugar, Analizar cuán efectivas son las acciones de cierre y asegurar la sustentabilidad del sitio restaurado.

La figura 2 muestra los (5) cinco escenarios de cierre que pueden surgir durante el ciclo de vida de una explotación minera. Estos escenarios deben estar vinculados en el PCA que el titular minero proporciona a la ANLA en la petición de licencia ambiental, y también están incluidos en el Estudio de Impacto Ambiental - EIA, en la sección de planes y programas correspondientes. El PCA se verifica y ratifica en la licencia ambiental, y luego se actualiza durante el periodo de duración del proyecto. Para alcanzar los mejores resultados en la implementación de un cierre minero, el proyecto debe diseñar e incorporar el plan de cierre desde la etapa de edificación, y llevarlo a cabo paralelamente a la etapa de operación, persistiendo más allá del agotamiento de reservas económicamente explotables, es necesario exponer técnicamente la información vinculada con las actividades a llevar a cabo (Pinzón, 2022)

Figura 3

*Cierres durante la vida útil de los proyectos mineros*



Fuente, autor

### 3. ¿Cómo se asegura el cumplimiento de la normativa ambiental en todas las fases del cierre?

Encuestador 1: Se garantiza mediante la implementación del Plan de Cierre aprobado por la autoridad ambiental (ANLA o Corpoboyacá), el cumplimiento de los condicionantes de la licencia ambiental, auditorías técnicas, informes periódicos y supervisión continua por parte de las autoridades competentes.

Encuestador 2: A través de la implementación del Plan de Manejo Ambiental, el seguimiento por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y las corporaciones autónomas regionales, así como auditorías ambientales periódicas y el cumplimiento de las condiciones establecidas en los permisos.

Encuestador 3: A través de la implementación de un Plan de Cierre aprobado, la ejecución de medidas correctivas y preventivas, el seguimiento ambiental mediante indicadores, auditorías internas y externas, y la entrega de informes periódicos a la autoridad ambiental (ANLA o autoridad regional)

Encuestador 4: Por seguimiento

Encuestador 5: Res 1076

Encuestador 6: Mediante una auditoría y monitoreo constantes

Encuestador 7: A través de la implementación del plan de manejo licencia ambiental

Encuestador 8: Aplicación de la Ley 685 de 2001 (Código de Minas) y Decreto 1076 de 2015.

Encuestador 9: Supervisión por la ANLA y la (ANM).

Encuestador 10: Auditorías ambientales y seguimiento técnico

Fuente, autor

Según las respuestas de los encuestados, la normativa ambiental se cumple durante todas las etapas del cierre a través de los siguientes instrumentos: el plan de cierre, el plan de manejo ambiental, el código de minas y la implementación del Decreto 1076 de 2015. Además, se considera la supervisión realizada por la ANLA y la ANM.

Para garantizar que las regulaciones ambientales aplicables al plan de cierre se cumplan y sean efectivas El Roble debe adoptar una perspectiva holística que busque planificar, implementar y realizar un seguimiento a las actividades de cierre. Es decir, recuperar el área afectada y prevenir que queden efectos dañinos a largo plazo. Lo anterior significa cumplir con las regulaciones medioambientales que estén en vigor al momento de la clausura, las cuales están regidas por la Ley 685 de 2001 (Código de Minas) y su reglamentación, así como por las medidas propias de la (ANLA).

Lo esencial que es tener un proceso bien organizado para el cierre y la restauración de minas una vez que se han agotado sus recursos. Con una planificación adecuada y una integración temprana, además de contar con la aprobación de las autoridades mineras, se puede garantizar que el impacto ambiental se reduzca de manera efectiva. Esto tiene efectos positivos tanto para la ecología local como para la sostenibilidad de la industria minera en su conjunto. Prestar atención a estos aspectos es fundamental para el futuro de las prácticas mineras responsables y efectivas CREER, (2023)

#### 4. ¿Qué tipo de permisos y autorizaciones ambientales se han obtenido para el cierre?

Se han tramitado permisos relacionados con vertimientos, aprovechamiento forestal, manejo de residuos peligrosos, ocupación de cauces, y la aprobación del plan de cierre y abandono

- Modificación de la Licencia Ambiental
- Permisos de vertimientos
- Permisos de ocupación de cauce
- Conceptos técnicos para revegetación
- Aprobaciones del Plan de Restauración Ecológica

Se obtuvieron permisos de vertimientos, autorización para disposición final de residuos peligrosos y no peligrosos, permiso de intervención de cauces si fue requerido, y aprobación del Plan de Cierre por parte de la autoridad competente.

Por la 1073

Licencia Ambiental

Aprobación de plan de cierre, permisos de vertimientos, autorización de manejo de residuos y una licencia ambiental modificatoria

Licencia ambiental

Licencia ambiental otorgada por la ANLA.

Permisos de vertimientos, emisiones atmosféricas y uso de recursos hídricos

Fuente, autor

Los encuestados dieron a conocer que los permisos y autorizaciones que han obtenido para el cierre de la mina El Roble son la licencia ambiental, la disposición final de residuos peligrosos, la aprobación del plan de cierre y los permisos de vertimientos, emisiones atmosféricas y uso de recursos hídricos.

En Colombia, para empezar a operar una mina de carbón, es fundamental presentar un Plan de Cierre y Abandono ante la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Este plan tiene que garantizar la estabilidad del área, la protección del medio ambiente y el bienestar de las comunidades cercanas. Además, se necesitan permisos como la Licencia Ambiental y la autorización de la Autoridad Minera. La mina El Roble ya ha cumplido con todos estos requisitos.

lo crucial que es seguir los procedimientos adecuados y obtener las licencias necesarias para asegurar que las operaciones mineras en Colombia se realicen de manera responsable y respetuosa con el medio ambiente. Al cumplir con el Plan bajo la supervisión de las autoridades competentes, se busca reducir el impacto ambiental y garantizar la restauración de las áreas afectadas una vez que concluyan las actividades mineras. Este enfoque demuestra un firme compromiso con la sostenibilidad y el cuidado de los recursos naturales en el país CREER, (2023)

## 5. ¿Se han cumplido los plazos y condiciones?

Hasta la fecha, se han cumplido en su mayoría los plazos y condiciones establecidos por las autoridades ambientales. Se han presentado informes de avance y seguimiento, y se han implementado ajustes según recomendaciones técnicas.

Sí. El proceso se ha llevado a cabo conforme a los cronogramas establecidos, con algunos ajustes derivados de evaluaciones técnicas y condiciones climáticas, pero sin comprometer el objetivo ambiental final.

Sí, las actividades del Plan de Cierre se han ejecutado dentro de los plazos establecidos y bajo las condiciones técnicas y ambientales definidas en las resoluciones y licencias otorgadas. Se han reportado avances de manera oportuna.

No

Más o menos

No estoy seguro de si se han cumplido o no los plazos

Hasta la fecha si

Deben estar definidos en el Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Se evalúan mediante cronogramas y metas verificables

Fuente, autor

Según las respuestas dadas ellos argumentan en su mayoría que se ha cumplido con los plazos y condiciones, aunque otros no están seguros de dicho cumplimiento.

El cierre de una mina es un proceso que debe ser planificado desde las primeras etapas de la mina ya que involucra una serie de fases y transformaciones, condiciones y plazos que varían por tipo de proyecto y regulaciones locales. Un Plan de Cierre y Abandono detallado es vital y debe ser coordinado y aprobado por las autoridades competentes de acuerdo a ello la mina El Roble ha cumplido con dichas directrices.

En el plan es necesario en las distintas fases a lo largo del ciclo de vida del proyecto minero, razón por la cual se definen los tipos de cierre: inicial, progresivo, temporal, final, parcial y postcierre. En cada una de estas fases de cierre, es imprescindible que se examinen y evalúen las modificaciones provocadas y se elaboren programas que se ajusten a la recuperación de las condiciones físicas existentes. Agencia Nacional de Minería, (2024). Entonces, cada proyecto es distinto, el tiempo de finalización puede ser determinado por el tipo de minería y su magnitud, la complejidad de su funcionamiento, las repercusiones de la mina en el entorno, la eficacia en la puesta en marcha de acciones durante el cierre gradual, y la implicación de los actores involucrados. El cierre se extenderá hasta que la autoridad ambiental confirme que el área afectada puede mantenerse estable a lo largo del tiempo sin requerir intervención humana (Pinzón, 2022)

## 6. ¿Cuál es el estado actual de los informes de seguimiento ambiental y las auditorías realizadas durante el proceso de cierre?

Se han entregado informes técnicos periódicos de seguimiento ambiental conforme a lo exigido por la autoridad ambiental competente. Estos informes han sido auditados y evaluados por CORPOBOYACÁ y/o la ANLA, incluyendo verificaciones de cumplimiento de indicadores de revegetación, calidad de agua, manejo de residuos y estabilidad geotécnica.

Los informes de seguimiento se encuentran actualizados y presentados ante la autoridad ambiental competente. Las auditorías han evidenciado un cumplimiento general de las obligaciones ambientales, con recomendaciones menores que fueron corregidas oportunamente.

Se han entregado todos los informes de seguimiento exigidos por la autoridad ambiental. Las auditorías realizadas evidencian el cumplimiento de los compromisos ambientales y han permitido ajustes cuando ha sido necesario. La documentación está actualizada y disponible.

Regulares

No se ha llevado un seguimiento

No estoy seguro de su estado actual

Se ha entregado informe

Informes periódicos de seguimiento ambiental.

Auditorías técnicas y sociales por entidades competentes

Fuente, autor

Ante esta pregunta las respuestas son variadas algunos encuestados argumentan que se ha cumplido con los informes requeridos tanto por CORPOBOYACÁ como por la ANLA donde se han emitido correcciones mínimas corregidas oportunamente, a su vez otros argumentan que no se ha llevado seguimiento o desconocen dicho proceso.

Para llegar al cierre de una mina, de forma ecológicamente correcta, se requiere la producción y presentación de múltiples informes y planes; resultando en Los documentos más importantes que la autoridad ambiental correspondiente debe conocer y aprobar son el Plan de Cierre y Abandono y el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) detallado

Se requiere un análisis exhaustivo de documentos técnicos, financieros y legales para llevar a cabo los Planes de Cierre de Minas y el Abandono de Infraestructura. Además, es importante sugerir herramientas administrativas y definir claramente los roles de autoridad (M&M estudio jurídico, s.f.)

### 7. ¿Cómo se está manejando el drenaje ácido de mina (si aplica)?

Se ha implementado un sistema de manejo preventivo y correctivo que incluye el control de la exposición de sulfuros, sistemas de neutralización y canales de conducción de aguas, evitando la generación de drenaje ácido.

Se implementaron sistemas de captación, neutralización y tratamiento, además de canales perimetrales para desviar aguas limpias. Se construyeron piscinas de sedimentación y pozos de control para prevenir la contaminación de fuentes hídricas.

Se ha implementado un sistema de control y tratamiento de drenaje ácido mediante neutralización con cal, construcción de canales revestidos, estanques de sedimentación y humedales artificiales. Se realiza monitoreo constante de pH, metales y caudales de descarga.

No aplica

No

No sé cómo se está manejando

Si por medio de sistema de prevención

No se maneja

Fuente, autor

Los encuestados dan a conocer que, se ha establecido un sistema de gestión preventiva y correctiva que abarca la regulación de la exposición de sulfuros, sistemas de neutralización y canales para el flujo de agua, previniendo la aparición de drenaje ácido. También, sistemas de recolección, neutralización y tratamiento, junto con canales perimetrales para el desvío de aguas puras, la edificación de piscinas de sedimentación y pozos de control con el objetivo de evitar la polución de fuentes de agua. A su vez un sistema para regular y tratar el drenaje ácido a través de la neutralización con cal, la edificación de canales revestidos, los estanques de sedimentación y los humedales artificiales llevando a cabo un seguimiento continuo de pH, metales y flujos de descarga. Por otro lado, algunos dicen que esto no aplica para la mina El Roble y otros desconocen su manejo.

La gestión del drenaje ácido de mina (DAM) de carbón se centra en prevenir, regular y tratar el agua ácida producida debido a la oxidación de minerales sulfurosos que durante el proceso minero están expuestos al aire y al agua. Las estrategias comprenden técnicas pasivas y activas, además de buenas prácticas en el funcionamiento de la minería para reducir su creación e influencia, la exposición al agua y al oxígeno, regular la emisión de agua, "In situ" neutralización, con cal, sistemas de inyección y dosis, humedales

sintéticos, filtros de roca lítica, organización y seguimiento a largo plazo y formación y recursos post-cierre. Entonces se puede estipular que la mina El Roble ha dado cumplimiento a estas acciones

El DAR se produce a través de la oxidación natural de los minerales sulfurados cuando están en contacto con el agua y el aire. No obstante, si el material sulfuroso es expuesto al aire y al agua en un proyecto minero, el drenaje que se deriva se denomina Drenaje Ácido Minero (DAM). Se han establecido las siguientes directrices estratégicas que pueden asistirles en la identificación de las actividades concretas a llevar a cabo. Para cada estrategia se definieron directrices (Minenergía, 2020)

#### 8. ¿Qué medidas se están tomando para proteger la calidad del agua superficial y subterránea?

Se han implementado barreras físicas, revegetación de zonas intervenidas, sellado de galerías y pozos, y monitoreo constante de parámetros fisicoquímicos del agua. Estas acciones buscan prevenir infiltraciones de contaminantes y garantizar la conservación de fuentes hídricas cercanas.

- Monitoreo periódico de calidad de agua.
- Sellamiento de galerías.
- Instalación de filtros naturales y vegetación buffer.
- Construcción de canales de escorrentía.

Se han instalado barreras físicas, canales de desviación, estanques de retención, y filtros naturales para controlar escorrentías contaminadas. Además, se realiza monitoreo hidrogeoquímico regular para detectar cualquier alteración en los acuíferos o fuentes superficiales cercanas

Ninguna

El cierre de la mina

No conozco qué medidas están tomando

La revegetalización

Creo que ninguna

Fuente, autor

De acuerdo a las apreciaciones de los encuestados se han implementado barreras físicas, revegetación, sellado de galerías y pozos, y monitoreo de la calidad del agua para prevenir contaminantes y conservar fuentes hídricas. También se han construido canales de

escorrentía y filtros naturales. También algunos manifiestan que desconocen los procesos y una persona argumenta que se llevó a cabo el cierre de la mina.

Es fundamental llevar a cabo acciones para proteger la calidad del agua, tanto la superficial como la subterránea, al cerrar una mina de carbón. Estas acciones incluyen el manejo adecuado de las aguas residuales, la regulación de la escorrentía, la gestión de los relaves y la recuperación del suelo. Además, es crucial establecer sistemas de monitoreo continuo para detectar cualquier problema potencial y garantizar que las medidas de mitigación tengan éxito. Según la revisión del plan para el cierre y el abandono de la mina El Roble se ha cumplido con lo establecido.

En minería subterránea, el agua es clave para la liberación y el traslado de gases nocivos, como el dióxido de carbono, el ácido sulfhídrico y el metano. La calidad del aire y la seguridad laboral se ven perjudicadas cuando estos gases son liberados al medio ambiente durante las actividades mineras. Se analizan tres factores importantes: los acuíferos, que pueden liberar gases disueltos al ser perturbados; la extracción de agua, que afecta la disponibilidad hídrica y el equilibrio hidrogeológico; y cómo estos cambios incrementan el riesgo de atmósferas viciadas en las minas. El flujo de agua subterránea puede transportar gases hacia las minas, dependiendo de las acciones mineras, la permeabilidad y la topografía. La permeación de agua superficial puede generar reacciones que desprenden gases nocivos, tales como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) ANM y UPTC, (2024)

### 9. ¿Cómo se está controlando la contaminación hídrica?

Mediante la canalización de aguas lluvias, sistemas de tratamiento de aguas residuales generadas durante las labores de cierre, control de escorrentía superficial y monitoreo permanente. También se ha trabajado en el aislamiento de residuos y materiales potencialmente contaminantes.

Con sistemas de tratamiento de aguas, contención de lixiviados, obras de drenaje superficial y seguimiento mediante análisis físico-químicos periódicos en cuerpos de agua.

Mediante tratamiento de aguas residuales, control de escorrentías, adecuación de sistemas de captación y conducción de aguas limpias, y monitoreo en puntos críticos de vertimiento y cuerpos de agua cercanos, según lo establecido en el plan de manejo.

Por seguimiento con diferentes pruebas de laboratorio

No hay mucha contaminación hídrica

No sé cómo están controlando la contaminación sin embargo se debería hacer mediante un sistema de tratamiento , un monitoreo constante de aguas superficiales y subterráneas, barreras físicas e informes periódicos a CORPOBOYACÁ

Con sistemas de tratamiento

Control de escorrentía con malla

Fuente, autor

Según las respuestas de las personas que tienen mayor contacto con la mina dan a conocer que se están canalizando aguas lluvias y se han implementado sistemas para tratar aguas residuales controlando la escorrentía superficial. También se trabaja en el aislamiento de residuos potencialmente contaminantes realizando análisis físico-químicos periódicos controlando la contaminación con un sistema de tratamiento, monitoreo constante de aguas y barreras físicas. Además, de enviar informes periódicos a CORPOBOYACÁ.

La contaminación del agua durante el cierre se gestiona mediante la implementación de estrategias de manejo y tratamiento de aguas, así como la recuperación de terrenos que han sido contaminados. Estas acciones buscan prevenir o minimizar el impacto negativo en la calidad del agua, tanto superficial como subterránea, durante y después del cierre de la mina como se ha implantado en el plan.

Las soluciones no se obtienen tanto de la expedición de una normativa que categorice la minería por su tamaño, es decir, si es de pequeña, mediana o gran magnitud, y de esta manera establecer las competencias, (el intento de clasificación de esta manera no solucionará ningún problema), sino de considerar elementos que influyen de manera estructural, incluyendo: el correcto tratamiento que se proporciona a los impactos en los márgenes de tolerancia de los ecosistemas y las sociedades, los objetivos del trabajo empresarial, la moral de los empresarios y la habilidad del Estado para garantizar el cumplimiento de las normativas. Benedetti, (2004)

#### 10. ¿Qué estrategias se están implementando para la revegetación y estabilización del suelo?

Se ha realizado la cobertura de áreas intervenidas con suelo fértil, siembra de especies nativas adaptadas al ecosistema local y control de la erosión mediante técnicas de bioingeniería. Estas estrategias buscan recuperar la funcionalidad del ecosistema y evitar procesos de degradación del suelo.

- Siembra de especies nativas.
- Aplicación de coberturas orgánicas (mulching).

- Técnicas de bioingeniería para taludes.
- Control de erosión mediante barreras vivas

Se está utilizando hidrosiembra, siembra de especies nativas, colocación de mantos orgánicos, construcción de terrazas y drenajes para estabilizar taludes y controlar erosión. Se evalúa periódicamente la cobertura vegetal lograda.

Con plantación de diferentes

La siembra de especies nativas

No sé cuál estrategia están implementando

La siembra de especies nativas

Especies Nativas

Fuente, autor

Teniendo en cuenta las respuestas se ha trabajado en restaurar áreas utilizando suelo fértil, sembrando especies nativas y controlando la erosión con bioingeniería. Se aplican técnicas como el mulching, hidrosiembra, construcción de terrazas y drenajes. Se evalúa la cobertura vegetal y se busca evitar la degradación del suelo.

En el proceso de clausura de una mina de carbón, se busca la revegetación y estabilización del terreno mediante diversas tácticas. Estas incluyen la recuperación ecológica, la selección de especies nativas. El objetivo de estas acciones es restaurar el ecosistema que ha sido dañado por la minería y asegurar la estabilidad a largo plazo de la región.

La habilidad para recuperar exitosamente un ecosistema dependerá de una amplia gama de saberes, tales como: el estado del ecosistema antes y después de la alteración, el grado en que se modificaron los suelos, la geomorfología y la hidrología, las causas que causaron el perjuicio; la información acerca de las condiciones ambientales a nivel regional, así como la interacción entre factores naturales ecológica, cultural e histórica; la presencia de la biota autóctona requerida; y la presencia de la biota autóctona requerida. (Vargas, Díaz, Reyes y Gómez, 2012) citado en Vanegas, (2018)

Este documento sugiere trece etapas esenciales para la recuperación ecológica, las cuales son: Establecer el ecosistema o la comunidad objetivo, analizar la condición presente del ecosistema que se pretende recuperar, establecer los niveles y escalas de la organización, definir las escalas y estructuras de perturbación, conseguir la implicación de la comunidad, estudiar la capacidad de reconstrucción del ecosistema (Vargas, Díaz, Reyes y Gómez, 2012) citado en Vanegas, (2018)

### 11. ¿Cómo se está gestionando el material de desmonte y las áreas afectadas por la excavación?

El material de desmonte ha sido clasificado y reutilizado en procesos de relleno controlado y recuperación morfológica del terreno. Las áreas excavadas han sido estabilizadas y acondicionadas para evitar deslizamientos, erosión o riesgos geotécnicos. Se prioriza el uso de materiales inertes y se evita la disposición en zonas sensibles.

El material estéril se ha reubicado en zonas controladas, compactado y cubierto con tierra vegetal. Las áreas excavadas se rellenaron, nivelaron y revegetaron conforme al plan de manejo.

El material ha sido dispuesto en zonas autorizadas, estabilizado y revegetado. Las áreas excavadas han sido reconfiguradas topográficamente y rehabilitadas ecológicamente para minimizar riesgos de erosión y mejorar el paisaje.

siguiendo protocolos específicos para minimizar impactos ambientales y garantizar la seguridad

siguiendo protocolos específicos para minimizar impactos ambientales y garantizar la seguridad

Se hace a través de una estabilización de escombreras , un manejo efectivo de residuos , una estabilización morfológica y monitoreo constante post cierre pero no sé si se esté llevando acabo de esta manera

Ubicación en zonas de control

Reubicación del material en zonas seguras.

Fuente, autor

El material de desmonte se ha clasificado mediante el reutilizado para el relleno controlado y la recuperación del terreno. Se han estabilizado las áreas excavadas para prevenir deslizamientos y erosión, usando materiales inertes evitando zonas sensibles. Además, el material estéril se ha compactado cubriendo la tierra vegetal. Las áreas excavadas han sido rehabilitadas para minimizar riesgos ambientales, siguiendo protocolos específicos. Se realizan monitoreos constantes post cierre para asegurar la efectividad de estas acciones.

En el proceso de clausura de una mina, se busca la revegetación y estabilización del terreno mediante diversas tácticas. Estas incluyen la recuperación ecológica, la selección de especies nativas. El objetivo de estas acciones es restaurar el ecosistema que ha sido dañado por la minería y asegurar la estabilidad a largo plazo de la región.

La recuperación ecológica de la economía a pesar de que hay otros enfoques para mitigar los perjuicios provocados a los ecosistemas por actividades humanas, como la

rehabilitación y recuperación, se recurre a la restauración ecológica asistida. Esto se debe a que la minería deja zonas deforestadas y presenta materiales inadecuados para el crecimiento de la vida, obstaculizando la aparición de flora autóctona y colonizadora en estas zonas; de esta manera, la región se torna inhóspita para la vida silvestre. La aplicación de este método respalda el incremento de la biodiversidad y la recuperación de los servicios ecosistémicos ofrecidos por esta región (Arango y Olaya, 2012; Vargas y Reyes, 2011) citado por Vanegas, (2018)

## 12. ¿Qué medidas se han tomado para controlar la emisión de material particulado y otros contaminantes atmosféricos durante el cierre?

Se han implementado riegos periódicos con agua en zonas de tránsito, cubrimiento de materiales sueltos, reforestación para disminuir el polvo en suspensión, y limitación de actividades en días con condiciones climáticas adversas. Además, se lleva a cabo monitoreo de la calidad del aire.

- Humectación de vías y áreas expuestas.
- Uso de barreras cortaviento.
- Restricción de actividades en días con vientos fuertes.
- Mantenimiento de maquinaria para evitar emisiones

Se ha realizado riego de vías y zonas expuestas, cubrimiento de pilas de material, implementación de barreras vegetales y monitoreo de calidad del aire. Además, se retiraron equipos emisores y se evitaron trabajos en condiciones climáticas desfavorables.

reducir la movilidad vehicular, promover el transporte público, implementar restricciones a actividades industriales y promover prácticas sostenibles en el hogar y el lugar de trabajo.

Reducir la movilidad vehicular, promover el transporte público, implementar restricciones a actividades industriales y promover prácticas sostenibles en el hogar y el lugar de trabajo.

No tengo conocimiento de qué medidas se han tomado

Reducción de movilidad vehicular

Humectación de vías y áreas expuestas.

Fuente, autor

Se han implementado riegos periódicos y cubrimiento de materiales sueltos para disminuir el polvo en el aire. También se realizan medidas como la reforestación y la limitación de actividades en días con mal tiempo. Se monitorea la calidad del aire y se usan barreras cortaviento. Se restringen actividades en días de viento fuerte y se evita el uso de

maquinaria contaminante. Se busca reducir la movilidad vehicular y promover el transporte público y prácticas sostenibles.

Durante el cierre, se han implementado diversas acciones para controlar la liberación de partículas en el aire y otros contaminantes. El enfoque principal ha sido reducir las fuentes de contaminación, tanto móviles como fijas, y promover el uso de energías renovables. Estas iniciativas incluyen restricciones para los vehículos, el fomento del transporte público y opciones de movilidad sostenible, así como regulaciones sobre las emisiones industriales.

La Estrategia Nacional de Calidad del Aire tiene dos metas aumentar al 35 % el número de estaciones que cumplen con el objetivo 3 de la OMS para PM10 y para PM2,5. El objetivo final es llegar al 100 % de estaciones en cumplimiento con estas normas, según la Resolución 2254 de 2017. El logro de estas metas depende del esfuerzo conjunto de autoridades ambientales, sectores como salud y transporte, el sector privado y la academia.

### 13. ¿Qué acciones se están llevando a cabo para minimizar y mitigar los impactos en la flora y fauna local?

Se han implementado corredores ecológicos, revegetación con especies nativas, control del ruido y las emisiones, y restricción de actividades durante temporadas reproductivas de fauna. También se han desarrollado jornadas de sensibilización ambiental con los trabajadores y la comunidad local.

- Reubicación de fauna silvestre.
- Reforestación con especies autóctonas.
- Creación de corredores ecológicos.
- Monitoreo de especies sensibles.

Programas de rescate y reubicación de fauna, reforestación con especies nativas, conservación de corredores ecológicos, exclusión de áreas sensibles durante actividades, y actividades de educación ambiental dirigidas al personal y comunidades.

la restauración de ecosistemas, la creación de corredores biológicos, la promoción de la agricultura sostenible y la educación ambiental

la restauración de ecosistemas, la creación de corredores biológicos, la promoción de la agricultura sostenible y la educación ambiental

No sé qué acciones están llevando acabo

Reforestación

Corredores biológicos.

Fuente, autor

Se han implementado diversas acciones para la conservación ambiental, incluyendo la creación de corredores ecológicos, revegetación con especies nativas, control de ruidos y emisiones, restricción de actividades en temporadas reproductivas de fauna, jornadas de sensibilización ambiental para trabajadores y comunidades locales, programas de rescate y reubicación de fauna silvestre, la reforestación con especies autóctonas y el monitoreo de especies sensibles son esenciales y otras iniciativas que incluyen la promoción de la agricultura sostenible y la educación ambiental, así como la restauración de ecosistemas.

Para mitigar el impacto en la flora y fauna durante el cierre de una mina de carbón, es crucial desarrollar un Plan de Cierre de Minas que contenga medidas como la administración de desechos, la reforestación, el manejo de erosión y la restauración del hábitat. Asimismo, es esencial que la comunidad participe y garantizar que el proceso sea transparente y claro.

La conversión de antiguos lugares de minería en reservas naturales es una de las tácticas más significativas para transformar zonas afectadas en zonas de preservación. Esto conlleva la restauración de los ecosistemas impactados para establecer zonas protegidas que estimulen la biodiversidad y brinden un lugar para la investigación científica y el turismo ecológico EADIC, (2025)

#### 14. ¿Cómo se ha involucrado a las comunidades locales, autoridades ambientales y otras partes interesadas en el proceso de cierre?

Se han realizado jornadas de socialización del Plan de Cierre con las comunidades vecinas, mesas de diálogo con líderes locales, consultas con autoridades ambientales como CORPOBOYACÁ y reuniones con actores institucionales. También se ha promovido la participación comunitaria en actividades de monitoreo y restauración ecológica.

- Mesas de concertación
- Talleres comunitarios
- Socialización del plan de cierre
- Participación en jornadas de siembra y monitoreo

Se han realizado reuniones informativas, talleres participativos, jornadas de socialización, acuerdos con líderes comunitarios y coordinación continua con autoridades locales y ambientales. También se ha promovido la inclusión de mano de obra local.

Si

La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) también ha desarrollado estrategias para asegurar una participación efectiva e incluyente en los procesos de

cierre, reconociendo el papel fundamental de las comunidades en la protección del medio ambiente

A través de veedurías ciudadanas e informes públicos

A través de las juntas de acción comunal

Mesas de diálogo con comunidades y autoridades.

Fuente, autor

Se han realizado sesiones de socialización del Plan de Cierre con comunidades vecinas, promoviendo la participación a través de mesas de diálogo, talleres y encuentros informativos. Las acciones incluyen consultas con entidades medioambientales como CORPOBOYACÁ y se ha fomentado la participación de trabajadores locales. La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) ha puesto en marcha tácticas para asegurar una participación integral y eficaz, reconociendo la importancia fundamental que tienen las comunidades a la hora de proteger el medio ambiente mediante veedurías ciudadanas, que difunden informes públicos, garantizan que el proceso sea transparente e involucran a los ciudadanos de manera activa en el monitoreo y la restauración ecológica.

Es crucial que las comunidades locales, las autoridades ambientales y otros actores involucrados participen activamente en el cierre para asegurar que la transición sea justa y sostenible. Esto implica crear espacios de diálogo abiertos y transparentes donde se puedan discutir las preocupaciones, necesidades y propuestas de cada grupo, así como trabajar juntos en un plan de cierre que considere los aspectos ambientales, sociales y económicos.

Desarrollar una estrategia de comunicación efectiva con los grupos de interés es clave para informar sobre las actividades del proyecto minero y sus implicaciones socioeconómicas. Es fundamental que estos grupos comprendan las fases del ciclo de vida del proyecto, así como las actividades relacionadas con su cierre y desmantelamiento. Para ello, el interesado debe proporcionar detalles sobre cómo se estructuran dichas actividades y convocar a un proceso participativo que permita mejoras en las estrategias propuestas, previniendo impactos negativos en las comunidades locales. Además, es esencial crear y consolidar una base de datos de actores sociales vinculados al proyecto para facilitar la articulación de la comunicación. Considerar el entorno, los medios de comunicación y la disposición de tecnologías de la información y comunicación (TIC) es crucial para la divulgación de información. También se deben identificar espacios y horarios adecuados para encuentros con los grupos de interés. Finalmente, establecer canales de atención para

atender observaciones, quejas y sugerencias garantizará que se escuchen las voces de las comunidades afectadas y se fomente un cierre responsable del proyecto Pinzón, (2022)

15. ¿Cuáles son las actividades de monitoreo y mantenimiento post-cierre que se realizarán? ¿Por cuánto tiempo?

Evaluación de indicadores por recuperación

Seguimiento ambiental por mínimo 1 año

Seguimiento ambiental

Evaluación de indicadores por recuperación

Llevar acabo un monitoreo de especies nativas

Evaluación de indicadores por recuperación

Llevar acabo un monitoreo de especies nativas y cómo se comporta el suelo después de la explotación 6 meses

Evaluación de indicadores por recuperación

Fuente, autor

Según los encuestados el proceso de monitoreo y mantenimiento poscierre se ha realizado según los indicadores de recuperación como mínimo un año.

En una mina de carbón, las labores de vigilancia y conservación después del cierre se enfocan en garantizar la estabilidad química y física de la zona, evitar la contaminación y rehabilitar el terreno para su uso seguro y sustentable. Esto abarca el seguimiento del estado del agua y la tierra, la estabilidad de los taludes y las estructuras, además de la restauración de la vegetación.

El proceso de monitoreo y mantenimiento busca definir y alcanzar la meta del cierre, considerando cada situación (cierre inicial, cierre temporal, cierre progresivo, cierre final y poscierre), elementos esenciales a incorporar para la gestión de impactos al medio abiótico, biótico y socioeconómico. En este contexto, se recomienda realizar actividades vinculadas con la conformación, restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica, estabilización fisicoquímica del área afectada, y estrategias de comunicación (Pinzón, 2022)

La contaminación del agua puede ser causada por aguas ácidas provenientes de la minería y por el lixiviado de materiales. Además, la liberación de gases como el CO<sub>2</sub> y el metano contribuye al cambio climático. Por si fuera poco, el cierre de la mina provoca

erosión, pérdida de tierras fértiles y contaminación del suelo debido a la alteración del terreno y la acumulación de desechos.

**Tabla 2**

*Matriz de impactos ambientales*

<i>Tipo de impacto</i>	<i>Efecto</i>	<i>Detalle</i>
<i>Contaminación Hídrica</i>	Aguas ácidas de mina:	Durante la actividad minera, el contacto de los sulfuros minerales con el aire y con el agua produce aguas ácidas que tienen la capacidad de contaminar las aguas subterráneas, los lagos y los ríos. Estas aguas a menudo contienen altos niveles de metales pesados, lo que puede dañar la vida acuática, afectar la calidad del agua para el consumo humano, irrigación, poniendo en riesgo la salud de los ecosistemas.
	Lixiviados de residuos	Los desechos mineros, como los estériles y los relaves, pueden liberar contaminantes al agua a través de un proceso llamado lixiviación, especialmente si no se gestionan de manera adecuada. Esto podría llevar a la contaminación de los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, afectando la calidad del agua y la salud de los ecosistemas
<i>Emisión de Gases de Efecto Invernadero</i>	CO2	La combustión del carbón produce enormes volúmenes de dióxido de carbono (CO2), un gas que tiene efecto invernadero y colabora con el calentamiento global, tanto

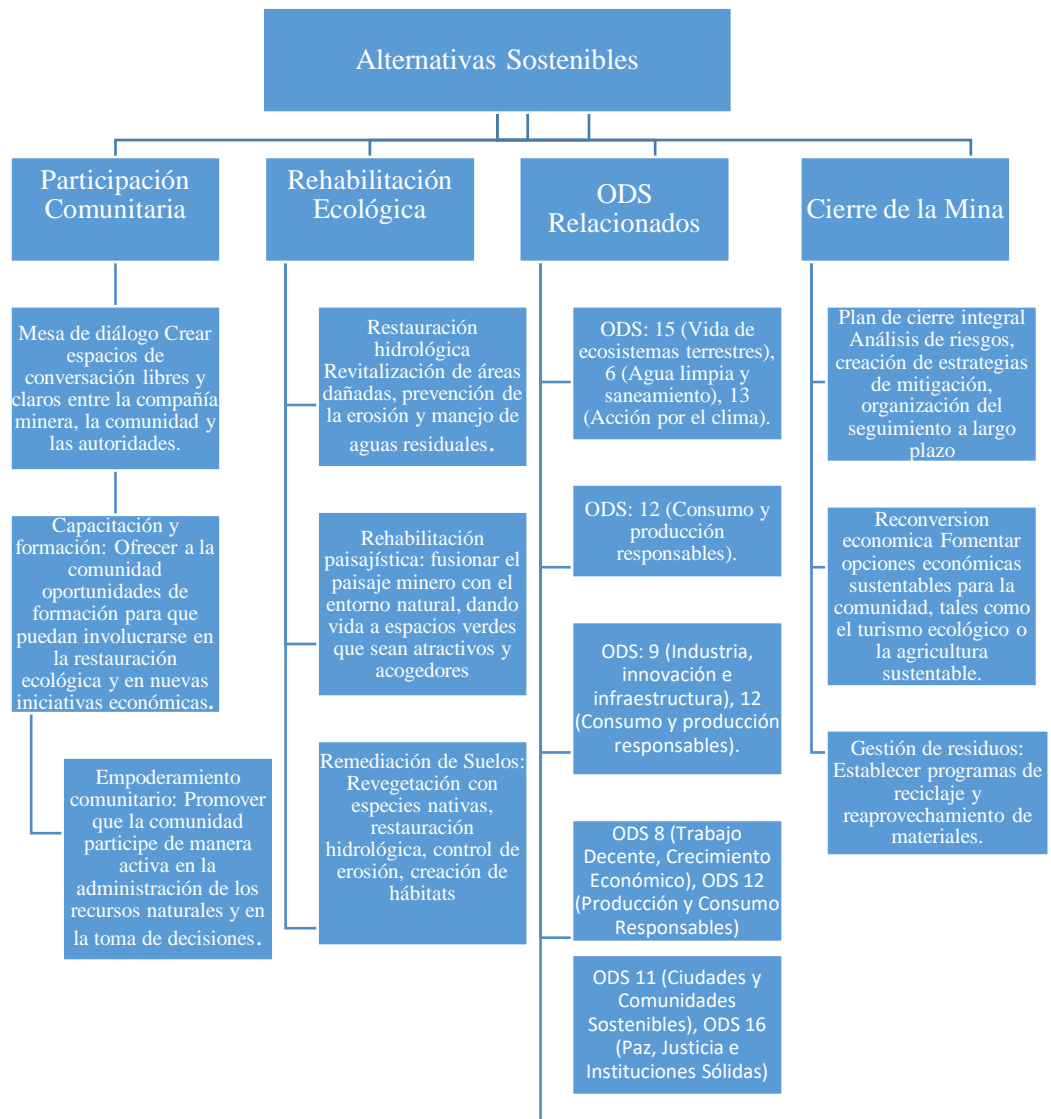
*Deterioro del Suelo*

	en su obtención como en su utilización
Metano	La extracción de carbón por medio de la minería subterránea puede producir metano, otro potente gas de efecto invernadero, que también contribuye al cambio climático
Erosión y pérdida de suelo	El cambio en el terreno, la eliminación de la vegetación y la acumulación de desechos pueden provocar la erosión del suelo, especialmente en áreas con pendientes pronunciadas. Esto podría llevar a la pérdida de tierras fértiles, la degradación del paisaje y alterar los procesos naturales de las laderas.
Contaminación del suelo	El almacenamiento de desechos mineros, el derramamiento de aguas contaminadas y la emisión de sustancias químicas pueden dañar el terreno, deteriorando su calidad y rendimiento, y posiblemente dañando cultivos y fuentes de agua.
Desertificación	La combinación de la erosión, la pérdida de suelo fértil, los cambios en el paisaje puede contribuir a la desertificación, especialmente en regiones áridas y semiáridas.

Fuente, autor

De acuerdo a la matriz se logró establecer que el plan de cierre de la unidad productiva minera UPM el Roble abordó los impactos ambientales de manera integral implementando

acciones de mitigación y recuperación que contribuyen a disminuir los efectos negativos protegiendo el entorno natural.

**Figura 4***Diagrama de alternativas sostenibles*

Fuente, autor

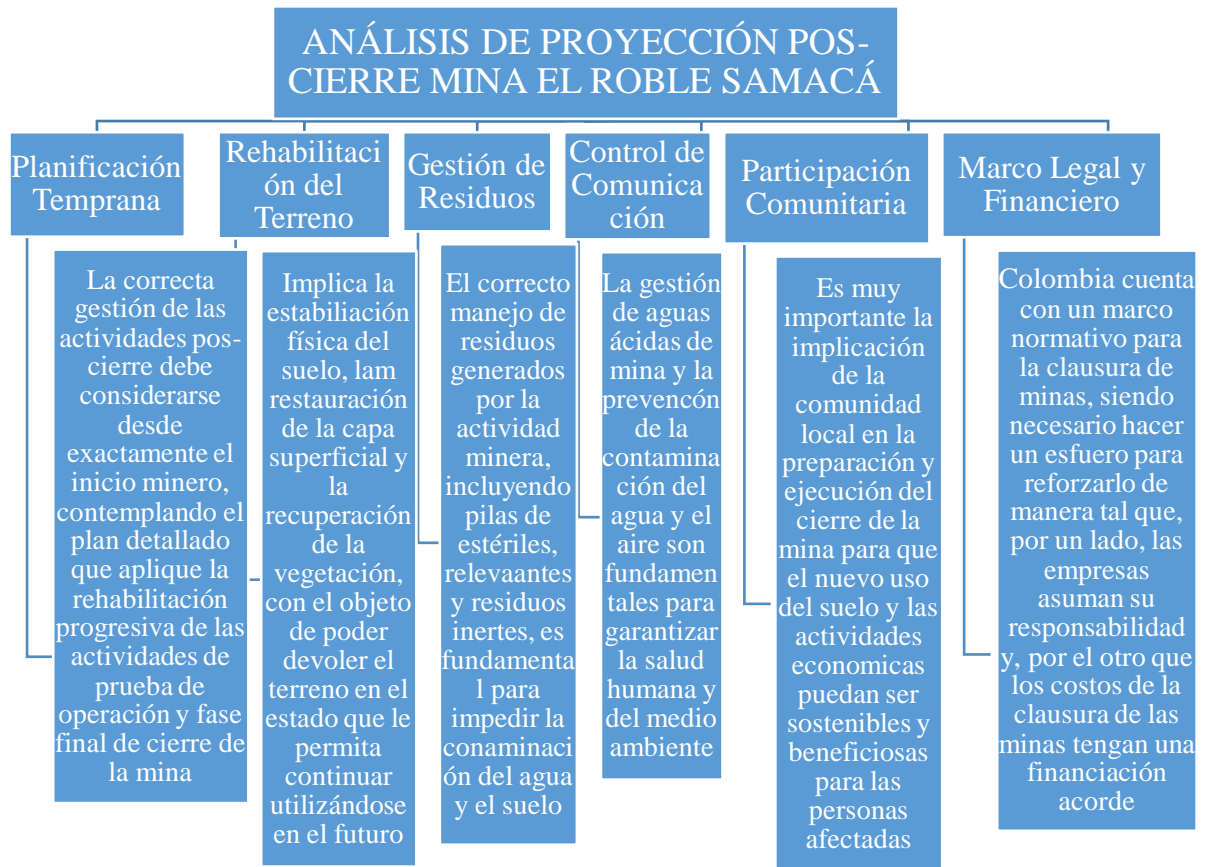
El plan de cierre de la unidad productiva minera UPM el Roble consideró la restauración del medio ambiente y la participación de la comunidad, incluyendo los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) proponiendo un enfoque integral abordando aspectos ambientales, sociales y económicos, priorizando la participación de la comunidad en la toma de decisiones y en la organización de la rehabilitación del impacto social y humanismo del proyecto.

#### Análisis de proyección para la gestión pos- cierre de la mina el Roble Samacá

La gestión post-cierre de una mina de carbón mediante análisis de proyección implica planificar y ejecutar acciones para minimizar los impactos ambientales y sociales negativos, y permitir una transición sostenible hacia un nuevo uso del suelo, rehabilitación del terreno, gestión de residuos, control de contaminación, y participación de la población local.

#### **Figura 4**

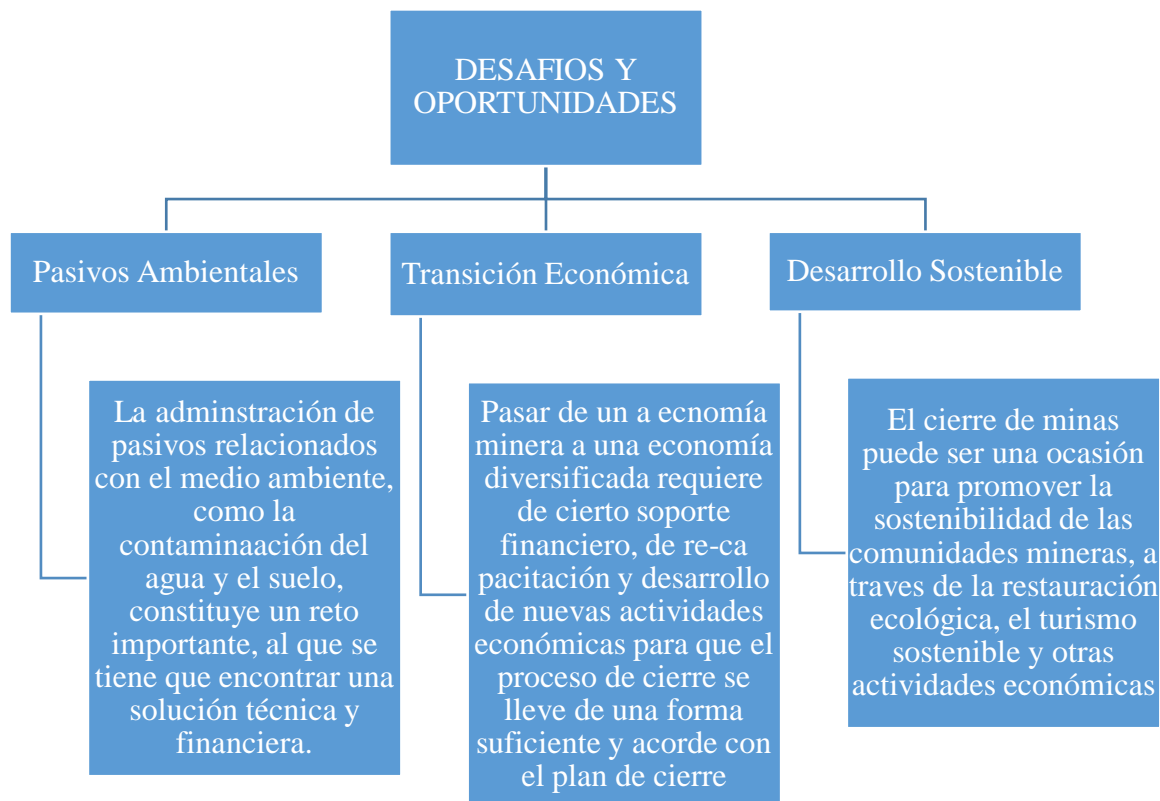
#### ***Proyección para la gestión pos- cierre***



Fuente, autor

### Figura 5

*Desafíos y oportunidades proyección para la gestión pos- cierre*



Fuente, autor

### **Impacto social y humanismo del proyecto**

A pesar de que el cierre de la mina de carbón El Roble es crucial para la transición hacia energías más respetuosas con el medio ambiente, puede producir un impacto social y humanista de gran relevancia. Este impacto se manifiesta tanto en las comunidades mineras, que enfrentan desafíos económicos y laborales, al reducir la contaminación asociada a la minería y la incineración de carbón. Este documento contribuye a fundamentar un enfoque de transición justo para mitigar los efectos negativos y garantizar un futuro sostenible para estas comunidades. La clausura de la mina de carbón es un proceso complejo que requiere la adherencia a las regulaciones medioambientales. Es imprescindible un cambio justo para garantizar que las comunidades afectadas puedan prosperar en un futuro sustentable.

## **Conclusiones**

Se determinó que el plan de cierre de la mina El Roble garantizó un control y una mitigación de los efectos en el medioambiente producidos ya que dentro de este incluyó la recuperación del suelo a una condición que permita usos adecuados para el medio ambiente, tales como actividades agrícolas o forestales, la calidad del agua en y alrededor de la mina se ajustó a los estándares ambientales fijados, incluyendo la administración de drenajes ácidos de roca, los desechos mineros se han tratado y dispuesto correctamente, reduciendo los peligros de contaminación, garantizando que las estructuras y el suelo sean estables, previniendo riesgos se examinó el plan inicial para confirmar que incluya todas las acciones de mitigación requeridas respetado los compromisos fijados.

El desarrollo de opciones ambientales sustentables para la rehabilitación de la mina El Roble tras el cierre tuvo en cuenta tácticas de recuperación ecológica, control de la polución y adaptación al cambio climático. Esto significa que organizó la rehabilitación desde el comienzo de la actividad minera, ajustando de pendientes para evitar la erosión y deslizamientos, mejorando la estabilidad física del suelo, instauración de zonas húmedas para la retención de agua y la eliminación de contaminantes, implementando acciones para prevenir o tratar el DAM, tales como la aplicación de cal, la cobertura de materiales con potencial ácido, y la instalación de sistemas de tratamiento, realizando sistemas de tratamiento para aguas residuales contaminadas antes de su liberación al medio ambiente, monitoreando de la calidad del agua, el aire y el suelo para determinar la efectividad de las medidas implementadas, supervisando estos mismos parámetros para evaluar la eficacia de las acciones.

También, se logró evidenciar la participación de todos en el establecimiento de usos futuros del suelo para reducir los efectos socioeconómicos, lo cual es esencial para definir cómo se utilizará el suelo en el futuro minimizando los efectos socioeconómicos durante la clausura de la mina de carbón. Esto conlleva a la participación de la población local y otros participantes significativos en la planificación, desde la detección de opciones factibles hasta la puesta en marcha de estrategias de compensación y desarrollo sostenible.

Es esencial entender las necesidades y deseos de la comunidad respecto al uso futuro del terreno impactado por la mina. Esto puede realizarse mediante consultas públicas, talleres de participación comunitaria y encuestas. La implicación de la comunidad

debe ser un componente esencial en la valoración de las distintas alternativas para el uso futuro del suelo. Esto abarca aspectos como el potencial productivo de la región, la factibilidad técnica y financiera de los proyectos y su repercusión. La comunidad tiene la obligación de involucrarse en el diseño y ejecución de acciones para atenuar los efectos adversos, tales como programas de formación laboral, respaldo a iniciativas empresariales locales, generación de nuevas oportunidades de trabajo y el robustecimiento de los servicios sociales, ambientales y sociales.

### **Recomendaciones**

Para cerrar la mina resulta fundamental la organización temprana, la participación de la comunidad, la restauración del territorio y la gestión de los impactos ambientales y sociales. Además, es vital asegurar la estabilidad física y química del área, considerando opciones para la reutilización del terreno. Con estas recomendaciones, se puede lograr un cierre y abandono de minas que sea ambientalmente sustentable, socialmente responsable y económicamente viable, minimizando los impactos negativos generando beneficios para la comunidad local.

### **Referencias Bibliográficas**

- ANM y UPTC (2024) “guía técnica para la gestión del riesgo minero causado por atmósferas contaminadas o viciadas”  
<https://www.anm.gov.co/sites/default/files/2025-02-28-guia-tecnica-gestion-riesgo-minero-v7-1a.pdf>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, (2024) Resolución 418 del 15 de abril de 2024 – Registro Nacional de Reducción de las Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero (RENARE) – Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – Acuerdo de París  
<https://www.anla.gov.co/07rediseureka2024/normativa/resoluciones/resolucion-418-del-15-de-abril-de-2024-registro-nacional-de-reduccion-de-las-emisiones-y->

- remociones-de-gases-de-efecto-invernadero-renare-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico-acuerdo-de-paris
- Agencia Nacional de Minería, (2023) Carbón legal limpio y seguro  
<https://www.anm.gov.co/carbon-colombia>
- Agencia Nacional de Minería, (2024) Guía de buenas prácticas para la exploración y estimación de recursos y reservas de carbón -GBPC-  
<https://www.anm.gov.co/sites/default/files/2024-12-20-Guia-buenas-practicas-exploracion-estimacion-recursos-reservas-carbon.pdf>
- Arvanitidis, N., Boon, J., Nurmi, P., y Di Capua, G. (2017). White Paper on Responsible Mining. Obtenido de IAPG - International Association for Promoting Geoethics:  
<https://www.geoethics.org/wp-responsible-mining>
- Aldana, A; Cañon, C; Pinzón, C; Luna, M Y Herrera, W. (2023) Resultado de Investigación Riesgos e impactos sociales, ambientales y económicos por finalización de ciclo productivo del campo petrolero Colorado, Colombia. Universidad EAN Escuela de Formación en Investigación Seminario de Investigación de posgrado. Especialización en Gerencia de Proyectos  
<https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/b1201fe9-d2cc-4651-a2a7-7e2e679b08d2/content>
- Alvira Martín, F. R. (2024). La investigación evaluativa: una perspectiva experimentalista. Revista Española De Investigaciones Sociológicas, (29), 129–141.  
<https://doi.org/10.5477/cis/reis.29.129>
- Avendaño, J. y Restrepo, G. (2024). Evaluación de pasivos ambientales en el componente suelo por actividades mineras amparadas en dos autorizaciones temporales, en la provincia García Rovira, Santander. Opera, 35, 171-191. DOI:  
<https://doi.org/10.18601/16578651.n35.09>  
<https://www.redalyc.org/journal/675/67580922009/67580922009.pdf>
- Benedetti, L. (2004) Contaminación de aguas por actividad minera Universidad de los Andes Facultad de Derecho Bogotá

- <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/d2797bb1-317c-485e-85bb-07bd859bd857/content>
- Cahuana, L y Aduvire, O. (2019) Bioacumulación de metales pesados en tejidos de vegetación acuática y terrestre evaluados en áreas donde existen pasivos ambientales mineros en el Perú. REV. MAMYM [online]. 2019, vol.4, n.2, pp.19-36. ISSN 2519-5352. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522019000200002&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522019000200002&script=sci_abstract)
- Cárdenas, S. y Corredor, J. (2023) Análisis de las acciones socio-ambientales desarrolladas por la comunidad en la minería tradicional de las minas alizal 2 y 5 en el municipio de Lenguazaque Cundinamarca, para la adaptación y mitigación frente al cambio climático. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ciencias Empresariales Maestría en Gerencia Social Componente de Investigación Bogotá, Colombia <file:///C:/Users/Admin/Downloads/TM.pdf>
- Carrillo, L. (2023). Apoyo a la alcaldía de Cucunubá en el tema de seguimiento y manejo de vertimientos generados en las minas de carbón El Cerrejoncito y Tierra Colorada en la vereda de Pueblo Viejo. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/37672>  
<https://ciencia.lasalle.edu.co/items/f8b6ba1d-323a-465e-b8c6-764a27473667/full>
- Castañeda, N. (2024). Informe final de pasantía en la empresa Sanoha S.A.S de Nobsa en el análisis y propuesta de mejora para garantizar el cumplimiento de los planes de manejo ambiental (PMA) aprobados por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ). [Pasantía]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/62110>
- Cervantes, J. y Quito, S. (2020) Evaluación de riesgo ambiental generado por pasivo ambiental minero en la calidad de agua superficial. Natura@economíaISSN 2226-9479 (Versión electrónica)Website: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/neu>  
[https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/ne/article/view/1511/pdf\\_4](https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/ne/article/view/1511/pdf_4)
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. (diciembre de 2023). Documento CONPES 4129. Obtenido de Política Nacional de Reindustrialización: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4129.pdf>

Congreso de Colombia. (septiembre de 2023). Ley 2327 de 2023 por medio de la cual se establece la definición de pasivo ambiental, se fijan lineamientos para su gestión y se dictan otras disposiciones

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=219230>

Congreso de Colombia. (2014). Ley 1715 de 2014 Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional

Congreso de Colombia. (julio de 2022). Ley 2232 de 2022 por la cual se establecen medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso y se dictan otras disposiciones.

[https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley\\_2232\\_2022.htm](https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/ley_2232_2022.htm)

Congreso de Colombia. (septiembre de 2023). Ley 2327 de 2023 por medio de la cual se establece la definición de pasivo ambiental, se fijan lineamientos para su gestión y se dictan otras disposiciones.

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=219230>

Consejo Nacional de Política Económica y Social. (agosto de 2006). Documento CONPES 3439. Obtenido de Institucionalidad y principios rectores de política para la competitividad y productividad:

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%20micros/3439.pdf>

Corte Constitucional, (2020) Sentencia SU411/20 Exploración y explotación de recursos naturales no renovables del subsuelo deben ser adoptadas por autoridades nacionales en coordinación y concurrencia de las autoridades territoriales

<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2020/su411-20.htm>

Corte Constitucional, (2011) Sentencia C-366 de 2011 Reforma al Código de Minas

<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/c-366-11.htm>

Corte Constitucional, (2015) Sentencia T-766/15 Derecho a la Consulta Previa de Comunidades Afrodescendientes-

<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2015/t-766-15.htm>

Corte Constitucional, (2016) Sentencia C-035/16 Normas sobre Creación y Ampliación de áreas de reservas estratégicas Mineras

- Corte Constitucional, (2018) Sentencia SU095/18 Exploración y explotación y recursos Naturales no renovables del subsuelo deben ser adoptadas por autoridades nacionales en coordinación concurrente de las autoridades territoriales
- Corte Constitucional, (2002) Sentencia C-339/02 Derecho al Ambiente Sano-Construcción conjunta del Estado y de los ciudadanos  
<https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2002/c-339-02.htm>
- CREER (Centro Regional de Empresas y Emprendimientos Responsables), “Informe sobre el marco regulatorio del cierre minero y la transición energética en Colombia”. Agosto, 2023: <https://www.creer-ihrb.org>
- Crenshaw, K. (1989). Desmarginalizando la intersección de raza y género: una crítica feminista negra a la doctrina antidiscriminatoria, la teoría feminista y la política antirracista. Foro Legal de la Universidad de Chicago. Dominique, H. (2024) Más allá del cumplimiento: la justicia como un objetivo de la fiscalización y sanción ambiental, en Revista Derecho del Estado, Universidad Externado de Colombia, n.º 58, enero-abril, 2024, 361-388. doi: <https://doi.org/10.18601/01229893.n58.13>
- EADIC, (2025) El Cierre de Minas y su Rol en la Conservación Ambiental  
<https://eadic.com/blog/entrada/el-cierre-de-minas-y-su-rol-en-la-conservacion-ambiental/>
- Guevara, G., Verdesoto, A. y Castro, N. (2020) Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción) DOI: 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173 URL: <http://recimundo.com/index.php/es/article/view/860> editorial: Saberes del Conocimiento revista: recimundo issn: 2588-073x tipo de investigación: Artículo de Revisión CÓDIGO UNESCO: 5802 Organización y Planificación de la Educación páginas: 163-173 file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet-MetodologiasDeInvestigacionEducativaDescriptivasEx-7591592-1.pdf
- Granados, M. (2023) Más allá de la minería de carbón: análisis de los marcos legales y jurídicos para el cierre y abandono de minas de carbón en Colombia frente a criterios de justicia socio-ecológica. Quito, 2023, 127 p. Tesis (Maestría en Ecología Política y Alternativas al Desarrollo). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede

- Ecuador. Área de Ambiente y Sustentabilidad.  
<https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9488>
- Hernández, M.; Vallejo, T.; Klinger, L y Restrepo-Baena, O. (2023) “Post minería en Colombia: el camino hacia la sostenibilidad en la minería” Boletín de Ciencias de la Tierra 0120-3630 Universidad Nacional de Colombia  
<https://doi.org/10.15446/rbct.n54.112119>  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/112119/93525>
- Función Pública, (2023) Ley 2294 de 2023 “Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022- 2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=209510>
- Función Pública, (2019) Ley 1955 de 2019 Por el cual se expide el Plan Nacional De Desarrollo 2018-2022 Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>
- Función Pública, (2015) Ley 1753 de 2015 “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 “Todos por un nuevo país”.  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>
- Función Pública, (2001) Ley 685 de 2001 "Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones". El Congreso de Colombia  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9202>
- Función Pública, (2011) Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014.”  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43101>
- Instituto Interamericano de Derechos Humanos IIDH. (2007). El enfoque étnico en las políticas públicas: una herramienta para la inclusión social. IIDH.
- Jaime Arteaga & Asociados – JA&A. (2022). Documentos internos asociados al contrato 105 de 2022 entre Jaime Arteaga & Asociados – JA&A y la UPME. Bogotá.
- Kretschmann, J., Melchers, C., Goerke-Mallet, P., Hegemann, M., and Brueggerhoff, S., (2022). Done for Good. Selbstverlag der Technischen Hochschule Georg Agricola.
- Londoño, D. (2025). Análisis de los Procesos de Recuperación Ambiental Efectuados a Partir de los Impactos Ambientales sin resolver generados por la industria de hidrocarburos en el municipio de Puerto Boyacá (1993-2023) en comparación con la

- experiencia de los países de suramérica. [Proyecto de investigación]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/68622>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022) Informe de Avance 2021 Estrategia Nacional De Calidad Del Aire. Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana Bogotá, D.C. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/03/Informe-Avance-ENCA-2021-Final.pdf>
- M&M estudio jurídico, (s.f.) Estudio y Reglamento para implementar los planes para cierre de minas y de su infraestructura asociada <https://acmineria.com.co/wp-content/uploads/2019/11/INFORME-FINAL-CIERRE-DE-MINAS.pdf>
- Marquez-Huitzil, R; Martínez, C y Osorio, M. (2022) Adoptar los objetivos de la restauración ecológica como meta crucial al mitigar desechos mineros: una propuesta metodológica. Act. Bot. Mex [online]. 2022, n.129, e2019. Epub 06-Feb-2023. ISSN 2448-7589. <https://doi.org/10.21829/abm129.2022.2019>.
- Martínez, J., Palacios, G y Oliva, D. (2023) Guía para la revisión y el análisis documental: propuesta desde el enfoque investigativo Localización: Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible, ISSN-e 1665-0441, Vol. 19, Nº. 1, 2023, págs. 67-83 Idioma: español  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8851658>
- Méndez, A. (2023) Ponderación del componente socio cultural de las actividades mineras en la implementación del programa de sustitución de las áreas intervenidas por las actividades mineras en complejos de páramos delimitados. Universidad Externado De Colombia Facultad De Derecho Departamento Derecho Minero Energético Maestría en Derecho del Estado con énfasis en Regulación Minera, Energética y Petrolera <https://bdigital.uexternado.edu.co/server/api/core/bitstreams/f864d837-f2be-4c77-a7bf-b0e6407355ed/content>
- Mendoza, J., Donado, H y Useche, C. (2023) ¿Qué es la Transición Justa y por qué es crucial para Colombia? <https://es.wri.org/insights/que-es-la-transicion-justa-y-por-que-es-crucial-para-colombia>
- Meza Ramírez, F. A. (2006). Conflicto y Violencia. Bogotá: Fundación SERCOLDES y DKA- Austria, p 9- 10.

- Minenergía, Ministerio de Minas y Energía, (2020) Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los procesos relacionados con DRENAJES ÁCIDOS MINEROS (DAM) Dirección de Minería Empresarial Asesorías Técnicas Geológicas ATG Ltda
- Minería Sostenible de Galicia, (2022) Minería y cambio climático: un compromiso plagado de retos <https://minariasostible.gal/es/mineria-y-cambio-climatico-compromiso/>
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo - Colombia Productiva. (diciembre de 2023). Estrategia Territorios Clúster. <https://www.colombiaproductiva.com/territorioscluster#:~:text=Los%20cl%C3%B3steres%20tambi%C3%A9n%20conocidos%20como,de%20cada%20integrante%20y%20as%20AD>
- Ministerio de Minas y Energía. (2024). Proyecto de Resolución para la viabilización de financiación de proyectos de infraestructura para el desarrollo sostenible de las regiones en el sector energético subsector de minería – FINDETER. Obtenido de <https://www.minenergia.gov.co/es/servicio-aciudadano/foros/viabilizaci%C3%B3n-de-financiaci%C3%B3n-de-proyectos-de-infraestructura-para-el-desarrollo-sostenible-de-las-regiones-en-el-sector-energ%C3%A9tico-subsector-de-miner%C3%ADa-findeter/>
- Ministerio de Minas y Energía. (2 de agosto de 2022). Resolución 40279 de 2022 Por medio de la cual se reglamentan los lineamientos de los programas de sustitución de actividades mineras y reconversión o reubicación laboral de los pequeños mineros tradicionales, ubicados en ecosistemas de páramos delimitados. Obtenido de [https://alphasig.metropol.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion\\_minminas\\_40279\\_2022.htm](https://alphasig.metropol.gov.co/normograma/compilacion/docs/resolucion_minminas_40279_2022.htm)
- Ministerio de Minas y Energía. (2003) Glosario técnico minero <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/glosariominero.pdf>
- Montoya, B., Valarezo, D., Bejarano C, H., y Apolo, N. (2021). Influencia de la actividad minera e impacto económico por el cierre de las minas en el cantón Zaruma, provincia El Oro. Revista Científica, Cultura, Comunicación y Desarrollo, 6(1), 18-23 [file:///C:/Users/Admin/Downloads/jlleon,+Gestor\\_a+de+la+revista,+A3.pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/jlleon,+Gestor_a+de+la+revista,+A3.pdf)

- Morales, O y Sarmiento, N. (2023) Seguimiento y evaluación al plan de manejo ambiental en la empresa Mina Cangrejo del municipio Santa Rosa del Sur, Bolívar Ciencias Agrarias y del Ambiente, Ingeniería Ambiental. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña  
[https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/bitstream/handle/20.500.14167/5086/CUERPO\\_TRABAJO\\_OLBENNILSON.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/bitstream/handle/20.500.14167/5086/CUERPO_TRABAJO_OLBENNILSON.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Muñoz, J. y Vega, J. (2021) “Cierre anticipado o temporal de minas: Pautas para un modelo contextualizado en el departamento del Cesar, Colombia.”. Respuestas, vol. 26, no. 1, pp. 150-157, 2021. <file:///C:/Users/Admin/Downloads/Dialnet-CierreAnticipadoOTemporalDeMinas-9478794.pdf>
- Naciones Unidas, (2023) Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible  
[https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report2023\\_Spanish.pdf?\\_gl=1\\*nbfcml\\*\\_ga\\*ODA5MTkzMzMwLjE3NTE2ODA4Njk.\\*\\_ga\\_TK9BQL5X7Z\\*cze3NTE2ODA4NjkkbzEkZzEkdDE3NTE2ODI5MjEkaU4JGwwJGgw](https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report2023_Spanish.pdf?_gl=1*nbfcml*_ga*ODA5MTkzMzMwLjE3NTE2ODA4Njk.*_ga_TK9BQL5X7Z*cze3NTE2ODA4NjkkbzEkZzEkdDE3NTE2ODI5MjEkaU4JGwwJGgw)
- Narváez, M. (2024). Estudio de caso de los efectos de la formalización minera en el desarrollo económico y social Municipio de Boavita - Boyacá 2018 - 2022. Universidad Externado de Colombia.  
<https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/ac9c261d-d75d-457a-bc8c-2453d1c0b452>
- Núñez, J., Burbano, D y Jácome, J. (2022) Plan del cierre de la relavera comunitaria “el tablón”, provincia del oro, ecuador. Scielo Perfiles versión On-line ISSN 2477-9105 Perfiles vol.1 no.27 Riobamba ene./jun. 2022  
<https://doi.org/10.47187/perf.v1i27.150>
- OCDE, O. p. (2013). Guía de Debita Diligencia de la OCDE para Cadenas de Suministro Responsables de Minerales en las Áreas de Conflicto o de Alto Riesgo. Segundam Edición. Traducción Ministerio de Minas y Energía y Agencia Nacional de Minería, validada por la OCDE
- OECD. (2015). OECD Review of agricultural policies: Colombia 2015. [en línea]. Disponible en: <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264227644-en>

- Okuda Benavides, M, Gómez-Restrepo C. (2005) Métodos en investigación cualitativa: triangulación. Revista Colombiana de Psiquiatría [en línea]. 2005, XXXIV(1), 118-124 ISSN: 0034-7450. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80628403009>
- Oliveros-Sepúlveda, D., (2020). Inclusión de costos ambientales y de cierre de mina en el planeamiento minero estratégico de un depósito carbonífero. Tesis de grados MSc. Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, Medellín, Colombia, 86 P.
- Olivo, F. (2023). Evaluación de la ejecución del plan de cierre de la Unidad Minera Quiruvilca, La Libertad 2023. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible, Escuela de Posgrado, Universidad Continental, Lima, Perú.  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13664>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO. (2013). Buenas prácticas en la FAO: Sistematización de experiencias para el aprendizaje continuo. <https://www.fao.org/4/ap784s/ap784s.pdf>
- ONU, (2015) La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/#>
- ONU Mujeres. (2010). Enfoque de género y desarrollo sostenible.
- Organización de las Naciones Unidas ONU. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas.
- Orche, E. (2023) Planteamiento general de la seguridad en la rehabilitación y explotación turística de los parques mineros o minas musealizadas Revista de Medio Ambiente y Minería versión impresa ISSN 2519-5352 REV. MAMYM vol.8 no.1 Oruro jun. 2023 [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522023000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2519-53522023000100003&script=sci_arttext)
- Orche, E., (2003). Puesta en valor del patrimonio geológico-minero: el proceso de adaptación de explotaciones mineras a parques temáticos. En Villas-Boas, R.C., González, A. y Sá, G. (Eds.), Patrimonio geológico y Patrimonio geológico y minero en el contexto del cierre de minas. CETEM-CYTED-IMAAC-CNPq, Rio de

- Janeiro, Brasil, pp. 51-65 Organización Internacional del Trabajo (OIT). (1989).  
 Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales. OIT.
- Ospina, M. y Pulido, J. (2023) La revitalización de las zonas afectadas por la minería como estrategia de cierre de pasivos y desarrollo de usos post- minería a partir de la armonización de los instrumentos ambientales y urbanísticos: el caso del Rio Tunjuelo en Bogotá D.C Facultad de Jurisprudencia Maestría en Derecho y Gestión Ambiental Universidad del Rosario  
<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/427557ad-f8cd-45f3-a732-1cb37c7acc9c/content>
- Paz, R. y Chavez, P. (2025) Calentamiento global, los acechos para 2025  
<https://www.gaceta.unam.mx/calentamiento-global-los-acechos-para-2025/>
- Pinzón, J. (2022) Guía para la elaboración del plan de cierre y abandono de proyectos mineros ANLA Autoridad Nacional de Licencias Ambientales  
 proyectos/02\_transformacionales/03\_nuevo\_modelo/Documentos/05-09-2022-anla-guia-de-cierre-abandono-proyectos-mineros.pdf
- Presidencia de la República. (2023). Decreto 2234 de 2023 Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en relación con los mecanismos necesarios para determinar la procedencia y trazabilidad de los minerales.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD. (2003). Enfoque basado en los derechos humanos para el desarrollo.
- República de Colombia, (2024) Estrategia Nacional de Restauración 2023 – 2026 Juntos para recuperar la naturaleza perdida [https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/03/ENR\\_3032025-1.pdf](https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/03/ENR_3032025-1.pdf)
- Rosado-González, E.M. (2018). Patrimonio geológico y su conservación en América Latina. Situación y perspectivas nacionales. En: Palacio-Prieto, JL (coord.), Sánchez Cortez, JL y Schilling, ME (Eds.), Colección: Geografía para el Siglo XXI. Libros de Investigación 18, Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, 265 P. Rueda, E. A. Cosmopolíticas y emancipación en América

- Latina. Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente [online]. 2024, vol.13, e-ISSN: 2709-3689 [viewed 05 February 2025].  
<http://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202401.d000>. Available from:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2709-36892024000100001](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2709-36892024000100001)
- Sánchez, C. y Hernández, C. (2024) La encuesta como técnica de investigación en Ciencia Política Revista mexicana de opinión pública versión On-line ISSN 2448-4911 versión impresa ISSN 1870-7300 Rev. mex. opinión pública no.37 Ciudad de México jul./dic. 2024 Epub 04-Feb-2025  
<https://doi.org/10.22201/fcpys.24484911e.2024.37.88492>
- SUIN-Juriscol, (2022) LEY 2250 DE 2022 (julio 11) por medio del cual se establece un marco jurídico especial en materia de Legalización y Formalización Minera, así como para su financiamiento, comercialización y se establece una normatividad especial en materia ambiental <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30044431>
- Torres, Y; Rodríguez, R; Reynaldo, C y Rodríguez, M. (2021) Efecto de la aplicación de un procedimiento de rehabilitación minera con enfoque socioambiental y económico en Moa, Cuba Min. Geol. [online]. 2021, vol.37, n.3, pp. 347-358. Epub 30-Sep-2021. ISSN 1993-8012 [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122021000300347&script=sci\\_abstract&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1993-80122021000300347&script=sci_abstract&tlng=en)
- Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. (2024) Plan Nacional De Desarrollo Minero 2024 – 2035 Fase III  
[https://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/Fase\\_III\\_Plan\\_Nacional\\_de\\_Desarrollo\\_Minero\\_2024\\_2035.pdf](https://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/Fase_III_Plan_Nacional_de_Desarrollo_Minero_2024_2035.pdf)
- Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2021). Metodología General Aplicable a los planes formulados por la UPME para incorporar en ellos el enfoque territorial. Guía práctica. Bogotá. <https://www1.upme.gov.co/Documents/Enfoque-territorial/Metodologia-enfoque-territorial.pdf>
- Unidad de Planeación Minero Energetica UPME. (2019). Guía para la incorporación de la dimensión minero energética en los planes de ordenamiento territorial.

- UNDP. Org, (2025) Climate Promise 2025 <https://climatepromise.undp.org/es/what-we-do/flagship-initiatives/climate-promise-2025>
- Vanegas, L. (2018) Diseño De Un Plan De Restauración Ecológica En La Mina El pantano En El Municipio De Samacá, Boyacá. Universidad El Bosque Facultad de Ingeniería Programa Ingeniería Ambiental Bogotá  
file:///C:/Users/Admin/Downloads/Vanegas\_Quesada\_Lizeth\_Vanesa\_2018.pdf
- Valeriano, Z. (2023). Análisis comparativo de políticas de cierre de minas y reparación de pasivos ambientales en el Estado Plurinacional de Bolivia. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 7(3), 4483-4508.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i3.6499](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6499)
- Viramontes, E. (2024) Análisis cualitativo en la investigación ie revista de investigación educativa de la Rediech vol. 15 • 2024 • e2074 • ISSN: 2448-8550  
[https://doi.org/10.33010/ie\\_rie\\_rediech.v15i0.2074](https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v15i0.2074)
- Zammuto, G. y. (2005). Obtenido de <https://biblioguias.cepal.org/gobierno-digital/concepto-gobernanza>

## **Anexos**