



GESTIÓN DE ESTÉRILES

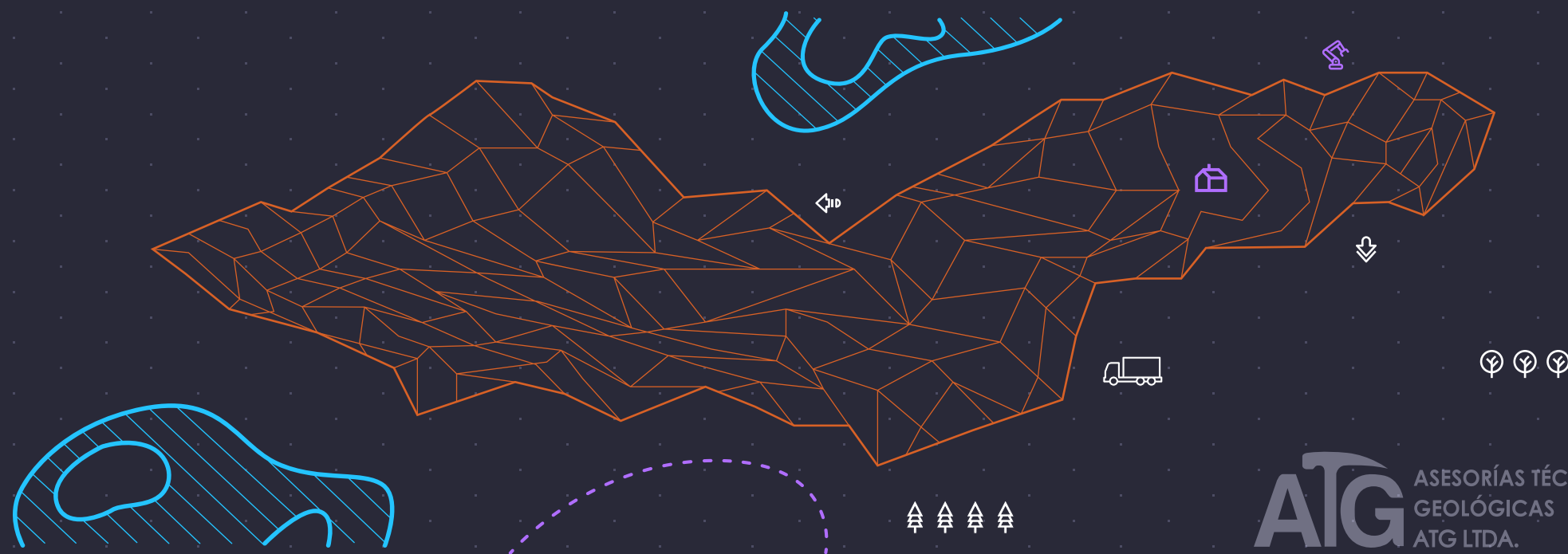


La NUEVA ENERGÍA

Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para



Estandarizar los procesos de GESTIÓN Y MANEJO DE ESTÉRILES en minería



ATG ASESORÍAS TÉCNICAS GEOLÓGICAS ATG LTDA.

Propuesta de **Lineamientos Técnicos** de **Política de Buenas Prácticas** para

Estandarizar los procesos de **GESTIÓN Y MANEJO** **DE ESTÉRILES** en minería



Contrato de Consultoría **GGC-606-2021**

Ministerio de Minas y Energía
Dirección de Minería Empresarial
Asesorías Técnicas Geológicas ATG Ltda.

@ Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas
para Estandarizar los procesos de Gestión y Manejo de Estériles en minería

Elaboración

Equipo Técnico //

Mauricio Alfonso R. Gerencia del Proyecto
Olga López M. Dirección del Proyecto
Paola Martínez A. Ingeniería Ambiental
Ruber Teherán G. Ingeniería de Minas
Rafael Hernando R. Profesional en Geología
Lilibeth Garcia Castaño Profesional Jurídico

Rafael Meneses R. Control y Aseguramiento de Calidad
Oscar Herrán T. Ingeniería Ambiental
Jorge Bonilla L. Ingeniería Ambiental
Natalia Velandia P. Profesional Transversal

Diseño Editorial e Ilustración //

Daniel Jiménez Dirección de Arte

Febrero de 2022

110 páginas : ilustraciones.

Contacto:
menergia@minenergia.gov.co

@ Prohibida la reproducción parcial en cualquier medio,
sin permiso escrito de los titulares del copyright.



La **NUEVA**
ENERGÍA

ATG ASESORÍAS TÉCNICAS
GEOLÓGICAS
ATG LTDA.

CONTENIDO

01



Resumen

Página 06

02



**Metodología
General**

Página 08

03



**Marco normativo
en Colombia**

Página 06

04



**Marco
Conceptual**

Página 08

05



**Planeación
Estratégica**

Página 24

06



Lineamientos

Página 26

07



Conclusiones

Página 06

08



Bibliografía

Página 08





01

Resumen y descripción del proyecto

Competitividad y desarrollo en el sector minero

El proyecto de conceptualización y elaboración de una Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de la Actividad Minera relacionados con Gestión y Manejo de Estériles se desarrolló a partir de la recopilación, revisión, análisis e interpretación de información relacionada con mejores prácticas, técnicas disponibles, disposiciones legales y restricciones asociadas a la gestión y manejo del estéril. La información fue **obtenida en dos fases**, la primera correspondiente a información secundaria recopilada a nivel nacional e internacional, y la segunda, información primaria proveniente de las experiencias y conocimiento aportado por empresas mineras, actores institucionales, académicos y organizaciones del país.

Los Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de la Actividad Minera relacionados con la Gestión y Manejo de Estériles propuestos en el presente documento, parten de la necesidad de estandarizar procesos que permitan aumentar la competitividad y desarrollo del sector minero colombiano, siendo un referente de orientación y planificación para los diferentes actores mineros, en aras de desarrollar una minería sostenible, técnica, competitiva, innovadora y con responsabilidad social.

La minería, como cualquier otro tipo de actividad humana genera residuos que deben ser gestionados buscando ampliar su vida útil por medio de procesos de reutilización, reúso y/o reciclaje. En la actualidad, la gestión de los residuos mineros se convierte en un reto técnico y ambiental para la industria extractiva, dado los volúmenes, características del material y procesos necesarios para su gestión y manejo.

La gestión de los estériles debe estar encaminada al aprovechamiento del material, minimizando el volumen a manejar en las escombreras, siendo éste un escenario ideal y hoy por hoy utópico; lo anterior, a través del logro de cambios en los procesos de explotación tendientes a la implementación y optimización de nuevas tecnologías, permitiendo un mayor aprovechamiento de los recursos existentes.

Con el fin de lograr el objetivo propuesto, se establecieron Líneas Estratégicas a partir de una Planeación Estratégica enfocada a la toma de decisiones, que permitirá estandarizar procedimientos a utilizar por las empresas/operadores/mineros en los diferentes momentos o etapas del proyecto minero en donde se encuentren, permitiendo llegar a la meta propuesta.

“La minería, así como cualquier otro tipo de actividad humana genera residuos que deben ser gestionados buscando ampliar su vida útil por medio de procesos de reutilización, reúso y/o reciclaje..”



02

Metodología General

La conceptualización y elaboración de la Propuesta de Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de la Actividad Minera relacionados con Gestión y Manejo de Estériles, tiene como base la información obtenida mediante la recopilación y análisis de información secundaria nacional e internacional consultada mediante páginas web (académicas y científicas) y revisión bibliográfica e información primaria obtenida de las reuniones con empresas y actores del sector que permitieron la validación de procesos y procedimientos para la ejecución de los procesos mineros relacionados con el tema.

La información obtenida mediante recopilación y análisis de documentos consultados y analizados, permitió una mejor interacción al momento de realizar las entrevistas con empresas y actores mineros, en donde fue posible validar si las experiencias y buenas prácticas utilizadas a nivel internacional se realizaban a nivel nacional en alguna de éstas empresas y adicionalmente las reuniones también permitieron, mediante recomendaciones aportadas, ampliar la base de información para consulta. En la **Figura 1** se muestra un esquema sobre recolección de información primaria y secundaria.

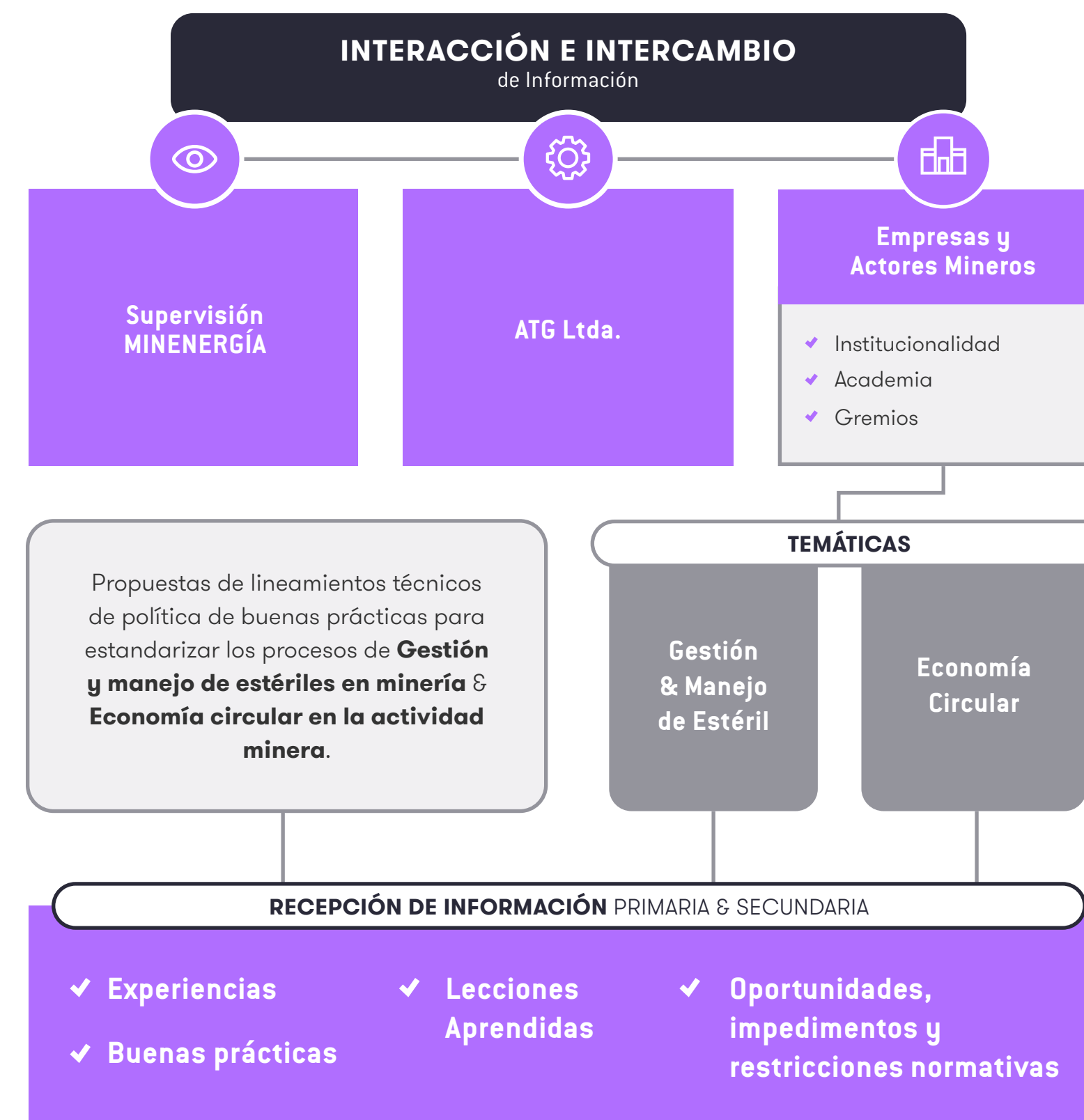


Figura 1

Metodología de recolección de información primaria y secundaria.

Fuente: ATG Ltda., 2021.

La construcción de los lineamientos fue realizada por el equipo de trabajo de ATG Ltda., conformado por profesionales con diferente formación en ingeniería de minas, geología, ingeniería ambiental, derecho empleando para ello el método heurístico de análisis, en donde se evaluó integralmente la información recopilada, identificando y seleccionando conceptos, criterios, directrices, buenas prácticas y técnicas disponibles a nivel internacional, que fueran aplicables al sector minero colombiano, teniendo en cuenta las particularidades del mismo y del territorio.

Es importante tener claridad sobre la definición de lineamiento, con el fin de establecer su interrelación con los conceptos propuestos en este esquema metodológico, a continuación se presenta la definición oficial formulada por MINTIC:



Lineamiento:

Es una orientación de carácter general, corresponde a una disposición o directriz que debe ser implementada en las entidades del Estado colombiano.¹

1

<https://www.mintic.gov.co/arquitecturati/630/w3-article-9471.html>

Estructura Metodológica de Lineamientos

A partir del concepto de **Planeación Estratégica** (*toma de decisiones*), y del conocimiento y definición de **Línea Estratégica** (*objetivos, conceptos y acciones*), y del significado de **Lineamiento** (*orientación, disposición, directriz*), se formularon cuestionamientos respecto a la gestión y manejo de estériles, los cuales se resolvieron a través de un paso a paso; partiendo de la creación de Lineamientos, los cuales pueden ser

desarrollados mediante el planteamiento de **Componentes** (*¿Qué se necesita o quiere conocer?*), **Alcance** (*propósito y limitación del componente*), **Información Requerida** (*¿Que se necesita para desarrollar o conocer el componente?*), y **Actividad** (cómo lograr construir la información requerida para satisfacer el componente y por ende el lineamiento planteado), ver **Figura 2**.



Figura 2

Estructura metodológica de lineamientos. Fuente: ATG Ltda., 2021.

Líneas Estratégicas

Establecida la estructuración de las Líneas Estratégicas, la **Figura 3** presenta las Líneas que se abordan en el presente documento:



Figura 3

Líneas estratégicas para para la gestión y manejo de estéril minero. Fuente: ATG Ltda., 2021.



03

Marco Normativo en Colombia

Evaluación de la normatividad vigente

Los Lineamientos Técnicos de Política de Buenas Prácticas para Estandarizar los Procesos de la Actividad Minera relacionados con la Gestión y Manejo de Estériles buscan ser una herramienta práctica para los titulares mineros, operadores mineros y empresarios, su aplicación depende directamente de una evaluación de la normatividad actual vigente, en conjunto con un riguroso análisis jurídico interno; es decir, al interior de cada proyecto minero se deben identificar y evaluar las disposiciones normativas relacionadas a los estériles, las cuales están consignadas en los instrumentos minero y ambiental otorgados; a partir de este conocimiento es posible definir potenciales impedimentos legales que limiten o condicionen la gestión y manejo de los estériles a partir de las alternativas planteadas; así mismo el resultado del ejercicio de análisis jurídico puede conllevar a identificar oportunidades de aprovechamiento.

En esencia, los impedimentos legales están asociados a las disposiciones normativas actuales que en algunos casos no son claras respecto a alternativas de gestión y manejo de los estériles; es decir, no se tiene especificidad en cuanto a los trámites y pasos necesarios para lograr una gestión hacia su aprovechamiento.

Hoy por hoy, para enfrentar estos potenciales impedimentos se suscita la necesidad de realizar modificaciones a los instrumentos minero y ambiental otorgados por las autoridades nacionales (Agencia Nacional de Minería y ANLA), departamentales (Gobernaciones con funciones de autoridad minera) y territoriales (Corporaciones Autónomas Regionales); modificaciones relacionadas con la inclusión de potenciales minerales aprovechables componentes del material estéril en los títulos mineros, como el Registro Único de Comercializadores de Minerales - RUCOM y en la reglamentación expedida anualmente para declaración de producción y liquidación de regalías.

Por lo anterior, este proyecto de formulación de Lineamientos pretende aportar al proceso de estandarización y actualización técnica desarrollado actualmente por la autoridad minera, a partir de las experiencias y conceptos técnico-jurídicos (ANM) es perentorio identificar restricciones y oportunidades de mejora normativa por parte de la institucionalidad que promuevan en un futuro cercano la inclusión de ajustes al marco legal, en donde se consideren necesidades y realidades actuales del sector minero colombiano orientadas al desarrollo de una minería responsable y sostenible.

“Es perentorio identificar restricciones y oportunidades de mejora normativa por parte de la institucionalidad que promuevan en un futuro la inclusión de ajustes al marco legal (...).”



04

Marco Conceptual

Para el desarrollo de la propuesta de Lineamientos relacionados a la Gestión y Manejo de Estériles, se analizaron los siguientes conceptos definidos en el **Glosario Minero** elaborado y publicado por el Ministerio de Minas y Energía en el año 2015.



Descapote

En minería a cielo abierto, etapa en la cual se remueve la capa vegetal, el suelo o el “estéril” (mineral o roca que no representa beneficio económico para la empresa minera) que cubre un yacimiento, para dejar descubierto el mineral de interés económico. Operación que se realiza durante la fase de preparación. El material del descapote debe ser dispuesto adecuadamente para su posterior reutilización en procesos de restauración o recuperación ambiental.



Dilución

Residuos de roca de bajo grado, inevitablemente retirados con el material en el proceso de minería, que contribuyen a bajar el grado del mineral explotado. Hace referencia al porcentaje de material estéril o de baja ley que se mezcla con el mineral producido por el método de explotación utilizado, y las operaciones complementarias.



Escombrera

1 // Depósito donde se disponen de manera ordenada los materiales o residuos no aprovechables (estériles) procedentes de las labores de extracción minera. **2** // Lugar seleccionado para depositar la capa vegetal, estériles y otros desechos sólidos provenientes de la explotación o el beneficio de los minerales.



Escombros (industria minera)

1 // Material o roca que fueron rotos mediante la voladura. **2** // Material de suelo, arena, arcilla o limo, inconsolidados, encontrados como material de recubrimiento en las operaciones de minería a cielo abierto. **3** // Material estéril producido en una mina.



Estéril

1 // Se dice de la roca o del material de vena que prácticamente no contiene minerales de valor recuperables, que acompañan a los minerales de valor y que es necesario remover durante la operación minera para extraer el mineral útil. **2** // En carbones, del estrato sin carbón, o que contiene mantos de carbón muy delgados para ser minados. **3** // En depósitos minerales lixiviados, se dice de una solución de la cual los minerales de valor disueltos han sido removidos por precipitación, intercambio de iones, o por extracción por solventes. **4** // Escombros que se forman cuando se explotan las minas. En las explotaciones mineras se utiliza el mineral aprovechable, pero el resto del material que acompaña al mineral y no es útil (ganga) se deja acumulado cerca de las galerías o explotaciones mineras en forma de derrubios. **5** // Material sin valor económico que cubre o es adyacente a un depósito de mineral y que debe ser removido antes de extraer el mineral.



Ganga / Mineral de ganga

1 // Minerales que no presentan interés económico en un yacimiento, aquella parte de una mena que no es económicamente deseable, pero que no puede ser desechada en minería. Ella es separada de los minerales de mena durante los procesos de concentración. Este concepto se opone al de mena. Es el material estéril o inútil que acompaña al mineral que se explota. Generalmente son minerales no metálicos, o bien la roca encajante y muy ocasionalmente pueden ser minerales metálicos. Los minerales de ganga son aquellos que no son beneficiables, pero en algunos casos estos minerales pueden llegar a ser económicamente explotables (al conocerse alguna aplicación nueva para los mismos) y, por lo tanto, dejarían de ser ganga, por ejemplo, el mineral de ganga es galeña. **2** // La roca de derroche que rodea un depósito de mineral; también la materia de menor concentración en un mineral.



Material estéril

Se definen así el suelo, los sedimentos y las rocas que cubren el subafloramiento de carbón; en este caso toma el nombre de “estéril de cobertura u overburden”. Igual definición tienen las rocas que separan dos mantos de carbón, en este caso toman el nombre de “estéril entremantos o interburden”.



Relleno (industria minera)

Roca de desecho o estéril utilizado para rellenar el vacío que se forma al extraer un cuerpo mineral.

A partir del análisis realizado, conocimiento obtenido, experiencias y buenas prácticas identificadas en el desarrollo del proyecto, se evidenció que las definiciones actuales de estéril lo relacionan como un material sin valor económico, no útil, no aprovechable, que es necesario remover, y está asociado, es adyacente o cubre el mineral de interés, lo que direcciona su manejo hacia la disposición en escombreras, limitando su gestión al no tenerse en cuenta su potencial de aprovechamiento; a continuación, se presenta la propuesta conceptual elaborada por ATG Ltda. para definir que es un Estéril en minería:

*Material **sobran**te que es necesario remover teniendo en cuenta **tipo de yacimiento, tipo de mineral y factores modificadores** considerados en la categorización y estimación de recursos y reservas, ya que se encuentra asociado, es adyacente o cubre el mineral de interés que dio origen al proyecto minero; su manejo se realiza mediante **disposición en escombreras**, y la **gestión** se hace a través de su **aprovechamiento, mediante la generación de conocimiento, mercado y valor**, teniendo como alternativas el uso interno dentro del proyecto minero para obras civiles, o en usos externos en obras de infraestructura a nivel regional, entre otros.*

“Se evidenció que las definiciones actuales de estéril lo relacionan como un material sin valor económico, no útil, no aprovechable, que es necesario remover (...) limitando su gestión al no tenerse en cuenta su potencial de aprovechamiento.”

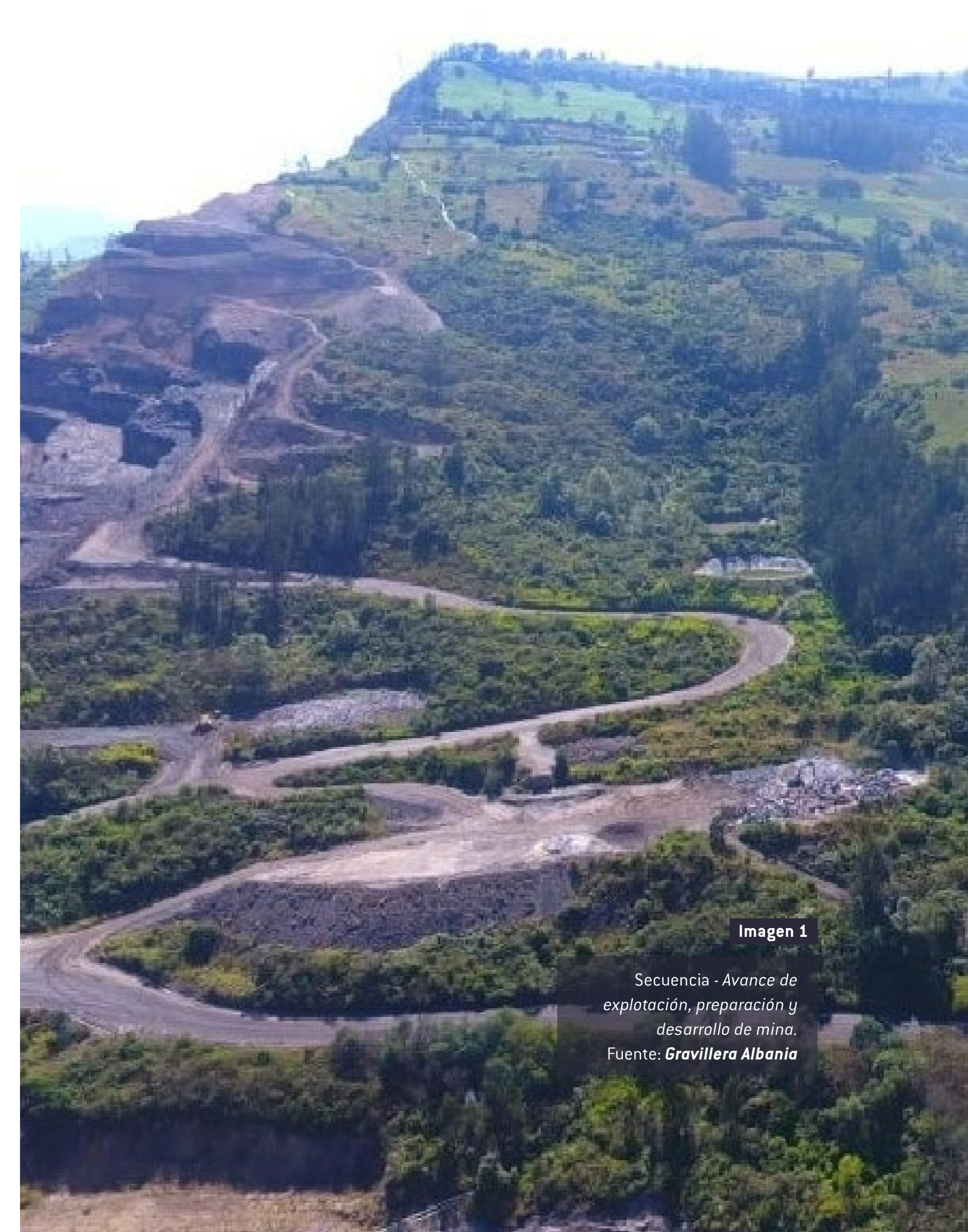


Imagen 1

Secuencia - Avance de explotación, preparación y desarrollo de mina.
Fuente: **Gravillera Albania**



05

Planeación Estratégica

Planeación estratégica para la gestión y manejo de estériles

El planeamiento minero visto desde la planeación estratégica implica **definir los procesos y actividades a desarrollar a lo largo del proyecto**, estableciendo los recursos (económico, humano, tiempo) necesarios para su ejecución en cada etapa del ciclo de vida del proyecto minero; así mismo, involucra la formulación de estrategias encaminadas a conseguir objetivos y metas del proyecto, con el fin de buscar el beneficio económico, social y ambiental, potencializando los impactos positivos y minimizando los negativos ocasionados por el desarrollo de las actividades mineras; e identificando oportunidades que permitan optimizar el aprovechamiento del recurso minero y las restricciones que condicionen o limiten el desarrollo del proyecto.

La minería, como cualquier otra actividad humana genera residuos que deben ser manejados adecuadamente; estos deben ser analizados y evaluados continuamente en función de formular estrategias direccionadas a su reducción, reutilización, reciclaje y/o correcta disposición final. En la actualidad el estéril minero se define (ver *Marco Conceptual*) como un residuo corres-

pondiente al material sin valor económico o no útil que es necesario remover para acceder al mineral de interés, bien sea porque lo cubre o se encuentra asociado o es adyacente a éste, lo que presenta una connotación del estéril como un material que no tiene potencialidad de aprovechamiento y que direcciona el manejo a su disposición de manera temporal o definitiva.

La gestión y manejo de los estériles es una actividad intrínseca de todo proyecto minero ya que su generación se encuentra ligada directamente a la explotación y aprovechamiento del mineral de interés. El inadecuado manejo del estéril puede generar contaminación directa a fuentes hídricas, suelo, aire, afectando al ambiente y a la comunidad del área de influencia. En consecuencia, la gestión de los estériles debe estar encaminada a la disminución de su generación, formulando modificaciones y ajustes en el proceso de explotación que los hagan más eficientes, reutilizándolos en operaciones del proyecto mediante la aplicación de conceptos innovadores y tecnologías que les impriman valor.

“La gestión y manejo de los estériles es una actividad intrínseca del proyecto ya que su generación se encuentra ligada directamente a la explotación y aprovechamiento del mineral de interés.”

Ejecución de una minería responsable

Actualmente la reglamentación vigente exige que los proyectos mineros deben disponer los estériles en lugares adecuados que cumplan con condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales; independientemente del tipo de minería que se desarrolle (a cielo abierto o subterránea) se generan grandes volúmenes de material estéril que deben manejarse de manera óptima, siendo la disposición en escombrera la alternativa más recurrente en el sector.

No obstante, y en línea con la ejecución de una minería responsable, se hace necesario identificar posibilidades para el uso de los materiales estériles optimizando el aprovechamiento de recursos y minimizando la generación de residuos. Teniendo en cuenta lo anterior se formulan tres pilares base para la Planeación Estratégica de la Gestión y Manejo del Estériles generados en la actividad minera, correspondientes a: **1)** Generación y Apropiación de conocimiento del Material Estéril e identificación de restricciones que inciden en su Gestión y Manejo; **2)** Definición de Oportunidades de Aprovechamiento del Estéril Minero; y **3)** Disposición y Manejo del Material Estéril (escombreras), ver **Figura 4**.

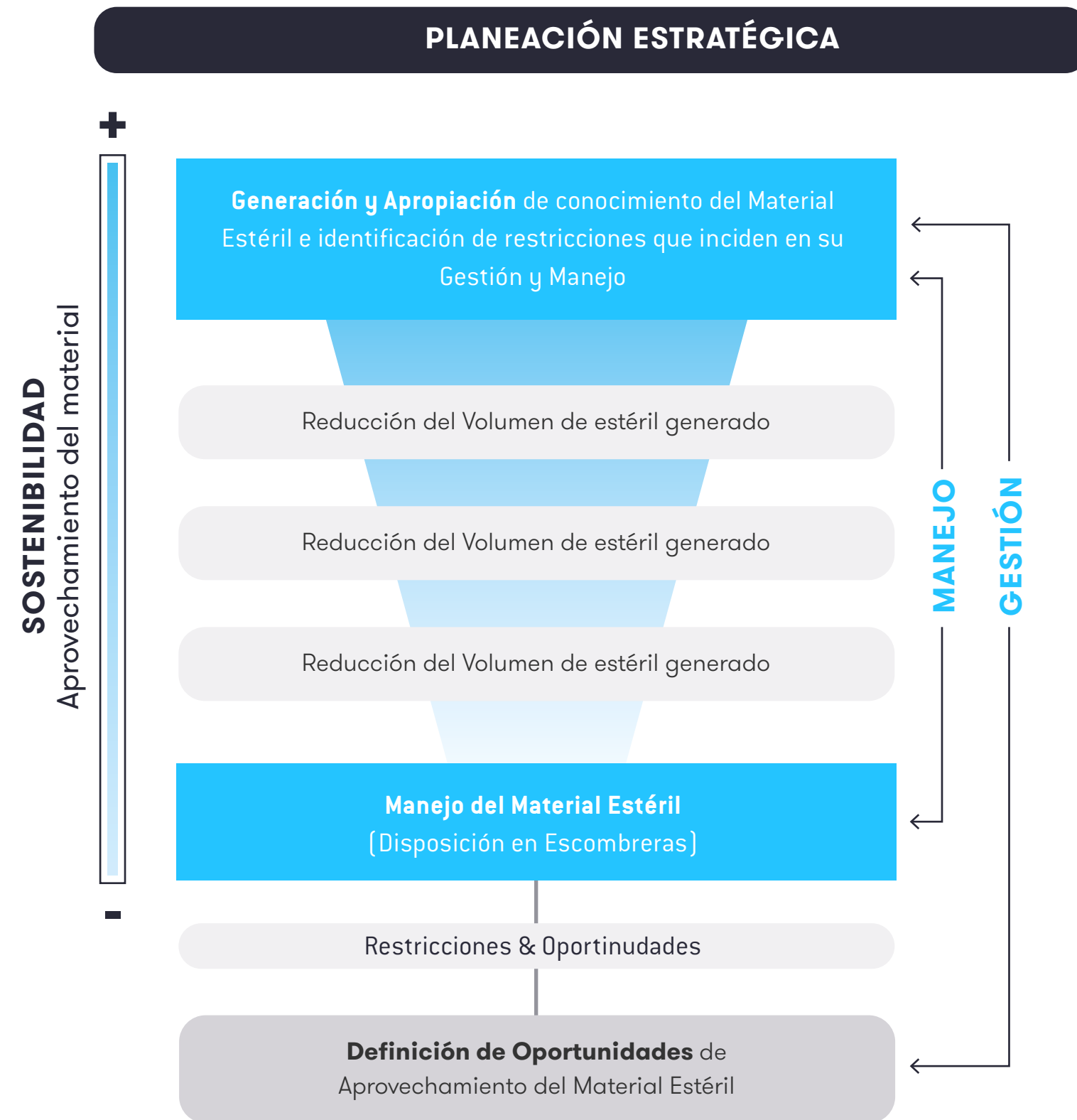


Figura 4

Planeación estratégica gestión y manejo de estériles en minería. Fuente: ATG Ltda., 2021.

Generación y Apropiación de conocimiento del Material Estéril e identificación de restricciones que inciden en su Gestión y Manejo

La generación de conocimiento respecto a las características del material estéril (propiedades físicas, geoquímicas y geomecánicas) cuantificación aproximada del volumen de material a manejar a lo largo del desarrollo del proyecto minero, así como las restricciones que inciden en su gestión y manejo, se hace fundamental para identificar oportunidades y limitantes.

El conocimiento relacionado a los estériles es único para cada proyecto minero, por lo que debe generarse desde la etapa de exploración hasta la etapa de cierre y post-cierre, convirtiéndose en información básica para la planeación estratégica del proyecto minero. Este conocimiento es la base para la toma

de decisiones respecto a la gestión y manejo de los estériles comprendiendo que su gestión puede estar direccionada al desarrollo de alternativas de aprovechamiento que se traduzcan en beneficios económicos, sociales y ambientales para la operación, su área de influencia y los actores involucrados, es importante recordar que actualmente el manejo se realiza a través de la disposición en escombreras.

Para el desarrollo de la planeación estratégica enfocada a la generación y apropiación de conocimiento del material estéril y restricciones que inciden en su gestión y manejo se proponen las siguientes líneas estratégicas (**Figura 5**):



Figura 5

Esquema generación y apropiación de conocimiento del material estéril y factores que inciden en su gestión y manejo. Fuente: ATG Ltda., 2021.

Oportunidades de aprovechamiento del estéril minero

A partir del conocimiento de las características, volumen de material estéril a generar y restricciones (técnicas, ambientales, legales, económicas y sociales) que inciden en su gestión y manejo, se pueden definir las oportunidades de aprovechamiento, mediante su reutilización y/o reciclaje en procesos internos del proyecto minero o actividades externas que pueden comprender comercialización o donación, que traigan beneficios a la operación y stakeholders involucrados.

Para el desarrollo de la planeación estratégica enfocada a la definición de oportunidades de aprovechamiento del estéril minero se proponen las siguientes líneas estratégicas:



Figura 6

Definición de oportunidades de aprovechamiento. Fuente: ATG Ltda., 2021.

Disposición y manejo del material estéril

La disposición del estéril en una escombrera es la opción más común para el manejo del material, ya que los grandes volúmenes generados y restricciones de carácter técnico, ambiental, legal, económico y social, limitan su aprovechamiento mediante la implementación de otras alternativas, diferentes a la convencional que es la disposición definitiva. La normatividad emitida desde el sector minero y ambiental establece obligaciones básicas relacionadas a la estabilidad física de las escombreras sin tocar aspectos importantes en relación a la capacidad portante del suelo del sitio o área de ubicación, al seguimiento del diseño, a la forma de construcción de las estructuras y al análisis geotécnico.

La disposición y manejo del material estéril en escombrera implica contar con terrenos para disponer el material estéril, definición de medios transporte, tipo de vertido, tipo de escombrera, construcción de sistemas complementarios, formulación de programas de mantenimiento y monitoreo, **todo enmarcado en garantizar la estabilidad física y química de la estructura a lo largo de su ciclo de vida en donde se incorpore la gestión del riesgo y gestión del cambio**, bajo la premisa que las escombreras son estructuras que generalmente están a perpetuidad; es decir, un tiempo indefinido posterior a la finalización de la explotación minera.

Para el desarrollo de la planeación estratégica enfocada a la disposición y manejo del material estéril (escombreras) se proponen las siguientes líneas estratégicas:

- | | | |
|-------------------------|--|------------------------|
| 1. Concepción | 5. Operación, Construcción y Cierre Progresivo | 8. Mantenimiento |
| 2. Planificación | 6. Cierre | 9. Monitoreo |
| 3. Diseño | 7. Post-Cierre | 10. Gestión del Riesgo |
| 4. Construcción Inicial | | 11. Gestión del Cambio |

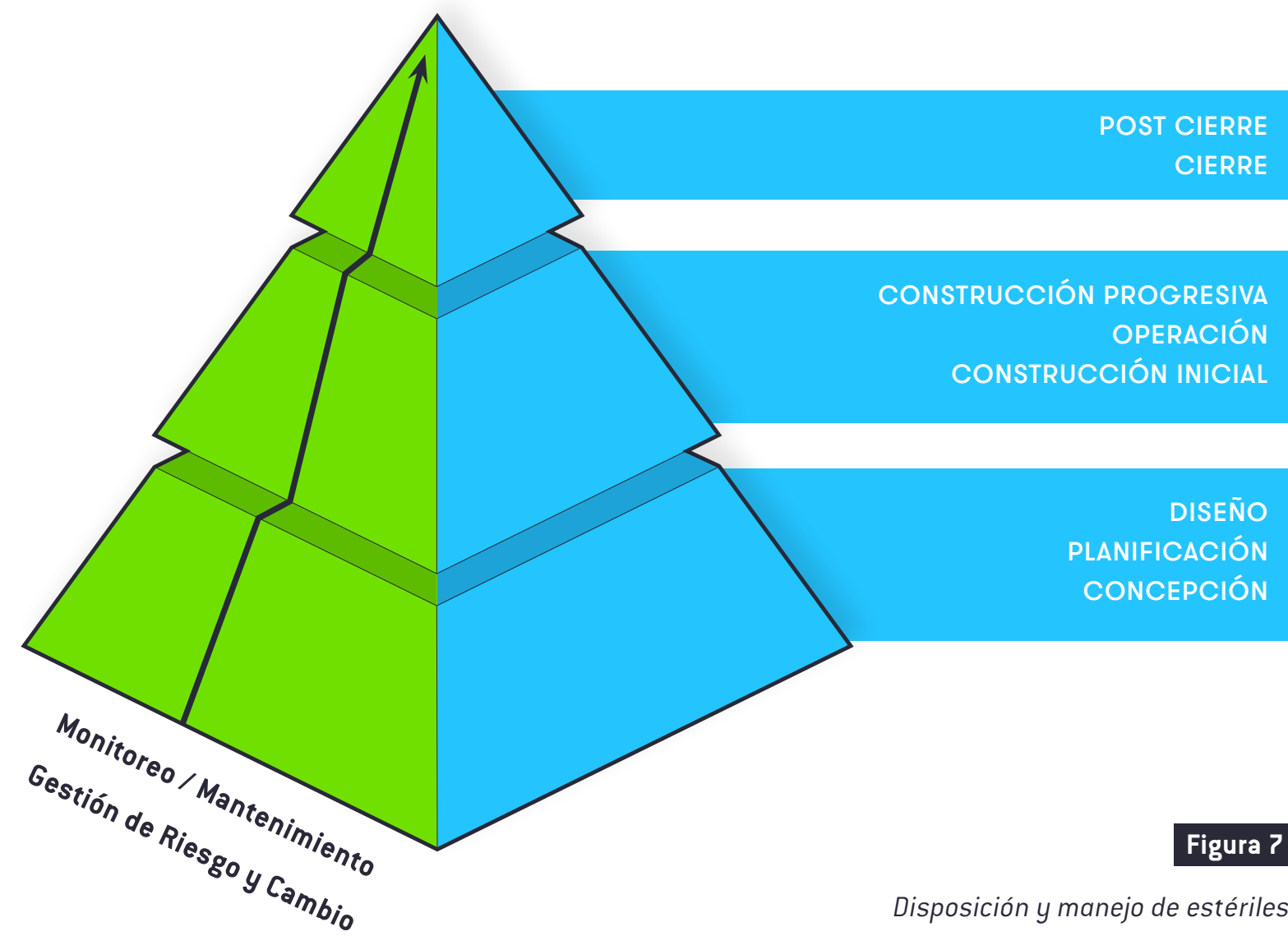


Figura 7

Disposición y manejo de estériles.
Fuente: ATG Ltda., 2021.



Imagen 2

Secuencia de reconfiguración y restauración Gravillera Albania.
Fuente: *Gravillera Albania*



06

Lineamientos

L = Lineamiento

A B C D E F G H I J = Componentes de un mismo Lineamiento

Se elaboraron un total de **treinta y un (31) Lineamientos** formulados para las Líneas Estratégicas definidas, ver Tabla 2. En cada Lineamiento se desarrollan los Componentes, Alcances e Información necesaria para su aplicación.

PLANEACIÓN ESTRATÉGICA	LÍNEA ESTRATÉGICA	LINEAMIENTOS & COMPONENTES
Generación y Apropiación de conocimiento del Material Estéril e identificación de restricciones que inciden en su Gestión y Manejo	1 Caracterización del material estéril	L1 pág 25
	2 Conocimiento del volumen del material estéril	L1 pág 27
	3 Restricciones para el manejo y gestión del material estéril	L1 pág 29 A B C D E
Definición de Oportunidades de Aprovechamiento del Estéril Minero	4 Aprovechamiento del material estéril en procesos internos del proyecto minero	L1 pág 35 A B C
	5 Aprovechamiento del material estéril en alternativas externas del proyecto minero	L1 pág 39 A B L2 pág 41
Disposición y Manejo del Material Ésteril (Escombreras)	6 Concepción	L1 pág 44 A B C D E F G H I J K L2 pág 55
	7 Planificación	L1 pág 57 A B C D E
	8 Diseño	L1 L2 L3 L4 L5 L6 L7 L8 págs 63-70
	9 Construcción Inicial	L1 pág 73 L2 pág 74 L3 pág 75
	10 Operación y Construcción Progresiva	L1 pág 78 L2 pág 79 L3 pág 80
	11 Cierre	L1 pág 83 L2 pág 84 L3 pág 85
	12 Post cierre	L1 pág 87
	13 Mantenimiento	L1 pág 89 A B C
	14 Monitoreo	L1 pág 93 A B C D
	15 Gestión del Riesgo	L1 pág 99 A B C
	16 Gestión del Cambio	L1 pág 103

Figura 8

Líneas estratégicas para gestión y manejo de estériles.
Fuente: ATG Ltda., 2021.

Caracterización del Material Estéril

Realizar una caracterización detallada del material estéril que contemple aspectos físicos, geoquímicos y geomecánicos se convierte en una fuente de información fundamental para su manejo y gestión, ya sea mediante la disposición en escombrera o utilización en alternativas encaminadas a satisfacer necesidades del proyecto minero y/o mercado externo en el que pueda ser aprovechado.

Esta caracterización permite proporcionar información respecto a la necesidad de tratamiento del estéril para ser dispuesto o aprovechado, su posible comportamiento (compactación, segregación) al ser depositado en estructuras de disposición, en donde se puedan desencadenar procesos de generación de Drenaje Acido Minero (DAM),

lixiviación, liberación y concentración de metales pesados, en donde será necesaria la implementación de obras que permitan manejar adecuadamente las aguas (lluvias, escorrentía y subsuperficiales) y su posterior tratamiento, previo a su vertido en cuerpos de agua naturales.

El estéril presenta características particulares dependiendo del mineral explotado y naturaleza de cada proyecto minero. Su conocimiento permite fortalecer el planeamiento minero en donde se pueden contemplar alternativas de uso en actividades conexas a la operación, mayor recuperación de minerales económicamente explotables, así como su comercialización o donación.



Lineamiento 1

Conocer las características físicas, químicas, mineralógicas, geoquímicas (elementos mayores, traza, y ultratrazo) y geomecánicas del material estéril



Componente

Mineralogía, geoquímica y comportamiento geomecánico del material estéril.



Alcance

Definir la composición del estéril en cuanto al contenido de minerales y propiedades que permitan ser la base para la toma de decisiones técnicas y determinar su potencial valoración económica.



Información Requerida

- Tipo de yacimiento a explotar, roca encajante y potenciales minerales incluidos en el estéril.
- Pruebas de campo básicas relacionadas con la resistencia, dureza de la roca y demás propiedades geomecánicas.
- Ensayos de laboratorio para identificar características físicas, geoquímicas y geomecánicas.

¿Cómo **determinar** las características fisicoquímicas, geoquímicas y geomecánicas de los materiales estériles?

La caracterización integral del estéril es la base para su gestión y manejo; ésta debe realizarse de manera previa al inicio de la actividad y a lo largo del ciclo de vida del proyecto minero con el fin de conocer de manera puntual y permanente su composición y propiedades, mineralógicas, geoquímicas, comportamiento geomecánico, entre otras. Lo anterior es clave en la toma de decisiones respecto a la definición del sitio y forma de disposición del estéril, así como su potencial aprovechamiento. A continuación, se presentan las actividades necesarias para realizar una caracterización adecuada:

- Realizar exploración geológica para construir el modelo geológico, génesis, geometría y tipo de yacimiento.
- Realizar ensayos de laboratorio que permitan establecer el tipo roca, alteración, mineralogía primaria y secundaria, tipo de depósito, características físicas y químicas particulares, identificación y proporción de minerales capaces de ocasionar reacciones químicas que resulten en impactos ambientales por generación de Drenaje Acido Minero y procesos de lixiviación.
- Realizar pruebas de campo básicas relacionadas con la resistencia, dureza de la roca y demás propiedades geomecánicas.

Etapa del ciclo minero



Exploración



Construcción y Montaje



Explotación



Cierre y Post-cierre

Conocimiento del **Volumen** del material estéril

Conocer el volumen de material estéril a manejar durante el desarrollo del proyecto minero, es un elemento fundamental para dimensionar las actividades de gestión a planear y manejo a desarrollar. Esto implica la asignación y disponibilidad de recursos como maquinaria, equipos para el cargue, así como la infraestructura vial para el traslado desde el frente de explotación hacia las zonas de almacenamiento o escombreras, desarrollo de obras de soporte relacionadas con el manejo adecuado del agua (superficial, subsuperficial, subterránea) y estabilidad de la estructura a conformar, de acuerdo con su diseño, área disponible y volúmenes a disponer. A su

vez permite definir el volumen que se encuentra disponible para su utilización en alternativas de aprovechamiento.

La cuantificación del volumen del material estéril debe realizarse a partir de la aplicación del Estándar Colombiano de Recursos y Reservas Minerales - ECRR, obteniendo el cálculo de recursos – reservas de los minerales identificados adicionales a los otorgados; este valor tendrá diferentes ajustes a lo largo del proyecto ya que se tendrá mayor conocimiento del yacimiento, procesos desarrollados y fuentes de generación del estéril en relación a los procesos de beneficio y transformación implementados.



Lineamiento 1

Conocer el volumen de material estéril a generar en el desarrollo del proyecto minero



Componente

Estimación del volumen de material estéril.



Alcance

Realizar la cuantificación estimada del volumen de material estéril a gestionar o manejar a lo largo del proyecto minero.



Información Requerida

- A. Categorización y estimación de recursos minerales.
- B. Relación de descapote.
- C. Geometría y capacidad de las escombreras.

¿Cómo **conocer el volumen** de material estéril a gestionar o manejar?

El insumo principal y fundamental para conocer el volumen de material estéril, es realizar una adecuada categorización y estimación de recursos minerales a lo largo del proyecto minero; a su vez insumos como el conocimiento de la relación de descapote y volumen dispuesto en escombreras, aportan para lograr un acercamiento al volumen real de material estéril a gestionar o manejar.

- Mediante la categorización y estimación de recursos minerales aplicando el **Estándar Colombiano de Recursos y Reservas Minerales - ECRR**, se puede ponderar el volumen de material estéril a manejar mediante disposición temporal y/o final en escombrera, o gestionar aprovechándolo en alternativas internas o externas al proyecto minero.
- Estimando la relación de descapote es posible establecer qué volumen de estéril es generado a partir del mineral explotado.
- En proyectos ya existentes conociendo la geometría y capacidad de la escombrera es posible establecer qué volumen de estéril ha sido dispuesto en esta estructura y puede ser aprovechado en oportunidades identificadas.

Etapa del ciclo minero



Exploración



Construcción
y Montaje



Explotación



Cierre y
Post-cierre

Restricciones

para el manejo y gestión del material estéril

En el manejo del material estéril se presentan restricciones de carácter técnico, ambiental, legal, económico y social que condicionan su gestión y/o disposición, particulares para cada proyecto minero. Pueden estar relacionadas directamente al estéril respecto a sus características y volumen generado o comprender factores internos y externos del proyecto.

Las restricciones, el conocimiento de las características y volumen de material a generar son la base para la concepción, planificación, formulación de los diseños de la escombrera y definición de oportunidades de aprovechamiento, por ejemplo, se pueden encontrar condicionantes relacionadas a la geología local, tipo de suelo, hidrología, topografía, entre otros. Asimismo, existen otras restricciones relacionadas con la imposibilidad de acceso a tecnología, falta de recursos económicos, necesidad y dificultad en la modificación de los instrumentos minero y ambiental (Plan de Trabajos y Obras – PTO, Estu-

dio de Impacto Ambiental – EIA, Plan de Manejo Ambiental - PMA) al momento de identificar alternativas de aprovechamiento, características del área de desarrollo del proyecto, infraestructura disponible, entre muchas otras. Por tal motivo, las restricciones deben ser analizadas en detalle, de manera integral y en lo posible con expertos tanto legales como técnicos, desde el inicio del proyecto minero (exploración, construcción y montaje).

Por lo anterior, es importante analizar de manera integral involucrando los componentes técnicos, ambientales, legales, económicos y sociales a escala regional, la posibilidad de gestionar estériles con el fin de construir beneficios tanto para la operación como para stakeholders.

En los siguientes lineamientos se presentan aspectos respecto a las restricciones a considerar que pueden condicionar o limitar la gestión y manejo del estéril minero.



Lineamiento 1

Identificar restricciones de carácter técnico, ambiental, legal, económico y social para la gestión y manejo del material estéril



Componente

Restricciones de carácter técnico para la gestión y manejo del material estéril.



Alcance

Identificación de restricciones de carácter técnico para la gestión y manejo del material estéril.



Información Requerida

- Infraestructura y recursos disponibles para gestión y manejo del material estéril.
- Características y volumen de material estéril a generar durante el proyecto minero.

¿Cómo identificar las restricciones técnicas?

Las restricciones técnicas pueden estar asociadas a la disponibilidad de infraestructura y recursos para aprovechamiento y/o disposición del material estéril; por ejemplo, contar con capacidad tecnológica para recuperar una mayor cantidad de mineral económicamente explotable.

Otra restricción de tipo técnico obedece al volumen de estéril a manejar. Regularmente, los procesos mineros generan grandes volúmenes de material estéril y su manejo implica una infraestructura a escala adecuada. Es por ello que en ocasiones la gestión de estériles en relación a su uso o aprovechamiento se da en pequeños volúmenes. Un ejemplo obedece a la utilización de estériles como materiales para construcción a nivel local o regional; el volumen a gestionar en esta línea es mínimo comparado con el generado.

Etapas del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre

3 Restricciones

B



Lineamiento 1

Identificar restricciones de carácter técnico, ambiental, legal, económico y social para la gestión y manejo del material estéril



Componente

Restricciones de carácter ambiental para la gestión y manejo del material estéril.

¿Cómo identificar las restricciones ambientales?

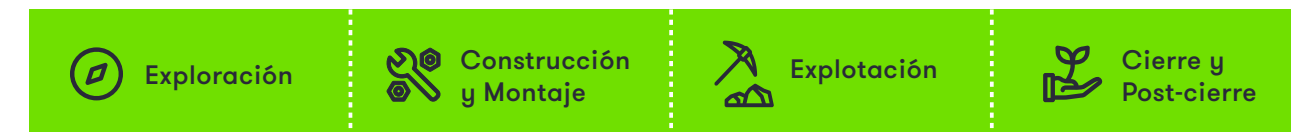
Realizar centralización, oficialización, visualización, análisis y modelamiento espacial de variables.



Alcance

Identificación de restricciones de carácter ambiental para la gestión y manejo del material estéril.

Etapa del ciclo minero



Información Requerida

A. Áreas de restricción ambiental de acuerdo con el ordenamiento (zonas de protección de cuerpos de agua, planes de ordenamiento de cuencas, planes de ordenamiento territorial, usos del suelo, entre otros).

3 Restricciones

C



Lineamiento 1

Identificar restricciones de carácter técnico, ambiental, legal, económico y social para la gestión y manejo del material estéril



Componente

Restricciones de carácter legal para la gestión y manejo del material estéril.

¿Cómo identificar las restricciones legales?

Con base en la reglamentación vigente y lo estipulado en el instrumento minero y ambiental, verificar si actividades diferentes a las inicialmente propuestas para la gestión y manejo de estériles son posibles de ejecutar. De no ser así, identificar la necesidad de tramitar la modificación de los respectivos documentos técnicos, registros, autorizaciones, contraprestaciones como los listados a continuación, previa consulta con la entidad correspondiente (ANM - UPME):



Alcance

Identificación de restricciones de carácter legal para la gestión y manejo del material estéril.

- ✓ Título Minero
- ✓ Contrato de concesión
- ✓ Registro Único de Comercializadores de minerales (RUCOM)
- ✓ Declaración de producción y liquidación de regalías
- ✓ PTO (Programa de trabajos y Obras)
- ✓ EIA (Estudio de Impacto Ambiental)
- ✓ PMA (Plan de Manejo Ambiental)



Información Requerida

- A. Manejo del material estéril definido en el instrumento minero y ambiental.
- B. Normatividad minera y ambiental vigente.

Etapa del ciclo minero



3 Restricciones

D



Lineamiento 1

Identificar restricciones de carácter técnico, ambiental, legal, económico y social para la gestión y manejo del material estéril



Componente

Restricciones de carácter económico para la gestión y manejo del material estéril.



Alcance

Identificación de restricciones de carácter económico para la gestión y manejo del material estéril.



Información Requerida

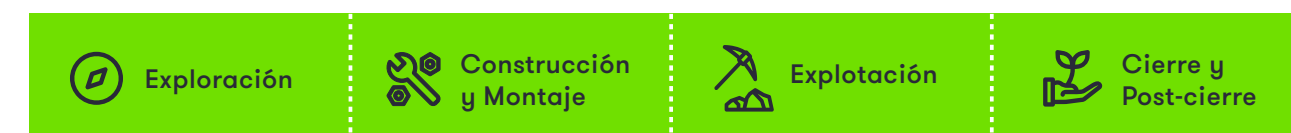
- A. Recursos económicos disponibles para el aprovechamiento y disposición del material estéril.
- B. Evaluación de la viabilidad económica para el aprovechamiento del material estéril.

¿Cómo identificar las restricciones de tipo económico?

Se debe realizar la cuantificación económica de los procesos relacionados a la gestión y manejo de estériles, permitiendo identificar las posibles restricciones existentes.

- Identificar la disponibilidad de recursos económicos para la gestión del material estéril en procesos de aprovechamiento y manejo en escombrera.
- Establecer el mercado disponible (oferta/demanda) en el que se puedan desarrollar procesos de aprovechamiento del material estéril.
- Definir la inversión económica necesaria para el desarrollo de alternativas de gestión del material estéril, respecto al grado de retorno de la misma.
- Establecer la rentabilidad de los procesos de gestión y manejo del estéril a mediano y largo plazo.

Etapa del ciclo minero



3 Restricciones

E



Lineamiento 1

Identificar restricciones de carácter técnico, ambiental, legal, económico y social para la gestión y manejo del material estéril



Componente

Restricciones de carácter social para la gestión y manejo del material estéril.



Alcance

Identificación de restricciones de carácter social para la gestión y manejo del material estéril.



Información Requerida

Resultados de socialización del proyecto de gestión y manejo de estériles.

¿Cómo identificar las restricciones de tipo social?

- A partir del relacionamiento social desarrollado en el área de influencia del proyecto con los grupos de interés (comunidades y autoridad local), es posible determinar el grado de aceptación a la gestión y manejo del estéril, permitiendo establecer impactos sociales generados y restricciones asociadas.
- La gestión de los materiales estériles en línea con su utilización como materiales para mejoramiento de la infraestructura local o regional, comercialización (y en algunos casos donación), merece un análisis del entorno con el fin de identificar unidades de negocio similares que pueden ser afectadas por la gestión propuesta.

Etapa del ciclo minero



Aprovechamiento del material estéril en **Procesos Internos** del proyecto minero

Conociendo los procesos y actividades a desarrollar a lo largo del proyecto minero es posible establecer los materiales a utilizar en etapas como exploración o construcción y montaje, cierre y post-cierre que puedan ser suplidos por el estéril generado durante el ciclo de vida del proyecto.

Los procesos en los que se puede utilizar el estéril minero comprenden desde la etapa de explotación, hasta el cierre y post-cierre por ejemplo utilización como material de retrolenado, construcción de obras (obras de soporte minero como vías, obras de manejo de aguas, cascos campamentos, oficinas, casetas, almacenes, entre otros), reconformación, readecuación, rehabilitación y recuperación de las áreas intervenidas. El uso del material

estéril en estos procesos, por lo general no requiere la modificación en los instrumentos legales otorgados, ya que las actividades desarrolladas se realizan en el área de ejecución del proyecto minero y se encuentran definidas en el instrumento minero y ambiental, por lo cual únicamente se requerirá informar a la autoridad correspondiente sobre el avance del desarrollo del proyecto.

Por otro lado, el aprovechamiento del estéril mediante recuperación de mineral aprovechable puede verse limitado por restricciones legales, ya que al momento de generar viabilidad económica dejaría de concebirse como material estéril, por lo cual se requeriría modificación del instrumento minero y ambiental para su comercialización.



Lineamiento 1

Identificar oportunidades de aprovechamiento del material estéril en procesos internos del proyecto minero



Componente

Retrolenado, recuperación y rehabilitación.



Alcance

Definir la oportunidad de realizar retrolenado, recuperación y rehabilitación de las áreas y frentes de explotación intervenidos y abandonados mediante la utilización del material estéril generado conforme al Plan de Cierre Progresivo y definitivo propuesto.



Información Requerida

- Caracterización física, geoquímica y geomecánica del estéril minero. Volumen de material estéril disponible para aprovechamiento.
- Características del área donde se realizará retrolenado, recuperación y/o rehabilitación.
- Disponibilidad de equipos, maquinaria e instalaciones de soporte (infraestructura vial interna-externa).
- Diseños de retrolenado reconformación, y rehabilitación de las áreas intervenidas planteados en el Plan de Cierre Progresivo y definitivo del proyecto minero.

¿Cómo identificar la **oportunidad de desarrollar retrolenado recuperación y rehabilitación** de las áreas y frentes de explotación intervenidos y abandonados utilizando el material estéril generado en el proyecto minero?

- Determinar equipos, maquinaria e instalaciones de soporte necesarios para desarrollar procesos de retrolenado.
- Establecer capacidad portante, así como condiciones morfológicas, topográficas de las áreas y frentes de explotación ya terminados, que permitan el desarrollo de procesos de retrolenado, recuperación y rehabilitación.
- Establecer el volumen de material estéril disponible para ser utilizado en los procesos de retrolenado, recuperación y rehabilitación de áreas.
- Identificar posibles reacciones químicas generadas por la interacción del material de retrolenado y las áreas de utilización de este, estableciendo el potencial desarrollo de procesos de generación de Drenaje Ácido Minero (DAM) y/o lixiviación de metales pesados.
- Implementar métodos de retrolenado, recuperación y rehabilitación que garanticen la estabilidad física, química y geotécnica de las áreas.
- Aplicar los diseños de retrolenado reconformación, y rehabilitación de las áreas intervenidas planteados en el Plan de Cierre Progresivo y definitivo del proyecto minero.

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre

4 Procesos Internos

B



Lineamiento 1

Identificar oportunidades de aprovechamiento del material estéril en procesos internos del proyecto minero



Componente

Obras civiles Internas.



Alcance

Definir obras civiles al interior del proyecto minero que involucren utilización del estéril como material de construcción.



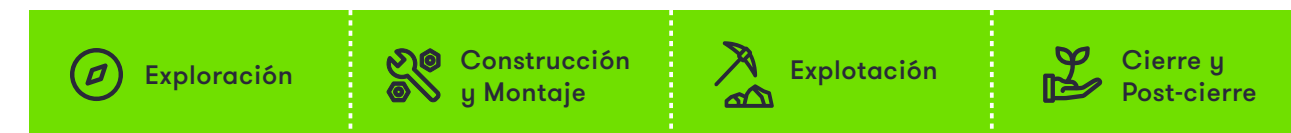
Información Requerida

- A. Caracterización física, geoquímica y geomecánica del material estéril. Volumen de material estéril disponible para la actividad.
- B. Listado de obras civiles a desarrollar en el proyecto minero, que involucren utilización del estéril como material de construcción.
- C. Disponibilidad de equipos, maquinaria e instalaciones de soporte.

¿Cómo identificar la **oportunidad de desarrollar obras civiles** utilizando el material estéril generado en el proyecto minero?

Determinar las cantidades de obra que involucren utilización del estéril como material de construcción (arenas, gravas, bases, subbases, recebos). Por ejemplo obras como: construcción de gaviones, muros de contención, diques, campamentos, estructuras de manejo de agua - filtros, adecuación o construcción de vías internas del proyecto, ente otras.

Etapa del ciclo minero



4 Procesos Internos

C



Lineamiento 1

Identificar oportunidades de aprovechamiento del material estéril en procesos internos del proyecto minero



Componente

Recuperación del mineral potencialmente aprovechable en escombreras activas y/o inactivas.



Alcance

Definir la oportunidad de recuperación de mineral potencialmente aprovechable dentro del material estéril dispuesto en escombreras activas y/o inactivas.



Información Requerida

- A. Restricciones legales para el aprovechamiento de minerales diferentes al mineral otorgado.
- B. Ubicación de escombreras y volumen aproximado de material estéril a depositar.
- C. Caracterización del estéril, composición física, geoquímica, mineralógica y geomecánica.
- D. Tecnologías y procesos innovadores disponibles que permitan recuperación del mineral.
- E. Estudio de mercado que evidencie la oferta y demanda de los minerales contenidos en el material estéril.

¿Cómo determinar la posibilidad de **recuperación de mineral** aprovechable del material estéril?

- Partiendo de la generación y apropiación de conocimiento realizado e identificación de restricciones legales asociadas a la gestión del estéril, se puede establecer que el mineral recuperable puede comprender tanto el mineral otorgado como aquellos asociados que como producto de la investigación realizada puede ofrecer una oportunidad de aprovechamiento.
- Con base en la información de la composición del material estéril obtenida en su caracterización, es posible identificar el porcentaje de minerales con potencial de recuperación y aprovechamiento.
- Conociendo los porcentajes de mineral recuperable es posible establecer conforme al volumen almacenado, la viabilidad económica y técnica para el aprovechamiento de los minerales que componen el material estéril.
- Es fundamental que la recuperación del material estéril se realice teniendo como prioridad mantener la estabilidad física y química de las escombreras de donde será removido.
- A través del estudio de mercado, información oficial y fuentes secundarias, determinar la posibilidad de comercialización del estéril a aprovechar.

Etapa del ciclo minero



Aprovechamiento del material estéril en

Alternativas Externas

del proyecto minero

El uso del estéril en alternativas externas al proyecto abre la posibilidad de aumentar el aprovechamiento del recurso y diversificar el negocio minero, esta alternativa está limitada principalmente por restricciones legales tales como:

- Trámites y tiempos adicionales asociados a la modificación de los instrumentos minero y ambiental para el aprovechamiento de sobrantes.
- Imposibilidad de comercialización de minerales no concesionados, por la obligatoriedad de aprobación de modificaciones de instrumentos minero y ambiental, así como el Registro Único de Comercializadores de Minerales - RUCOM
- No inclusión de minerales con potencial de aprovechamiento para la declaración de producción y pago de regalías.

Una vez superadas las restricciones identificadas es posible determinar alternativas de utilización que pueden corresponder a mejoras en infraestructura del área de influencia, incluyendo el previo análisis de la dinámica económica donde no se afecte operaciones similares.

Los planes de desarrollo son documentos de consulta en el que se puede definir el destino del material, contribuyendo al progreso social del territorio. No obstante, es necesario hacer procesos de concertación con las autoridades locales para lograr el objetivo, así como con las organizaciones locales (juntas de acción comunal, acueductos veredales, organizaciones, veedurías, entre otros) con el ánimo de encontrar alternativas que generen impacto positivo en el área de influencia.



Lineamiento 1

Identificar oportunidades de aprovechamiento comercial del material estéril



Componente

Material de Construcción.



Alcance

Definir la oportunidad de comercialización del estéril como material de construcción (arenas, gravas, recibos, bases, subbases).



Información Requerida

- Restricciones legales para el aprovechamiento del estéril en alternativas externas al proyecto minero.
- Caracterización física, geoquímica y geomecánica del estéril minero.
- Volumen de material estéril disponible para comercialización.
- Necesidades de material de construcción a nivel local y regional.
- Estado de la red vial externa.

¿Cómo determinar la **oportunidad de comercialización** del estéril como material de construcción?

- ▶ Partiendo de la generación y apropiación de conocimiento realizado e identificación de restricciones legales asociadas a la gestión del estéril, establecer la necesidad de modificaciones al instrumento minero y ambiental para dar viabilidad a la alternativa de aprovechamiento.
- ▶ Evaluar la demanda de material de construcción a nivel local y regional.
- ▶ Conociendo las características del material estéril se debe garantizar su empleo como material de construcción según las normas técnicas establecidas.

Etapa del ciclo minero



5 Alternativas Externas

B



Lineamiento 1

Identificar oportunidades de aprovechamiento comercial del material estéril



Componente

Materia prima o componente para la mezcla en elaboración de productos



Alcance

Definir la oportunidad de utilización del estéril como materia prima o componente en la mezcla en la elaboración de productos.



Información Requerida

- A. Restricciones legales para el aprovechamiento del estéril en alternativas externas al proyecto minero.
- B. Caracterización física, geoquímica, geomecánica del estéril
- C. Volumen de material estéril disponible.
- D. Necesidad de materia prima o componente para mezclas en la elaboración de productos.
- E. Disponibilidad de equipos, maquinaria e instalaciones de soporte para el beneficio del material estéril.

¿Cómo determinar la oportunidad de utilización del estéril como **materia prima o aditivo** para la elaboración de productos?

- Partiendo de la generación y apropiación de conocimiento realizado, e identificación de restricciones legales asociadas a la gestión del material estéril, establecer la necesidad de modificaciones al instrumento minero y ambiental para dar viabilidad a la alternativa de aprovechamiento.
- Teniendo como punto de partida el conocimiento de las características del material estéril se debe identificar si sus componentes particulares pueden ser utilizados como materia prima o aditivo para elaboración de productos, por ejemplo: elaboración de postes, ladrillos, bloques.

Etapa del ciclo minero



5 Alternativas Externas



Lineamiento 2

Identificar oportunidades de entrega del material estéril a terceros a título de donación



Componente

Donación de material estéril.



Alcance

Definir la oportunidad de entrega del material estéril a título de donación.



Información Requerida

- A. Restricciones legales para el aprovechamiento del estéril en alternativas externas al proyecto minero.
- B. Caracterización física, geoquímica y geomecánica del estéril minero.
- C. Volumen de material estéril disponible para entrega a título de donación.
- D. Necesidades de material a nivel local y regional.

¿Cómo determinar la **oportunidad de donación** del material estéril?

- Partiendo de la generación y apropiación de conocimiento realizado, e identificación de restricciones legales asociadas a la gestión del estéril, establecer si se cuenta con la viabilidad para la entrega del material estéril a título de donación.
- Establecer la necesidad de material estéril a nivel local y regional para su donación.
- Previo a la donación del material estéril se debe definir cuál será su utilización y llevar una trazabilidad respecto a su gestión y manejo.

Etapa del ciclo minero



Concepción

Los proyectos mineros tienen un enfoque lineal y están diseñados para la explotación de minerales útiles, de importancia económica o de interés de los mercados globales desechando desde su concepción los materiales adyacentes o gangas u otros elementos o minerales concomitantes, que se convierten en estériles, entre otros.

La **Concepción** del proyecto de disposición de estériles corresponde a la prefactibilidad (ingeniería conceptual) donde se generan alternativas y se selecciona la más adecuada, en este caso, la futura ubicación de la(s) escombrera(s).

Por ende, desde el nacimiento de un proyecto minero es necesario abarcar dentro de los escenarios de prefactibilidad la disposición de los estériles, lo cual se relaciona con el tipo de minerales a explorar y explotar y sus procesos de beneficio y transformación en los que se generan estériles, y por tanto requieren de un lugar en donde se almacenen, ya sea de manera temporal o definitiva.

Para esta *Línea Estratégica* se propone como **primer lineamiento**, la evaluación de alternativas para la disposición de estériles, mediante el levantamiento y estudio de temáticas a nivel regional como topografía, geología, geomorfología, hidrogeología, sismicidad, hidrología e hidráulica, usos del suelo, y geotecnia, a cargo de un equipo multidisciplinario en consonancia con las condiciones exclusivas y particulares del área de estudio en donde se ubicará la escombrera.

Las temáticas analizadas se encaminan a revisar los impactos que la(s) escombrera(s) generaría(n), así como un estimado de las necesidades para su puesta en marcha y por lo tanto se determinan de manera general costos de inversión y aspectos técnicos la disposición de estériles. Esta fase implica el uso de herramientas rigurosas para la toma de decisiones que permitan respaldar la formulación, selección y jerarquización de alternativas de ubicación de la escombrera para el manejo y disposición de estériles.

CONSIDERACIONES PARA LA Ubicación de la Escombrera

TÉCNICO	Línea Base del Área	Geomorfología	Hidrología e hidráulica	Hidrogeología	
		Topografía	Sismicidad	Geotecnia	Geología
	Conocimiento del Estéril	Características del Estéril		Volumen del Estéril a generar	
	Consideraciones Operativas	Distancias de Movilización del Estéril		Esterilización de Recursos y Reservas	
SOCIO ECONÓMICOS	Costos de Capital, Operativos y Cierre	Comunidad y grupos Étnicos presentes en el Área		Orden Público	
AMBIENTAL	Impactos Ambientales (agua, suelo, aire, paisaje, fauna y flora)		Restricciones Ambientales		
LEGAL	Propiedad del Terreno		Ordenamiento y Planeación Territorial		

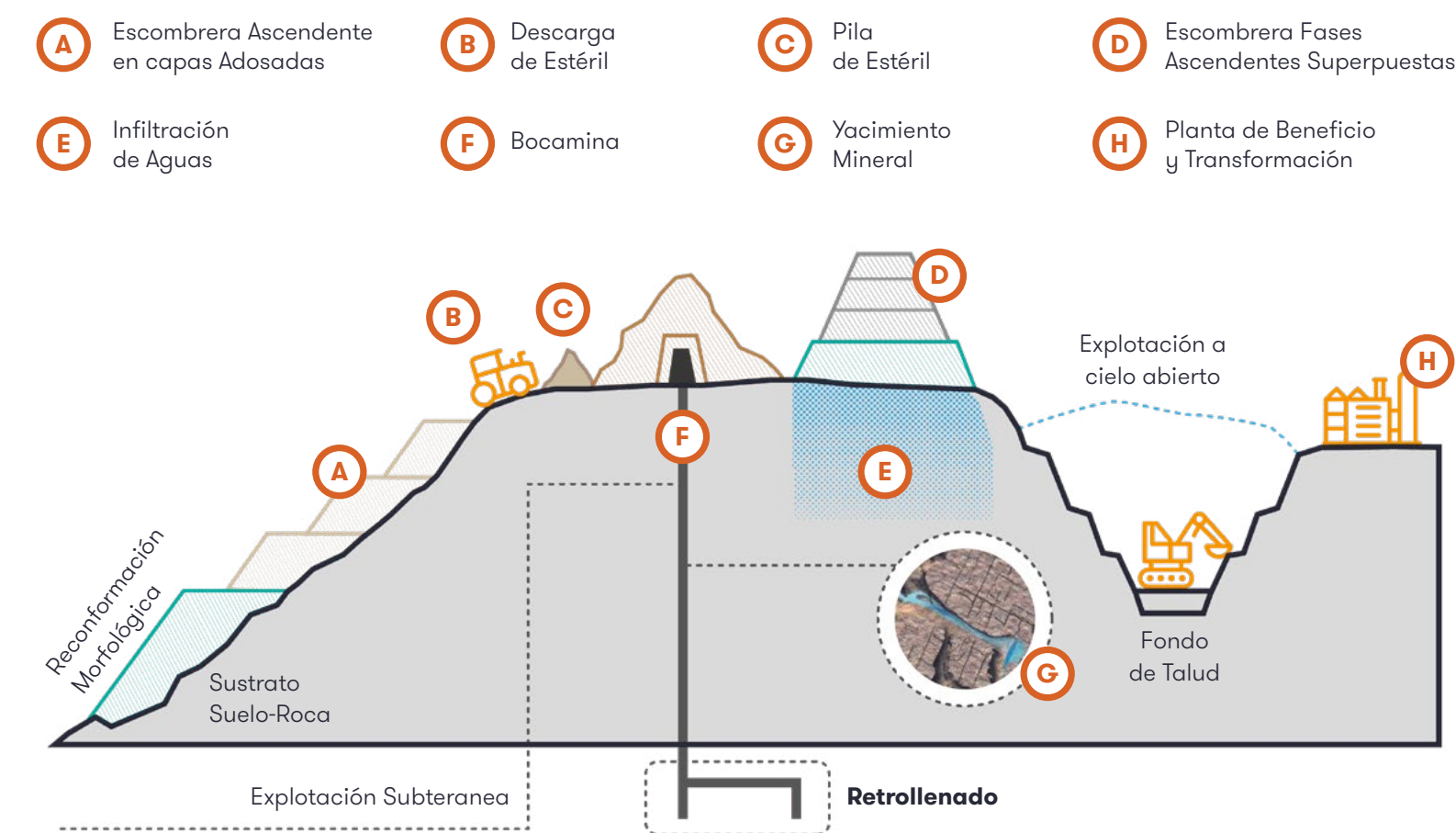
Figura 9

Consideraciones para la ubicación de la escombrera. Fuente: ATG Ltda., 2021.

Posteriormente, el segundo lineamiento se enfoca en definir la ubicación definitiva de la escombrera con base en un análisis integral mediante la cuantificación o cualificación de las potenciales áreas de disposición de estériles involucrando las temáticas evaluadas desde los componentes técnicos, ambientales y socio económicos.

Figura 10

Labores Mineras que originan estériles y sistemas de disposición. Fuente: [CANMETT, 1979], adaptada por ATG Ltda., 2021.



6 Concepción

A



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Topografía Regional.

¿Cómo determinar la topografía regional?

Verificar a través de la cartografía existente (Fuente IGAC), a una escala que permita identificar accidentes geográficos para definir la ubicación de la escombrera. De no ser posible la obtención de la topografía a escala regional, se ejecutará a través de sensores remotos.



Alcance

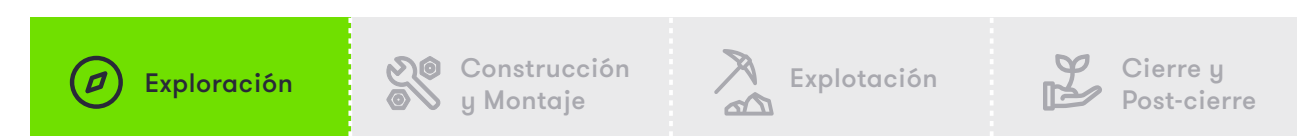
Definir rasgos topográficos, existencia de depresiones o morfologías adecuadas para ubicar la escombrera.



Información Requerida

Cartografía a escala 1:10.000 o mayor, que referencie la infraestructura existente (construcciones, carreteras, líneas eléctricas, etc.), accidentes geográficos (quebradas, cerros, etc.), labores exploratorias y mineras; y las potenciales áreas de ubicación de la escombrera.

Etapa del ciclo minero



6 Concepción

B



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Geología Regional.

¿Cómo determinar la geología regional?

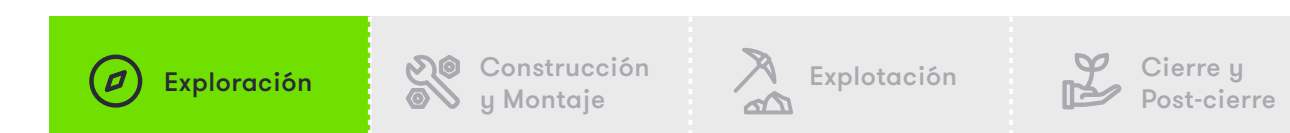
Identificar información disponible oficial (p.e. Servicio Geológico Colombiano – SGC); donde se determine a la escala requerida, la geología regional, con la descripción de las unidades presentes a través de columnas estratigráficas y la geología estructural.



Alcance

Definir rasgos geológicos y estructurales regionales, características composicionales del subsuelo y su relación con la favorabilidad para ubicar la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Información Requerida

Mapa fotogeológico y geológico de áreas potenciales de ubicación de la escombrera, a escala 1:10.000 o mayor, con descripción de la estratigrafía y cartografía de las unidades geológicas aflorantes con estructuras (orientación de estratos, fallas, pliegues, etc.), con base en estudios existentes de la zona, y ajustado con control de campo.

6 Concepción

C



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Geomorfología Regional.



Alcance

Identificar procesos de inestabilidad con énfasis en remoción en masa y/o erosión o intervenciones antrópicas que afecten la ubicación de la escombrera.



Información Requerida

Mapa geomorfológico de áreas potenciales de ubicación de la escombrera, a escala 1:10.000 o mayor, con cartografía de las geoformas y de su dinámica (procesos); incluyendo la descripción de la génesis de las diferentes unidades y su evolución, rangos de pendientes, patrón y densidad de drenajes, etc.

¿Cómo determinar la geomorfología regional?

A través de información existente en entidades oficiales (Servicio Geológico Colombiano SGC), determinar la cartografía que contenga rasgos fisiográficos en donde se identifiquen eventos de inestabilidad ocurridos y áreas con potencial riesgo según la dinámica existente.

Etapa del ciclo minero



6 Concepción

D



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Hidrogeología Regional.



Alcance

Identificar y caracterizar las aguas subterráneas y acuíferos que pudiesen existir en el área potencial de ubicación de la escombrera.



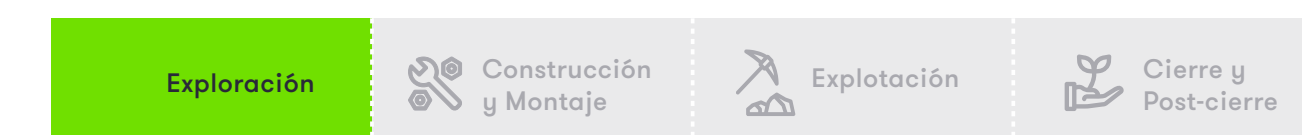
Información Requerida

Mapa hidrogeológico de áreas potenciales de ubicación de la escombrera, a escala 1:10.000 o mayor, con cartografía de unidades hidrogeológicas, inventario de puntos de agua, calidad del agua subterránea y modelo hidrogeológico conceptual.

¿Cómo determinar la hidrogeología regional?

Con base en la información oficial existente o de otro tipo de estudios en la zona, identificar las unidades hidrogeológicas presentes, así como la presencia de pozos de agua subterránea, aljibes, y manantiales (nacederos). Con base en la información primaria obtenida, se debe desarrollar un modelo hidrogeológico conceptual que permita definir preliminarmente la dirección de los flujos de agua subterránea a través de las unidades hidrogeológicas identificadas.

Etapa del ciclo minero



6 Concepción

E



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Sismicidad.

¿Cómo determinar la **sismicidad regional**?

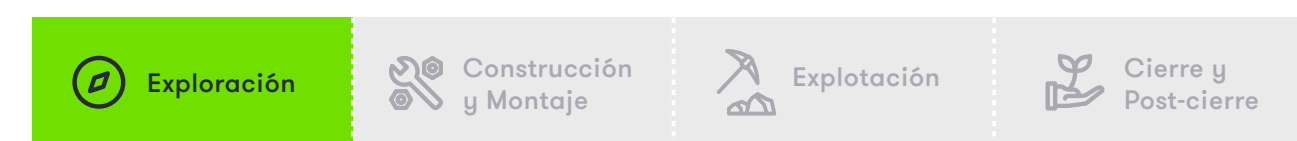
Verificar en la información oficial existente o de estudios en la zona, la cartografía que defina el nivel de amenaza sísmica del área objeto de estudio. Así mismo, hacer el inventario de eventos sísmicos ocurridos en el área de influencia y el grado de afectación en la misma.



Alcance

Definir las condiciones de amenaza sísmica de las áreas potenciales en donde se ubicará la construcción de la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Información Requerida

Evaluación de amenaza sísmica, teniendo en cuenta las normas de sismo resistencia vigentes NSR 201015 o la que las remplace o modifique; y/o estudios locales de microzonificación sísmica.

6 Concepción

F



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Hidrología e Hidráulica.



Alcance

Consolidar información hidrológica e hidráulica necesaria en el diseño de sistemas y obras para el manejo de las aguas superficiales, que permitan una eficiente operación de la escombrera.

¿Cómo determinar la **hidrología e hidráulica**?

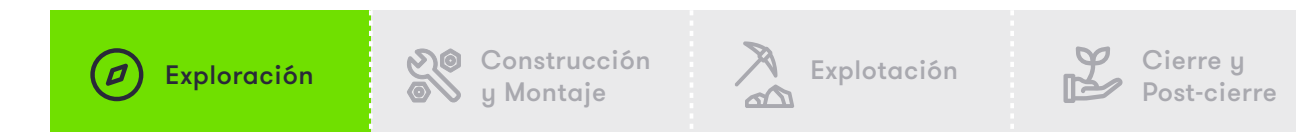
Recopilar información oficial derivada de estaciones hidrometeorológicas presentes en el área de estudio que contenga parámetros como precipitaciones, temperaturas, caudales y otros, que apoyen la toma de decisiones respecto a la potencial ubicación de la escombrera. Así mismo, verificar con cartografía multitemporal, el comportamiento de los cuerpos de agua presentes, con el fin de determinar la envolvente de divagación, así como el área de máxima inundación.



Información Requerida

Recopilación, evaluación y procesamiento de información hidroclimatológica de máximos y mínimos (series de caudal, precipitación, evapotranspiración, temperatura, índices de retorno, entre otras); caracterizar el comportamiento hidráulico de los cuerpos de agua cercanos a las áreas potenciales en donde se ubicará la escombrera; delimitación y extensión de cuencas hidrográficas, patrones de drenaje, volúmenes de agua por efecto de la escorrentía superficial, y periodos de retorno de inundaciones.

Etapa del ciclo minero



6 Concepción

G



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Usos del Suelo.

¿Cómo determinar la usos del suelo?

Se debe diseñar un plan de muestreo en el área objeto del estudio junto con ensayos de laboratorio para verificar y contrastar lo recopilado con los usos actuales del suelo, y el marco legal, a través de los instrumentos de ordenamiento territorial, estableciendo la correlación o el conflicto de uso.



Alcance

Realizar un análisis de suelos con base en su vocación, servicios y estado actual en las áreas potenciales en donde se ubicará la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Información Requerida

Elaboración de cartografía de uso de suelos en las áreas potenciales de ubicación de la escombrera, a escala 1:10.000 o mayor, con sus respectivos análisis que incluyan vocación, servicios (provisión, regulación, soporte y cultural) y el estado actual (fertilidad, contaminación, compactación, degradación por erosión) con base en información primaria y secundaria.

H

6 Concepción



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Geotecnia.

¿Cómo determinar la geotecnia del área?

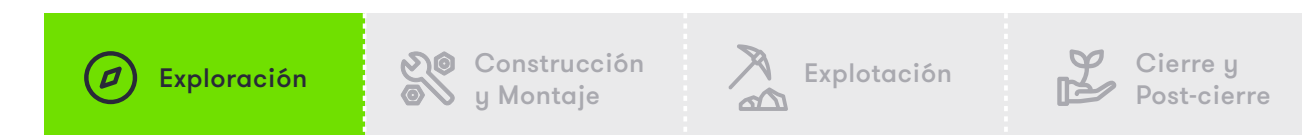
Elaboración de mapas temáticos e identificación en el terreno de zonas geotécnicamente homogéneas, a escala 1:10.000 o mayor a partir de la información geológica, geomorfológica, hidrológica, hidrogeológica, de cobertura de suelos, clima y sismicidad.



Alcance

Realizar la zonificación geotécnica, considerando la susceptibilidad de las condiciones que puedan afectar o potencializar la estabilidad del sitio de la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Información Requerida

Mapa de geología (litología, propiedades índice ingenieriles de rocas y/o suelos), geomorfología (mapa de pendientes), hidrología, hidrogeología, cobertura de suelos, clima, sismicidad.

6 Concepción



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Impactos Ambientales.



Alcance

Determinar y valorar los posibles impactos generados en las áreas definidas como alternativas de ubicación de la escombrera.



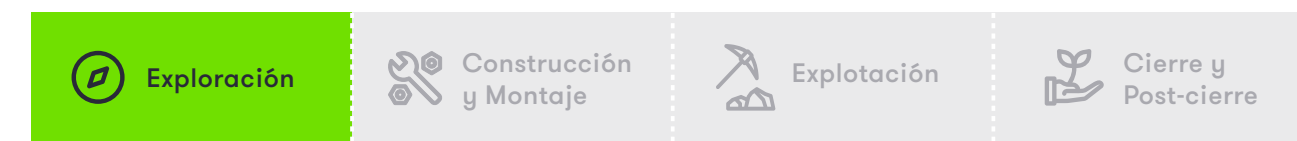
Información Requerida

- A. Características bióticas del área (fauna, flora)
- B. Características abióticas del área (cuerpos hídricos, suelo, aire, etc.)

¿Cómo determinar **restricciones ambientales?**

A partir del conocimiento de las características bióticas y abióticas del área se debe realizar la identificación y valoración de impactos ambientales mediante la aplicación de instrumentos como matrices con el fin de establecer cuál de las ubicaciones propuestas genera menor afectación ambiental.

Etapa del ciclo minero



6 Concepción



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Condiciones Sociales del Territorio.



Alcance

Identificar las condiciones sociales del territorio que puedan influir en la definición de la ubicación y operación de la escombrera.



Información Requerida

- A. Propiedad del terreno.
- B. Estado de orden publico.
- C. Comunidades del área.

¿Cómo determinar las **condiciones sociales del territorio?**

- Se debe identificar la propiedad del terreno de las áreas propuestas para la ubicación de la escombrera, con el fin de establecer la posibilidad de adquisición del terreno o establecimiento de contratos de servidumbre.
- Determinar el orden público de las áreas propuestas para la ubicación de la escombrera es fundamental para contemplar condiciones que pueden influir en la seguridad y desarrollo de la operación minera.
- Conocer la comunidad del área y sus condiciones socioeconómicas es fundamental para establecer las posibles dinámicas que se puedan generar en torno a la construcción, operación y cierre de la escombrera.

Etapa del ciclo minero



6 Concepción

K



Lineamiento 1

Elaborar una línea base de conocimiento a escala regional para formular, seleccionar y jerarquizar alternativas de ubicación de la escombrera para la disposición del material estéril



Componente

Distancias y tiempos movilización.



Alcance

Identificar los recursos necesarios para la movilización de estériles a las áreas propuestas para la ubicación de la escombrera a partir del conocimiento de distancia y tiempo de movilización.



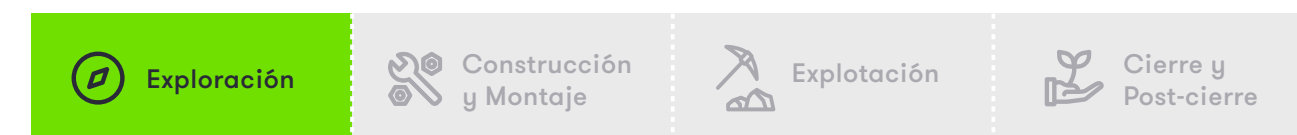
Información Requerida

- A. Distancia entre el área de generación o acopio temporal del estéril y las áreas propuestas de ubicación de la escombrera.
- B. Tiempos de movilización entre el área de generación o acopio temporal del estéril y las áreas propuestas de ubicación de la escombrera.

¿Cómo identificar los recursos necesarios para la **movilización de estériles a las áreas propuestas para la ubicación de la escombrera?**

Conociendo las distancias y tiempos movilización entre el área de generación o acopio temporal del estéril y las áreas propuestas de ubicación de la escombrera, es posible realizar una aproximación a los recursos técnicos y económicos requeridos para trasladar el estéril.

Etapas del ciclo minero



6 Concepción



Lineamiento 2

Definir la ubicación de la escombrera con base en un análisis integral técnico y socio económico



Componente

Ubicación de la Escombrera.



Alcance

Analizar de manera integral las posibles áreas de disposición de estériles involucrando las temáticas evaluadas desde los componentes técnicos, ambientales, sociales y económicos a escala regional definiendo el área potencial de ubicación de la escombrera.



Información Requerida

- A. Línea base de conocimiento a escala regional de las áreas propuestas para la ubicación de la escombrera.

¿Cómo determinar la **ubicación de la escombrera?**

Se debe presentar un análisis sobre la alternativa seleccionada para disposición de estériles (escombrera), justificando su elección y las ventajas técnicas y socio- ambientales que ésta tiene sobre las demás alternativas existentes.

- Realizar la superposición de los mapas temáticos, zonificar y cualificar la estabilidad geotécnica de los potenciales sitios identificados, para ubicar y seleccionar las escombreras.

➤ Con base en la determinación de la estabilidad geotécnica y demás información obtenida en las temáticas expuestas (Topografía, Geología, Geomorfología, Hidrogeología, Sismicidad, Hidrología e Hidráulica, Usos del Suelo, Geotecnia, impactos Ambientales, Condiciones Sociales del Territorio, Distancias y Tiempos de Movilización) se deben ponderar los resultados mediante metodologías soportadas que permitan concluir la conveniencia de la construcción de la escombrera en el sitio determinado, y garantizar su estabilidad, una vez se construya y entre en operación, así como en las etapas de cierre y post cierre.

Etapas del ciclo minero



Planificación

La **Planificación** de la disposición de estériles tiene como soporte preliminar el conocimiento de la ubicación definitiva de la(s) escombrera(s), y se ejecuta al finalizar la **Concepción** hasta el inicio del **Diseño** de la escombrera. Esta línea busca orientar y construir conocimiento detallado del área de estudio sobre las temáticas básicas necesarias e imprescindibles con el fin de lograr una toma de decisiones acertada y, por consiguiente, un Diseño adecuado y seguro de la escombrera que se busca materializar.

El primer lineamiento corresponde a actividades de factibilidad donde se construye conocimiento riguroso sobre la alternativa seleccionada de ubicación definitiva de la escombrera, para ello es importante el levantamiento topográfico con el fin de tener una base de las obras civiles para evaluar accesos, excavaciones y movimientos de tierra necesarios. Las interacciones de las temáticas utilizadas (topografía, geología, hidrogeología, análisis y evaluación geotécnica, hidrografía e hidrolo-

gía, e infraestructura existente y por construir) con la línea estratégica permiten dar paso al análisis de la información a escala de detalle sobre el estado y viabilidad técnica del área de ubicación definitiva de la escombrera.

El segundo lineamiento tiene relación con el transporte hasta contemplar el sistema de disposición y vertido selectivo de estériles dentro de la propia escombrera.

En resumen, la Planificación involucra la obtención de información relevante a escala de detalle que permita conocer de manera específica el sitio y el sistema de disposición de estériles. De esta forma, se permitirá garantizar la estabilidad y disminuir los riesgos asociados a la operación. Así mismo, la Planificación puede considerarse punto de referencia para desarrollar y realizar los estudios geotécnicos, y dar el respectivo aval en esta etapa de factibilidad para permitir el paso a la fase de Diseño, teniendo en cuenta a la vez aspectos ambientales frente a la Construcción y al **Monitoreo** de la escombrera.



Lineamiento 1

Elaborar línea base de conocimiento a escala detallada del área de ubicación de la escombrera



Componente

Topografía Detallada.



Alcance

Elaborar la topografía esquemática y detallada que permita ubicar el proyecto con sus respectivas obras de soporte y complementarias, sirviendo como base cartográfica para dimensionar los diseños de la escombrera e infraestructura a construir y/o adecuar.



Información Requerida

Levantamiento topográfico detallado, a escala 1:2000 o mayor, con curvas de nivel cada dos (2) metros, con inclusión de la infraestructura superficial existente (vías, líneas eléctricas, construcciones, centros poblados, etc.), accidentes geográficos principales (quebradas, cerros, etc.) incluyendo todo lo que pueda servir y soportar la planificación del proyecto, incluyendo la ubicación de la estructura de la escombrera.

¿Cómo realizar la topografía de detalle?

El levantamiento topográfico se puede lograr a través de una comisión con un equipo de topografía de detalle (GPS GNSS RTK) que tenga la capacidad de tomar una cantidad de puntos para lograr la ubicación de manera precisa y con todos los elementos existentes tanto de infraestructura como de accidentes geográficos. La topografía de detalle también se puede lograr con sobrevuelos a través de drones que tomen información necesaria y detallada para su posterior procesamiento y estructuración cartográfica.

Etapa del ciclo minero



Planificación

B



Lineamiento 1

Elaborar línea base de conocimiento a escala detallada del área de ubicación de la escombrera

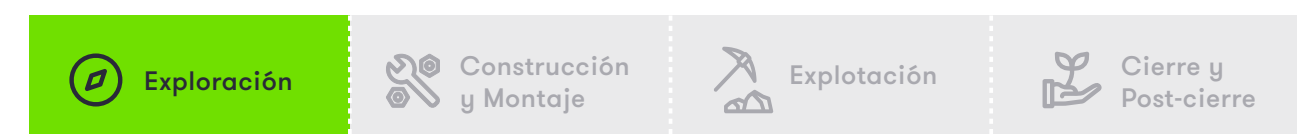
Componente
Geología Local

¿Cómo determinar la **geología local**?

Conociendo las distancias y tiempos movilización entre el área de generación o acopio temporal del estéril y las áreas propuestas de ubicación de la escombrera, es posible realizar una aproximación a los recursos técnicos y económicos requeridos para trasladar el estéril.

Alcance
Elaborar un modelo geológico detallado como insumo para la construcción del modelo geológico-geotécnico local.

Etapas del ciclo minero



Información Requerida
Cartografía a escala 1:2000 o mayor que contenga las unidades de roca, suelos y depósitos; con descripción composicional (estratigrafía local); definición de rasgos geológicos y estructurales locales (fallas, pliegues, características y estado del macizo rocoso, etc.); y toda aquella información relacionada que sirva de soporte para la planificación del proyecto.

Planificación

C



Lineamiento 1

Elaborar línea base de conocimiento a escala detallada del área de ubicación de la escombrera

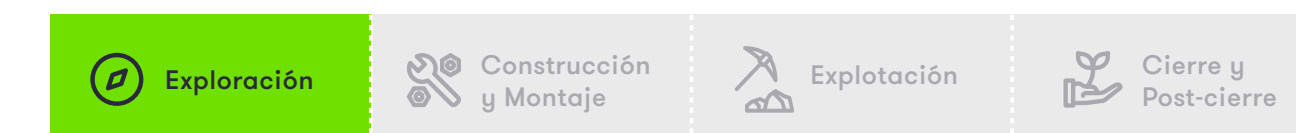
Componente
Hidrogeología Local.

¿Cómo determinar la **hidrogeología local**?

El modelo hidrogeológico deberá ser una representación en tres dimensiones de las condiciones estáticas y dinámicas de las unidades hidrogeológicas presentes en el área objeto de estudio y ubicación de la escombrera. La información con la que se elabora el modelo se basa en la geología y su descripción; con esto se puede definir la posibilidad de almacenar y transmitir agua, y determinar la posición de los niveles piezométricos (es necesario instalar piezómetros para calibrar el monitoreo de la estabilidad de la escombrera). La modelación contiene valores de recarga, condiciones de los flujos, inventario de puntos de agua, características hidráulicas como conductividad, y definición de unidades hidrogeológicas.

Alcance
Elaborar un modelo hidrogeológico numérico que sirva como punto de referencia para el posterior monitoreo del recurso en términos de calidad y cantidad, así como la evaluación hidrogeoquímica, geohidráulica, e hidrodinámica subterránea del área de la escombrera.

Etapas del ciclo minero



Información Requerida
Cartografía a escala 1:2000 o mayor de unidades hidrogeológicas y tipos de acuíferos presentes sobre el área de ubicación de la escombrera; inventario de puntos de agua (pozos, aljibes y manantiales); parámetros geohidráulicos, usos del agua subterránea; zonas de recarga y descarga y direcciones de flujo, así como la evaluación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación.

Planificación

D



Lineamiento 1

Elaborar línea base de conocimiento a escala detallada del área de ubicación de la escombrera



Componente

Hidrografía e Hidrología Local.



Alcance

Identificar los cuerpos de agua susceptibles de ser impactados para determinar su influencia en la planificación de la escombrera.



Información Requerida

- A. Cartografía a escala 1:2000 o mayor que incluya la identificación de cuerpos lénticos y lóticos (envolvente de divagación) y sus zonas de recarga.
- B. Descripción de los patrones de drenaje, régimen hidrológico y caudales característicos de cuerpos cercanos o a intervenir.
- C. Caracterización fisicoquímica e hidrobiológica de las corrientes hídricas del área de influencia, susceptibles de ser intervenidas por la construcción de la escombrera.
- D. Toma de parámetros de acuerdo con el uso

establecido (agrícola, recreativo, etc.), de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS y los mencionados en la Resolución 631 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS (valores límites para vertimientos puntuales en cuerpos de agua).

- E. Usos actuales y proyectados del agua que se pueden ver afectados por la construcción y operación de la escombrera (captación, generación de energía, riego, recreación, etc.).
- F. Conflictos actuales sobre disponibilidad y uso del agua para el cálculo del índice de escasez.
- G. Determinar actividades de mitigación de la erosión ocasionada por el manejo del agua.

¿Cómo determinar la hidrografía e hidrología local?

Los datos obtenidos de las estaciones oficiales (hidrometeorología) deben contener información sobre el balance hídrico, así como la identificación de picos presentes en escalas de tiempo (como mínimo un periodo de retorno) en los que se puede incluir información de 50 años en adelante; esto con el fin de analizar y verificar la periodicidad de eventos climáticos extremos y su influencia en los cuerpos de agua presentes en el área de estudio.

Etapa del ciclo minero



Planificación

E



Lineamiento 1

Elaborar línea base de conocimiento a escala detallada del área de ubicación de la escombrera



Componente

Infraestructura Existente.



Alcance

Identificar y caracterizar vías de acceso, estado y clasificación. Así mismo, definir la infraestructura existente asociada al proyecto.



Información Requerida

Cartografía detallada a escala 1:2000 o mayor donde se ubiquen las vías de acceso existente que pueden ser utilizadas para la movilización del estéril y operación de la escombrera.

¿Cómo determinar la infraestructura existente?

A través de la cartografía base existente disponible en diferentes plataformas oficiales identificar vías de acceso e infraestructura existente que pueda servir como soporte para la movilización del estéril y operación de la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Diseño

La presente Línea Estratégica corresponde a la ingeniería conceptual, que se aplica inicialmente para identificar la viabilidad tanto técnica como económica del proyecto de disposición de estériles, y es la que marcará la pauta para el desarrollo de la ingeniería básica e ingeniería detallada. En esta etapa se elaboran todos los criterios, variables y parámetros de diseño para la construcción, operación, monitoreo, cierre y post cierre de la(s) escombrera(s) e infraestructura asociada.

La etapa de Diseño inicia una vez se compilen los resultados de los estudios detallados relacionados con el levantamiento de la línea base de conocimiento para el área de ubicación definitiva de la(s) escombrera(s), y se proyectan los equipos de arranque, cargue y transporte así como los de disposición de los estériles en la escombrera.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es determinar la capacidad portante del sitio de emplazamiento de la escombrera; definir y evaluar el tipo, método y secuencia constructiva; determinar parámetros físicos, geoquímicos y

geomecánicos de estériles y su potencial alteración e incidencia en los diseños y estabilidad física; determinar y evaluar factores (climatología, sismicidad, etc.) que influyen en la estabilidad física y química de la(s) escombrera(s); definir equipos necesarios para la disposición técnica del material estéril; establecer parámetros de diseño y evaluación geotécnica y tipificación del grado de amenaza de la geometría de los diseños, incluyendo, estructuras de contención si son requeridas, infraestructura vial y obras con diseños hidráulicos necesarias para el manejo de aguas subsuperficiales y de escorrentía; y definir sistemas complementarios que garanticen la estabilidad física y química de la escombrera; por lo descrito, nótese que se hace fundamental el manejo del agua y la preservación de la estabilidad física de la escombrera.

Los parámetros de diseño necesarios para alimentar los modelos se definen desde ensayos de campo y laboratorio, y la tipología y cantidad está en función del tipo de material involucrado y el modelo constitutivo que se adopte para representar su comportamiento.²

2

SERNAGEOMIN Servicio Nacional de Geología y Minería – Gobierno de Chile, 2018. Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes. Santiago, Chile.



Lineamiento 1

Determinar la capacidad portante del sitio de emplazamiento de la escombrera



Componente

Determinación de propiedades físicas, geomecánicas e hidráulicas de rocas y/o suelos de cimentación

D. Como mínimo propiedades de resistencia de rocas y/o suelos de cimentación: cohesión, ángulo de fricción interna, pesos unitarios, consolidación, disposición del nivel freático, características y volúmenes de materiales a disponer en la escombrera.



Alcance

Realizar la exploración geológica ingenieril superficial, subsuperficial y ensayos in situ y de laboratorio que permitan establecer las propiedades físicas, geomecánicas e hidráulicas de rocas y/o suelos de cimentación de la escombrera.

¿Cómo determinar la **capacidad portante** de la escombrera?

Con base en la información topográfica, distribución litológica y de las propiedades de resistencia y el efecto del agua se determinará la capacidad de soporte de la base de la cimentación, y la estabilidad estática y dinámica. El detalle de la investigación del subsuelo, la cantidad y clase de ensayos y tipos de análisis geotécnicos están en relación técnica directa con el tamaño y volumen de estériles a disponer; complejidad geotécnica de las rocas y/o suelos de fundación y características físicas, geoquímicas y geomecánicas del estéril.



Información Requerida

- A. Base topográfica escala adecuada 1:2.000 o mayor.
- B. Distribución, espesores y homogeneidad de las rocas y suelos información obtenida a partir de la exploración directa (perforaciones, apiques y trincheras) e indirecta (métodos geofísicos).
- C. Perfil geológico-geotécnico.

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre



Lineamiento 2

Definir y evaluar el tipo, método y secuencia constructiva de la escombrera



Componente

Diseñar y plantear los procesos constructivos de la escombrera.



Alcance

Garantizar la homogeneidad de la disposición de estériles y la estabilidad de la escombrera.



Información Requerida

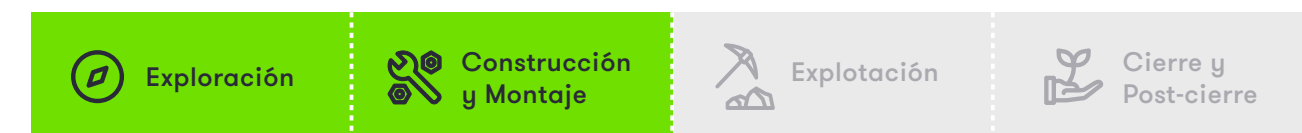
- A. Topografía de la superficie de cimentación de la escombrera.
- B. Características físicas, mecánicas, granulométricas de los materiales estériles a disponer y de la roca y/o suelo de cimentación.
- C. Dirección y distribución de las aguas de escorrentía.
- D. Ritmo de descarga y volumen de estéril a ser vertido.

¿Cómo definir y evaluar el tipo, método y secuencia constructiva de la escombrera?

Definición de los métodos y requerimientos de equipos adicionales si se requieren para la colocación y compactación del estéril, dependiendo de su dureza, resistencia y degradabilidad.

Con base en la topografía de cimentación determinar la secuencia de disposición de estériles, entre estas: vertido libre, vertido en fases, fases ascendentes superpuestas, necesidad de estructura de contención a la pata.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 3

Determinar los parámetros físicos, químicos y geomecánicos empleados y la potencial alteración futura del material estéril en los diseños y estabilidad física



Componente

Conocer o inferir los potenciales cambios, a través del tiempo, de las propiedades físicas, químicas, hidráulicas, de alteración y geomecánicas de los materiales estériles.



Alcance

Determinar los cambios de las propiedades físicas, químicas, hidráulicas, de alteración y geomecánicas de los materiales estériles.



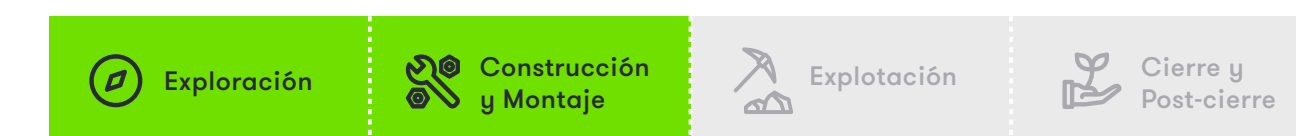
Información Requerida

Dureza de la roca y/o suelos, susceptibilidad a cambios por los procesos de intemperismo y parámetros de resistencia dinámicos.

¿Cómo conocer o inferir los potenciales cambios de la escombrera?

Determinar a través de ensayos de laboratorio la durabilidad y degradabilidad de los materiales estériles y los potenciales cambios por la pérdida de resistencia, permeabilidad y otros parámetros que se identifiquen e impacten la estabilidad física de la escombrera.

Etapa del ciclo minero





Lineamiento 4

Determinar los factores detonantes en la estabilidad física de las escombreras



Componente

Determinación del efecto del agua y la sismicidad en la estabilidad física de las escombreras.



Alcance

Determinar el efecto del agua superficial y subsuperficial en la estabilidad física y carga sísmica a partir del coeficiente de aceleración horizontal.



Información Requerida

- A. Efecto del agua (profundidad del nivel freático, descenso del frente húmedo).
- B. Coeficiente de aceleración horizontal según periodos de recurrencia exigidos por norma.

¿Cómo determinar el efecto del agua y la sismicidad en la estabilidad física de la escombrera?

- *Efecto agua:* Determinación cuantitativa de la precipitación, infiltración y ponderación de las lluvias torrenciales como potencial detonante de estabilidad, considerado cálculos y periodos de retorno según la normatividad colombiana vigente.
- *Efecto sismicidad:* Evaluar la asignación del coeficiente de aceleración con base en el Estudio de amenaza sísmica de Colombia (AIS, 2009), de estudios regionales, de microzonificación sísmica, o del sitio usando las ecuaciones de atenuación sugeridas en el estudio AIS, 2009.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 5

Establecer los parámetros de diseño, evaluación geotécnica y tipificación del grado de amenaza de la geometría de los diseños, incluyendo, estructuras de contención si son requeridas, infraestructura vial y obras con diseños hidráulicos necesarias para el manejo de aguas subsuperficiales y de escorrentía



Componente

Análisis geotécnicos de estabilidad física de la escombrera.



Alcance

Realizar diferentes análisis de sensibilidad geotécnica, para las condiciones estáticas y pseudoestática, que permitan determinar o comprobar la geometría del diseño final estable y obras anexas a la escombrera.



Información Requerida

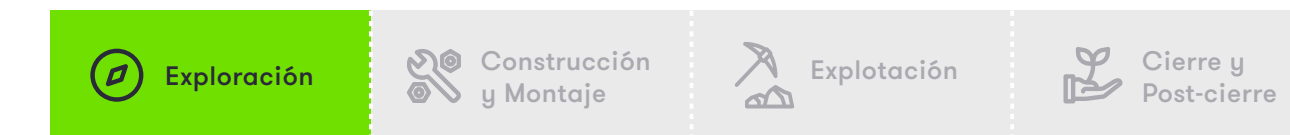
- A. Perfiles geológico – geotécnicos.
- B. Geometría del diseño y modelo topográfico del área de influencia de la escombrera.

- C. Influencia de los potenciales efectos del agua.
- D. Propiedades ingenieriles de los materiales estériles y fundación: de resistencia geomecánica y deformación.
- E. Sismicidad del área de influencia de depósito de estériles.

¿Cómo determinar la estabilidad física y tipificación del nivel de amenaza para condiciones estáticas y dinámicas?

Determinar la estabilidad física y tipificación del nivel de amenaza para condiciones estáticas y dinámicas con base en métodos de análisis válidos y reconocidos en geotecnia, con o sin empleo de software especializado, entre éstos: método de equilibrio límite y método de elementos finitos.

Etapa del ciclo minero



Nota: Los métodos de equilibrio límite y elementos finitos buscan cubrir los análisis físico -matemáticos- tablas, a emplear en pequeñas escombreras. sin necesidad de empleo de software. según la escala o tamaño de la escombrera y proyecto minero, Se debe considerar la exigencia y rigurosidad de la exploración, ensayos y análisis geotécnicos.



Lineamiento 6

Realizar el diseño de los sistemas de transporte, descarga y operación del estéril



Componente

Método de Transporte, Descarga y Operación del material Estéril.



Alcance

Elaborar los diseños de los sistemas de transporte, descarga y operación para la disposición de estériles.



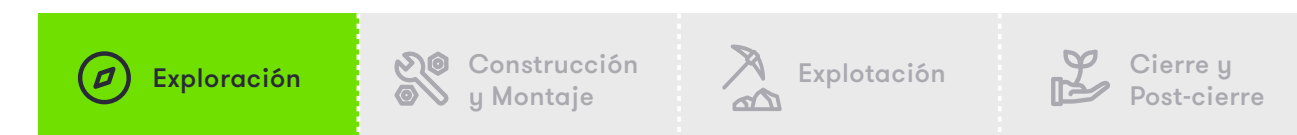
Información Requerida

- A. Línea base de conocimiento a escala regional.
- B. Línea base de conocimiento a escala detallada.

¿Cómo definir el método de **transporte, descarga y operación** en la disposición de estériles?

A partir de la información obtenida como línea base en los lineamientos de Concepción y Planificación, buscando la mejor alternativa de transporte, descarga y operación del vertido y disposición de estériles, se elegirá el medio de transporte y descarga adecuado, teniendo en cuenta la mínima afectación, la menor distancia y la disposición correcta en la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 7

Definir los equipos necesarios para la construcción, operación, cierre y post-cierre de la escombrera



Componente

Equipos.



Alcance

Realizar el cálculo de los equipos necesarios para la construcción, operación, cierre y post-cierre de la escombrera.



Información Requerida

- A. Diseños de los sistemas de transporte, descarga y operación para la disposición de estériles.
- B. Diseños definidos en el Plan de Cierre Progresivo y definitivo de la escombrera.
- C. Producción del material estéril.
- D. Sistema de vertido.
- E. Ritmo de vertido.
- F. Ciclos de equipos y transporte.

- G. Granulometría del material estéril.
- H. Compactación requerida de los materiales.

¿Cómo determinar los equipos necesarios para la **construcción, operación, cierre y post-cierre** de la escombrera?

A partir de los diseños de los sistemas de transporte, descarga y operación para la disposición de estériles. Plan de Cierre Progresivo y definitivo de la escombrera, así como características planteadas para la operación minera se determinarán el tipo, cantidad de equipo para el transporte y maquinaria.

Etapa del ciclo minero





Lineamiento 8

Definir los sistemas complementarios que garanticen la estabilidad física y química de la escombrera



Componente

Instalaciones complementarias.



Alcance

Realizar diseños de las instalaciones y sistemas complementarios para la gestión de los depósitos estériles e infraestructura asociada.



Información Requerida

- A. Información topográfica de influencia al sitio de escombrera.
- B. Localización y dimensiones técnicas de las obras complementarias requeridas.
- C. Dimensiones de los equipos seleccionados, para el caso de diseño de las vías de acceso e internas.
- D. Resultados de estudio hidrológico y diseños hidráulicos.

¿Cómo determinar las **instalaciones complementarias** requeridas?

Con base en la información requerida, incluir en los diseños la ubicación de vías con diseño técnico, obras hidráulicas requeridas e instalaciones con diseños arquitectónicos y civiles.

Etapa del ciclo minero

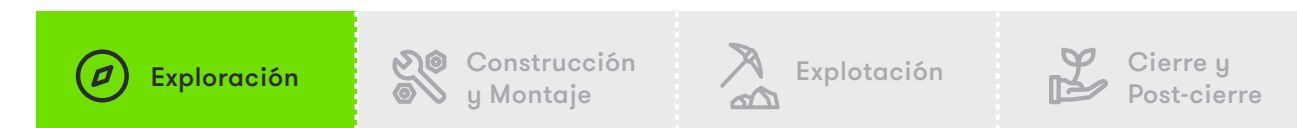


Imagen 3

Mina San Antonio área de disposición de Estériles.
Fuente: **Cementos ARGOS**

Construcción Inicial

La etapa de **Construcción Inicial** puede desarrollarse una vez se aprueben los documentos técnicos mineros y ambientales, y se obtengan los instrumentos respectivos donde se han validado los diseños de las obras a construir, relacionadas con la(s) escombrera(s). El instrumento ambiental corresponde a la Licencia Ambiental o la aprobación del Plan de Manejo Ambiental PMA y el instrumento minero a la aprobación del documento técnico respectivo, que por lo general corresponde al Plan de Trabajos y Obras - PTO..

La **Construcción Inicial** en esencia corresponde a la ingeniería de terreno donde entra en calibración y completitud el diseño detallado de la escombrera que se proyecta construir; aquí es en donde se desarrolla la ingeniería y la mejor alternativa de construcción para el logro de una mayor estabilidad. Así mismo, se debe hacer un continuo seguimiento comparativo de los documentos que contengan los diseños aprobados respecto al programa de avance y

ejecución de las obras, con énfasis en la geometría y estabilidad física de la escombrera.

Específicamente, esta etapa se refiere a la construcción de estructuras e infraestructura que deben estar instaladas antes de que comience el descargue y disposición de estériles. Esto incluye, por ejemplo, el retiro de vegetación y suelos orgánicos, además de la construcción de rutas de acceso e infraestructura asociada para el manejo de aguas superficiales y subsuperficiales.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es realizar la preparación del sitio de fundación eliminando potenciales problemas de estabilidad, construir obras hidráulicas y demás requeridas para manejo de aguas superficiales y subsuperficiales, e implementar según diseños, la construcción de la escombrera y sistemas complementarios, comprobando su aplicabilidad o la necesidad de ajustes técnicos.



Lineamiento 1

Realizar en el terreno la materialización del diseño y obras complementarias



Componente

Validación del Diseño Geométrico y Localización de obras complementarias a construir

¿Cómo realizar la **validación del diseño geométrico y localización** de obras complementarias a construir?

Realizar el levantamiento topográfico y materializar con estacas o mojonos el diseño geométrico. Determinar de los ajustes necesarios y su replanteamiento en el sitio.



Alcance

Materialización topográfica en el sitio del diseño de sitio de la escombrera y obras a construir.

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre



Información Requerida

- A. Topografía base del área.
- B. Geometría del diseño geotécnico estable de la escombrera y la ubicación de las obras complementarias.



Lineamiento 2

Realizar la preparación del sitio de fundación eliminando potenciales problemas de estabilidad



Componente

Realizar la adecuación de la fundación de la escombrera.



Alcance

Realizar el mejoramiento del suelo y/o roca de fundación.



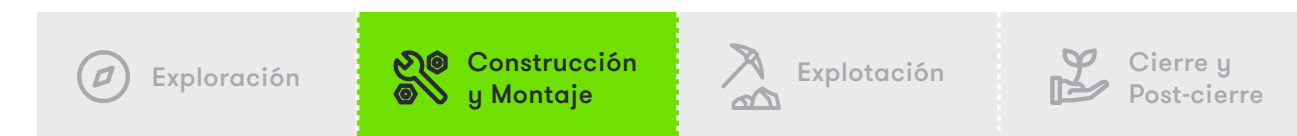
Información Requerida

- A. Espesores y volúmenes de la cubierta vegetal y orgánica.
- B. Espesores, volúmenes y características de los suelos ingenieriles con bajas a nulas propiedades mecánicas.

¿Cómo realizar la adecuación de la fundación de la escombrera?

Hacer el desmonte y disposición técnica de la cubierta vegetal, materia orgánica, suelos de baja calidad mecánica y mejora de la superficie de cimentación construyendo escalones con el buldócer, que aportan resistencia al corte.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 3

Construir obras hidráulicas y demás requeridas para manejo de aguas superficiales y subsuperficiales



Componente

Construcción bajo diseños hidráulicos de los drenajes subsuperficiales (filtros, trincheras drenantes, etc.), canales perimetrales y tanques sedimentadores, requeridos en la etapa de explotación.



Alcance

Construir el sistema de drenaje para aguas subsuperficiales y de infiltración, que puedan afectar la estabilidad física de la escombrera y a su vez construir las cunetas o canales perimetrales que eliminen el ingreso de aguas hacia la escombrera.



Información Requerida

- A. Topografía base del área.
- B. Diseños y secciones acotadas del sistema de drenaje subsuperficial soportados con cálculos hidráulicos.

- C. Diseños y secciones acotadas de los canales, tanques sedimentadores y demás obras hidráulicas para el manejo de las aguas superficiales.

¿Cómo desarrollar las obras necesarias para el manejo de las aguas subsuperficiales y superficiales?

Materialización con topografía, donde se requiera, y construcción de las obras para manejo de las aguas subsuperficiales y superficiales que cumplan con las especificaciones de los diseños hidráulicos.

Etapa del ciclo minero



Operación,

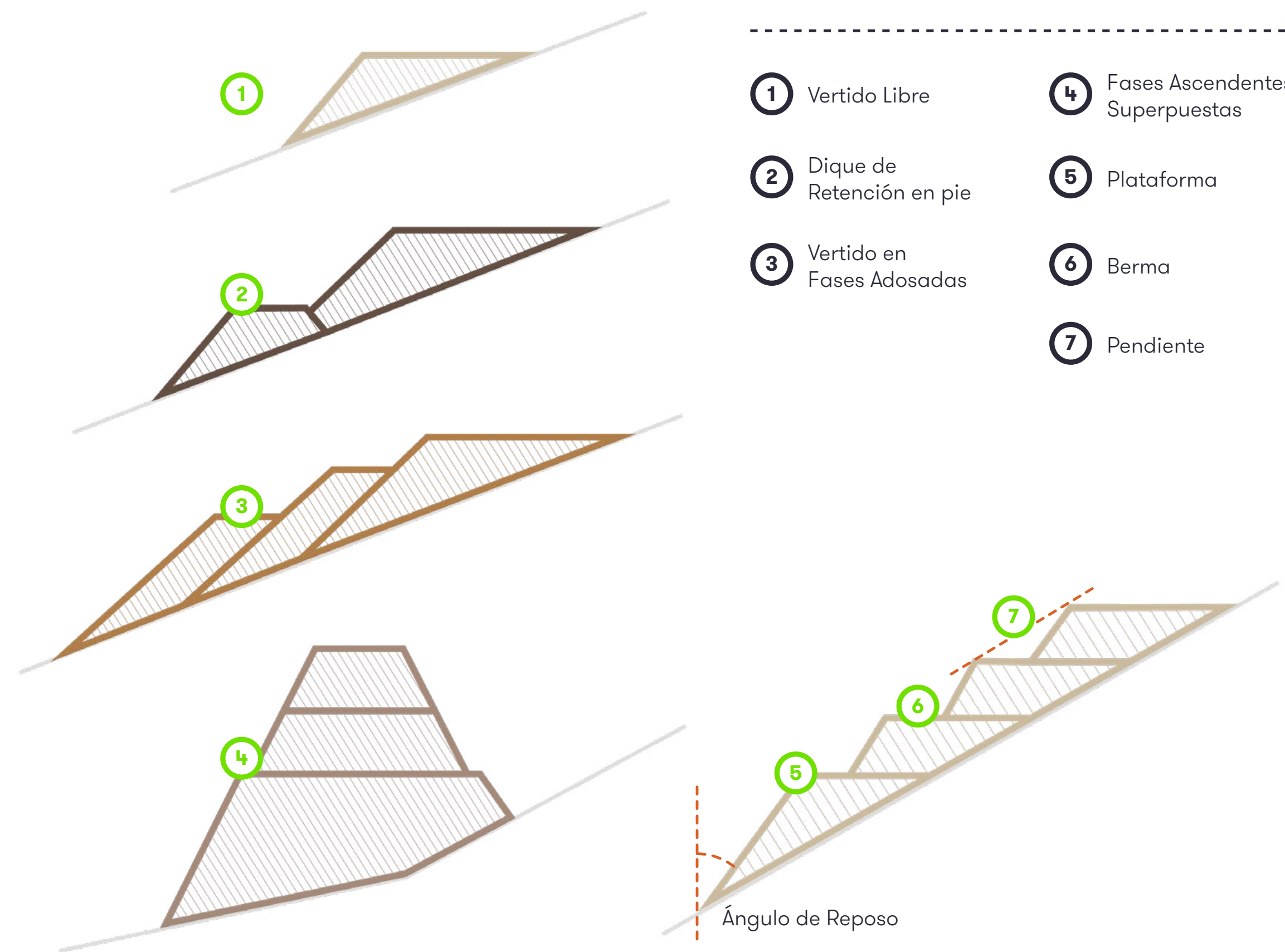
Construcción & Cierre Progresivo

La etapa de **Operación** incluye actividades relacionadas con el transporte, la descarga y la disposición de estériles en una escombrera.

En cuanto a la **Construcción y Cierre Progresivo** o en curso, se refiere a como se transportan estériles y como se descargan, y al método y procedimiento constructivo siguiendo el diseño y especificaciones técnicas del proyecto, elevando o realzando la topografía o morfología con la acumulación de estériles; o en el caso de las escombreras se relaciona a cómo se pueden agregar nuevas fases o niveles de estériles según el diseño, y a la forma de disponerlos en la escombrera garantizando la estabilidad y las máximas medidas de seguridad tanto en construcción como en crecimiento de la estructura, y sus respectivas restricciones y limitaciones.

Cabe anotar que las autoridades mineras y ambientales brindan aval a la forma, geometría y altura según el diseño presentado por el operador/titular minero, y con base en este se programará el cierre progresivo de la estructura.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es realizar la construcción progresiva de la escombrera; realizar el control estadístico al volumen de disposición y seguimiento al proceso constructivo según diseño y planeación de disposición de estériles; comprobar con ensayos e investigación directa las propiedades de los materiales estériles dispuestos, propiedades físicas, químicas y geoquímicas y su estabilidad a través de la vida útil; y realizar el cierre progresivo del área.



Tipos de escombreras según la secuencia de construcción. Fuente: [López Jimeno, C et al, 1989], adaptado ATG Ltda., 2021.

Figura 9



Lineamiento 1

Implementar y realizar la construcción progresiva de acuerdo a los diseños de la escombrera y sistemas complementarios, comprobando su aplicabilidad o la necesidad de ajustes técnicos



Componente

Operación y seguimiento de la construcción de la escombrera.



Alcance

Disponer de los controles técnicos, operativos y de seguimiento a la construcción de la escombrera.



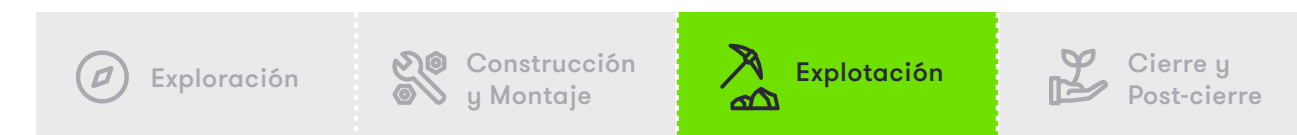
Información Requerida

- A. Control topográfico.
- B. Control del volúmenes y características físico mecánicas de estériles dispuestos.
- C. Velocidad de vertido de estériles.
- D. Grado de alterabilidad de los materiales dispuestos.
- E. Control del cumplimiento del tipo de vertido y grado de compactación.

¿Cómo desarrollar las **actividades de operación y seguimiento** de la construcción de la escombrera?

Desarrollar protocolos que ayuden a la evaluación técnica de todas las actividades planteadas en los diseños, proceso de disposición, manejo de aguas, grado meteorización, grado de compactación, que confirmen la bondad de los diseños o plantear modificaciones si es necesario.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 2

Comprobar con ensayos e investigación directa las propiedades de los materiales estériles dispuestos, propiedades físicas, químicas y geomecánicas y su estabilidad a través de la vida útil



Componente

Verificación de los parámetros geomecánicos usados en los diseños de estabilidad física.



Alcance

Realizar ensayos físicos y geomecánicos en el sitio y en laboratorio, de la cimentación y de materiales estériles dispuestos en la escombrera.



Información Requerida

Propiedades de resistencia de rocas y/o suelos de cimentación: cohesión, ángulo de fricción interna, pesos unitarios, disposición del nivel freático, granulometría, durabilidad, segregación y aparición de niveles piezométricos. Topografía con la geometría que presenta la escombrera en la etapa de construcción.

¿Cómo desarrollar las **actividades de operación y seguimiento** de la construcción de la escombrera?

- Realización de toma de muestras y determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales dispuestos en esa etapa constructiva de la escombrera.
- Realizar la comparación de los parámetros geomecánicos y físicos de los resultados obtenidos y los datos asumidos en la fase de diseño.
- En caso de grandes variaciones se realizará un nuevo análisis de estabilidad geotécnica y las modificaciones necesarias

Etapa del ciclo minero





Lineamiento 3

Realizar el cierre progresivo del área



Componente

Planificación del cierre progresivo de la escombrera.



Alcance

Disponer de un cronograma de ejecución de las actividades de construcción, operación y áreas disponibles para rehabilitación de la escombrera.



Información Requerida

- A. Diseño de tallado por fases y plan de llenado en la escombrera. Diseño de obras hidráulicas con la ubicación espacial y temporal.
- B. Seguimiento a la estabilidad física de la escombrera en su avance constructivo.
- C. Programa de revegetalización con la ubicación espacial y temporal con el avance constructivo de la escombrera.

¿Cómo desarrollar la **planificación del cierre progresivo** de la escombrera?

Ejecución de los diferentes planes, programas y cronograma de forma secuencial que permitan la rehabilitación progresiva y cierre de la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Exploración



Construcción y Montaje



Explotación



Cierre y Post-cierre

Imagen 4

Mina San Antonio área de disposición de Estériles vista aérea.

Fuente: **Cementos ARGOS**

Cierre

Los términos de referencia para elaborar documentos técnicos tanto mineros (Plan de Trabajos y Obras - PTO) como ambientales (Estudio de Impacto Ambiental - EIA), determinan la necesidad de estructurar el Plan de Cierre y Abandono, incluyendo la recuperación del área de disposición de los estériles en línea con el ordenamiento territorial (planes o esquemas de ordenamiento territorial).

La etapa de **Cierre** nace en teoría desde la **Concepción** del proyecto minero y del manejo de estériles, e inicia en la práctica con la última descarga de material estéril en la escombrera según los diseños y las especificaciones técnicas aprobadas, entrando la instalación en proceso de cierre y abandono que incluye retiro de la infraestructura, y la reconformación y reforestación del área.

Esto implica que los aspectos clave del proceso de cierre sean apropiadamente integrados en todo el ciclo de vida del proyecto minero: Concepción, Planificación, Diseño de Ingeniería, Construcción y principalmente en el periodo de operación de la escombrera.³

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es determinar la estabilidad física de la escombrera con base en la geometría final, y en la verificación de parámetros geomecánicos, y elaborar mapas que cuantifiquen y/o cualifiquen el grado de amenaza; recuperar y rehabilitar el área de ubicación de la escombrera; y documentar la información técnica, ambiental y socio económica relacionada con el cierre de la escombrera.

3

Tomado y modificado de SERNAGEOMIN Servicio Nacional de Geología y Minería – Gobierno de Chile, 2018. Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes. Santiago, Chile.



Lineamiento 1

Comprobar con ensayos e investigación directa las propiedades de los materiales estériles dispuestos, propiedades físicas, químicas y geomecánicas y su estabilidad a través de la vida útil



Componente

Estabilidad física final de la escombrera.



Alcance

Realizar los análisis geotécnicos para determinar la geometría y parámetros de resistencia geomecánica al cierre de la escombrera.



Información Requerida

- Modelo topográfico y geológico-geotécnico con la geometría final de la escombrera.
- Parámetros físicos, geomecánicos y deformabilidad actualizados al momento del cierre de la escombrera.
- Parámetros detonantes de potenciales inestabilidades: lluvia y sismicidad.

¿Cómo determinar estabilidad física final de la escombrera?

- Para la geometría final del cierre de la escombrera, determinar la estabilidad física y tipificación del nivel de amenaza para condiciones estáticas y dinámicas con base en métodos de análisis válidos y reconocidos en geotecnia, con o sin empleo de software especializado, entre éstos, el método de equilibrio límite. Elementos finitos según normatividad colombiana.
- Para el caso de ser necesario las zonas con potenciales inestabilidades (amenaza alta) se deben presentar las obras de mitigación, con diseños y cronograma de ejecución.

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre



Lineamiento 2

Recuperar y rehabilitar el área de ubicación de la escombrera



Componente

Recuperación y rehabilitación del área.



Alcance

Realizar las actividades enfocadas a la recuperación y rehabilitación del área de ubicación de la escombrera.



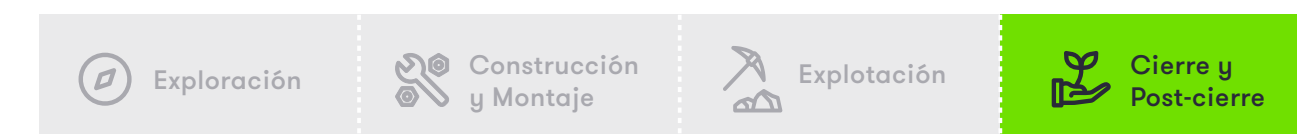
Información Requerida

- A. Diseños estipulados en el Plan de Cierre del proyecto minero.
- B. Parámetros físicos, geoquímicos y geomecánicos actualizados.
- C. Características del suelo en el que se ubica la escombrera [humedad, fertilidad, contenido de materia orgánica, etc.].
- D. Dinámica natural del área [corredores ecológicos, fauna, flora].

¿Cómo desarrollar la **recuperación y rehabilitación** del área de ubicación de la escombrera?

A partir del diseño comprendido en el Plan de Cierre se deberán desarrollar actividades enfocadas a la recuperación del área, como mejoramiento de las características del suelo para la realizar posteriormente procesos de revegetalización, reencauzamiento de cuerpos hídricos modificados por el desarrollo del proyecto minero, construcción de corredores ecológicos, y demás actividades que se consideren necesarias para lograr a mediano y largo plazo la recuperación y rehabilitación del área, promulgando la armonización de la escombrera con el entorno.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 3

Documentar la información técnica, y ambiental relacionada con el cierre de la escombrera



Componente

Entrega de registro y soportes documentales del cierre de la escombrera.



Alcance

Elaborar un documento que integre la información técnica y ambiental relacionada la etapa de cierre de la escombrera.



Información Requerida

- A. Datos estadísticos de volumen conformado en la escombrera.
- B. Topografía con la conformación final de la escombrera, con la localización precisa de todas las obras hidráulicas y civiles -estructura de contención- y su funcionalidad que garantiza la estabilidad física de la escombrera.
- C. Registro del monitoreo de estabilidad geotécnica.

- D. Registro del monitoreo del agua, incluida la presencia de niveles piezométricos.
- E. Registro del desmantelamiento de instalaciones adjuntas. Procesos de recuperación y rehabilitación del área desarrollados.
- F. Parámetros físico químicos de las fuentes hídricas y suelo del área de influencia de la escombrera

¿Cómo **documentar la información** relacionada al cierre de la escombrera?

Elaboración de un documento que presenta la información técnica y ambiental al momento del cierre, la proyección a mediano y largo plazo de la escombrera respecto a su estabilidad física y química, grado de amenaza, procesos desarrollados para la mitigación de impactos ambientes y recuperación y rehabilitación del área.

Etapa del ciclo minero



Post Cierre

En cuanto al manejo de estériles, las guías y documentos especializados se enfocan en la estabilidad física y química de las escombreras profundizando en los impactos y riesgos sobre su área de influencia; pero son pocos los que basan su teoría y experiencias en la trazabilidad que tienen este tipo de instalaciones mineras asociada a su Concepción, Planificación, Diseño, Construcción, Operación, Cierre y Post Cierre.

La etapa de **Post-Cierre** nace en teoría desde la **Concepción** del proyecto minero y

del manejo de estériles, e inicia en la práctica con el desmantelamiento de la infraestructura, el Plan de Cierre se ha implementado y la escombrera ha pasado a la etapa de mantenimiento y monitoreo a largo plazo.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es la entrega de las actividades, instalaciones, obras y resultados arrojados producto de la etapa de cierre de la escombrera.



Lineamiento 1

Entrega de actividades, instalaciones, obras y resultados de la etapa de cierre de la escombrera



Componente

Entrega final de la escombrera.



Alcance

Realizar la entrega final de la estructura, instalaciones y obras resultantes desarrolladas al propietario del área autoridad local y comunidad del área de influencia de la escombrera, así como a la autoridad minera.



Información Requerida

- A. Actividades desarrolladas en la etapa de cierre.
- B. Obras e instalaciones construidas.
- C. Documento con la información técnica y ambiental de la escombrera al momento del cierre del proyecto minero.

¿Cómo se efectúa la entrega de las instalaciones y obras resultantes de la etapa de cierre de la escombrera?

- Se entregará un documento técnico que comprenda las actividades desarrolladas en la etapa de cierre, obras e instalaciones construidas que garanticen la estabilidad física, geoquímica y geomecánica de la escombrera, así como las características del área posterior al desarrollo de estas actividades.
- A partir de la evaluación final de la escombrera respecto a sus características físicas, geoquímicas y geomecánicas y según lo establecido en los instrumentos de ordenamiento territorial que reglamenta el uso del área donde se ubica la escombrera (agricultura, ganadería, recreación, recuperación ambiental, etc.).

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre

Mantenimiento

La etapa de Mantenimiento se realiza desde la Construcción Inicial hasta el Cierre y Post Cierre de la(s) escombrera(s). Este incluye actividades preventivas, predictivas y correctivas que se llevan a cabo para facilitar la operación correcta y continua de toda la infraestructura con el fin de garantizar su estabilidad física y química.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es realizar actividades de **Mantenimiento** para preservar la operatividad y estabilidad física, geoquímica y geomecánica de la escombrera e infraestructura asociada a lo largo de su ciclo de vida.



Lineamiento 1

Realizar actividades de mantenimiento para preservar la operatividad y estabilidad física y química de la escombrera e infraestructura asociada a lo largo de su ciclo de vida



Componente

Mantenimiento Preventivo.



Alcance

Realizar el mantenimiento preventivo de maquinaria, equipos, y sistemas necesarios para el manejo de la disposición de estériles en la escombrera.



Información Requerida

Plan de mantenimiento preventivo.

¿Cómo se ejecuta el mantenimiento preventivo a la escombrera?

Desarrollar actividades de mantenimiento preventivo a partir de información de hojas de vida de equipos, instrumentación, vida útil de los mismos, especificaciones del fabricante o proveedor, con el fin de facilitar la operación correcta y continua de toda la infraestructura (civil, mecánica, eléctrica, de instrumentación, etc.); por ejemplo, se entiende por mantenimiento preventivo el realizado a bombas, y calibración de equipos de instrumentación geotécnica.

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre



Lineamiento 1

Realizar actividades de mantenimiento para preservar la operatividad y estabilidad física y química de la escombrera e infraestructura asociada a lo largo de su ciclo de vida



Componente

Mantenimiento Predictivo.



Alcance

Realizar el mantenimiento predictivo de las estructuras, maquinaria, equipos, y sistemas necesarios para el manejo de la disposición de estériles en la escombrera.



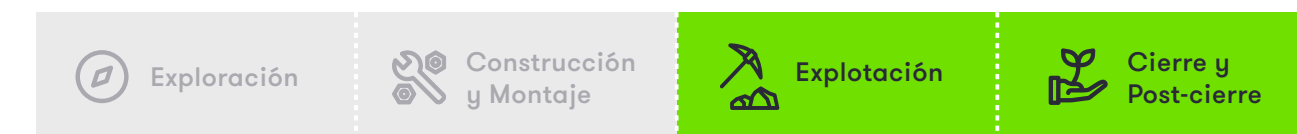
Información Requerida

Plan de mantenimiento predictivo.

¿Cómo se ejecuta el mantenimiento predictivo a la escombrera?

Desarrollar actividades de mantenimiento predictivo llevado a cabo en respuesta a los resultados de las actividades de monitoreo que miden la condición de un recurso o elemento específico en comparación con criterios de desempeño; por ejemplo, el remplazo de tubería que no cuenta con las especificaciones mínimas, el retiro de vegetación de los taludes de la escombrera, terraplenes y otros tipos de estructuras, que pueda incidir en su estabilidad.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 1

Realizar actividades de mantenimiento para preservar la operatividad y estabilidad física y química de la escombrera e infraestructura asociada a lo largo de su ciclo de vida



Componente

Mantenimiento Correctivo.



Alcance

Realizar el mantenimiento correctivo de las estructuras, maquinaria, equipos, y sistemas necesarios para el manejo de la disposición de estériles en la escombrera.



Información Requerida

Plan de mantenimiento correctivo.

¿Cómo se ejecuta el mantenimiento correctivo a la escombrera?

Desarrollar las actividades de mantenimiento correctivo como respuesta al hallazgo de fallas, daños, desgastes, realizados durante el monitoreo y vigilancia cuya ejecución según lo evidenciado puede ser de carácter inmediato.

Etapa del ciclo minero



Monitoreo

El Monitoreo del comportamiento de una escombrera inicia a partir del Diseño de los instrumentos que se instalarán en la fase de Construcción Inicial y la recolección de datos se da desde la misma Construcción, pasando por la Operación hasta el Cierre y Post-Cierre.

Se requiere hacer énfasis a los titulares y operadores mineros en la necesidad de ejecutar las obras de construcción de la(s) escombrera(s) de acuerdo a sus propios parámetros de diseño aprobados tanto por la autoridad ambiental como la autoridad minera, además urge mantener un registro durante la operación de las variables medidas que permiten llevar un control y seguimiento de factores preponderantes a la hora de evaluar la estabilidad física.⁴

El **Monitoreo** (se realiza con instrumentos e información que permitan verificar las condiciones del área donde se dispondrán estériles, tales como inclinómetros, extensómetros, topografía, geología, hidrogeología, geotecnia, caracterización del macizo rocoso y sus propiedades geomecánicas entre otros; instrumentos e información que se mantendrá y de ser necesario, será actualizada a lo largo de la vida útil del proyecto) incluye además las acciones que permiten evaluar, validar y realizar seguimiento de las medidas implementadas en las etapas de Cierre y Post-Cierre.

El Monitoreo no solo incluye instrumentación y toma de datos; también involucra la implementación de procedimientos, ensayos de laboratorio periódicos y toda la información debe integrarse en un análisis multitemporal que incluya la construcción de modelos, generando alertas tempranas, y por lo tanto, enfocarse hacia el propósito de mantener la estabilidad de la escombrera en el tiempo mediante métodos particulares de estudio necesarios para cada escombrera que permitan tomar las medidas apropiadas para asegurar su estabilidad física, geológica y geomecánica durante las etapas de Cierre y Post Cierre.

La gestión de la estabilidad física durante todas las etapas del ciclo de vida de una faena minera, implementando y coordinando buenas prácticas y monitoreo, tiene beneficios directos como la optimización de los recursos financieros y la reducción de las posibilidades de surgimiento de inestabilidades físicas.⁵

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es diseñar y ejecutar un programa de **Monitoreo**, vigilancia y verificación periódica mediante la toma de datos que permitan controlar la estabilidad física y química de la escombrera durante su construcción, y a lo largo de su ciclo de vida.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es diseñar y ejecutar un programa de **Monitoreo**, vigilancia y verificación periódica mediante la toma de datos que permitan controlar la estabilidad física y química de la escombrera durante su construcción, y a lo largo de su ciclo de vida.

4 5

Tomado y modificado de SERNAGEOMIN Servicio Nacional de Geología y Minería – Gobierno de Chile, 2018. Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes. Santiago, Chile.



Lineamiento 1

Diseñar y ejecutar un programa de monitoreo, vigilancia y verificación periódica mediante la toma de datos que permitan controlar la estabilidad física, química y geotécnica de la escombrera durante su construcción, a lo largo de su ciclo de vida



Componente

Monitoreo y Vigilancia a la Estabilidad Física de la Escombrera.



Alcance

Diseñar un documento técnico que describa cada uno de los procedimientos para la toma de datos relacionados con la actualización y realimentación del análisis de estabilidad de la escombrera (taludes, bermas, obras hidráulicas), así como la periodicidad tanto de la toma de datos como de su análisis integral.



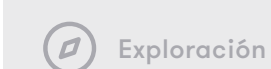
Información Requerida

- A. Control topográfico periódico.
- B. Toma periódica de datos de instrumentación: inclinómetros, piezómetros, extensómetros, acelerómetros, medidores de asentamiento y los que se consideren necesarios para obtener información sobre la evolución de la escombrera.
- C. Verificación periódica de las características geomecánicas de estériles que componen la escombrera (ensayos de laboratorio).
- D. Modelación geotécnica que incluya el análisis de estabilidad en condición estática y dinámica (lluvia o sismo) como alerta temprana para evitar eventos no deseados (remoción en masa).
- E. El manual de operación, monitoreo y vigilancia debe contener los formatos de registro de los datos tomados con su correspondiente análisis para discusión interna, presentación ante las autoridades, partes interesadas y comunidad en general.

¿Cómo desarrollar el monitoreo y vigilancia a la estabilidad física de la escombrera?

Con base en la información requerida, es necesario hacer un plan que defina los instrumentos a instalar, la cantidad, la periodicidad con la que se tomarán los datos, y frecuencia de análisis de los mismos. Dicho análisis permitirá la toma de decisiones en caso de encontrar datos anómalos, adversos al comportamiento adecuado de la escombrera.

Etapa del ciclo minero



Exploración



Construcción y Montaje



Explotación



Cierre y Post-cierre



Lineamiento 1

Diseñar y ejecutar un programa de monitoreo, vigilancia y verificación periódica mediante la toma de datos que permitan controlar la estabilidad física y química de la escombrera durante su construcción, a lo largo de su ciclo de vida



Componente

Monitoreo y Vigilancia a las Características Físicas, Geoquímicas y Geomecánicas de estériles dispuestos en la Escombrera.



Alcance

Ejecutar la caracterización físicas, geoquímicas y geomecánicas de estériles depositados.



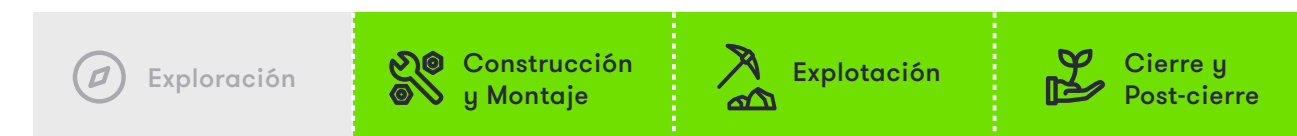
Información Requerida

- A. Características físicas asociadas a la mineralogía, granulometría, compactación, reología y humedad de estériles.
- B. Alimentación del modelo hidrogeológico para prevenir una potencial afectación a las aguas subterráneas. Este debe soportarse en las características hidrogeoquímicas de estériles y su potencial de generación de drenaje ácido o alcalino.

¿Cómo desarrollar el monitoreo y vigilancia a las características físicas y químicas de estériles dispuestos en la escombrera?

Estructurar un plan de monitoreo para estériles y sus respectivas escombreras donde se definan los parámetros a monitorear, la frecuencia de toma de datos, así como la frecuencia del análisis por parte del equipo técnico de manejo y operación de la instalación.

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 1

Diseñar y ejecutar un programa de monitoreo, vigilancia y verificación periódica mediante la toma de datos que permitan controlar la estabilidad física y química de la escombrera durante su construcción, a lo largo de su ciclo de vida



Componente

Monitoreo y Vigilancia a las Aguas Superficiales y Subterráneas.



Alcance

Ejecutar periódicamente un balance hídrico y analizar los resultados; el balance deberá contener información relacionada con aguas superficiales (entradas y salidas, cuerpos de agua, precipitaciones, escorrentías, obras de encauzamiento de aguas), y las aguas subterráneas (direcciones de flujo, nivel freático, aguas subsuperficiales) de tal manera que se conozca de manera específica su manejo en condiciones de rutina y ante eventos relacionados con Cambio Climático (Fenómeno del Niño, o de la Niña).



Información Requerida

- A. Resultados del balance hídrico que debe contener información de entradas

y salidas, cuerpos de agua, precipitaciones, escorrentías, obras de encauzamiento de aguas (aguas superficiales) y también debe contener la información relacionada con las direcciones de flujo subterráneas, nivel freático, flujos de aguas subsuperficiales (aguas subterráneas).

- B. Registros y proyecciones relacionados con eventos extremos asociados al Cambio Climático (Fenómeno Niño, Niña).

¿Cómo desarrollar el monitoreo y vigilancia a las aguas superficiales y subterráneas?

Estructurar un plan de monitoreo a las aguas superficiales (lluvias y escorrentía) en cuanto a volumen y calidad (parámetros fisicoquímicos), así como a las aguas subterráneas (flujos subterráneos y subsuperficiales en volumen y calidad), en donde se defina una frecuencia de toma de datos de volumen y parámetros fisicoquímicos y la periodicidad para el análisis por parte del equipo técnico de manejo y operación de la escombrera; esto permitirá garantizar que las aguas subterráneas y superficiales sean manejadas adecuadamente, garantizando la estabilidad de la escombrera.

Etapa del ciclo minero





Lineamiento 1

Diseñar y ejecutar un programa de monitoreo, vigilancia y verificación periódica mediante la toma de datos que permitan controlar la estabilidad física y química de la escombrera durante su construcción, a lo largo de su ciclo de vida



Componente

Responsabilidad del Monitoreo y Vigilancia.



Alcance

Registrar toda la información recolectada a través de un manual de operación, monitoreo y vigilancia, con los datos obtenidos, junto con los análisis de estabilidad y análisis multitemporales.



Información Requerida

Análisis de estabilidad física de la escombrera junto con el registro de los datos tomados en campo a través de pruebas de laboratorio e instrumentación instalada; estos deben ser presentados a las autoridades competentes para su seguimiento.

¿Cómo definir la responsabilidad del monitoreo y vigilancia?

Se debe definir un equipo interdisciplinario que tenga la capacidad de analizar la información recolectada a través de instrumentación, de ensayos de laboratorio e información recopilada en campo desde el punto de vista social con el fin de tomar decisiones en caso de que se requiera. Un ejemplo puede ser la instalación de más instrumentos de medición, el cambio en la periodicidad de la toma de datos, entre otros, todo de acuerdo con las conclusiones arrojadas por dicho análisis.

Etapa del ciclo minero

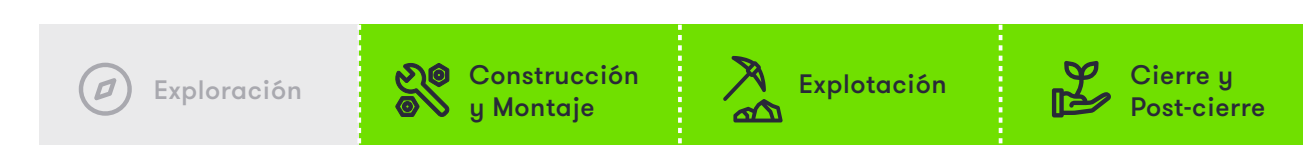


Imagen 5

Mina Chameza - Secuencia de reconfiguración y restauración.

Fuente: **Cementos ARGOS**

Gestión del Riesgo

La Gestión del Riesgo se considera transversal, desde la Concepción hasta el Post-Cierre y es una herramienta clave para la toma de decisiones en las fases de Construcción Inicial, Operación, Construcción Progresiva y Cierre de la(s) escombrera(s). Se trata de construir una estructura de disposición de estériles aplicando la tecnología más adecuada y con las mejores prácticas, de tal manera que se controlen, se disminuyan, se minimicen o se eliminen, si es posible, los riesgos inherentes a la operación de la escombrera a través de un manejo adecuado, acorde con la evaluación periódica de los riesgos que direccionen las actividades hacia el cumplimiento de los objetivos (área ocupada, capacidad estimada, seguridad, estabilidad, entre otros).⁶ La evaluación periódica de los riesgos debe incluir parámetros relacionados con⁷:

- Sismos.
- Eventos de remoción en masa.
- La misma estructura (físico) y su composición (químico).

La **Gestión de Riesgo** debe documentarse y debe contener los resultados de la evaluación de riesgos (eliminarlos, evitarlos, mitigarlos, controlarlos según

sea el caso). Así mismo, debe contener las medidas para reducir o disminuir las consecuencias ante una condición de riesgo existente⁸.

La **Gestión de Riesgo** debe revisarse periódicamente y de ser necesario, actualizarse en caso que existan cambios en cualquiera de las fases del proyecto, asociados a vida útil de la mina, suspensión de actividades, cambio en las características de estériles, cambios en la tecnología utilizada, entre otros⁹.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es generar medidas de control y prevención para disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados, y planes de acción ante emergencias derivadas de la materialización de riesgos identificados relacionados con la disposición de estériles y la(s) escombrera(s) mediante su identificación, análisis, evaluación y mitigación.

6 7 8 9

Tomado y modificado de SERNAGEOMIN Servicio Nacional de Geología y Minería – Gobierno de Chile, 2018. Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes. Santiago, Chile.



Lineamiento 1

Generar medidas de control y prevención para disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados, y planes de acción ante emergencias derivadas de la materialización de riesgos identificados relacionados con la escombrera



Componente

Conocimiento, Identificación, Análisis y Evaluación del Riesgo.



Alcance

Identificar eventos amenazantes sobre la estructura, actividades y obras que soporten la construcción, operación y mantenimiento de la escombrera; definir áreas de afectación, y realizar un análisis del riesgo.



Información Requerida

- Tipo de eventos amenazantes: naturales, antrópicos, y operacionales como sismos, precipitaciones críticas, o existencia de drenaje ácido - alcalino, así como posibles amenazas asociadas a condiciones climáticas.
- Identificación de posibles causas y consecuencias, detonantes,

deslizamientos y fallas en la estructura de la escombrera y/o, suelos o macizos rocosos.

- Probabilidad de ocurrencia para cada evento amenazante identificado.
- Cartografía a escala 1:2000 o mayor que incluya las áreas de posibles eventos identificados e integrarlos con la zonificación de los eventos amenazantes y la identificación de elementos vulnerables.
- Identificación de elementos vulnerables como centros poblados, infraestructura social, bienes de interés cultural, acuíferos, áreas ambientalmente sensibles, bocatomas, etc.

¿Cómo desarrollar la identificación, análisis y evaluación del riesgo?

Diseñar y ejecutar el Plan de Gestión del Riesgo de acuerdo con el marco legal vigente (Decreto 2157 de 2017, mediante el cual se diseñan los planes de gestión del riesgo de desastres en entidades públicas y privadas)

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre



Lineamiento 1

Generar medidas de control y prevención para disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados, y planes de acción ante emergencias derivadas de la materialización de riesgos identificados relacionados con la escombrera



Componente

Plan de Reducción del Riesgo.



Alcance

Elaborar el Programa de Gestión del Riesgo con políticas y estrategias para prevenir y reducir los riesgos y minimizar los efectos negativos.



Información Requerida

- A. Medidas de prevención y mitigación para disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos amenazantes con el fin de minimizar los daños y pérdidas que pueden materializarse.
- B. Técnicas para garantizar la prevención o disminución del deterioro del agua y contaminación del suelo.

¿Cómo desarrollar el plan de reducción del riesgo?

Diseñar y ejecutar el Plan de Gestión del Riesgo de acuerdo con el marco legal vigente (Decreto 2157 de 2017, mediante el cual se diseñan los planes de gestión del riesgo de desastres en entidades públicas y privadas)

Etapa del ciclo minero



Lineamiento 1

Generar medidas de control y prevención para disminuir la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados, y planes de acción ante emergencias derivadas de la materialización de riesgos identificados relacionados con la escombrera



Componente

Plan de Manejo de Contingencias.



Alcance

Priorizar los elementos a proteger y definir un programa de entrenamiento para el personal responsable de la aplicación del Plan de Manejo de Contingencias, así como su respectiva socialización sobre equipos de apoyo para atender las contingencias.



Información Requerida

- A. Cartografía a escala 1:2000 o mayor que ubique las áreas de riesgo y localización de equipos necesarios para atender contingencias.
- B. Articulación del plan de manejo de la contingencia con sus equivalentes locales, departamentales y regionales.

- C. Ejecución del programa de capacitación y divulgación sobre el plan de manejo de contingencias.
- D. Ejecución de simulacro (mínimo uno al año) involucrando todas las partes interesadas (comunidad).

¿Cómo desarrollar el plan de manejo de contingencias?

Diseñar y ejecutar el Plan de Gestión del Riesgo de acuerdo con el marco legal vigente (Decreto 2157 de 2017, mediante el cual se diseñan los planes de gestión del riesgo de desastres en entidades públicas y privadas)

Etapa del ciclo minero



Gestión del Cambio

Con base en un análisis comparativo de la etapa de Diseño y su ejecución real, éste puede presentar cambios a lo largo del ciclo de vida de la escombrera, que deben sustentarse técnicamente y ser objeto de seguimiento por parte de las autoridades minera y ambiental, respectivamente.

Así mismo, la etapa de desarrollo en que se encuentre una escombrera en particular, en relación con su vida útil (Concepción, Planificación, Diseño, Construcción, Operación, Cierre y Post-Cierre), puede o no coincidir con las etapas del ciclo de vida del proyecto minero (exploración, construcción y montaje, explotación y cierre; post-cierre). Ejemplo de esta situación es el caso de la necesidad de construcción de nuevas escombreras o plan de cierre inmediato, temporal, parcial o definitivo de alguna(s), antes del término de la

etapa de explotación de un proyecto minero; es por esto que se debe implementar una etapa relacionada con la Gestión del Cambio.

La **Gestión del Cambio** hace referencia a la capacidad de los responsables del manejo de la(s) escombrera(s), a responder adecuadamente ante los cambios y modificaciones generadas respecto a la Planificación y Diseño inicial realizado para el manejo de la instalación a lo largo de su ciclo de vida.

El alcance de esta etapa con base en los lineamientos propuestos es contemplar y prever cambios y modificaciones que se pueden presentar respecto al manejo de la escombrera y/o la oportunidad de aprovechamiento del estéril a lo largo del ciclo de vida del proyecto minero.



Lineamiento 1

Contemplar y prever cambios y modificaciones que se pueden presentar respecto al manejo de la escombrera y/o la oportunidad de aprovechamiento del estéril a lo largo del ciclo de vida del proyecto minero



Componente

Factores, Aspectos y Actividades que pueden Generar Cambios y Modificaciones Relevantes.



Alcance

Adaptarse de manera adecuada a los cambios, modificaciones y afectaciones que se puedan presentar a lo largo del ciclo de vida de la escombrera o la gestión y manejo de estériles.



Información Requerida

A. Desde la concepción, planificación y diseño hasta las etapas de cierre y post cierre se deben contemplar los posibles cambios y modificaciones en actividades, aspectos y parámetros establecidos inicialmente que modifiquen las condiciones previstas en la gestión y manejo de estériles, escombreras y obras conexas.

- B. La gestión del cambio debe incluir un plan de sucesión para los roles esenciales relacionados con el manejo de estériles, lo que incluye responsable(s) de la gestión y el registro(s) y auditores independientes.
- C. Se deben revisar los cambios que podrían afectar el perfil de riesgo de una escombrera y evaluar los impactos potenciales.
- D. Documentar los cambios propuestos o realizados y evaluar sus riesgos en las fases actual y futura del ciclo de vida de la(s) escombrera(s).

¿Cómo se prevén los cambios generados en diseño, construcción, operación, mantenimiento, monitoreo y cierre de la escombrera?

Cualquier cambio ejecutado sobre las actividades ya descritas debe quedar debidamente documentado y justificado técnicamente con el fin de tener el argumento adecuado que garantiza la estabilidad de la(s) escombrera(s) y es soporte de la toma de decisiones para ejecutar los cambios descritos.

Etapa del ciclo minero

Exploración

Construcción y Montaje

Explotación

Cierre y Post-cierre



07

Conclusiones

La Búsqueda de Alternativas

La industria minera debe incluir la gestión y el manejo de estériles dentro del planeamiento minero, no solo pensando en su disposición en escombreras sino siempre enfocarse en la búsqueda de alternativas que permitan su aprovechamiento (comercialización) o su uso (donación, reutilización) en procesos propios de la operación minera, así como en gestión externa que pueda generar valor a nivel local o regional. Lo anterior, de acuerdo con el ordenamiento territorial y la hoja de ruta (Planes de Ordenamiento y Desarrollo) del entorno minero.

La gestión y manejo de estériles puede brindar ideas novedosas que permitan aumentar la dinámica social y económica del área de influencia de cada proyecto minero. Los estériles deben ser vistos como un producto y una oportunidad para el mejoramiento de la infraestructura de la región y pueden

convertirse en una base sólida y tangible de la llamada “licencia social” para los proyectos mineros.

Tradicionalmente los estériles han sido manejados como un residuo que es necesario disponer, lo que implica un control periódico y casi que perpetuo para garantizar la estabilidad física de las estructuras construidas (escombreras), evitando así la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, por lo que se debe disponer duna reserva económica que permita llevar a cabo dicho monitoreo. Si se gestionan los estériles a partir de su aprovechamiento y/o uso, los costos asociados al monitoreo y seguimiento pueden disminuir notablemente y dependiendo de la proporción de material gestionado, dichos costos pueden desaparecer.

La caracterización y análisis de los estériles en cuanto al contenido y proporción

de minerales no solo sirve como insumo para su manejo y disposición sino para definir si existe algún elemento de interés que pueda ser comercializado; lo anterior se refiere a los minerales asociados que en principio se desconocía su existencia, presencia en el modelo del yacimiento mineral y proporción en volumen.

Los estériles son parte fundamental en el diseño del plan de cierre. En caso de no ser posible su uso y/o aprovechamiento, es importante su manejo para construir un cierre en línea con el uso del suelo, de acuerdo con el ordenamiento territorial, de tal manera que permitan la generación de paisajes enlazados adecuadamente con el entorno, así como la continuación de la dinámica económica y social en el área de influencia, una vez el proyecto minero llegue a su fin.

*“Los estériles deberían ser vistos como un producto y **una oportunidad para el mejoramiento de la infraestructura de la región y pueden convertirse en una base sólida y tangible de la llamada licencia social para los proyectos mineros. (...).**”*

En el desarrollo del presente proyecto a través de la interacción con las empresas mineras, actores del sector, revisión normativa y bibliográfica se ha logrado identificar la necesidad de desarrollar un marco normativo que permita suplir vacíos legales que limitan o dificultan el desarrollo de alternativas encaminadas a la gestión del estéril minero a través de su aprovechamiento.

Actualmente el marco normativo existente en Colombia no se encuentra enfocado exclusivamente a la gestión y manejo del estéril minero; por su parte, la legislación que aborda la temática ha sido elaborada desde el sector minero y ambiental, presentando de manera general el tema sin ahondar particularmente en este.

Cabe resaltar que la comunidad en general tanto nacional como internacional ha puesto todo su interés en generar alternativas normativas y soluciones legales que permitan dar salida a la problemática que se viene presentando desde hace tiempo respecto a cambio climático y la generación de altas cantidades de CO2 y emisiones de gases, así como también de materiales y residuos contaminantes, es por ello que el sector minero se une con el presente proyecto, creando lineamientos para la gestión y manejo de estériles, identificando restricciones jurídicas que se pueden presentar y sobre las cuales el Ministerio de Minas y Energía (Minenergía) así como la Agencia Nacional de Minería (ANM) trabajarán en conjunto para estructurar y reglamentar el marco legal vigente.

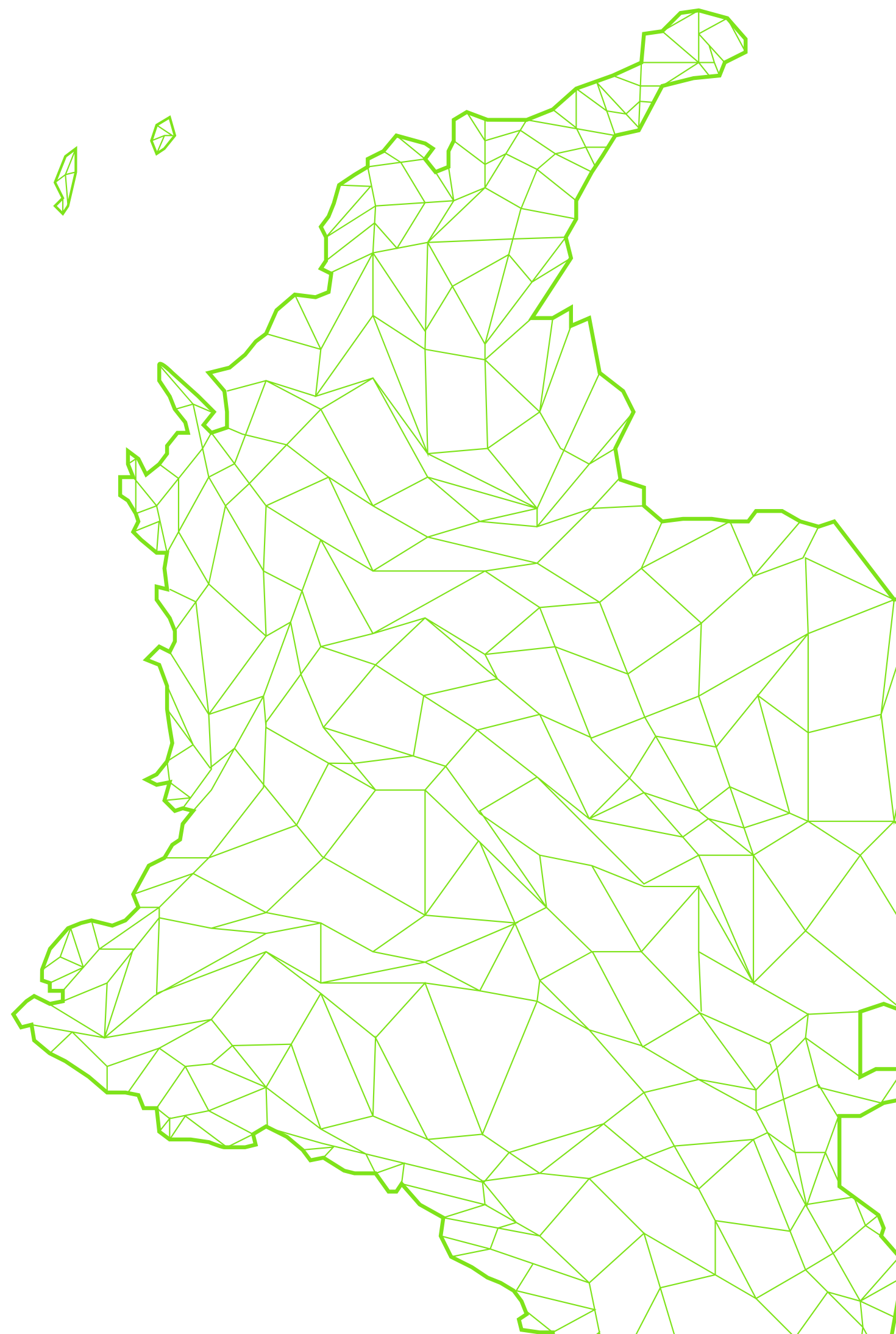


Imagen 6

Área en etapa de postcierre
Fuente: *Gravillera Albania*



08

Bibliografía

A

Arce, G. (2017). *Plan de acción indicativo de eficiencia energética 2017-2022. Una Realidad y Oportunidad para Colombia.* Ministerio de Minas y Energía. Unidad de Planeación Minero Energética UPME

Agencia Nacional de Minería (ANM) (2016). *Consulta comercialización de minerales.* Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/NormativaConceptosJuridicos/concepto_20161200369011.pdf

Agencia Nacional de Minería (ANM) (2017). *Utilización de subproductos de explotaciones mineras.* Encontrado en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/NormativaConceptosJuridicos/concepto_20171200124741.pdf

Agencia Nacional de Minería (ANM) (2018). *Concepto material de préstamo lateral.* Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/NormativaConceptosJuridicos/concepto_20181200264681_0.pdf

D

Departamento Nacional de Planeación. (2019) *Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”* Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/PND-Pacto-por-Colombia-pacto-por-la-equidad-2018-2022.pdf>

Decreto Supremo N° 132. (2004) *Reglamento de Seguridad Minera.* Chile. Disponible en

<https://www.achs.cl/portal/leyes/Documents/Ds132-04.pdf>

Decreto 276 de 2015 del Ministerio de Minas y Energía. *Se adoptan las medidas relacionadas al Registro Único de Comercializadores de Minerales* Disponible en: <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/Decretos2015/DECRETO%20276%20DEL%2017%20DE%20FEBRERO%20DE%202015.pdf>

Decreto 1073 de 2015. *Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía.* Disponible en <https://www.minenergia.gov.co/decreto-unico-reglamentario>

Decreto 1076 DE 2015. *Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia.* Disponible en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Donaire, M., López, C., Anduvire, O., García, P., & Vaquero, I. (2010). *Guía para el Diseño y Construcción de Escombreras.* España

E

Estrada, J. (2012). *Diseño de procesos para recuperar oro y plata desde el depósito de relaves de Minera Meridian,* PUCV. Chile.

I

Instituto Tecnológico Geominero de España (IGME). (1982). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales*

en minería. Disponible en http://info.igme.es/SidPDF%5C065000%5C106%5C65106_0001.pdf

L

Ley 685 de 2001. *Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.* Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0685_2001.html

Ley 1715 de 2014. *Congreso de la República Colombia.* Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html

M

Ministerio de Industria, Dirección General de Minas Instituto Geológico y Minero de España. (1972) *Inventario Nacional de Balsas y Escombreras mineras. Madrid.* Disponible en: http://info.igme.es/SidPDF/019000/218/Zona%201%20Vizcaya/19218_0002.pdf

R

Resolución 143 de 2017. *Agencia Nacional de Minería.* Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/resolucion_143_de_2017_memoria_justificativa_terminos_de_referencia_actualizado.pdf

Resolución 299 de 2018. *Agencia Nacional de Minería.* Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/resolucion_299_de_junio_13_de_2018.pdf

Resolución 447 del año 2020. *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.* Disponible en: https://www.cornare.gov.co/Tramites-Ambientales/TR/r_mads_447_20.pdf

Resolución 18 0861 de 2002. *Ministerio De Minas y Energía* Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/res_18_0861_de_2002.pdf

Resolución 1561 de 2019. *Que corresponde a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.* Disponible en: <https://medioambiente.ueexternado.edu.co/wp-content/uploads/sites/19/2020/03/RESOLUCI%C3%93N-1561-DE-2019.pdf>

Resolución 2206 del año 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Disponible en: https://acmineria.com.co/acm/wp-content/uploads/normativas/resolucion_2206_de_2016_mads_-_tors_eia.pdf

Resolución 2206 de 2016 – ANLA. *Que corresponde a los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.* Disponible en: <https://>

www.anla.gov.co/documentos/normativa/terminos_referencia/resolucion_2206_t_r_mineria_2016.pdf

S

Segura-Salazar, J., & Tavares, L. M. (2018). *Sustainability in the minerals industry: Seeking a consensus on its meaning. Sustainability, 10(5), 1429.m* Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su10051429>

Servicio Nacional de Minería y Geología – SERNAGEOMIN. (2018). *Guía metodológica para evaluación de la estabilidad física de instalaciones mineras remanentes.* Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/wp-content/uploads/2018/12/GUIABOTADEROS.pdf>



