

Convenio interadministrativo GGC-1047-2023 suscrito entre el Ministerio de Minas y Energía y la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

Guía minero-ambiental de explotación

Ministerio de Minas y Energía

**Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín,
Observatorio ÍGNEA**

Mayo, 2024

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia

Oscar Jaime Restrepo Baena, Director

Jorge Iván Tobón, Co-investigador

Gustavo Adolfo Viana Casas, Coordinador General

Diego Armando Lezcano Oquendo, Ingeniería de minas y metalurgia

Jairo Botero Tobón, Ingeniería de minas y metalurgia

María Teresa Martínez Martínez, Ingeniería de minas y metalurgia

Breyner Stevens Arango Martínez, Ingeniería de minas y metalurgia

Jessica Lorena González Guzmán, Ingeniería de minas y metalurgia

Alex Manuel Lemus Madrid, Ingeniería de minas y metalurgia

Francisco Amézquita Machado, Geología

Laura Andrea Navarrete Restrepo, Ingeniería geológica

Juan Carlos Pérez Puerto, Ingeniería geológica

Stefany Carolina Rojas Navarro, Ingeniería agroforestal

Karol Liced Cardona López, Ingeniería ambiental

Laura Manuela Palacio Grisales, Ingeniería ambiental

Aura María Monsalve Murillo, Derecho

Jose Alejandro Ramos Eljach, Derecho

José Domingo Serna Agudelo, Derecho

Silvia Cristina Cháuz Nieto, Psicología

Marcela Uribe Cardona, Comunicación gráfica publicitaria

Brenda Meza Rivera, Comunicación gráfica publicitaria

Luisa Fernanda Vásquez Lopera, Publicidad



Ministerio de Minas y Energía

Luz Dary Carmona Moreno, Supervisora OAAS-MME

Violeta María Aguilar Abaunza, Supervisora DFM-MME

Sandra Milena Sánchez Zuluaga, Designada al Comité Técnico DFM-MME

María Fernanda Ramírez López, Designado al Comité Técnico OAAS-MME

Andrés Arturo Méndez Delgado, Abogado OAAS-MME

Contenido

Introducción.....	9
1. Antecedentes	12
2. Objetivo.....	13
3. Ámbito de aplicación de la <i>Guía minero-ambiental de explotación</i>	14
4. Marco jurídico	16
5. Aspectos legales	20
5.1 Régimen de transición minero y ambiental.....	22
6. Aspectos por considerar en la explotación minera.....	27
6.1 Operaciones unitarias mineras	27
6.1.1 Arranque.....	27
6.1.2 Perforación	29
6.1.3 Voladura	31
6.1.4 Cargue	32
6.1.5 Transporte (minería)	33
6.2 Clasificación de los métodos mineros	36
6.2.1 Métodos mineros de explotación a cielo abierto.....	37
6.2.2 Métodos mineros de explotación subterránea	41
7. Obligaciones técnicas y contractuales de los titulares mineros	45
7.1 Informe anual de labores mineras realizadas y Programa de Labores Mineras que se deben ejecutar para reconocimiento de propiedad privada	45
7.2 Plan de Trabajos de Explotación	46
7.3 Programa de Trabajos e Inversiones	46
7.4 Programa de Trabajos y Obras	47
7.5 Formato Básico Minero	48
7.6 Declaración y pago de regalías	48
7.7 Actualización o reconciliación anual de recursos y reservas minerales.....	49
7.8 Póliza minero-ambiental o garantías	50
7.9 Otras contraprestaciones económicas	50
8. Fiscalización de los títulos mineros	51

8.1	Evaluación documental:	51
8.2	Inspección de fiscalización integral	52
9.	Higiene y seguridad minera	54
9.1	Conceptos generales sobre seguridad y salud en el trabajo	54
9.2	Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo	55
9.3	Reglamentos de higiene y seguridad en labores mineras	57
9.4	Servicio Nacional de Salvamento Minero	58
9.4.1	Emergencias mineras	59
9.4.2	Planes de emergencia	60
10.	Plan de Gestión Social.....	61
11.	Componente ambiental	62
12.	Especificaciones del Estudio de Impacto Ambiental	65
12.1	Resumen ejecutivo	67
12.2	Objetivos	67
12.3	Generalidades	67
12.4	Descripción del proyecto	67
12.5	Áreas de influencia del proyecto	69
12.6	Caracterización de los medios abiótico, biótico, socioeconómico y servicios ecosistémicos	70
12.6.1	Medio abiótico.....	70
12.6.2	Medio biótico.....	72
12.6.3	Medio socioeconómico	74
12.6.4	Servicios ecosistémicos	77
12.7	Zonificación ambiental	78
12.8	Demanda, uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables	79
12.9	Evaluación ambiental. Identificación y evaluación de impactos ambientales ..	83
12.9.1	Metodologías de identificación de impactos	86
12.9.2	Metodologías de valoración	89
12.9.3	Evaluación económica ambiental	91
12.10	Zonificación de manejo ambiental	92
12.11	Programas de manejo ambiental	93
12.11.1	Aplicativo de Plan de Manejo Ambiental	96

12.11.2	Plan de Seguimiento y Monitoreo.....	99
12.11.3	Plan de Gestión del Riesgo.....	100
12.11.4	Plan de Cierre y Abandono	101
12.12	Otros planes de manejo	104
12.12.1	Inversión forzosa del 1 %	104
12.12.2	Plan de Compensación por Pérdida del Componente Biótico.....	105
12.12.3	Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.....	105
12.13	Información cartográfica y geodatabase	114
13.	Seguimiento y monitoreo ambiental.....	115
13.1	Informe de Cumplimiento Ambiental	115
13.2	Informe de Cumplimiento Ambiental. Autoridad ambiental	116
14.	Economía circular en las actividades de explotación minera	117
14.1	Experiencias exitosas de empresas mineras en Colombia en la implementación de la economía circular	119
	Referencias	121

Listado de tablas

Tabla 1.	Competencia entre la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y autoridades ambientales para presentar la <i>licencia</i> ambiental.....	15
Tabla 2.	Diferentes modalidades del régimen de transición minero y ambiental	23
Tabla 3.	Indicadores de seguridad y salud en el trabajo.....	56
Tabla 4.	Estaciones y puntos de apoyo de seguridad y salvamento minero en Colombia....	59
Tabla 5.	Contenido del capítulo de descripción de proyecto.....	68
Tabla 6.	Contenido del capítulo del medio abiótico.....	70
Tabla 7.	Contenido general del capítulo del medio biótico	72
Tabla 8.	Contenido general del capítulo del medio socioeconómico.....	74
Tabla 9.	Permisos de uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables.	81
Tabla 10.	Metodologías de identificación de los impactos ambientales.....	86
Tabla 11.	Metodologías de valoración de impactos	89
Tabla 12.	Ejemplo fichas de manejo ambiental	93

Tabla 13. Categoría Estandarizada de Impacto CEI-06	97
Tabla 14. Medidas de manejo opcionales para la Categoría Estandarizada de Impacto CEI-06	97
Tabla 15. Ejemplo de indicador de efectividad	99
Tabla 16. Aspectos y actividades mínimas del Plan de Cierre y Abandono minero.....	102
Tabla 17. Ejemplos de economía circular en la etapa de explotación	118

Listado de figuras

Figura 1. Aspectos de la <i>Guía minero-ambiental de explotación</i>	11
Figura 2. Actores asociados en la aplicación de la <i>Guía minero-ambiental de explotación</i> ..	15
Figura 3. Normas minero-ambientales de la etapa de explotación	18
Figura 4. Obligaciones contractuales principales	21
Figura 5. Incumplimiento de obligaciones	22
Figura 6. Retroexcavadora en operación	28
Figura 7. Equipo de minería subterránea. <i>a.</i> Trabajador con martillo eléctrico en frente y <i>b.</i> martillo en reparación.....	28
Figura 8. Equipo de minado continuo para minería subterránea.	29
Figura 9. Equipos de perforación superficial.....	30
Figura 10. Trabajador minero con martillo neumático tipo <i>jackleg</i>	30
Figura 11. Equipos de perforación tipo jumbo	31
Figura 12. Ejecución de voladura en mina a cielo abierto	32
Figura 13. Equipos de minas a cielo abierto. <i>a.</i> Retroexcavadora cargando a un camión articulado; <i>b.</i> cargador frontal en frente de trabajo.....	32
Figura 14. Operación de cargue con <i>a.</i> pala manual, <i>b.</i> pala mecánica y <i>c.</i> equipo LHD.....	33
Figura 15. Transporte de mineral en operaciones subterráneas. <i>a.</i> En balde y plancha, <i>b.</i> con vagoneta, y <i>c.</i> camión minero de bajo perfil.	34
Figura 16. Camiones mineros circulando dentro de operación	35
Figura 17. Transporte de carbón en ferrocarril	35
Figura 18. Ilustración de una explotación a cielo abierto	37
Figura 19. Ilustración de túnel de trabajo	37
Figura 20. Minería a tajo abierto de la mina Palabora	38
Figura 21. Explotación de mármol	40

Figura 22. Frente de tajo largo	43
Figura 23. Ejemplos de estándares mínimos que debe contener el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	56
Figura 24. Esquema del Servicio Nacional de Salvamento Minero	59
Figura 25. Proceso de atención de emergencias mineras	60
Figura 26. Documentos orientadores	64
Figura 27. Contenido temático del Estudio de Impacto Ambiental	66
Figura 28. Pasos básicos para la identificación y valoración de los impactos ambientales ..	85
Figura 29. Estructura de presentación para la evaluación económica ambiental	91
Figura 30. Tipos de cierre y abandono que se pueden presentar durante el desarrollo de un proyecto minero	102
Figura 31. Esquema temático del Informe de Cumplimiento Ambiental por parte del concesionario minero.....	115
Figura 32. Oportunidades de circularidad frente a la cadena de valor minera	117

Introducción

La presente *Guía minero-ambiental de explotación* es un instrumento de consulta aplicable a todas las escalas de la minería (pequeña, mediana y gran minería), enfocado a orientar técnicamente el desarrollo de las labores de explotación, enmarcadas en una gestión ambiental y social que promueva el uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

La actualización de la presente guía se fundamenta en los avances técnicos y normativos generados a partir del año 2002, en línea con la sentencia del Consejo de Estado del 4 de agosto de 2022, que promueve la protección del ambiente y la gestión sostenible de recursos, en la cual se establece:

ORDENAR al Ministerio de Minas y Energía y al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que, en el término de (1) año, contado a partir de la ejecutoria de esta providencia, actualicen las guías minero-ambientales y los términos de referencia con el propósito de ajustarlos a lo dispuesto en el artículo 19 de la Ley 1753 de 2015. (Colombia, Consejo de Estado, Sala de lo Contencioso Administrativo, Sección Primera, 2022)

Así mismo, se enmarca con los lineamientos del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida” (Colombia, Departamento Nacional de Planeación, 2023) y lo establecido en las normas minero-ambientales.

Para la actualización de la Guía Minero-Ambiental de Explotación expedida en el año 2001 bajo la normatividad minera vigente y adoptada en 2002 mediante la Resolución 18-0861, emitida por los Ministerios de Minas y Energía y de Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)— se partió de dicha base normativa y de la necesidad de adecuar el instrumento a los nuevos enfoques ambientales y técnicos.

Su reemplazo se realizó en el marco del Convenio 1047, celebrado entre el Ministerio de Minas y Energía (MME) y la Universidad Nacional de Colombia (UNAL), con la coordinación técnica del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Agencia Nacional de Minería (ANM).

En esta actualización se incorporaron las normas, manuales y políticas vigentes hasta la fecha, así como conceptos técnicos relacionados con la economía circular y las mejores prácticas disponibles, con el propósito de promover una ejecución responsable de las actividades mineras y minimizar su impacto ambiental.

Así mismo, la guía contribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, destacando aspectos como el fin de la pobreza, el trabajo decente, el crecimiento económico, la innovación y la producción y consumo responsables.¹

La actualización de la guía resalta la necesidad de intensificar esfuerzos para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales y socioeconómicos en los territorios en los cuales se desarrollan los proyectos mineros, donde se contemplan acciones para una minería responsable y sustentable, en pro de la conservación de los recursos naturales renovables, la protección de comunidades, el ordenamiento del territorio alrededor del agua y la prevención de conflictos sociales, económicos y culturales, ajustándose con políticas nacionales en materia minero-ambiental, derechos humanos, género, participación comunitaria, desarrollo económico y gestión del riesgo.

Para la aplicación del Guía minero-ambiental de explotación se sugiere:

- Disponer de un equipo interdisciplinario² independiente del tamaño de la actividad minera, capacitado para abordar las diversas necesidades del proyecto, adaptándolas a las situaciones técnicas, ambientales, territoriales y socioeconómicas particulares.
- Además de generar información primaria, se podrá utilizar información secundaria existente de organizaciones mineras o no gubernamentales, academia y expertos de diferentes áreas, entre otros.

Por último, se precisa que la etapa de explotación comenzará una vez finalizadas las etapas de exploración y construcción y montaje del proyecto minero. No obstante, para el desarrollo de las actividades de construcción y montaje, se debe disponer del otorgamiento de la licencia ambiental por parte de la autoridad ambiental competente.

En caso de que el interesado decida, en la etapa de explotación, la ejecución de las labores de beneficio y transformación de minerales en su proyecto minero, se dispone de la actualización de la *Guía minero-ambiental de beneficio y transformación*, la cual le permitirá conocer los procedimientos y requisitos legales para el desarrollo de esta actividad. También se cuenta con una guía minero-ambiental y una cartilla para los procesos diferenciales de formalización y pequeña minería.

En la

1 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible, también conocidos como “Objetivos Globales”, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 como un llamamiento universal para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad.

² Remitirse a la Resolución 143 del 27 de marzo del 2013, la cual establece los términos de referencia para los trabajos de exploración minera y el Programa Mínimo Exploratorio.

Figura 1 se presentan de forma general los pasos para tener en cuenta en la etapa de explotación.

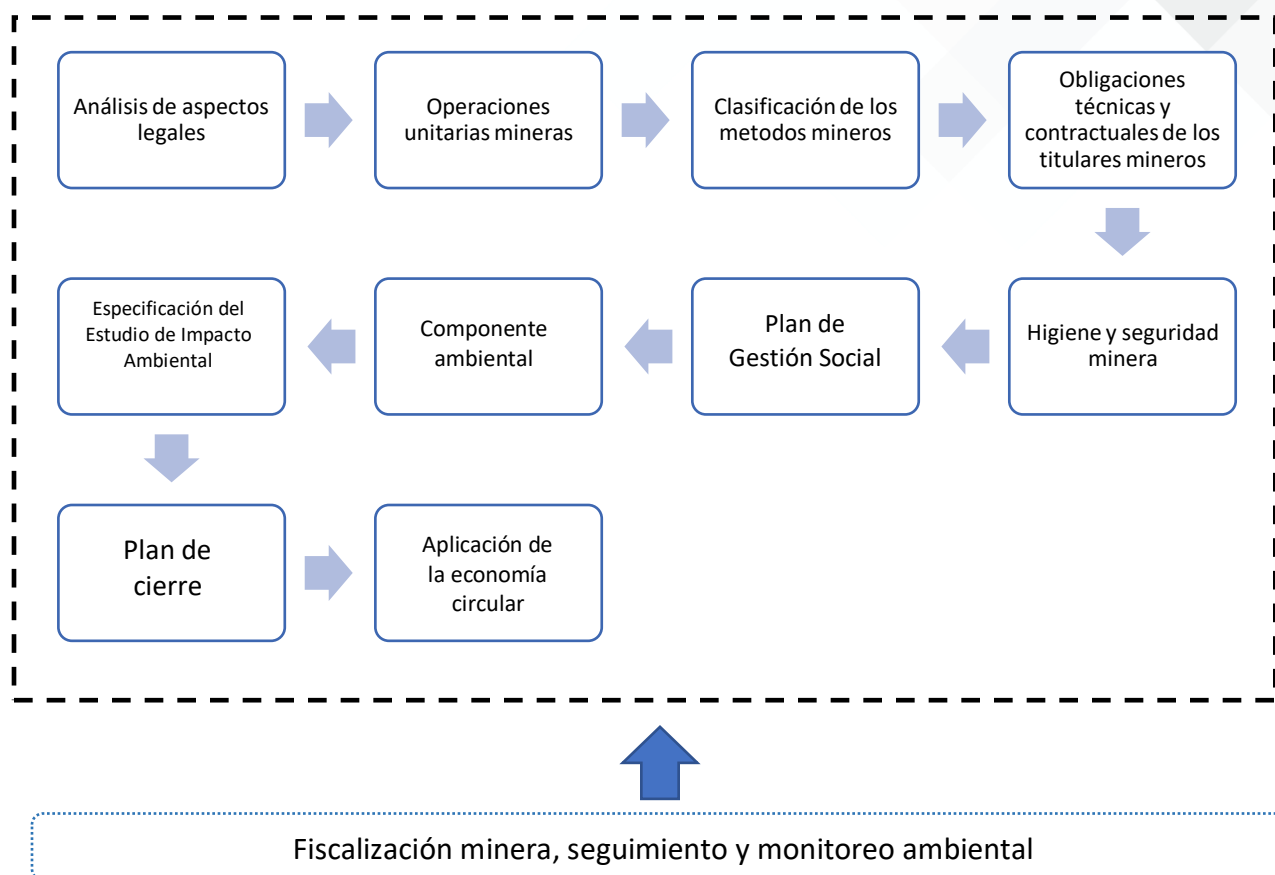


Figura 1. Aspectos de la *Guía minero-ambiental de explotación*

Fuente: Elaboración propia.

1. Antecedentes

Desde la adopción inicial de las guías minero-ambientales en el marco del Código de Minas y su implementación a través de la Resolución 18-0861 de 2002, expedida por el Ministerio de Minas y Energía y el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), se han dado avances significativos en el desarrollo de instrumentos jurídicos, mineros y ambientales, como son los términos de referencia, el “Estándar colombiano o cualquiera acogido por CRIRSCO para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales”, los lineamientos para la elaboración, presentación y evaluación de estudios ambientales, los manuales para la identificación de áreas de influencia, el Plan de Gestión Social, la guía de buenas prácticas mineras, los sistemas de información geográfica, entre otros. Estos avances han contribuido al desarrollo de la actividad minera, al ser aplicables a todo tipo de minerales y adaptándose a los proyectos mineros de cualquier escala.

La actualización de esta guía hace énfasis en la necesidad de adoptar una minería sostenible y planificada, priorizando la protección ambiental y la inclusión social. Se direcciona a responder a los retos del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”, con el objetivo de reorientar la actividad minera hacia un desarrollo sostenible y alineado con las necesidades ambientales y sociales del país.

Así, la guía permite al titular minero estructurar las actividades de explotación y las demás operaciones en pro del uso y aprovechamiento racional de los recursos naturales, su conservación en el entorno circundante al proyecto minero, y el desencadenamiento de actividades económicas productivas diferentes a la minería.

Para lograr una planificación adecuada de dichas actividades, resulta clave considerar las particularidades del depósito mineral. En este sentido, se recomienda consultar las guías de buenas prácticas para la exploración y la estimación de recursos y reservas minerales, como insumos técnicos que orientan la toma de decisiones. Es fundamental destacar que estos lineamientos pueden variar significativamente según el tipo de proyecto, su escala, ubicación y contexto geológico, por lo que su aplicación debe ser siempre contextualizada.

Como parte del fortalecimiento de las capacidades para el desarrollo de las actividades mineras, se cuenta con el Centro de Aprendizaje Minero, del Ministerio de Minas y Energía, que ofrece información asociada a la gestión ambiental y social, la gestión de calidad y altos estándares, la mitigación del riesgo, la seguridad y salud en el trabajo, operación de maquinaria, asistencia técnica, entre otros temas.³

³ Se encuentra información técnica disponible en la página web del Centro de Aprendizaje Minero (Colombia, Ministerio de Minas y Energía, s. f.).

2. Objetivo

Promover que las actividades mineras en la etapa de explotación se desarrollen conforme a buenas prácticas, incorporando las mejores técnicas disponibles, el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y el ordenamiento territorial. Esta orientación busca fortalecer la gestión minera, ambiental y social, así como fomentar la aplicación de principios de economía circular..

¿Sabías que...?

“Título minero” Es el acto administrativo escrito (documento) mediante el cual se otorga el derecho a explorar y explotar el suelo y el subsuelo minero de propiedad de la Nación. (Resolución 40599 de 2015. MinMinas)

Las diferentes modalidades de título minero son:

- Licencia de exploración o de explotación.
- Licencia especial de explotación.
- Contrato de concesión (mediana y gran minería). Decreto 2655 de 1988.
- Autorización temporal.
- Contratos en virtud de aporte.
- Reconocimiento de propiedad privada.
- Registro minero de cantera.

3. Ámbito de aplicación de la *Guía minero-ambiental de explotación*

Esta guía está dirigida a los titulares mineros, especialmente aquellos de mediana y gran escala, en cualquiera de las modalidades y niveles de producción, que extraen cualquier tipo de mineral. Está orientada a quienes proyectan realizar explotación anticipada o se encuentran finalizando la etapa de exploración, con el fin de que la información generada en esta fase se articule con los términos de referencia para la elaboración del documento técnico y el Estudio de Impacto Ambiental. Asimismo, busca que dichos instrumentos incorporen las condiciones legales, mineras, ambientales y socioeconómicas del área donde se localiza el proyecto.

Para tramitar la licencia ambiental, se deberá tener en cuenta la cantidad de mineral a explotar (el cual corresponderá al aprobado por la autoridad minera en el documento técnico), con el fin de determinar la competencia propia de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales y las corporaciones autónomas regionales, las de desarrollo sostenible, los grandes centros urbanos⁴ y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de

⁴ Sobre los grandes centros urbanos, véase la Ley 99 de 1993, artículo 55 “De las competencias de las grandes ciudades”.

2002, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, artículos 2.2.2.3.2.3. y 2.2.2.3.2.2 respectivamente, el que lo adicione, modifique o sustituya.

Fuente: Tomada del Decreto 1076 de 2015

A manera de resumen, en la Figura 2 se presenta los actores involucrados en el desarrollo de las actividades de explotación.

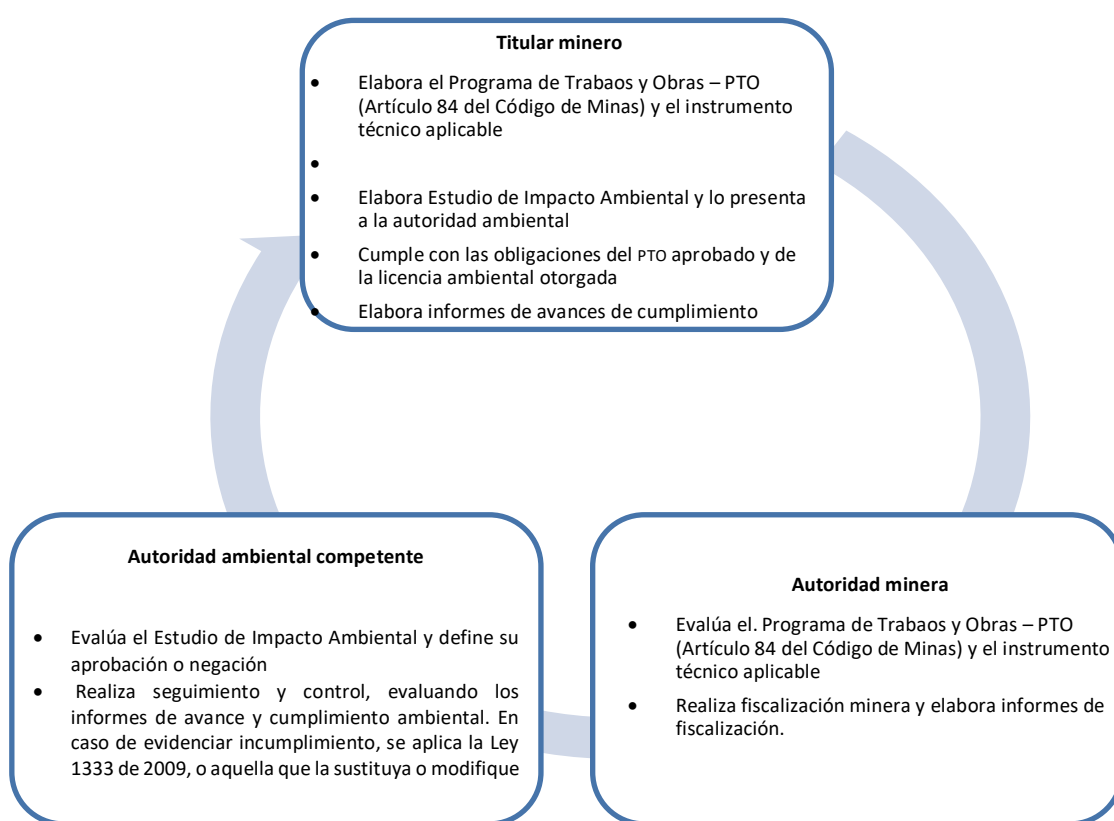


Figura 2. Actores asociados en la aplicación de la *Guía minero-ambiental de explotación*

Fuente: Elaboración propia, con base en la Ley 685 de 2001 y el Decreto 1076 de 2015.

4. Marco jurídico

La Figura 3 contiene dos esquemas con los lineamientos asociados a las normas mineras y ambientales respectivamente, aplicables a la etapa de explotación.

Lineamientos del sector minero

2011 - 2012	<ul style="list-style-type: none"> •Se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 "Prosperidad para todos" •RUCOM mediante el Decreto 2637 DE 2012
2013 - 2014	<ul style="list-style-type: none"> •Se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país; se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación, y se dictan otras disposiciones •Se adoptan las condiciones de las pólizas minero-ambientales (Agencia Nacional de Minería)
2015	<ul style="list-style-type: none"> •Se emite el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 "Todos por un nuevo país" •Se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo •Se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía •Se definen los aspectos técnicos, tecnológicos, operativos y administrativos para ejercer la labor de fiscalización minera •Se adopta el glosario técnico minero •Se expide el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas
2016 - 2017	<ul style="list-style-type: none"> •Se establece la clasificación minera •Se adoptan términos de referencia para el Programa Mínimo Exploratorio, los trabajos de exploración y el Programa de Trabajos y Obras
2019	<ul style="list-style-type: none"> •Se adopta un nuevo Formato Básico Minero •Se adopta el "Manual de suministro y entrega de la información geológica en el desarrollo de actividades mineras"
2020	<ul style="list-style-type: none"> •Se establecen las condiciones y periodicidad para la presentación de la información sobre los recursos y las reservas minerales existentes en el área concesionada
2021	<ul style="list-style-type: none"> •Se establecen los lineamientos para el desarrollo de la actividad de fiscalización de proyectos de exploración y explotación •Se adoptan los términos de referencia aplicables para la elaboración de los programas y proyectos de gestión social en la ejecución de los proyectos mineros
2022	<ul style="list-style-type: none"> •Se modifican los requisitos y las especificaciones de orden técnico minero para la presentación de documentos relacionados con la minería •Se expide el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto •Se modifica el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas
2023	<ul style="list-style-type: none"> •Se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 "Colombia, potencia mundial de la vida" •Se adopta el protocolo de entrega de información geológica por parte de los titulares mineros y propietarios de minas al Banco de Información Minera

Lineamientos del sector ambiental

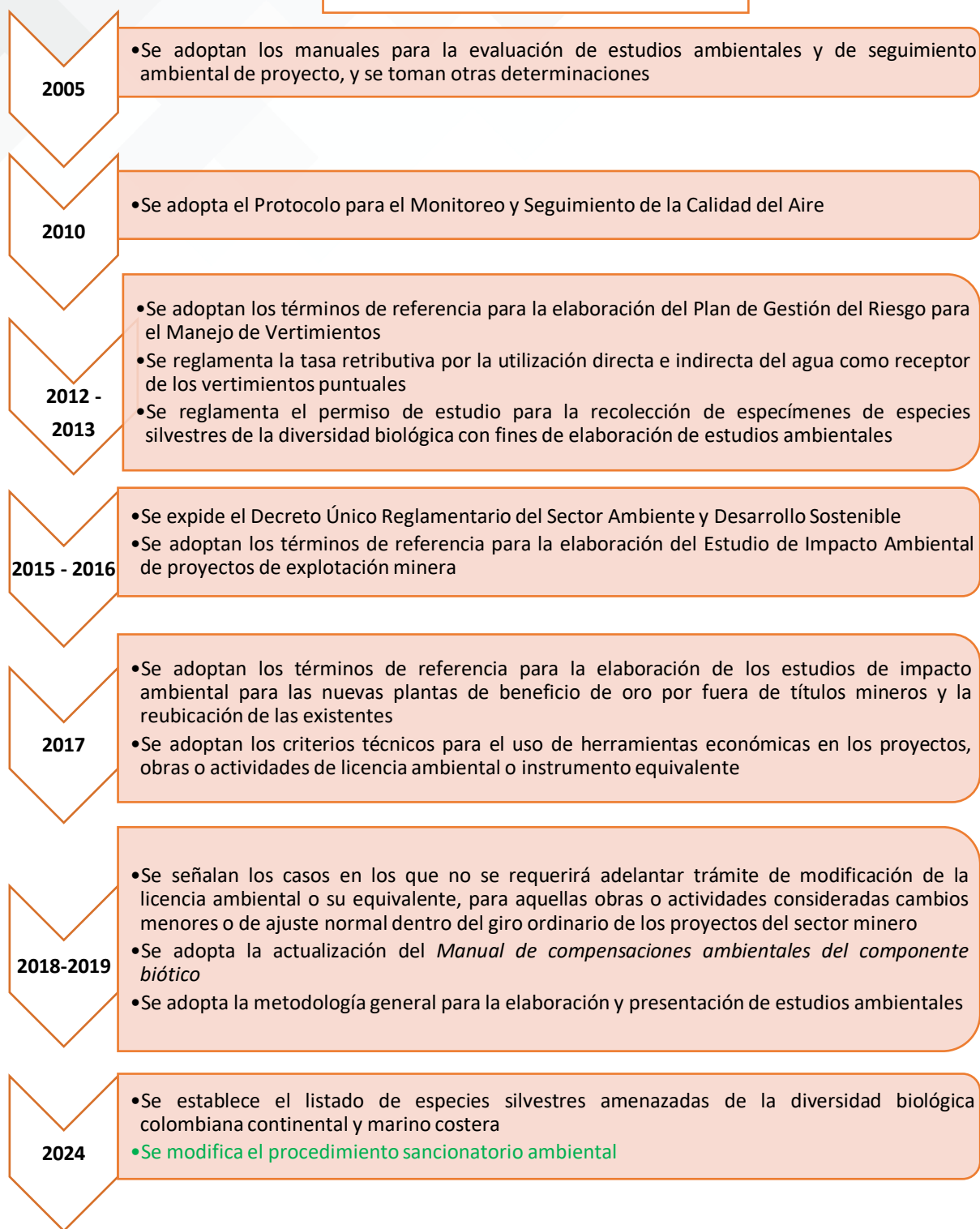


Figura 3. Normas minero-ambientales de la etapa de explotación

Fuente: Elaboración propia, a partir de la normatividad nacional.

El Anexo 1. “Marco jurídico” reporta la normativa en materia minero-ambiental que se encuentra vigente a la fecha de edición de la *Guía minero-ambiental de explotación*, donde se relaciona el tipo de acto administrativo, la descripción, el componente y su aplicación.⁵

⁵ Documento anexo parte Convenio 1047 del 2023, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Observatorio ÍGNEA, 2024.

5. Aspectos legales

En los contratos de concesión regidos por el actual Código de Minas (Ley 685 de 2001), la etapa de explotación comenzará una vez concluidas las fases de exploración, construcción y montaje. Para ello, al finalizar la etapa de exploración, se debe contar con el Programa de Trabajos y Obras (PTO) aprobado por la autoridad minera, así como con licencia ambiental otorgada por la respectiva autoridad ambiental (Ley 685 de 2001, artículos 96 y 281).

La *explotación* comprende el conjunto de actividades orientadas a la extracción o captación de los minerales yacientes en el suelo o subsuelo del área de concesión, su transporte y acopio, su beneficio y transformación, así como la implementación de medidas para el cierre y abandono de la operación minera (Ley 685 de 2001, artículo 95).

El PTO o instrumento técnico aplicable es un instrumento que contiene, entre otros elementos, la delimitación del área de explotación; la ubicación, la estimación y las características de los recursos y las reservas mineras; la descripción de las obras para la ejecución del proyecto, incluyendo el beneficio, el transporte y la transformación si aplica; el Plan de Explotación, el Plan de Recuperación; la escala y duración de la producción; la evaluación financiera, y el Plan de Cierre y Abandono una vez se termine la operación (Ley 685 de 2001, artículo 84).

A partir de la adopción del “Estándar colombiano para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales” (Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales & Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards —CRIRSCO—, 2018) o de cualquier otro estándar avalado por el CRIRSCO conforme a lo establecido en el artículo 328 de la Ley 1955 de 2019, la presentación del Programa de Trabajos y Obras (PTO) debe incluir la información técnica sobre los recursos y reservas mineras existentes en el área de la concesión. Esta información debe ser remitida a la autoridad minera y actualizada anualmente, de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 100 de 2020 de la Agencia Nacional de Minería. En el ambiente ambiental, es obligación obtener una licencia ambiental previo a iniciar las etapas de construcción y montaje y de explotación.

Para tal fin, se debe elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), conforme a los términos de referencia expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016b), los cuales deben ser ajustados a las características específicas del proyecto y su área de influencia.

Durante la ejecución del proyecto, deberán implementarse las medidas de manejo ambiental orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos que puedan derivarse de las obras o actividades. Asimismo, se debe presentar el Informe de Cumplimiento Ambiental (ICA) ante la autoridad ambiental competente, con el fin de facilitar su seguimiento y control.

Durante la ejecución del proyecto, se deberán implementar las medidas de manejo ambiental para prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales que pueda generar el desarrollo de las obras o actividades. Igualmente, se deberá presentar el informe de cumplimiento ambiental a la autoridad ambiental competente, para su respectivo control y seguimiento.

Ante el incumplimiento de alguna de las anteriores obligaciones, las autoridades minera y ambiental requerirá al concesionario para que aclare o presente su defensa y, en caso de no respuesta o una insatisfactoria, se procederá con una sanción de multa, terminación, caducidad del contrato minero (Decreto 2655, Ley 685 de 2001, artículos 287 y 288). Salvo las causales de caducidad que le correspondan según el régimen jurídico de autorización de exploración y explotación minera, así como las demás obligaciones que requieran bajo apremio de multa y las derivadas de los contratos mineros.

En este marco, la autoridad ambiental esta facultada para adelantar actuaciones administrativas frente a incumplimientos de la normatividad ambiental derivados de los instrumentos y permisos para el uso y aprovechamiento o afectación de recursos naturales renovables de acuerdo con lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015. Para ello, deberá aplicar el procedimiento sancionatorio ambiental vigente o aquel que corresponda según la naturaleza del incumplimiento.

Las actividades mineras desarrolladas en esta etapa están sujetas al seguimiento y control por parte de las autoridades competentes, quienes verifican el cumplimiento de las obligaciones técnicas, ambientales y administrativas, entre ellas las descritas en la Figura 4.

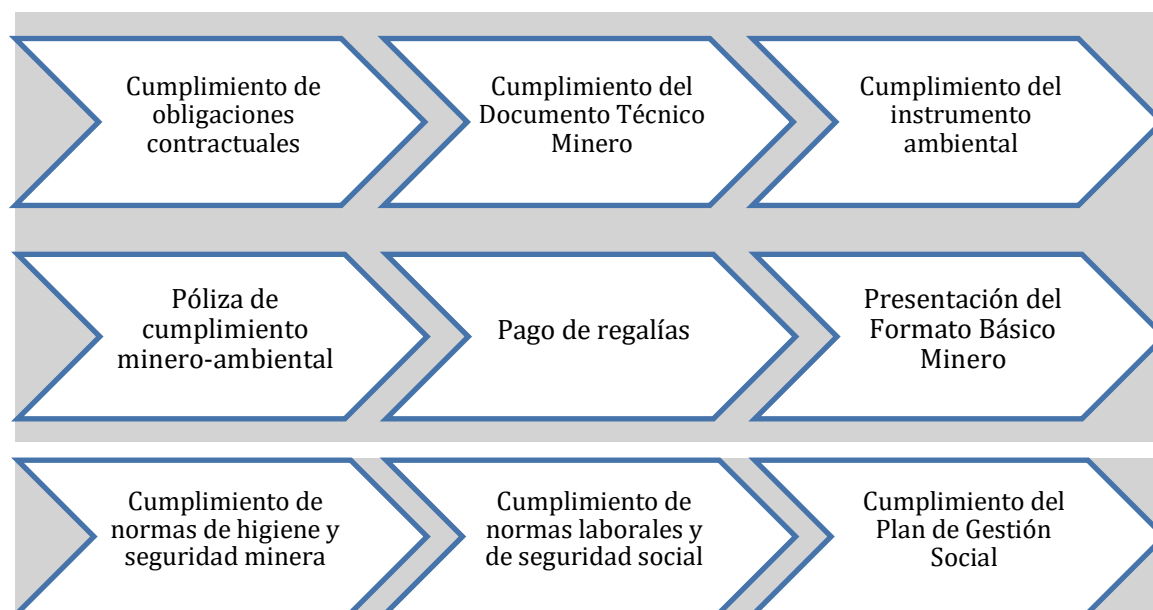
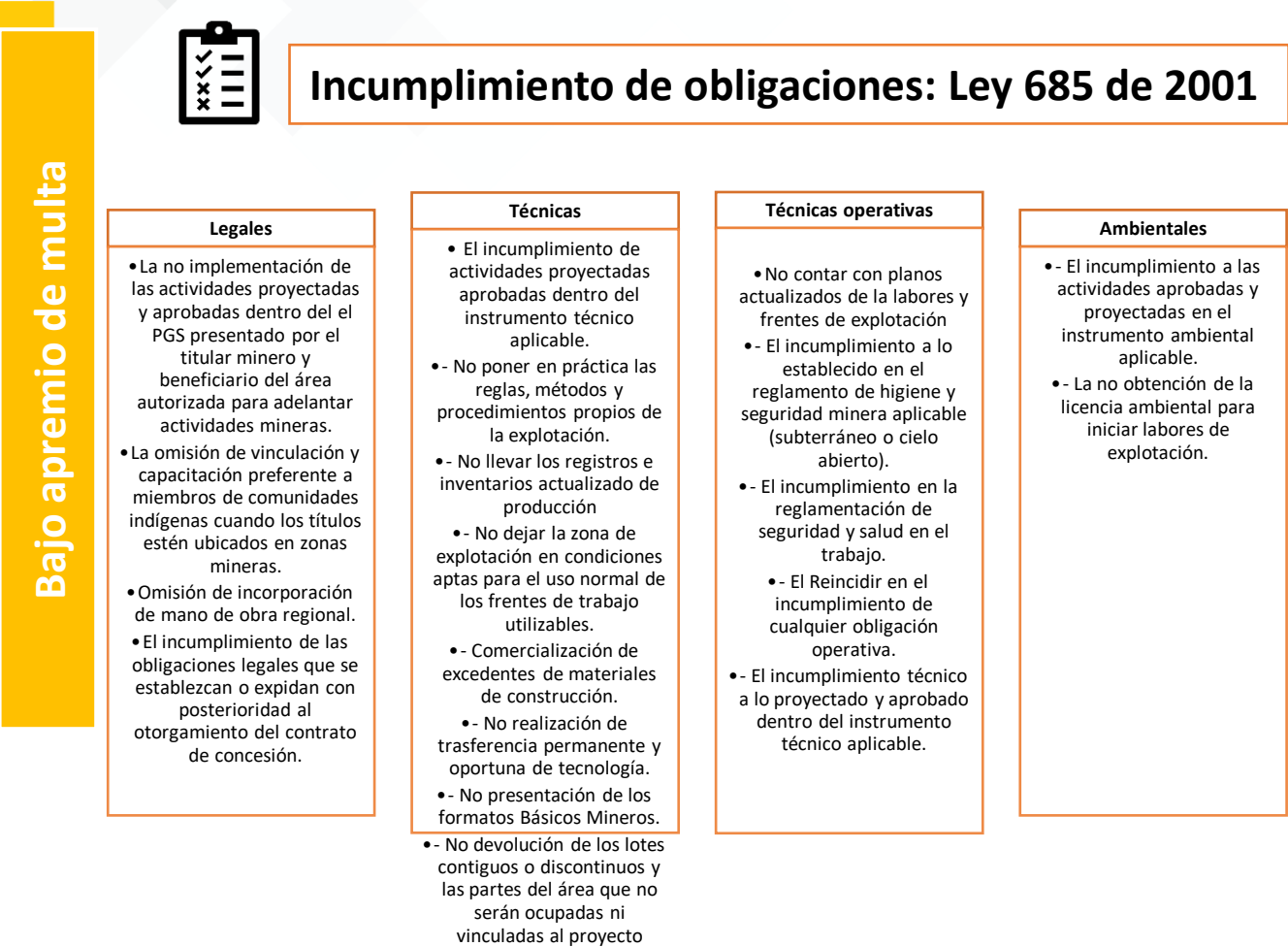


Figura 4. Obligaciones contractuales principales

Fuente: Elaboración propia, con base en la normatividad.

Figura 5. Cambiar nombre por: Cumplimiento de obligaciones.



Para ampliar información, remitirse al código de minas, Resolución 91544 de 2014 Ministerio de Minas y Energía y las demás normas aplicables y que se expidan con posterioridad a la celebración del contrato bajo apremio de multa. **Figura 5.** Cumplimiento de obligaciones

Fuente: Adaptada de Resolución 91544 del 2014, del Ministerio de Minas y Energía.

5.1 Régimen de transición minero y ambiental

En la Tabla 1 se consignan los aspectos relevantes de los diferentes mecanismos de titulación minera e instrumento ambiental, los cuales permiten el desarrollo de actividades de explotación de minerales y que son sujetos de fiscalización por parte de la autoridad minera y de seguimiento por la autoridad ambiental. En este sentido, esta guía es un documento que debe ser consultado por todos los titulares mineros, independientemente de la modalidad de titularidad y del trámite ambiental.

Tabla 1. Diferentes modalidades del régimen de transición minero y ambiental

Título minero	Definición	Obligaciones mineras	Obligaciones ambientales
Autorización temporal	Es la autorización temporal e intransferible que se otorga a las entidades territoriales o a los contratistas, para la construcción, la reparación, el mantenimiento y las mejoras de las vías públicas nacionales, departamentales o municipales, o proyectos que sean declarados de interés nacional, para tomar de los predios rurales, vecinos o aledaños a dichas obras y con exclusivo destino a estas, los materiales de construcción requeridos	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación y aprobación del Plan de Trabajo de Explotación, el cual se debe elaborar conforme a los términos de referencia expedidos por la autoridad minera de acuerdo con la Ley 1955 de 2019, artículo 30, y la Resolución 603 de 2019 de la Agencia Nacional de Minería (ANM) o aquella que los modifiquen, reemplacen o sustituyan • Presentación del formulario y el pago de regalías • Presentación del Formato Básico Minero (FBM) • Cumplimiento del Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto • Ejecución del Plan de Cierre de Mina, una vez finalicen las labores de explotación minera (Ley 1753 de 2015, artículo 24) 	Obtención de la licencia ambiental
Reconocimiento de propiedad privada	Reconocimiento de manera excepcional de la propiedad sobre	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de informes de labores mineras 	Instrumento ambiental*

	<p>aquellas minas que se hubieren adquirido antes del 22 de diciembre de 1969, por adjudicación, redención a perpetuidad, accesión, compraventa, sucesión, prescripción, remate o por cualquier otra causa, título o modo, siempre que se haya obtenido por parte del Ministerio de Minas y Energía el reconocimiento de su propiedad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de normas de higiene y seguridad minera • Presentación del formulario y el pago de regalías, acorde a la Ley 1955 de 2019, artículo 30, o aquella que la modifique reemplace o sustituya • Presentación de informes anuales de las labores mineras ejecutadas y proyectadas • Presentación del FBM • Cumplimiento del Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto o Subterránea 	
Licencia de explotación	<p>Otorga el derecho a explotar un proyecto clasificado como de pequeña minería. Esta modalidad de titulación principalmente proviene de la conversión de una licencia de exploración a una licencia de explotación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación de informes anuales de las labores mineras ejecutadas y proyectadas • Actualización del Programa de Trabajos e Inversiones (PTI) cada 5 años. Este programa es diferente al Programa de Trabajos y Obras • Presentar el FBM • Dar cumplimiento al Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto o Subterránea • Presentación del formulario y el pago de regalías 	
Contrato de concesión	<p>Son contratos mineros que se rigen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación del PTI 	

	<p>por el Decreto 2655 de 1988.</p> <p>Las licencias de exploración que al final se clasificaron como mediana o gran minería podían optar por la suscripción de un contrato de concesión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Constitución de una garantía prendaria, bancaria, o de una compañía de seguros • Presentación del formulario y del pago de regalías • Dar cumplimiento del Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto o Subterránea • Presentación de los FBM 	
Licencia especial de explotación para materiales de construcción	Otorga el derecho a explotar los materiales de construcción por cantera o de arrastre en los lechos de los ríos y vegas de inundación, en proyectos de pequeña minería	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación del PTI • Presentación del Informe Anual de Explotación • Pago de regalías • Presentación del FBM • Implementación de las normas de higiene y seguridad minera 	
Registro minero de cantera	Es un derecho de propiedad que tiene un particular sobre una cantera o mina a cielo abierto de materiales de construcción, que incluye tanto las canteras fluviales, de aluvión o de arrastre como las canteras de roca o de peña	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación del Informe Anual de Labores de Explotación • Presentación el formulario y el pago de regalías • Presentación del FBM • Implementar las normas de higiene y seguridad minera 	
Contrato de pequeña minería en áreas de aporte	Contratos celebrados por las entidades descentralizadas, adscritas o vinculadas al Ministerio de Minas y Energía con personas interesadas en explorar o	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación del formulario y del pago de regalías • Presentación del pago de las contraprestaciones económicas adicionales 	

	<p>explotar áreas que les hayan sido aportadas a dichas entidades</p>	<p>que se pactaron en la minuta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presentación del FBM • Implementación de las normas de higiene y seguridad minera • Cumplimiento de las demás obligaciones pactadas en la minuta 	
--	---	--	--

*Instrumento ambiental corresponde a la imposición de un plan de manejo ambiental como instrumento de manejo y control para proyectos, obras o actividades que se encuentran amparados por un régimen de transición de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.2.3.1

Fuente: Adaptada de las normas que regulan la materia minero-ambiental.

6. Aspectos por considerar en la explotación minera

En el glosario técnico minero, adoptado mediante la Resolución 40599 del 2015, del Ministerio de Minas y Energía (MME), define que

[...] La explotación es el conjunto de operaciones que tienen por objeto la extracción o captación de los minerales yacientes en el suelo o subsuelo del área de la concesión, su acopio, su beneficio y el cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura.

[...] Abarca la extracción y procesamiento de los minerales, así como la actividad orientada al desarrollo y la preparación de las áreas que abarca el depósito mineral.

Durante esta etapa se ejecutan una serie de actividades y ciclos que permiten que la mina permanezca en operación y producción. Estas son denominadas operaciones unitarias y se clasifican entre las ejecutadas para desprender el mineral —Arranque—; para cargarlo —Cargue—; y para transportarlo hasta la planta o sitio de mercado —Transporte—. Estas operaciones se apoyan en las denominadas operaciones auxiliares (Colombia, MME, 2015e, pp. 33-34).

6.1 Operaciones unitarias mineras

En el glosario técnico-minero se exponen los conceptos de estas operaciones unitarias que se describen a continuación.

6.1.1 Arranque

Se define como arranque de un mineral a la fragmentación del macizo rocoso hasta llevarlo a un tamaño que permita su manipulación para ser cargado y transportado. El arranque puede ser realizado con métodos mecánicos (forma continua y discontinua) y también por medio de la perforación con sustancias explosivas (forma discontinua). (Colombia, MME, 2015e, p. 12)

En arranque mecánico se usan máquinas que utilizan los impactos, el rozado, la fuerza hidráulica, el rípiado o la excavación para desprender el mineral [...]. Este arranque normalmente funciona en donde la resistencia de la roca es media a baja. (Colombia, MME, 2015e, p. 12)

El tipo de maquinaria a usar dependerá del tipo de mineral y las características geomecánicas del depósito a explotar, del sistema de explotación, si es a cielo abierto o subterráneo, y de la escala de producción.

En la minería a cielo abierto podrán encontrarse equipos y máquinas diversas, como retroexcavadoras (véase Figura 6), minidragas, motores para aplicar agua a presión, y en escalas mayores, las dragas para minería aluvial.



Figura 6. Retroexcavadora en operación

Fuente: © Archivo del Grupo de investigación Observatorio Ígnea – Universidad Nacional de Colombia

Mientras que “para el caso de la minería subterránea, se usan máquinas de impacto tales como: martillo hidráulico, martillo eléctrico y martillo neumático” (Colombia, MME, 2015e, p. 12), o en mayores escalas, equipos de minado continuo (véanse Figura 7 y Figura 8).



a b

Figura 7. Equipo de minería subterránea. *a.* Trabajador con martillo eléctrico en frente y *b.* martillo en reparación.

Fuente: © Archivo del Grupo de investigación Observatorio ÍGNEA – Universidad Nacional de Colombia.



Figura 8. Equipo de minado continuo para minería subterránea.

Fuente: Xlwgogaxlx (2011).

En operaciones mineras que involucran rocas de alta competencia, es indispensable el uso de explosivos para lograr su fragmentación in situ. Este proceso se lleva a cabo mediante técnicas de perforación y voladura aplicadas directamente en el frente de trabajo. Los términos relacionados con estas actividades están definidos en el glosario técnico minero.

6.1.2 Perforación

La perforación es la “acción o proceso de elaborar un orificio circular con un taladro (perforadora) manual o mecánico (eléctrico o hidráulico)” (Colombia, MME, 2015e, p. 56), que en esta situación se realiza para la inserción y posterior detonación de explosivo.

En minas a cielo abierto se utilizan equipos de perforación con martillos especialmente diseñados para esta tarea (véase Figura 9).



Figura 9. Equipos de perforación superficial

Fuente: © Archivo del Grupo de investigación Observatorio Ígnea – Universidad Nacional de Colombia

En el contexto de la minería subterránea, es común el empleo de herramientas para perforación manual, entre las que destacan los martillos neumáticos, conocidos como *jackleg* o *stopper*, según se utilicen para perforación frontal o vertical, respectivamente (véase Figura 10).



Figura 10. Trabajador minero con martillo neumático tipo *jackleg*

Fuente: Readontheroad (2008).

En minería mecanizada se utilizan equipos que vienen adaptados para realizar perforación frontal o para perforación radial (véase Figura 11).



Figura 11. Equipos de perforación tipo jumbo

Fuente: © Archivo del Grupo de investigación Observatorio Ígnea – Universidad Nacional de Colombia

6.1.3 Voladura

Ignición de una carga masiva de explosivos. El proceso de voladura comprende el cargue de los barrenos perforados con una sustancia explosiva, que al iniciarla libera gases a una alta presión y temperatura, originando una onda de choque de una forma instantánea para fracturar y remover una cantidad de material según los parámetros de diseño de la voladura misma. (Colombia, MME, 2015e, p. 75)



En la

Figura 12 se muestra la ejecución de una voladura en mina a cielo abierto



Figura 12. Ejecución de voladura en mina a cielo abierto

Fuente: © Archivo del Grupo de investigación Observatorio Ígnea – Universidad Nacional de Colombia.

6.1.4 Cargue

“Es una operación que se realiza después de remover el material, que consiste en colocar el material en un medio de transporte, ya sea manual o mecánico” (Colombia, MME, 2015e, p. 17). En este caso, el tipo de explotación (superficial o subterránea) y la escala de la producción también definirá el tipo de herramienta o maquinaria que se usará.

En minas a cielo abierto es posible encontrar equipos como las palas hidráulicas, las excavadoras de orugas, los cargadores frontales o las dragalinas. A continuación, en la Figura, se muestra una retroexcavadora cargando a un camión articulado.



a b

Figura 13. Equipos de minas a cielo abierto. *a.* Retroexcavadora cargando a un camión articulado; *b.* cargador frontal en frente de trabajo

Fuente: *a.* © Archivo del Grupo de investigación Observatorio Ígnea – Universidad Nacional de Colombia; *b.* © Archivo del Ministerio de Minas y Energía.

En la minería subterránea se efectuará el cargue con pala manual o las palas neumáticas, y en mayores escalas, **con cargadores de carga**, acarreo y descarga (LHD) (véase Figura 14).



a b



c

Figura 14. Operación de cargue con *a.* pala manual, *b.* pala mecánica y *c.* equipo LHD

Fuente: © Archivo del Grupo de investigación Observatorio Ígnea – Universidad Nacional de Colombia.

6.1.5 Transporte (minería)

El *transporte* consiste en la “Movilización o desplazamiento de materiales como mineral estéril, insumos y otros, de un lugar a otro por cualquier medio manual o mecanizado” (Colombia, MME, 2015e, p. 72).

En esta operación unitaria es posible encontrar desde el uso de carretillas o vagonetas empujadas por fuerza manual o de halado mecánico, en pequeñas explotaciones subterráneas; el uso de locomotoras o bandas transportadoras en minas más mecanizadas, y en escalas aún mayores, camiones de bajo perfil (en túneles), volquetas y camiones mineros (en minas a cielo abierto), e incluso, el uso de trenes en las operaciones de gran escala para transportar los minerales desde las minas hasta los centros de acopio o distribución (véanse Figura 15, Figura 16 y Figura 17).



a b



c

Figura 15. Transporte de mineral en operaciones subterráneas. *a.* En balde y plancha, *b.* con vagoneta, y *c.* camión minero de bajo perfil.

Fuente: © Archivo del Grupo de investigación Observatorio Ígnea – Universidad Nacional de Colombia.



Figura 16. Camiones mineros circulando dentro de operación

Fuente: © Archivo del Ministerio de Minas y Energía.



Figura 17. Transporte de carbón en ferrocarril

Fuente: © Archivo del Ministerio de Minas y Energía.

Por otra parte, las operaciones auxiliares mineras son indispensables para el funcionamiento adecuado de la mina. Entre estas se pueden destacar:

- La topografía.
- El mantenimiento de vías.
- El mantenimiento de equipos y maquinaria.
- El sostenimiento de la infraestructura minera a cielo abierto (taludes, rampas, bancos, etc.) y subterránea (túneles, cámaras).
- Los sistemas de ventilación en túneles.
- Los sistemas de desagüe.
- La distribución de energía eléctrica dentro de las labores.

6.2 Clasificación de los métodos mineros

Uno de los aspectos clave de la actividad minera es la selección del método de explotación, entendido como el procedimiento mediante el cual se realiza la extracción selectiva de los minerales contenidos en el yacimiento.

Este método debe estar debidamente definido y sustentado en el instrumento técnico del proyecto, el cual debe ser proyectado, presentado y aprobado por la autoridad competente conforme a la normativa vigente.

.

El glosario técnico minero define los *métodos de explotación* como

Una forma geométrica usada para explotar un yacimiento determinado. Es el modo de dividir el cuerpo mineralizado en sectores aptos para el laboreo. Los métodos de explotación adoptados dependen de varios factores, principalmente, calidad, cantidad, tamaño, forma y profundidad del depósito; accesibilidad y capital disponible (Colombia, MME, 2015e, p. 49).

Un complemento a esta definición se encuentra en Herrera, que plantea el concepto *método minero* como

[...] un proceso iterativo desde el punto de vista temporal y espacial, que permite llevar a cabo la explotación de un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria. (2006, p. 2)

Existen dos grandes tipos de métodos mineros: a cielo abierto (véase Figura 18) y subterráneos (véase Figura 19).



Figura 18. Ilustración de una explotación a cielo abierto

Fuente: © Archivo del Ministerio de Minas y Energía.



Figura 19. Ilustración de túnel de trabajo

Fuente: © Archivo del Ministerio de Minas y Energía

6.2.1 Métodos mineros de explotación a cielo abierto

Dentro de los métodos de explotación a cielo abierto se pueden considerar algunas categorías básicas que se complementan con otras que surgen mediante la innovación y la

dinámica de las tecnologías, la maquinaria y la geología de los yacimientos (Colombia, Ministerio de Minas y Energía y Ministerio del Medio Ambiente, 2002, p. 36).

Para el caso de los métodos mineros a cielo abierto, en estas principales categorías encontramos:

- *Minería de tajo abierto* (véase Figura 20): “sistema de explotación caracterizado por el uso de bancos o cortes escalonados y que es propicio para las vetas cercanas a la superficie y de gran magnitud, que tienen una capa de material estéril de mediana importancia” (Colombia, MME, 2015e, p. 48).



Figura 20. Minería a tajo abierto de la mina Palabora

Fuente: Tørrissen (2019).

- *Minería de cajón o descubiertas:*

Aplicable a yacimientos con bajos buzamientos y poco espesor, en las que se permite el manejo de dos bancos, uno superior de estéril y el otro que comprende el espesor del cuerpo mineral. Su característica principal está en el aprovechamiento de la excavación como vertedero del material estéril removido. (Colombia, MME & MADS, 2002, p. 41)

- *Terrazas:*

Se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplican en yacimientos relativamente horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el material estéril en la excavación creada, siendo transportado alrededor de la explotación. Las profundidades que se logran alcanzar son importantes, existiendo

casi exclusivamente una limitación de tipo económico para determinar el nivel mineralizado más profundo que se explotará. (Herrera, 2006, p. 6)

- *Minería de contorno:*

Consiste en excavar una trinchera abierta a lo largo de toda la longitud del afloramiento, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal. El estéril removido se deposita sobre la ladera, y normalmente es posible la transferencia de este para la posterior recuperación de los terrenos, efectuando el relleno del área intervenida una vez se logra una situación que permita el vertido del material estéril a la zona que fue explotada. (Colombia, MME & MADS, 2002, p. 42)

- *Canteras:*

Se entiende por cantera el sistema de explotación a cielo abierto para extraer de él rocas o minerales no disgregados, utilizados como material de construcción.

Las canteras fluviales están situadas en las laderas de ríos, donde estos, como agentes naturales de erosión, transportan durante grandes recorridos las rocas y aprovechan su energía cinética para depositarlas en zonas de menor potencialidad para formar grandes depósitos de estos materiales.

Asimismo, es posible encontrar canteras de roca, más conocidas como canteras de peña, las cuales tienen su origen en la formación geológica de una zona determinada, donde pueden ser sedimentarias, ígneas o metamórficas; estas canteras, por su condición estática, no presentan esa característica de autoabastecimiento, lo cual las hace fuentes limitadas de materiales. (Colombia, MME, 2015e, p. 15)

De igual manera, el término “cantera” suele aplicar a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales. Existen canteras en las que se explotan los minerales fragmentados, que sirven como insumos para la fabricación de productos industriales, producir cemento o la industria de agregados; y también se encuentran canteras en las que se da la explotación cuidadosa de grandes bloques enteros de mineral sobre los que posteriormente se trabaja, como ocurre, por ejemplo, en algunas minas que explotan mármol ornamental (Herrera, 2006, p. 8) (véase Figura 21).



Figura 21. Explotación de mármol

Fuente: Dexmac (2019).

- **Minería hidráulica:**

Se emplea en depósitos de gravas y cantos de gran tamaño. Se utiliza agua a presión para desintegrar el depósito, y se conduce hasta las plantas de lavado, clasificación, trituración y concentración del mineral. La producción se limita por la disponibilidad de agua, espesor del depósito y tamaño de las rocas. (Colombia, MME & MADS, 2002, p. 43)

- **Dragado:** “Consiste en la excavación bajo el agua de un depósito aluvial grande en extensión y espesor. Puede ser una corriente activa o extinta del lecho del río” (Colombia, MME, 2015e, p. 28). La draga es una plataforma flotante que, mediante un sistema de extracción (cangilones, succión, cuchara, etc.), remueve el material, y normalmente puede incorporar el sistema de tratamiento posterior del material. Su uso es común en la minería de oro aluvial.

- **Materiales de arrastre (Minería Aluvial)**

De acuerdo con el Glosario Técnico Minero (Resolución 40599 de 2015), los materiales de arrastre hacen parte del caudal sólido, y son los materiales pétreos desintegrados en tamaños de gravas y arenas que yacen en el cauce y las orillas de las corrientes de agua, vegas o llanuras de inundación.

Técnicas de extracción: Existen diferentes métodos de minería (mecánicos o manuales) para la extracción de arenas y gravas en condiciones secas (por encima del nivel freático) y/o

húmedas (por debajo del nivel freático). La selección de un método u otro depende de la ubicación del área de interés, si es en el canal activo o en la llanura de inundación.⁶

6.2.2 Métodos mineros de explotación subterránea

Los métodos de explotación subterránea se clasifican en tres categorías principales, dentro de las cuales existen varios métodos base, de los que se desprenden diversas variables (Darling, 2011). Estas tres categorías son:

6.2.2.1 Métodos autoportantes o soportados por pilares

Son aquellos que dentro de su diseño incluye pilares, en algunos casos, conformados por estéril, y en otros, por parte de la misma mineralización como el elemento principal de soporte de la infraestructura subterránea. Cabe aclarar que esto no excluye el uso de dispositivos de sostenimiento tales como pernos, cables, concreto lanzado, marcos de acero, entre otros dentro de la operación. En esta categoría encontramos métodos como:

- *Cámaras y pilares*: “Método de explotación subterráneo que consiste en la explotación del mineral y que deja cámaras separadas por pilares que sostienen el techo en forma natural” (Colombia, MME, 2015e, p. 48). Su aplicación es común, por ejemplo, en minería metálica de rocas con alta competencia y en la minería de carbón.
- *Ensanche de tambores*: “consiste en una ampliación de los túneles que van desde las galerías a los frentes de explotación (tambores), y que desarrollan pequeñas cámaras” (Colombia, MME, 2015e, p. 48). Es común en la minería de carbón.
- *Excavación por subniveles o cámaras vacías*: “Método de explotación subterráneo con sostenimiento natural que se caracteriza por la construcción de cámaras de gran tamaño que dejan pilares una vez el mineral es arrancado” (Colombia, MME, 2015e, p. 48). El método se usa principalmente en minería metálica y tiene diversas variantes, desde el método tradicional, con dos subniveles y una zanja en la parte inferior para conformar tolva de la cámara; la variante de pozos largos, con un subnivel de techo y una zanja; la variante de minería longitudinal o la explotación por cráteres verticales en retroceso, que es un híbrido con el método de minería de almacén (Darling, 2011).

⁶ Para una descripción detallada de los diversos métodos de explotación utilizados, se recomienda consultar la "Guía de Buenas Prácticas para la Exploración y Estimación de Recursos y Reservas de Materiales de Arrastre" (2021).

6.2.2.2 Métodos artificialmente soportados o con rellenos

Son los métodos en los que se utiliza un material de relleno como parte del soporte de los frentes mineros o las cámaras explotadas. En esta categoría se encuentran métodos como:

- *Corte y relleno:*

Método de explotación con soporte artificial, en el cual el material se arranca en rebanadas sucesivas horizontales o inclinadas, se trabaja en un sentido ascendente desde una galería base y se evacúa el material a medida que se produce el arranque. La abertura que se produce al retirar el material se rellena con relaves (colas o desechos de plantas de concentración de minerales), o arena mezclada con agua, que son transportados al interior de la mina y se distribuyen mediante tuberías; posteriormente el agua es drenada y queda un relleno competente. (Colombia, MME, 2015e, p. 48)

El método se puede implementar de manera manual o mecanizada.

[...] Generalmente se consideran tres tipos de relleno, que se usan acorde a criterios de requerimientos geomecánicos, de seguridad y de costos, estos son: relleno hidráulico, relleno en pasta o relleno con roca cementada. [...] Además del método clásico, que puede darse en sentido descendente en algunos casos, existen variantes como el método de galería y relleno, en el que los cortes avanzan en un sentido horizontal conformando niveles de explotación [...]. El método de bancos y relleno, que se aplica en cortes verticales que tienen suficiente ancho, longitud y competencia de pared de roca para permitir un sistema de barrenos que se retiran lateralmente seguidos de un relleno de roca estéril que avanza, y [...] El *resuing*, método en el cual el mineral de alta ley de vetas muy estrechas se extrae selectivamente antes de que los cortes se ensanchen en la roca estéril para obtener el ancho adicional requerido para que funcionen los equipos. (Darling, 2011, pp. 1365-1372)

- *Minería de almacén:*

Método de explotación subterráneo para depósitos con buzamiento mayor de 70°, con roca encajante que necesita soporte. En este método el mineral se arranca por franjas horizontales, que empiezan desde la parte inferior del cuerpo, avanzan hacia arriba y dejan un vacío, por lo que el mineral arrancado se deja allí como relleno y soporte provisional (como plataforma de trabajo para la explotación del nivel de arriba y para sostener las paredes de la cámara). (Colombia, MME, 2015e, p. 48)

- *Escalones invertidos (entibada):*

Método de explotación subterráneo con sostenimiento artificial, el cual desarrolla unos bancos (escalones) en forma de escalera invertida donde el vacío creado por el arranque del material se conserva por medio de un sostenimiento artificial sistemático, generalmente constituido por una entibación en madera (botada, madera de acúñe). (Colombia, MME, 2015e, p. 48)

6.2.2.3 Métodos de hundimiento o de derrumbe dirigido

Son métodos en los que el diseño de la operación se planea que desencadene el hundimiento total o parcial del depósito, o parte de sus alrededores, como consecuencia de la extracción del mineral.

En esta categoría se encuentran métodos como:

- *Tajo largo:*

Método empleado en minería subterránea de carbón, en el que la extracción se realiza sobre toda la potencia del manto y en el largo del frente, apoyado con un sostenimiento desplazable, el cual se va retirando controladamente después de la extracción y que ocasiona un posterior derrumbe del techo (derrumbe dirigido). (Colombia, MME, 2015e, p. 48)

Para la minería de carbón se han desarrollado sistemas mecanizados en los que se usan equipos esquiladores (*shearers*) para arrancar los cortes del frente minero, generando la caída del mineral a un transportador de cadenas (*panzer*) que mueve el mineral del frente. Todo el sistema se protege con un sistema de escudos o soportes de techo, que avanzan una vez se ha explotado todo el corte y van permitiendo el colapso del techo posterior a una cierta distancia del frente de trabajo (véase Figura 22).



Figura 22. Frente de tajo largo
Fuente: Peabody Energy (2015).

Por otro lado, cuando el método de tajo largo se aplica en minería metálica de roca dura, por ejemplo, en la explotación de oro, se realiza perforación y voladura, y es común el cargue con rastrillos (*scrappers*) desde el frente para, luego, transportar el mineral en vagones impulsados por locomotora (Atlas Copco, 2008).

- *Hundimiento por subniveles:*

Consiste en dividir el cuerpo mineralizado en subniveles espaciados verticalmente entre unos 10 a 20 m. En cada subnivel se desarrolla una red de galerías paralelas que cruzan transversalmente el cuerpo, a distancias del orden de los 10 a 15 m [...]. Las galerías de un determinado subnivel se ubican entremedio y equidistantes de las galerías de los subniveles inmediatamente vecinos. De este modo, toda la sección mineralizada queda cubierta por una malla de galerías dispuestas en una configuración romboidal [...]. Las operaciones de arranque (con perforación y voladura), así como el cargue y transporte del mineral desde el frente, se realizan a partir de estos subniveles en una secuencia descendente y en retroceso. (Ortiz, s. f., p. 315)

- *Hundimiento por bloques:*

Método de explotación que consiste en el derrumbamiento de bloques por corte inferior, es decir, el mineral se fractura y fragmenta gracias a las tensiones internas y efecto de la gravedad. La explotación por hundimiento se basa en que tanto la roca mineralizada como la roca encajante esté fracturada bajo condiciones más o menos controladas. (Colombia, MME, 2015e, p. 48)

7. Obligaciones técnicas y contractuales de los titulares mineros

En este acápite se presenta una descripción de los documentos técnicos y las obligaciones mineras que se establecen al momento del otorgamiento del título minero, que son el instrumento base para la fiscalización minera durante la etapa de explotación y hacen parte integral de las responsabilidades de los titulares mineros.

Es de aclarar que en la presente *Guía minero-ambiental de explotación* no se incluye la descripción de los documentos técnicos del Programa de Trabajos y Obras Complementario, ni del Programa de Trabajos y Obras Diferencial, toda vez que estos pueden ser consultados en la *Guía minero-ambiental de formalización y pequeña minería*.⁷

7.1 Informe anual de labores mineras realizadas y Programa de Labores Mineras que se deben ejecutar para reconocimiento de propiedad privada

El titular de un reconocimiento de propiedad privada es el responsable de presentar el informe de labores mineras ejecutadas anualmente, así como el programa de las labores proyectadas para el siguiente año.

El informe, con sus anexos, deberá ser radicado de acuerdo con el Sistema Integrado de Gestión Minera o a la normatividad vigente al momento de la entrega. Los mapas y planos se presentarán en el sistema de coordenadas “Marco Geocéntrico Nacional de Referencia - Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas” (MAGNA-SIRGAS) o el que esté vigente al momento de la entrega, siguiendo las normas definidas por el Ministerio de Minas y Energía en la Resolución 40600 de 2015, o aquella que la modifique, reemplace o sustituya.

El contenido del informe de labores ejecutadas y el Programa de Labores Mineras proyectadas anualmente están clasificados según el sistema de explotación: subterráneo o a cielo abierto, y debe ser adaptado al mineral y tipo de yacimiento, a la producción y demás especificaciones técnicas y ambientales para cada proyecto minero.

Tanto el informe anual de labores mineras ejecutadas como el Programa de Labores Mineras proyectadas debe contener:

- Mapa topográfico
- Estimación y categorización de los recursos y las reservas minerales bajo los estándares acogidos por CRIRSCO.
- Estudio geotécnico.
- Estudio hidrogeológico.
- Estudio hidrológico.

⁷ El Anexo 1. “Marco jurídico” reporta la normativa en materia minero-ambiental que se encuentra vigente a la fecha de edición de la *Guía minero-ambiental de explotación*, donde se relaciona el tipo de acto administrativo, la descripción, el componente y su aplicación.

- Construcción y montaje (actuales y proyectadas).
- Diseño minero.
- Producción.
- Características físicas y químicas de los minerales que se van a explotar.
- Plan de Cierre y Abandono.

Para obtener mayor detalle sobre el informe anual de labores mineras realizadas y el Programa de Labores Mineras a ejecutar en reconocimientos de propiedad privada, se recomienda consultar los términos de referencia establecidos por la Agencia Nacional de Minería (ANM, 2019c), o aquellos que los modifiquen, reemplacen o sustituyan.

7.2 Plan de Trabajos de Explotación

El beneficiario de una autorización temporal debe presentar el Plan de Trabajos de Explotación (PTE) para la ejecución de las actividades mineras y su fiscalización, con base en los términos de referencia establecidos y vigentes. Este plan debe estar orientado por el trabajo técnico liderado por un profesional de la geología o ingeniero de minas, quien deberá refrendar el documento y respaldarlo con su tarjeta profesional, según se establece en la Ley 685 de 2001, artículo 270, o aquella que la modifique, reemplace o sustituya.

El PTE debe suministrar la base técnica para realizar las labores de seguimiento y control a la respectiva autorización temporal durante el desarrollo de la obra. Este documento técnico debe contener:

- La base topográfica del área.
- Geología local.
- Plan Minero de Explotación.
- Análisis de calidad del material a explotar.
- Volumen de explotación.
- Plan de cierre y abandono de la explotación.

7.3 Programa de Trabajos e Inversiones

El Programa de Trabajos e Inversiones (PTI) es un plan similar al Programa de Trabajos y Obras (PTO),⁸ que deben presentar cada 5 años los títulos mineros regidos por el Decreto 2655 de 1988, que no hayan presentado el PTO acogiéndose a la transición establecida en la Ley 685 de 2001 artículo 352 (beneficios y prerrogativas).

⁸ Al PTI lo rige el Decreto 2655 de 1988, artículos 75 y 76.

La diferencia entre el PTI y el PTO se concentra en tres elementos definidos en la Ley 685 de 2001, artículo 84 que corresponden a lo siguiente:

- Descripción y localización de las obras e instalaciones necesarias para el ejercicio de las servidumbres inherentes a las operaciones mineras.
- Plan de obras de recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del sistema alterado.
- Plan de Cierre de la Explotación y Abandono de los montajes y de la infraestructura.

El PTI debe ser presentado en el formulario F3, para pequeña minería, de la ANM (s. f. a) y F4, para mediana y gran minería, de la ANM (s. f. b), y será evaluado según los parámetros establecidos en estos formularios.

7.4 Programa de Trabajos y Obras

Según el glosario técnico minero, El PTO de explotación es el resultado de los estudios y trabajos de exploración, que presenta el concesionario antes del vencimiento definitivo de esta fase, para la aprobación de la autoridad concedente, que se anexa al contrato como parte de las obligaciones técnicas. Este programa deberá contener los siguientes elementos y documentos:

1. Delimitación definitiva del área de explotación.
2. Mapa topográfico de dicha área.
3. Detallada información cartográfica del área, y si se tratara de minería marina, especificaciones batimétricas.
4. Ubicación, cálculo y características de las reservas que habrán de ser explotadas en desarrollo del proyecto.
5. Descripción y localización de las instalaciones y obras de minería, depósito de minerales, beneficio y transporte y, si es del caso, de transformación.
6. Plan Minero de Explotación, que incluirá la indicación de las guías técnicas que serán utilizadas.
7. Plan de obras de recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del sistema alterado.
8. Escala y duración de la producción esperada.
9. Características físicas y químicas de los minerales por explotar.
10. Descripción y localización de las obras e instalaciones necesarias para el ejercicio de las servidumbres inherentes a las operaciones mineras.
11. Plan de cierre de la explotación y abandono de los montajes y de la infraestructura.

Este documento, presentado por el titular y aprobado por la autoridad minera durante la fase contractual de exploración, es una herramienta donde se consigna información técnica, económica y comercial que sirve de guía para la fiscalización minera durante la etapa de explotación. En particular, en él se contempla la producción proyectada para cada año de

vida útil del proyecto minero, que se convierte en el valor admisible anual para la comercialización de los minerales concesionados dentro del título.

El PTO debe ajustarse a los parámetros contenidos en el artículo 84 de la Ley 685 de 2001 o aquella que la modifique, reemplace o sustituya, y a los términos de referencia adoptados por la Resolución 143 de 2017 de la ANM, o aquella que la modifique, reemplace o sustituya.

Adicionalmente, el PTO debe contener la caracterización y la cuantificación del “Estándar colombiano para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales” o cualquier estándar avalado por CRIRSCO, en cumplimiento de lo estipulado en la Resolución 100 de 2020⁹, artículo 5 de la ANM, o aquella que la modifique, reemplace o sustituya.

Por otra parte, se deberá suministrar la información geológica y minera obtenida al Banco de Información Minera, según lo establecido en la Resolución VSC 00002 de 2023.

7.5 Formato Básico Minero

El Formato Básico Minero (FBM) es un instrumento único de captura de información actualizada y permanente de las actividades de los titulares mineros, en el cual se reportan aspectos técnicos, producción y ventas, programación del trabajo, empleo, seguridad industrial, costos y consumos de la operación minera, inversión, medio ambiente y plan de gestión social.

Este debe ser refrendado por un geólogo, un ingeniero de minas o un ingeniero geólogo con matrícula profesional. Así mismo, la información contenida en el FBM debe ser presentada por el titular minero o su apoderado.

La Resolución 40925 de 2019 del Ministerio de Minas y Energía, o aquella que la modifique, reemplace o sustituya, establece la obligatoriedad de presentar el FBM a través del Sistema Integral de Gestión Minera (SIGM) ANNA Minería, o aquel que haga sus veces, dentro de los 10 primeros días del mes de febrero del año inmediatamente siguiente a la anualidad vencida.

7.6 Declaración y pago de regalías

El glosario técnico minero define *regalía* de la siguiente manera:

Compensación por el uso de la propiedad ajena basada sobre un porcentaje acordado de los ingresos resultantes de su uso. Por ejemplo, un fabricante por el uso de su maquinaria en la fábrica de otra persona. Generalmente, las regalías se asocian con la actividad extractiva, más especialmente con la actividad petrolera. 2. De conformidad con los artículos 58, 332 y 360 de la Constitución Política, toda explotación de recursos naturales no renovables de propiedad estatal genera una regalía como contraprestación obligatoria. (Colombia, MME, 2015e, p. 62)

⁹ Modificada por la Resolución 514 de 2023

Las regalías son una contraprestación económica no tributaria a favor del Estado (Colombia, Corte Constitucional, 1997), que se genera por la explotación de los minerales y sobre las cuales las entidades territoriales tienen derecho de participación.

Sobre el proceso de recaudo y liquidación de regalías, la ANM explica que:

Toda persona natural o jurídica que explote recursos minerales de propiedad nacional, a cualquier título, está obligada a presentar ante la Agencia Nacional de Minería dentro de los diez (10) días hábiles siguientes a la terminación de cada trimestre calendario, una declaración de producción del mineral explotado.

El productor de recursos minerales debe presentar su declaración y pagar trimestralmente en dinero, en la misma fecha de presentación, el valor de la regalía liquidada en su declaración, la cual se acompaña del correspondiente recibo de pago. No obstante, en los casos que el recurso mineral tiene como destino la exportación, el comercializador internacional tiene la obligación de acreditar ante la DIAN [Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales] el pago de la correspondiente regalía; en consecuencia, al momento de adquirir el material hace la labor de agente retenedor y debe hacer el pago de la regalía ante la Agencia Nacional de Minería (Colombia, ANM, 2024b).

Las regalías se calculan a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Regalía} = Pd \times \$ \times \%,$$

donde:

Pd: cantidad de material explotado en el trimestre.

\$: el precio base de liquidación de los minerales será el definido por la resolución de la Unidad de Planeación Minero Energética. Para el caso del oro, plata y platino, será definido por el Banco de la República.

?: Porcentaje de regalía fijado para el respectivo mineral, de acuerdo con la Ley 756 de 2002, artículo 16.

En el momento de elaboración de la presente guía minero-ambiental, la autoridad minera ha puesto en funcionamiento el SIGM ANNA Minería para la presentación de los formularios para la declaración de producción y liquidación de regalías (ANM, s. f. c).

7.7 Actualización o reconciliación anual de recursos y reservas minerales

La Resolución 100 de 2020 de la ANM, o cualquiera que la modifique, reemplace o sustituya, establece a los titulares mineros con PTO o documento técnico equivalente aprobado, la obligación de presentar anualmente ante la autoridad minera información sobre los recursos y las reservas mineras en el área concesionada, bajo los lineamientos del “Estándar colombiano para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales” o cualquier estándar avalado por CRIRSCO.

Así mismo, la Resolución 514 de 2023, expedida por la ANM, estipula que la información referente a actualizar o reconciliar recursos y reservas debe entregarse en los primeros 10 días del mes de febrero de cada año, y que la primera actualización o reconciliación aplica para el año inmediatamente siguiente a la aprobación del PTO o documento técnico equivalente por parte de la autoridad minera, esto bajo los lineamientos del “Estándar colombiano para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales” o cualquier estándar avalado por CRIRSCO.

En esta misma resolución se adopta el Formulario de Reconciliación de Recursos y Reservas Minerales, que se convierte en el instrumento provisional de captura de información hasta que la autoridad minera habilite un aplicativo o herramienta dentro del SIGM ANNA Minería, o el aplicativo que se disponga para tal fin.

La ANM ha diseñado un instructivo para diligenciar este formulario, el cual se encuentra disponible en su página web (ANM, 2020a).

7.8 Póliza minero-ambiental o garantías

La Ley 685 de 2001, artículo 280, establece que:

Al celebrarse el contrato de concesión minera el interesado deberá constituir una póliza de garantía de cumplimiento, que ampare el cumplimiento de las obligaciones mineras y ambientales, el pago de las multas y la caducidad [...]. El valor asegurado [...] para la etapa de explotación equivaldrá a un 10% del resultado de multiplicar el volumen de producción anual estimado del mineral objeto de la concesión, por el precio en boca de mina del referido mineral fijado anualmente por el Gobierno.

Dicha póliza, que habrá de ser aprobada por la autoridad concedente, deberá mantenerse vigente durante la vida de la concesión, de sus prórrogas y por tres (3) años más. El monto asegurado deberá siempre corresponder a los porcentajes establecidos en el presente artículo. (Colombia, Congreso de la República, 2001)

El Decreto 2655 de 1988, artículo 71, establece que:

Antes de suscribir el contrato el interesado deberá constituir una garantía prendaria, bancaria, o de una compañía de seguros por el valor correspondiente al diez por ciento (10%) de la producción estimada para los dos primeros años, de acuerdo con el Programa de Trabajos e Inversiones. Será obligación del interesado mantener vigente en todo tiempo dicha garantía. (Colombia, Presidencia de la República, 1988)

7.9 Control a la producción: Obligación que se genera a los titulares mineros

7.10 Otras contraprestaciones económicas

Existen otras contraprestaciones de tipo económico, diferentes de los cánones y regalías, que fueron convenidas en los contratos de exploración y explotación que celebraban las empresas industriales o comerciales del Estado dentro de un contrato de pequeña minería en áreas de aporte. En otras palabras, toda contraprestación que, dentro de un contrato de pequeña minería en áreas de aporte, no se pueda clasificar como canon y regalía, se definirá como una participación o contraprestación económica adicional.

Por lo anterior, lo referente a “otras contraprestaciones” corresponderá a lo establecido en cada una de las minutas de los contratos mineros.

8. Fiscalización de los títulos mineros

Es el conjunto de actividades y procedimientos que se llevan a cabo para garantizar el cumplimiento de la normatividad técnica, de higiene y seguridad minera y ambiental, y las obligaciones adquiridas por el titular minero para la adecuada explotación de los recursos naturales no renovables (Ley 2056 de 2020, artículo 17).

La fiscalización minera es ejecutada por la Agencia Nacional de Minería o quien haga de su delegada.

En la etapa de explotación, la autoridad minera verifica las obligaciones del título minero que se describen a continuación.

8.1 Evaluación documental:

En esta evaluación se debe verificar:

- El Programa de Trabajos y Obras (PTO) o documento técnico equivalente: se verifica el cumplimiento de lo aprobado.
- Que el proyecto minero cuente con el instrumento ambiental.
- La aprobación del Plan de Gestión Social, en caso de que aplicar.
- La presentación del formulario y el pago de regalías (se deben incluir los certificados de origen, según Decreto 0276 de 2015 del Ministerio de Minas y Energía). teniendo en cuenta que existen herramientas de control de producción y trazabilidad adicionales para verificar los datos reportados
- El Formato Básico Minero: donde se reporta la producción que debe ser concordante con los formularios de regalías, los costos de inversión económica, ambiental y social del último año, al igual que la información relacionada con la estimación de recursos y reservas minerales y el plano de labores mineras.
- La póliza de cumplimiento minero-ambiental: ampara el cumplimiento de las obligaciones mineras y ambientales, el pago de las multas y la caducidad del título minero. Para la etapa de explotación, el valor que se va a asegurar corresponderá al 10 % del valor anual de la producción aprobada en el documento técnico, acorde al precio en boca de mina establecido por el Gobierno.
- El formato de reconciliación de recursos y reservas: se presentará anualidad vencida una vez se apruebe el PTO bajo el Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO), dado que, si el documento técnico no se encuentra aprobado bajo este estándar, la obligación del formulario de reconciliación no se genera.
- La presentación de la información geológica digital generada en la ejecución del proyecto minero al Banco de Información Minera.
- Las obligaciones contractuales del acto administrativo mediante el cual se otorgó el título.
- La verificación de otras contraprestaciones económicas.

8.2 Inspección de fiscalización integral

En la etapa de explotación se constatará que las actividades mineras que se están desarrollando corresponden a los siguientes aspectos:

- La existencia o no de explotaciones ilícitas de minerales dentro del área, la presencia de otros explotadores autorizados en la misma zona, así como la confirmación de que las labores de explotación minera realizadas por el titular se localizan dentro del área concesionada o adjudicada.
- Buenas prácticas y compromisos técnicos adquiridos por el titular, de acuerdo con el PTO o el documento técnico equivalente.
- El cumplimiento de las condiciones de seguridad e higiene para el desarrollo de las actividades de explotación de minerales.
- -Aspectos ambientales, sociales y laborales, según normatividad aplicable.
- Diseño e implementación de Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo.
- La producción y el volumen del mineral explotado de conformidad con la información del Formato Básico Minero, la declaración de pago de regalías y los registros de producción (Resolución 40008 de 2021 del Ministerio de Minas y Energía, artículos 2, 3, b).
- El cumplimiento del Plan de Gestión Social, en caso de aplicar.

Es de aclarar que ante el incumplimiento de las obligaciones generadas en la revisión documental o en la inspección integral, se requerirá al titular para que subsane las obligaciones o presente su defensa. El escenario de nuevo incumplimiento, podrá ocasionar las sanciones administrativas que se estipulan en la normatividad aplicable (Decreto 2655 de 1988, Ley 685 de 2001, o aquella que la modifique, adicione o sustituya), que pueden ser multas o inclusive la cancelación o caducidad del título minero.

Para las otras modalidades de títulos mineros, las sanciones pueden ser la multa, la declaración de caducidad o la cancelación, dependiendo del régimen normativo aplicable.

Las sanciones establecidas para las autorizaciones temporales son la multa y la declaración de terminación.

"Cabe resaltar que, para las inspecciones de campo, se cuentan con actas de fiscalización específicas, según el tipo de minería, para la ejecución y diligenciamiento en el marco de la vista.

Será obligación de los profesionales que ejecuten las inspecciones de campo, consignar en las actas e informes de fiscalización las condiciones reales en las que se adelanta la actividad minera, identificando claramente los riesgos existentes para las personas que laboran en los proyectos y las afectaciones que se generen al medio ambiente. Las actas de fiscalización relacionadas, deberán ser refrendadas durante la inspección.

De igual forma, se debe verificar el cumplimiento de las medidas impuestas en Actas de Emergencias Mineras, informes de investigación, Informe de Fiscalización Integral donde se

tenga Cierre parcial o total de una mina, o Inspecciones de Fiscalización anteriores; o algún requerimiento pendiente como resultado de la evaluación de los expedientes y sistemas de correspondencia de la entidad".

9. Higiene y seguridad minera

Acorde a lo contemplado en la Resolución 40209 de 2022, del Ministerio de Minas y Energía (MME), se establece que:

[...] la seguridad es un tema transversal a cualquier actividad económica que se desarrolle en el mundo, es sinónimo de protección dada la importancia que tiene para preservar la vida, la salud y el bienestar de los individuos. Para el caso del sector minero, la seguridad adquiere gran relevancia ya que se constituye en un elemento clave que permite el aprovechamiento de los recursos, teniendo como foco principal la prevención de accidentes y la gestión de riesgos inherentes a la actividad. Bajo este escenario es necesario que la minería se desarrolle en entornos saludables y garantizando la optimización de las actividades de tal forma que se reduzcan la vulnerabilidad y las amenazas que se presentan en el día a día. (Colombia, MME, 2022d, p. 4)

9.1 Conceptos generales sobre seguridad y salud en el trabajo

A continuación, se definen algunos conceptos relevantes en el ámbito de la seguridad y la salud en el trabajo.

- *Accidente de trabajo*. De acuerdo con la Ley 1562 del 2012, artículo 3, es

Todo suceso repentino que ocurra por causa del trabajo, y que produzca en el trabajador una lesión, perturbación funcional o psiquiátrica, invalidez o la muerte. También se considera accidente de trabajo el que ocurre cuando se ejecutan órdenes del empleador o contratante aún fuera de horario y lugar de trabajo; el que ocurre durante el traslado del trabajador cuando este transporte lo suministra el empleador; si pasa durante el ejercicio de la función sindical; o el que se produce en la ejecución de actividades recreativas, deportivas o culturales en representación del empleador. (Colombia, Congreso de la República, 2012b).

Así mismo, se entiende que los accidentes siempre ocurren por una causa (o un conjunto de causas) y nunca se dan solo por casualidad (International Organization for Standardization —ISO—, 2018).

- *Enfermedad laboral*. Acorde a la Ley 1562 de 2012, artículo 4, “es la contraída como resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se ha visto obligado a laborar” (Colombia, Congreso de la República, 2012b).
- *Incidente*. Es un suceso repentino no deseado, que ocurre por las mismas causas de un accidente, pero por cuestiones del azar no se desencadena lesión en la persona, daño a la propiedad, proceso o al ambiente (ISO, 2018).
- *Peligro*. Es una fuente, situación o circunstancia con potencial para causar deterioro a la salud física, mental o cognitiva del trabajador o a los bienes de la empresa (ISO, 2018, p. 5).
- *Riesgo*. Es la combinación de la probabilidad de que se manifieste un peligro y la severidad del daño que esto pueda ocasionar (ISO, 2018, p. 6).

- *Seguridad y salud en el trabajo*. Reemplaza al término “salud ocupacional” y es definida en la Ley 1562 de 2012, artículo 1 como

[...] la disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Tiene por objeto mejorar las condiciones y el medio ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores. (Colombia, Congreso de la República, 2012b)

9.2 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

El Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) se compila en el Decreto 1072 de 2015.¹⁰ De acuerdo con el artículo 2.2.4.6.4 del citado decreto, el SG-SST consiste en:

[...] el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua, que incluye una política, la organización, planificación, aplicación, evaluación, la auditoría y acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud en el trabajo. (Colombia, Ministerio del Trabajo, 2015)

De igual manera, es importante mencionar la Resolución 312 de 2019, del Ministerio del Trabajo, en la que se establecen los estándares mínimos para los SG-SST según el número de trabajadores y el nivel de riesgo de la actividad económica desarrollada por una empresa, institución o entidad.

En la Figura 23 y la Tabla 2 se describen los estándares e indicadores mínimos que debe contener el SG-SST en labores mineras.

¹⁰ El SG-SST se encuentra en el capítulo 6, del título 4, dentro de la parte 2, del libro 2.

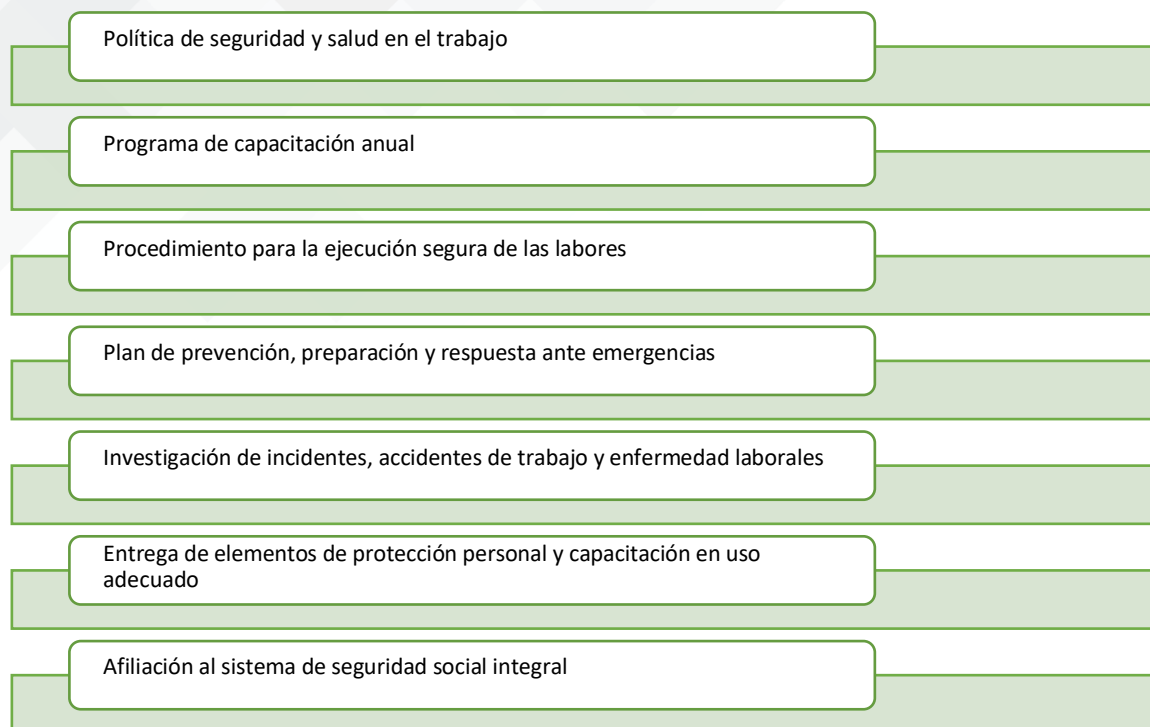


Figura 23. Ejemplos de estándares mínimos que debe contener el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

Fuente: Adaptada de Colombia, Ministerio de Trabajo (2019).

Tabla 2. Indicadores de seguridad y salud en el trabajo

Nombre del indicador	Definición	Fórmula	Interpretación	Periodicidad mínima
Frecuencia de accidentalidad	Número de veces que ocurre un accidente de trabajo en el mes	$(\text{Número de accidentes de trabajo en el mes} / \text{Número de trabajadores en el mes}) \times 100$	Por cada 100 trabajadores que laboraron en el mes se presentaron X accidentes de trabajo	Mensual
Severidad de la accidentalidad	Número de días perdidos por accidentes de trabajo en el mes	$(\text{Número de días de incapacidad en el mes} + \text{número de días cargados en el mes} / \text{Número de trabajadores en el mes}) \times 100$	Por cada 100 trabajadores que laboraron en el mes se perdieron X días por	Mensual

			accidente de trabajo	
Proporción de accidentes de trabajo mortales	Número de accidentes de trabajo mortales en el año	(Número de accidentes de trabajo mortales que se presentaron en el año / Total de accidentes de trabajo que se presentaron en el año) $\times 100$	En el año, el X % de accidentes de trabajo fueron mortales	Anual
Prevalencia de la enfermedad laboral	Número de casos de enfermedad laboral presentes en una población en un periodo de tiempo	(Número de casos nuevos y antiguos de enfermedad laboral en el periodo Z / Promedio de trabajadores en el periodo Z) $\times 100\,000$	Por cada 100 000 trabajadores existen X casos de enfermedad laboral en el periodo Z	Anual
Incidencia de la enfermedad laboral	Número de casos nuevos de enfermedad laboral en una población determinada en un período de tiempo	(Número de casos nuevos de enfermedad laboral en el periodo Z / Promedio de trabajadores en el periodo Z) $\times 100\,000$	Por cada 100 000 trabajadores, existen X casos nuevos de enfermedad laboral en el periodo Z	Anual
Ausentismo por causa médica	Ausentismo es la no asistencia al trabajo, con incapacidad médica	(Número de días de ausencia por incapacidad laboral o común en el mes / Número de días de trabajo programados en el mes) $\times 100$	En el mes se perdió el X % de días programados de trabajo por incapacidad médica	Mensual

Fuente: Adaptada de Colombia, Ministerio de Trabajo (2019).

9.3 Reglamentos de higiene y seguridad en labores mineras

Existe un reglamento específico para las labores mineras a cielo abierto y otro para las labores subterráneas. En ambos casos, estos establecen un conjunto de normas mínimas para la prevención de riesgos y deben ser aplicados por los titulares mineros, sus operadores o quienes se encuentran cubiertos por algún mecanismo de formalización minera.

- *Reglamento para labores a cielo abierto*. El actual reglamento fue expedido en el Decreto 539 del 2022.. Este se divide en varios títulos, donde cubre temas como disposiciones generales sobre responsabilidades, equipos y elementos de protección personal; la competencia de autoridades, registros y planos; condiciones de alojamiento, capacitación y entrenamiento; el uso de explosivos, su transporte y almacenamiento; disposiciones para instalaciones eléctricas, máquinas, equipos, talleres y herramientas; las actividades de transporte; el almacenamiento de materiales y combustibles; algunas disposiciones especiales sobre la minería de aluvión; las operaciones de buceo; los SG-SST, y la preparación ante emergencias y contingencias.
- *Reglamento para labores subterráneas*. El actual reglamento se encuentra en el Decreto 1886 de 2015, actualizado parcialmente por el Decreto 944 del 2022, del MME. Dentro de las grandes temáticas abordadas se encuentran disposiciones sobre ventilación, control de polvo, sostenimiento, transporte, explosivos, instalaciones eléctricas, máquinas y herramientas, prevención y extinción de fuegos e incendios, higiene industrial, desagüe, y el “Estatuto de prevención, capacitación y atención de emergencias y salvamento”.

9.4 Servicio Nacional de Salvamento Minero

El Sistema Nacional de Salvamento Minero es un cuerpo de socorro coordinado por la Agencia Nacional de Minería (ANM), cuyo objeto es el rescate de personas y equipos en caso de incendios subterráneos, explosiones, emanaciones de gases, expulsiones de gases y rocas, irrupciones de agua, derrumbes, entre otros riesgos mineros (Colombia, ANM, 2020b).

En este sistema interactúan diversos actores, como se muestra en la Figura 24, cuyo objetivo principal es promover la prevención de los accidentes mineros y prestar apoyo cuando estos se presenten, y se encuentren en riesgo la vida y la salud de las personas o la integridad de las instalaciones.

Estructura del servicio nacional de salvamento minero en Colombia



Figura 24. Esquema del Servicio Nacional de Salvamento Minero

Fuente: Colombia, ANM (2020b).

En la Tabla 3 se especifica la ubicación de las unidades de salvamento minero del país.

Tabla 3. Estaciones y puntos de apoyo de seguridad y salvamento minero en Colombia

Departamento	Municipio	Departamento	Municipio
Antioquia	Punto de apoyo Remedios, estación Amagá	Nariño	Punto de apoyo Pasto
Boyacá	Estación Nobsa	Norte de Santander	Punto de apoyo Cúcuta
Caldas	Punto de apoyo Marmato	Santander	Punto de apoyo Bucaramanga
Cundinamarca	Estación Ubaté	Valle del Cauca	Estación Jamundí

Fuente: Colombia, ANM (2024a).

9.4.1 Emergencias mineras

Una *emergencia* es una situación de tal magnitud que amerita la suspensión de toda actividad, la evacuación de las labores y la intervención de los socorredores mineros

(Colombia, ANM, 2020b). Cuando ocurre una emergencia o eventualidad en una labor minera o en las instalaciones conexas a ella, es deber del titular minero o un representante de este informar de manera inmediata al servicio de seguridad y salvamento minero de la ANM.

En la Figura 25 se presentan los pasos del proceso de atención de emergencias mineras.

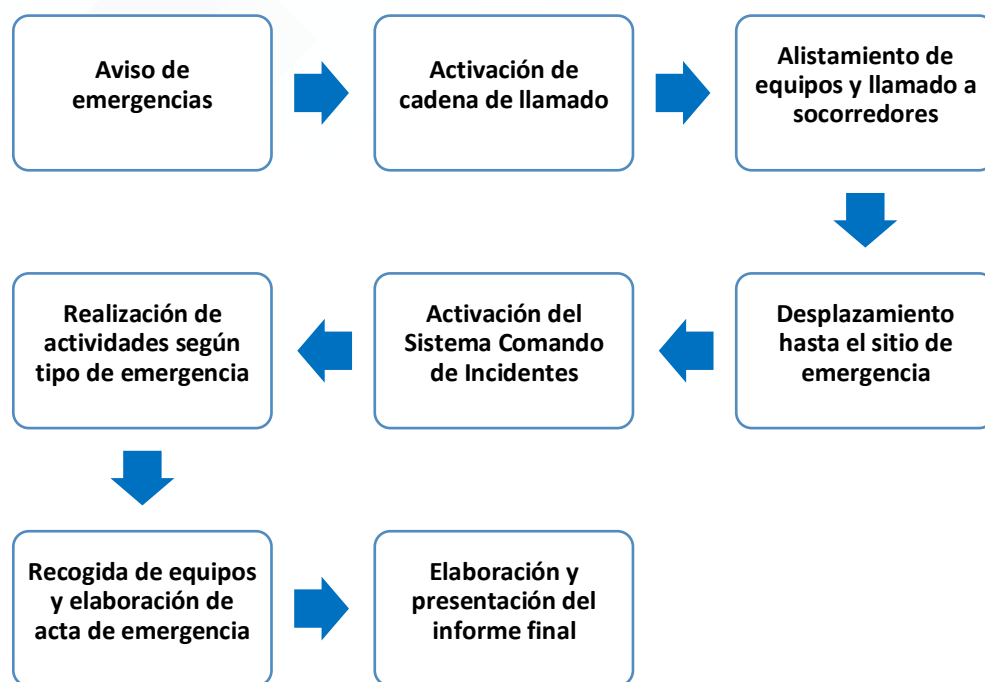


Figura 25. Proceso de atención de emergencias mineras

Fuente: Adaptado de Colombia, ANM (2020b).

9.4.2 Planes de emergencia

El Plan de Prevención, Preparación y Respuesta ante emergencias se construyen para implementar y mantener condiciones que permitan atender este tipo de eventualidades. En este plan, que funciona de manera análoga a la gestión de riesgos, se identifican amenazas (peligros), se analiza la vulnerabilidad (riesgo) de la empresa frente a estas, dándoles una jerarquía, y luego, se diseñan y efectúan intervenciones (Gheorghe, 2023). En el Decreto 1072 de 2015, único reglamentario del sector trabajo, se establece la obligatoriedad de contar con un plan de emergencias.

Una herramienta útil para complementar la construcción de este plan, es la “Política de gestión del riesgo de desastres del sector minero-energético”, expedida por el MME en el año 2021 (Colombia, Ministerio de Minas y Energía, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2021).

10. Plan de Gestión Social

Si la minuta del contrato de concesión minera establece la obligación de presentar y tener aprobado el Plan de Gestión Social —PGS— (obligación que debe ser cumplida contractualmente antes de finalizar la etapa de exploración), se recomienda verificar, en la *Guía minero-ambiental de exploración*, en el capítulo 11, todo lo relacionado con este plan y los términos de referencia por el cual se elabora.

El titular deberá realizar reuniones de socialización e información de avances de implementación del PGS vigente con la comunidad del área de influencia del proyecto.

Los espacios de comunicación, socialización e información, y las acciones o actividades resultantes de la ejecución del Plan de Acción deberán ser documentados y presentados a la autoridad minera dentro del PGS e incluidos en los informes anuales de ejecución.

Durante la etapa de explotación, la autoridad minera realizará visitas de fiscalización a la implementación de lo aprobado en el PGS.

11. Componente ambiental

Finalizada la etapa de exploración, el titular minero podrá optar por continuar o no con las etapas siguientes establecidas en el contrato de concesión minera, con previa solicitud y aprobación por parte de la autoridad minera.

Si se decide continuar con el proyecto minero, se procederá a la etapa de construcción y montaje. Para ello, es necesario disponer previamente del otorgamiento de la licencia ambiental global correspondiente, la cual incluirá las autorizaciones y los permisos para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables. Por lo tanto, cada proyecto minero, independientemente de su tamaño o alcance, debe contar con una única licencia ambiental global que aborde, de forma integral, todos los aspectos y las etapas del proyecto, incluyendo el cierre y el poscierre.

Con fundamento en el Decreto 1076 de 2015 artículo 2.2.2.3.1.3. se define la *licencia ambiental*, requerida para cualquier proyecto, como “la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad [...] que pueda producir” impactos a “los recursos naturales renovables o al ambiente, o introducir modificaciones considerables o notorias” a los medios biótico, abiótico y socioeconómico en el área de interés (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015a). En el artículo 2.2.2.3.1.4, del citado decreto, se dan las características de la *licencia ambiental global*, que aplica para un proyecto minero, así: se otorga para toda el área concesionada y comprende la explotación, construcción y montaje, beneficio y transformación, transporte interno de minerales, y cierre y abandono.

¿Sabías que...?

Las solicitudes de licencia ambiental para los proyectos mineros de explotación de carbón deberán incluir los estudios sobre las condiciones de transporte desde el sitio de explotación hasta el puerto de embarque del carbón, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 3083 de 2007 o la norma que lo modifique o sustituya

La gestión minero-ambiental se encuentra enfocada en el fortalecimiento y el desarrollo sostenible del sector, para lo cual se han formulado una serie de documentos técnicos

orientadores. Estos documentos complementan la normatividad existente y ofrecen detalles, opciones, recomendaciones prácticas y de aplicación para una minería responsable y sustentable. Entre los recursos disponibles en línea se incluyen guías, manuales sobre buenas prácticas ambientales, estrategias para la conservación del agua y la energía, manuales de compensación y lineamientos para la gestión social y comunitaria, por lo que se recomienda su consulta en las páginas web oficiales de cada una de las entidades competentes.

De acuerdo con lo anterior, en la Figura 26 se presentan algunos documentos orientadores, los cuales pueden variar en el tiempo, por lo que se recomienda su consulta en las páginas web oficiales de cada una de las entidades competentes.

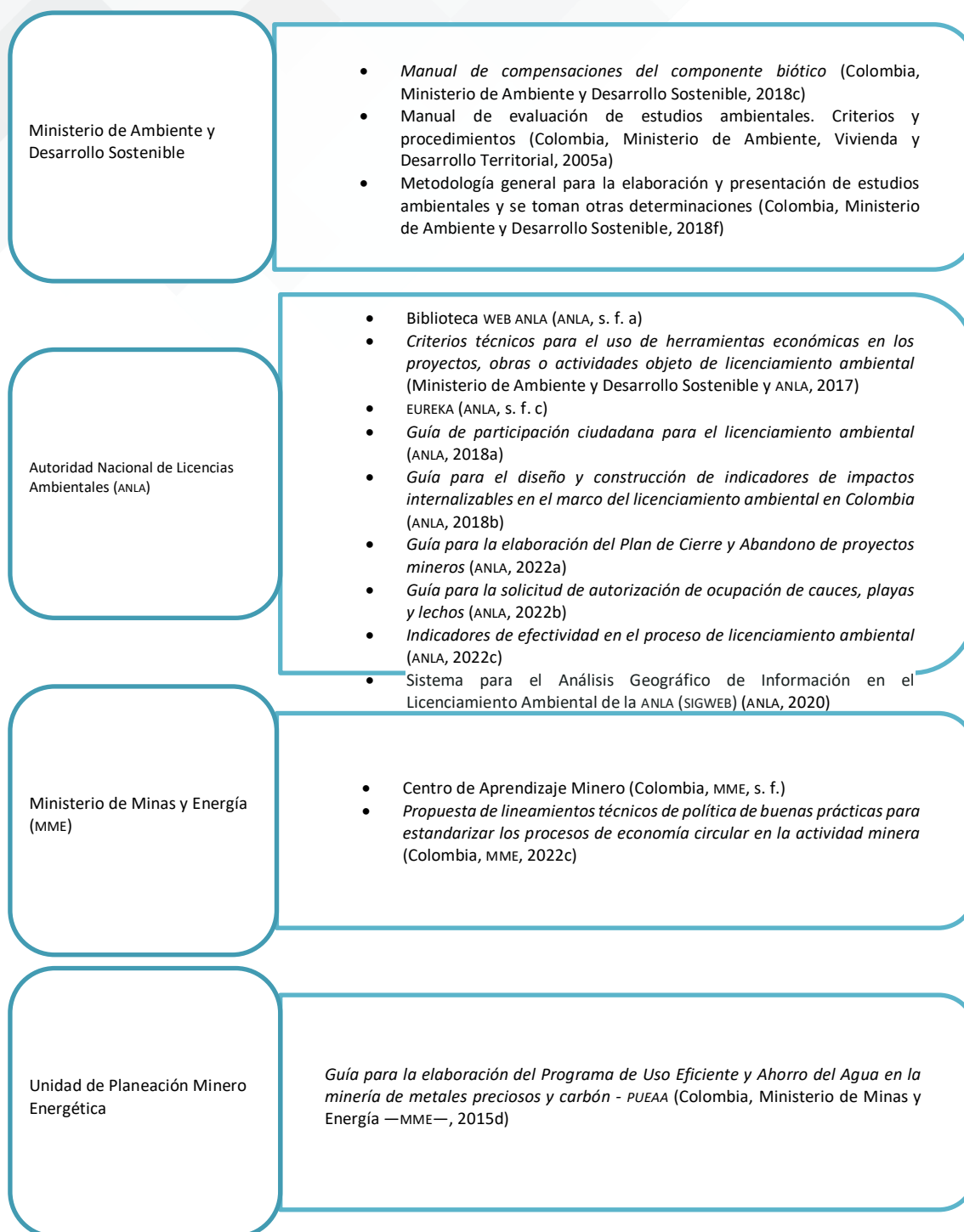


Figura 26. Documentos orientadores

Fuente: Elaboración propia.

12. Especificaciones del Estudio de Impacto Ambiental

Ten presente que...

La información contenida en la presente guía es de carácter orientadora, para elaborar el Estudio de Impacto Ambiental EIA y para la gestión ambiental del sector minero en todo el ciclo

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es el instrumento básico que permite a la autoridad ambiental decidir sobre la viabilidad ambiental o no del proyecto minero, y se exigirá en todos los casos en que se precise por ley.

Este estudio incluye, entre otros capítulos, un plan de manejo ambiental que tienen como objetivo prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales potenciales generados durante las etapas de construcción, montaje, explotación del mineral, procesos de beneficio, transformación, transporte, cierre y abandono de la infraestructura y montaje, poscierre, así como para las labores adicionales de exploración llevadas a cabo durante la etapa de explotación.

El EIA deberá ser elaborado de conformidad con la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales y los términos de referencia adoptados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016b), o los específicos que hayan sido expedidos vía acto administrativo por las autoridades ambientales competentes.

Una vez otorgada la licencia ambiental para el proyecto minero, en el escenario de presentarse cambios significativos por el desarrollo de las actividades mineras o que no fueron contempladas en el EIA aprobado inicialmente, el titular minero deberá obtener la respectiva solicitud de modificación de su licencia ambiental. De igual manera, cuando la autoridad ambiental lo considere pertinente, podrá requerir al titular minero la modificación de la licencia ambiental de su proyecto, previamente estipulado en un concepto técnico y acogido este mediante acto administrativo.

No obstante, en la Resolución 1259 del 10 de julio de 2018, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se listaron los casos en los que no se requiere trámite de modificación de la licencia ambiental, ya que las obras o actividades a desarrollar se consideran como cambios menores o de ajuste normal dentro del giro ordinario de los proyectos del sector minero.

Ten presente que...

La Resolución 1259 del 10 de julio de 2018, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se listan las obras o actividades del proyecto minero que no requiere solicitar modificación de la licencia ambiental global

En la Figura 27 se exponen los capítulos generales que debe contener el documento técnico del EIA.

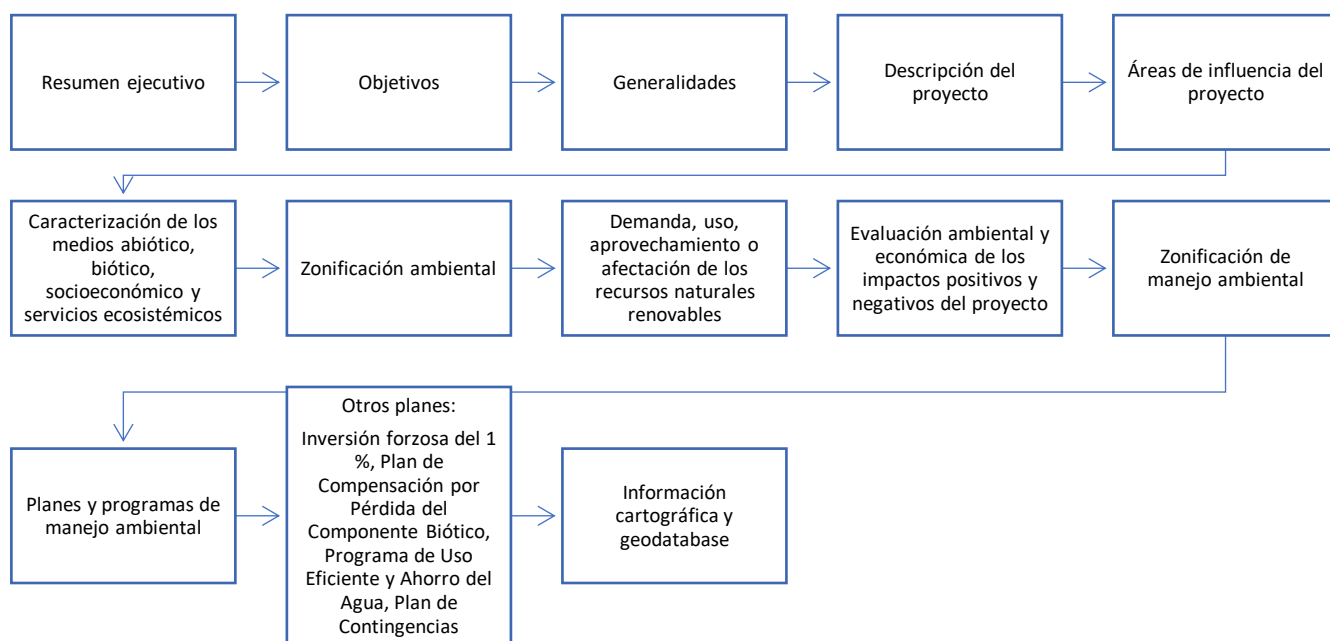


Figura 27. Contenido temático del Estudio de Impacto Ambiental

Fuente: Elaboración propia, a partir de los términos de referencia expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2016b).

A continuación, se detalla el contenido orientador para la elaboración del EIA, conforme a los “términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de explotación de proyectos mineros y se toman otras determinaciones”, adoptado mediante Resolución 2206 de 2016, expedida

por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o aquellos que se adicionen, modifiquen o sustituya (2016b).

12.1 Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo incluye una síntesis del proyecto, las fases de desarrollo, la localización y las características principales de las áreas de influencia, la metodología de evaluación de los impactos ambientales y un resumen del Plan de Manejo Ambiental.

12.2 Objetivos

El titular deberá definir el objetivo general y los específicos del EIA, con el fin de identificar el alcance del proyecto minero.

12.3 Generalidades

Este capítulo se compone de los siguientes ítems:

- *Antecedentes.* Describe información relevante del proyecto antes de la elaboración del EIA, como justificaciones, estudios previos y trámites realizados con autoridades competentes.
- *Alcances.* Explica el alcance del EIA, incluyendo los elementos que deben ser considerados según los términos de referencia y cualquier limitación o exclusión que deba ser justificada.
- *Metodología.* Detalla las metodologías utilizadas para la elaboración del EIA, como los procedimientos para la recolección y el análisis de la información, y aborda la incertidumbre asociada a estos métodos.

12.4 Descripción del proyecto

Ten presente que...

Para la construcción del capítulo de “Descripción del proyecto” se debe utilizar la información consignada en el Documento Técnico Minero, buscando coherencia y articulación de la información aportada a las autoridades minera y ambiental

En este capítulo del EIA es necesario realizar una descripción detallada de: la ubicación exacta de las labores mineras, y de las condiciones y las características del proyecto referente a sus instalaciones y sistemas de beneficio y transformación, incluyendo infraestructuras, accesos, y áreas de trabajo.

En la sección de información geológica de los Términos de Referencia, es fundamental incluir un resumen detallado de las características del yacimiento minero. Este debe comprender la descripción de los minerales o componentes del suelo y subsuelo que serán objeto de extracción durante la actividad minera, así como la cuantificación de las reservas mineras, la estimación de la producción anual y la proyección de la vida útil del proyecto, todo ello con base en la información contenida en el Plan de Trabajo y Obras (PTO) aprobado.

En la Tabla 4 se muestran los aspectos generales que el titular debe desarrollar en este capítulo.

Tabla 4. Contenido del capítulo de descripción de proyecto.

Ítem	Descripción
Localización	<ul style="list-style-type: none"> • Se debe detallar la localización geográfica y político-administrativa del proyecto, utilizando mapas georreferenciados y cumpliendo con estándares de cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. • Se deben incluir la georreferenciación de áreas de extracción, beneficio y descarga dentro del proyecto, así como los sitios de disposición de los sobrantes del proceso minero. Además, se debe identificar cualquier superposición de actividades mineras dentro del título del proyecto y localizar geográficamente los sitios de disposición de sobrantes
Características del Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Se deberán describir las diferentes fases del proyecto, desde construcción hasta cierre y poscierre, incluyendo las actividades principales en cada etapa, siguiendo las especificaciones del Documento Técnico Minero • Se deben describir las características del yacimiento minero, de acuerdo con los resultados obtenidos en la etapa de exploración
Diseño del proyecto	Se deben detallar los aspectos técnicos y operativos del proyecto, incluyendo la planificación de la construcción, el montaje y las operaciones de explotación, beneficio y transformación del mineral. Lo anterior, acorde a lo presentado en el Documento Técnico Minero

Beneficio y transformación de minerales	Se deberán abordar los procesos técnicos para el beneficio y la transformación de los minerales extraídos. Así mismo, se deben describir las tecnologías y los métodos empleados para optimizar la recuperación de minerales y la gestión de residuos, garantizando prácticas responsables y sostenibles con el ambiente
Insumos del proyecto	Se deberá analizar los insumos necesarios para el proyecto, como agua, energía y materiales sobrantes, entre otros, además de considerar cómo estos insumos afectarán la operación y la sostenibilidad del proyecto, asegurando su eficiencia en la operación minera y minimizando los impactos ambientales
Infraestructura y servicios interceptados por el proyecto	Se deberá analizar la necesidad de trasladar, reubicar o proteger infraestructuras y los servicios afectados por el proyecto minero. Además, se debe presentar el manejo de materiales sobrantes, residuos peligrosos y no peligrosos, asegurando la minimización de los impactos ambientales potenciales. De igual manera, se debe proporcionar una estimación de la producción esperada, los costos asociados y la programación de actividades

Fuente: Elaboración propia.

12.5 Áreas de influencia del proyecto

El área de influencia de un proyecto se determina de acuerdo con las directrices establecidas en la *Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia* (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales —ANLA—, 2018c), la cual proporciona orientaciones metodológicas y prácticas para llevar a cabo este proceso de manera efectiva y según los requerimientos normativos.

Esta guía es un recurso importante para identificar y delimitar las áreas que pueden ser afectadas directa o indirectamente por un proyecto, e integra factores ambientales, sociales y económicos.

Para una comprensión detallada de cómo definir y delimitar estas áreas de influencia en el contexto de proyectos mineros, se puede consultar este documento en la página web de la ANLA (2018c).

¿Sabías...?

¿Qué es un área de influencia del proyecto, obra o actividad?

Se considera como una única área, no necesariamente continua, que resulta de la integración o sumatoria de las áreas de influencia por componente, grupos de componentes o medios.

Para definir el área de influencia es necesario estimar la localización, el tipo y la intensidad de uso de los recursos durante las distintas fases del desarrollo del proyecto, así como señalar los impactos potenciales generados sobre estos y su variación en tiempo y espacio

12.6 Caracterización de los medios abiótico, biótico, socioeconómico y servicios ecosistémicos

En este capítulo se levanta información cualitativa y cuantitativa de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, con el fin de conocer su estado inicial y permitir analizar su comportamiento en el antes, durante y después del desarrollo del proyecto.

12.6.1 Medio abiótico

En este capítulo se deberán describir a detalle los componentes plasmados en la Tabla 5, con el fin de conocer las condiciones físicas existentes en el área de influencia. como un referente del estado inicial antes de la ejecución y desarrollo del proyecto minero.

Tabla 5. Contenido del capítulo del medio abiótico

Ítem	Descripción
Geología	Se debe detallar la geología regional y del yacimiento, incluyendo la estratigrafía, la geoquímica y las estructuras geológicas como fallas y pliegues, para entender la composición y estructura de las formaciones geológicas. Lo anterior es necesario para la

	planificación y minimización de los impactos ambientales, como la formación de drenajes ácidos y la lixiviación de metales
Geomorfología	Se deben detallar las formas del terreno y las estructuras geomorfológicas presentes en el área, con el fin de entender cómo la minería puede alterar el paisaje, la estabilidad de laderas, la remoción en masa y los procesos erosivos
Paisaje	Se debe definir la configuración visual y estructural del área, incluyendo la vegetación, el terreno y las características visibles, y cómo estos podrían cambiar o modificarse debido a las actividades mineras
Suelo y usos de la tierra	Se deben describir la calidad, la composición y la capacidad de uso de los suelos, así como las prácticas de uso de tierra actuales y su susceptibilidad a cambios debido a la actividad minera. Se deben proporcionar los datos esenciales para las estrategias de gestión del suelo y rehabilitación posminería, teniendo en cuenta los instrumentos de planificación del territorio, el Plan de Ordenamiento Territorial, el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, el Esquema de Ordenamiento Territorial, y los planes de ordenamiento y manejo de cuencas
Hidrología	Se debe realizar una evaluación de la calidad del agua superficial y subterránea, identificando los usos actuales del agua en la zona de interés, lo cual es fundamental para planificar la gestión del agua en el proyecto y prever posibles conflictos por el uso de recursos hídricos
Hidrogeología	Se incluye una evaluación hidráulica, hidrogeoquímica e isotópica del área, con el fin de entender el flujo de aguas subterráneas y prever la interacción entre las actividades mineras y el agua subterránea
Geotecnia	Se debe realizar un estudio geotécnico mediante trabajos de campo y laboratorio, con el fin de caracterizar cuantitativamente los materiales geológicos, lo que permite asegurar la estabilidad y la seguridad de las obras y actividades del proyecto minero. Esto incluye exploraciones directas (apiques, trincheras, perforaciones) e indirectas (sondeos geofísicos, geoeléctricos), adecuadamente distribuidas sobre el área de interés

Atmósfera	Se deben evaluar las condiciones meteorológicas, las fuentes y los niveles de emisiones atmosféricas, ruido y vibraciones generadas por la actividad minera, y sus posibles impactos en el ambiente y las comunidades cercanas
-----------	--

Fuente: Elaboración propia.

12.6.2 Medio biótico

De acuerdo con la Tabla 6, en este capítulo se debe suministrar la información relacionada con las características cualitativas y cuantitativas de los diferentes ecosistemas presentes en el área de influencia de los componentes del medio biótico, determinando su funcionalidad y estructura.

Tabla 6. Contenido general del capítulo del medio biótico

Ítem	Descripción
Ecosistemas terrestres	<p>Se deben realizar inventarios separados para flora y fauna, por unidad de cobertura, georreferenciando los sitios de muestreo y clasificando las especies según categorías de conservación establecidas por entidades como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres y otras. Además, se deben calcular los índices de biodiversidad y describir los usos que las comunidades locales dan a las especies más importantes.</p> <p>Así mismo, se debe evaluar la fragmentación de las coberturas vegetales naturales y seminaturales a lo largo del tiempo. Este análisis es necesario para comprender los efectos de las actividades minera sobre la dinámica del paisaje y la conectividad ecológica, mediante la identificación de las áreas críticas para la conservación dentro del área de influencia y el diseño de estrategias para el manejo ambiental del proyecto</p>

Ítem	Descripción
	<div data-bbox="440 317 1336 863"> <p>Ten presente que...</p> <p>Es fundamental realizar un levantamiento adecuado de las coberturas vegetales, ya que este proporciona una línea base detallada del estado actual de los ecosistemas antes de ejecutar cualquier proyecto. Esta información permite tener una planificación estratégica de las obras y las actividades que se van a desarrollar por la actividad minera, y contribuye a una gestión responsable de los recursos naturales, asegurando que las decisiones tomadas minimicen los impactos ambientales y promuevan la sostenibilidad del territorio</p> </div>
Ecosistemas acuáticos	<p>Se deben caracterizar las comunidades hidrobiológicas, mediante muestras de perifiton, bentos, fauna íctica en sistemas lóticos y lénticos, así como de plancton y macrófitas en sistemas lénticos. Se analizarán sus hábitats y la distribución espacial y temporal (épocas de lluvias y secas), así como las interrelaciones con otros ecosistemas, utilizando herramientas estadísticas e índices ecológicos adecuados</p>
Ecosistemas estratégicos, sensibles o áreas protegidas	<p>Se deben identificar y delimitar cartográficamente, a escala detallada, la presencia de áreas protegidas pertenecientes al Sistema Nacional de Áreas Protegidas, otras categorías de protección y manejo de recursos naturales, así como ecosistemas estratégicos y áreas clasificadas como prioridades de conservación.</p> <p>En caso de que el proyecto afecte áreas de reserva forestal nacional o regional, se debe solicitar la sustracción de áreas ante la autoridad competente según la normatividad vigente</p>

Fuente: Elaboración propia.

¿Sabías que...?

En el caso de que para la elaboración del EIA se contemple la captura, la manipulación y el análisis de la flora y la fauna, se deberá tramitar previamente ante la autoridad ambiental competente el permiso de recolección de especies silvestres de la diversidad biológica, con fines de elaboración de estudios de impacto ambiental

12.6.3 Medio socioeconómico

En este capítulo se integra la información sobre la organización político-administrativa de la región, aspectos económicos, socioculturales y sitios de importancia arqueológica, considerando los temas que se muestran en la Tabla 7. Esto facilita el entendimiento del contexto humano y cultural del área, así como integrar a las comunidades locales y a los entes gubernamentales en la planificación del proyecto.

¿Sabías que...?

Para el desarrollo del medio socioeconómico, se puede emplear información secundaria en el caso de tratarse del municipio, o información primaria en el caso de las unidades territoriales (corregimientos, veredas, sectores de vereda, inspecciones de policía u otras unidades reconocidas administrativa o socialmente), o cuando el nivel municipal potencialmente afectado no cuente con la información estadística solicitada

Tabla 7. Contenido general del capítulo del medio socioeconómico

Ítem	Descripción
Participación y socialización con las comunidades	Se resalta la necesidad de involucrar a las comunidades locales en el proceso de evaluación de impacto ambiental, utilizando métodos de participación ciudadana que involucren la comunidad y los entes gubernamentales

Ítem	Descripción
Componente demográfico	Se debe hacer un análisis demográfico dentro del área de influencia del proyecto minero, que resalte la importancia de entender la dinámica poblacional y los aspectos socioculturales, como la historia de ocupación del territorio por parte de las poblaciones humanas, e incluya antecedentes e hitos importantes relacionados con su asentamiento, expansión, distribución y estructura de la población
Componente espacial	<p>Se debe realizar una caracterización socioeconómica del área, con el fin de describir cómo el entorno geográfico y la disposición espacial de las comunidades y su infraestructura pueden influir en la planificación y ejecución del proyecto.</p> <p>En este aspecto, es necesario entender y evaluar cómo la infraestructura y los servicios existentes podrían verse afectados por el proyecto minero, asegurando que se mitiguen los impactos negativos y se mejoren o mantengan los niveles de servicio en las comunidades afectadas</p>
Componente económico	Se debe identificar y comprender las actividades económicas preexistentes en el territorio afectado, incluyendo la estructura de la propiedad y los procesos productivos y tecnológicos de la economía local. Así mismo, se debe evaluar cómo el proyecto minero podría influir o alterar estas estructuras y dinámicas, considerando tanto impactos positivos como negativos
Componente cultural	Se deben evaluar los impactos en las prácticas culturales locales. Esto es especialmente importante en áreas donde viven comunidades indígenas o minorías étnicas, para asegurar que sus derechos y tradiciones sean respetados. Se deben seguir protocolos específicos de consulta y consentimiento previo, informado y libre cuando se involucren estos grupos

Ítem	Descripción
	<div data-bbox="662 321 1224 779"> <p>Ten presente que...</p> <p>Con la solicitud de la licencia ambiental, se debe anexar el certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto, de conformidad con lo dispuesto en el Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.2.3.6.2.</p> </div>
Componente arqueológico	<p>Se deberá valorar el patrimonio arqueológico en las áreas de influencia del proyecto. Este estudio debe verificar la presencia de sitios arqueológicos y otros elementos patrimoniales en el área, y garantizar que cualquier intervención no afecte negativamente estos recursos</p> <div data-bbox="597 1056 1365 1438"> <p>Ten presente que...</p> <p>Con la solicitud de la licencia ambiental, se debe anexar copia de la radicación del Programa de Arqueología Preventiva elaborado por el interesado y presentado ante el Instituto Colombiano de Antropología e Historia, de conformidad con lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.2.3.6.2</p> </div>
Componente político organizativo	<p>Se debe realizar un análisis de las características político-administrativas de las unidades territoriales afectadas. Esto incluye información obtenida de los planes de desarrollo municipal y departamental, estudios de ordenamiento territorial y la identificación de las dinámicas de poder y presencia institucional</p>

Ítem	Descripción
	Este capítulo subraya la importancia de comprender y gestionar las dinámicas político-administrativas y la estructura organizativa comunitaria, para facilitar una ejecución del proyecto que sea respetuosa y beneficiosa para todas las partes interesadas, asegurando así un enfoque integrado y sostenible en el manejo de proyectos mineros
Tendencias del desarrollo	Se debe realizar un análisis integral de los componentes demográfico, espacial, económico, cultural y político-organizativo y su relación con los planes de desarrollo existentes a nivel nacional, departamental y municipal, así como de los antecedentes históricos para entender las condiciones actuales y futuras del área con y sin el proyecto, y poder establecer las relaciones funcionales significativas en el área que podrían ser alteradas por el proyecto

Fuente: Elaboración propia.

12.6.4 Servicios ecosistémicos

En este capítulo se deberán identificar, medir y analizar los servicios ecosistémicos, esto es, cómo el proyecto puede afectar los beneficios que los ecosistemas proporcionan a la sociedad. Este análisis es fundamental para evaluar el impacto ambiental potencial que puede ocasionar el desarrollo de la actividad minera y para diseñar medidas que mitiguen los efectos negativos o que potencien los positivos.

¿Sabías...?

¿Qué son los servicios ecosistémicos?

Son los beneficios que los humanos obtienen de los ecosistemas. Estos incluyen

- *Servicios de provisión:* productos obtenidos de los ecosistemas, como alimentos, agua, madera y fibras.
- *Servicios de regulación:* beneficios obtenidos de la regulación de procesos ecosistémicos, como la purificación del aire y del agua, la regulación del clima y la descomposición de desechos.
- *Servicios de soporte:* servicios necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos, como la formación de suelos, la fotosíntesis y los ciclos de nutrientes.
- *Servicios culturales:* beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas, mediante la mejora espiritual, cognitiva, reflexiva, recreativa y estética

Para obtener más detalles de cómo se aborda este capítulo, se sugiere consultar la *Guía de aplicación de la valoración económica ambiental*, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018b).

12.7 Zonificación ambiental

A partir de la información derivada de la caracterización ambiental de los medios abióticos, bióticos y socioeconómicos, se realiza la zonificación ambiental para determinar la sensibilidad ambiental del área en su condición sin proyecto. Este proceso involucra la identificación de varias áreas específicas, con base en su importancia ecológica, riesgos y uso económico, lo que permite establecer las diferentes áreas de: exclusión y restricción minera; territorios ambientalmente protegidos; ordenamiento y planificación; recuperación ambiental; riesgo natural; inversión para la conservación y la protección; producción económica, y de importancia social.

¿Sabías...?

¿Qué es la sensibilidad ambiental?

Es la susceptibilidad inherente de los componentes ambientales y sus procesos físicos, bióticos y socioeconómicos a la transformación o cambio que resulta de las actividades antrópicas o de los procesos de desestabilización natural que experimenta el ambiente. (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018f)

Mediante el análisis de un equipo multidisciplinario, se determinará la sensibilidad ambiental de cada uno de los ítems que hacen parte de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos, con el fin de establecer los atributos de categorización del área de influencia del proyecto en términos de sensibilidad alta, media o baja

Para obtener detalles específicos de cómo se realiza la zonificación ambiental de un proyecto, se sugiere consultar la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018f).

12.8 Demanda, uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables

La licencia ambiental global para un proyecto minero incluirá de manera explícita todos los permisos, las autorizaciones y las concesiones necesarios para el uso, el aprovechamiento o la afectación de los recursos naturales renovables durante el tiempo de vida útil del proyecto. Se requiere que el uso, el aprovechamiento o la afectación de estos recursos naturales renovables sean claramente identificados y detallados en el EIA correspondiente al proyecto.

En lo que respecta a la obtención de los permisos, las concesiones y las autorizaciones para el uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables, si bien en el Formato Único Nacional para la solicitud o modificación de la licencia ambiental se tiene un ítem de “Relación de permisos y trámites ambientales requeridos”, es preciso presentar los formularios vigentes y existentes para cada permiso ambiental necesario para el desarrollo del proyecto.¹¹





En la Tabla 8 se presentan los permisos de uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables.



Recuerda que...



Los Formularios Únicos Nacionales se expidieron mediante Resolución 2202 del 29 de diciembre de 2005 por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), modificada parcialmente por la Resolución 1058 del 2021, emitida por el mismo ministerio

11 Estos formularios están establecidos y regulados mediante la Resolución 2202 del 29 de diciembre de 2005, la cual ha sido modificada parcialmente mediante la Resolución 1058 del 7 de octubre de 2021, emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Cualquier modificación o sustitución posterior de estos formularios debe ser considerada.

Tabla 8. Permisos de uso, aprovechamiento o afectación de los recursos naturales renovables.

	Concesión de aguas superficiales	<p>Es el permiso que se otorga para el uso o aprovechamiento de las aguas de nacimientos, quebradas, ríos, lagos, lagunas, ciénagas, pantanos, para abastecimiento doméstico o no doméstico</p> <div><p>¿Sabías que...?</p><ul style="list-style-type: none">• Para las concesiones de agua se debe presentar el Programa de Ahorro y Uso Eficiente del Agua, conforme a lo establecido en el Decreto 1090 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.• Los usuarios del recurso hídrico tienen la obligación de pagar una tasa por uso, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</div>
	Permiso de prospección y exploración de aguas subterráneas	Es el permiso que se otorga a una persona natural o jurídica para realizar perforaciones de prueba en busca de aguas subterráneas para su posterior aprovechamiento
	Concesión de aguas subterráneas	Es el permiso que se otorga para el aprovechamiento de aguas subterráneas en predios propios y ajenos
	Permiso de vertimientos	Es el permiso que se otorga para descargar, en un cuerpo de agua o al suelo, las aguas residuales generadas en el proyecto

		<p>¿Sabías que...?</p> <p>Para el permiso de vertimientos se deberá presentar el Plan de Gestión del Riesgo y la Evaluación Ambiental del Vertimiento, según lo establecido en la Resolución 1514 de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>
	<p>Permiso de ocupación de cauce</p>	<p>Es el permiso que se otorga para la ocupación del cauce de una corriente o depósito de agua con la construcción de obras permanentes o transitorias</p> <p>¿Sabías que...?</p> <p>Para el permiso de ocupación de cauce se debe presentar un estudio hidrológico y el diseño hidráulico de las obras que se van a implementar</p>
	<p>Permiso de emisiones atmosféricas para fuentes fijas</p>	<p>Es el permiso que se otorga para realizar emisiones al aire dentro de los límites permisibles establecidos por las normas ambientales respectivas</p> <p>¿Sabías que...?</p> <p>En el Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.5.1.7.2, se listan las actividades, las obras o los servicios, públicos o privados, que requerirán permiso previo de emisiones atmosféricas</p>

	<p>Permiso de aprovechamiento forestal</p>	<p>Es el permiso que se otorga para realizar la extracción de productos maderables. Existen tres tipos de aprovechamiento: único, persistente o doméstico</p> <div data-bbox="732 317 1430 810"> <p>Ten presente que...</p> <p>Si para el desarrollo del proyecto minero se requiere intervenir especies de flora silvestre con veda nacional o regional, de acuerdo con el Decreto 2106 de 2019, se establece que “la autoridad ambiental competente, impondrá dentro del trámite de la licencia, permiso, concesión o autorización ambiental y demás instrumentos de manejo y control ambiental, las medidas a que haya lugar para garantizar la conservación de las especies vedadas, por lo anterior, no se requerirá adelantar el trámite de levantamiento parcial de veda [...]”</p> </div>
	<p>Permiso de recolección de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios de impacto ambiental</p>	<p>Es el permiso previo que se otorga para la recolección temporal o definitiva de especies de flora y fauna, con el fin de realizar una correcta determinación taxonómica para llevar a cabo la elaboración de estudios ambientales</p>

Fuente: Elaboración propia, con base en la normatividad ambiental.

Para obtener detalles específicos sobre los requisitos y la información necesaria para solicitar permisos y autorizaciones relacionadas con el uso, el aprovechamiento o la afectación de los recursos naturales, se puede consultar el documento dispuesto en el Anexo 2. “Permisos ambientales”.

12.9 Evaluación ambiental. Identificación y evaluación de impactos ambientales

La evaluación de los impactos ambientales para la fase de explotación es un proceso integral que implica la identificación de cambios potenciales, tanto positivos como negativos, directos e indirectos, que pueden ocurrir en el ambiente debido al desarrollo de las actividades *con* y *sin* proyecto. Esta evaluación no solo identifica estos cambios, sino que también los valora y jerarquiza, para desarrollar estrategias de manejo ambiental.

Ten presente que...

Medio: corresponde a la división general que se realiza del ambiente para facilitar el análisis y entendimiento del mismo. En el contexto de los estudios ambientales corresponde al abiótico, biótico y socioeconómico

Componente: es la unidad de análisis que agrupa factores ambientales y que a su vez constituye uno de los elementos que conforman un medio (abiótico, biótico o socioeconómico); por ejemplo, los componentes Geológico, Geomorfológico, Paisaje, Hidrológico, Hidrogeológico, Oceanográfico, Geotécnico y Atmosférico, conforman el medio Abiótico

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018f)

Es responsabilidad del titular minero llevar a cabo la identificación de estos impactos como punto de partida para la formulación de las medidas de manejo ambiental destinadas a orientar el desarrollo de las actividades mineras. Esta identificación permite efectuar una valoración positiva o negativa, y la jerarquización de los impactos ambientales, lo que a su vez facilita la implementación de acciones en pro de prevenir, mitigar, corregir y compensarlos.

Se recomienda implementar los pasos básicos, que se presentan en la Figura 28, para la identificación y evaluación de los impactos ambientales.



Figura 28. Pasos básicos para la identificación y valoración de los impactos ambientales

Fuente: Elaboración propia.

Se sugiere consultar y utilizar los siguientes documentos, donde se reporta la clasificación de los impactos ambientales estandarizados que facilitan la identificación, la evaluación y el manejo de los posibles efectos que se pueden presentar durante el desarrollo de las actividades mineras, incluido el beneficio y la transformación de minerales, así como el cierre, abandono y desmantelamiento.

- “Estandarización y jerarquización de impactos ambientales para proyectos licenciados por ANLA”, desarrollados y publicados por ANLA (2021a), sirven para homologar el nombre y la definición de los impactos identificados y evaluados en los EIA. Estas categorías permiten no solo acotar, sino también identificar con mayor facilidad las medidas de manejo que resultan eficaces para el control de cada una de ellas, teniendo en cuenta los componentes, efectos y parámetros asociados.

- “Listado de impactos ambientales específicos 2021”, expedidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para el proceso de licenciamiento ambiental (2021a).

A continuación, se describen las principales metodologías de identificación y valoración de impactos ambientales.

12.9.1 Metodologías de identificación de impactos

En la Tabla 9 se describen algunos métodos utilizados en la identificación y valoración de los impactos ambientales. Así mismo, se relacionan algunas ventajas y desventajas para su aplicación. La elección de la metodología por aplicar dependerá de las particularidades del proyecto, y es responsabilidad del titular minero decidir cuál de estos métodos resulta más adecuado.

Tabla 9. Metodologías de identificación de los impactos ambientales

Métodos	Características	Ventaja	Desventajas
Opinión de expertos	Reunión de especialistas diferentes disciplinas, que se escogen de acuerdo con las características del proyecto a ser evaluado, para identificar los impactos ambientales y las medidas de manejo ambiental, y asesorar en el control y seguimiento del desarrollo del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Método rápido y fácil de llevar a la práctica • Adaptable a las necesidades particulares del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Depende del grado de conocimiento y experiencia de los participantes, así como de su disponibilidad • Depende del grupo de expertos que deben contar con conocimiento específicos para el análisis de todos los aspectos ambientales
Lista de chequeo o <i>checklist</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de factores ambientales que son potencialmente afectados por el proyecto • La lista de chequeo debe contener los siguientes rubros: agua, suelos, atmósfera, flora, fauna, recursos naturales, culturales, sociales y económicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Herramienta sencilla y fácil de usar • Instrumento de apoyo para la definición de los impactos significativos de un proyecto • Asegura que ningún factor esencial sea omitido del análisis • Compara fácilmente diversas alternativas del proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Rígido, estático, unidimensional, lineal y limitado para evaluar los impactos individuales • No identifica impactos indirectos, ni las probabilidades de ocurrencia, ni los riesgos asociados con los impactos • No ofrece indicaciones sobre la localización espacial del impacto

Métodos	Características	Ventaja	Desventajas
			<ul style="list-style-type: none"> No permite establecer un orden de prioridad relativa de los impactos ambientales
Redes de interacción	<ul style="list-style-type: none"> Posibilitan la identificación de impactos indirectos y sus interacciones, que son representadas por medio de gráficos o diagramas En la mayoría de los casos, cada acción de un proyecto genera más de un impacto que, a su vez, provoca una cadena de impactos 	<ul style="list-style-type: none"> Útiles para detectar impactos indirectos o secundarios, y para identificar interacciones mutuas en proyectos complejos Facilitan el análisis de los impactos generados por un proyecto en el entorno Ayudan a identificar las áreas más críticas que requieren medidas de mitigación. Esto permite una planificación más efectiva y la asignación de recursos adecuados para minimizar los impactos ambientales 	No proporcionan criterios para decidir la importancia de los impactos. Si la red es muy amplia, genera confusión y dificultad en el manejo de la información
Matrices de interacción (causa-efecto)	Funcionan como listas de chequeo bidimensionales, colocando en las columnas las acciones del proyecto y en las filas los componentes ambientales que pudieran ser afectados por el proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Visualizan la interacción entre actividades e impactos, mostrando cuáles acciones del proyecto podrían producir más impactos Simplicidad de elaboración 	<ul style="list-style-type: none"> No destacan áreas de interés No permiten visualizar la temporalidad de los impactos No consideran características espaciales de los impactos
Superposición de gráficos	<ul style="list-style-type: none"> Cruce de mapas temáticos de áreas que puedan ser afectadas 	<ul style="list-style-type: none"> Uso del Sistema de Información Geográfica (SIG), que posibilita muchos 	<ul style="list-style-type: none"> Elementos como probabilidad, dinámica y reversibilidad están ausentes

Métodos	Características	Ventaja	Desventajas
	<ul style="list-style-type: none"> Se representan individualmente los componentes ambientales, entre otros, los usos del suelo, la geología y la cobertura vegetal 	<p>tipos de análisis, entre ellos la combinación matemática de capas, operaciones booleanas y con programas externos usando SIG como base de datos, y simulaciones complejas</p> <ul style="list-style-type: none"> La estructura de un SIG contiene <i>software</i> para desplegar mapas, gráficas e información tabular sobre una variedad de medios de salida; esto permite al usuario maximizar el efecto de la presentación de resultados Buena disposición visual 	<ul style="list-style-type: none"> No se puede superponer una gran cantidad de variables Difícil integración de los impactos socioeconómicos Se requieren suficientes datos que proporcionen información concreta Considera solo impactos directos
Métodos de simulación	<ul style="list-style-type: none"> Se desarrollaron bajo la concepción de que los ecosistemas e impactos no son estáticos en el tiempo; así, introducen la variable temporal en el análisis de los impactos Son modelos matemáticos destinados a representar tanto como sea posible la estructura y el funcionamiento de los sistemas ambientales, explorando a partir de un conjunto de hipótesis y presupuestos los procesos y las relaciones entre los factores físicos, bióticos y culturales ante las alteraciones introducidas por 	<ul style="list-style-type: none"> Considera la dinámica de los sistemas ambientales Evitan la omisión de los impactos ambientales relevantes Incorpora las medidas de magnitud e importancia de los impactos Tratamiento organizado de gran número de variables 	<ul style="list-style-type: none"> La simulación matemática representa una inadecuada simplificación de la realidad Costo elevado

Métodos	Características	Ventaja	Desventajas
	las acciones del proyecto que se va a ejecutar		

Fuente: Elaboración propia.

12.9.2 Metodologías de valoración

En la Tabla 11 se describen algunas metodologías utilizadas en la valoración de los impactos ambientales. Así mismo, se relacionan algunas ventajas y desventajas para su aplicación. La elección de la metodología que se va a aplicar dependerá de las particularidades del proyecto, y es responsabilidad del titular minero decidir cuál de estos métodos resulta más adecuado para su proyecto.

Tabla 10. Metodologías de valoración de impactos

Métodos	Características	Ventaja	Desventajas
Matriz de Leopold	<ul style="list-style-type: none"> Es un método de identificación y evaluación de los impactos derivados de la interacción entre el proyecto y el ambiente Permite la estimación subjetiva de los impactos, mediante la utilización de una escala numérica, la comparación de alternativas, la determinación de interacciones y la identificación de las acciones del proyecto que causan impactos de menor o mayor magnitud e importancia 	<ul style="list-style-type: none"> Es de los métodos más utilizados en el Estudio de Impacto Ambiental para casi todo tipo de proyecto No requiere medios sofisticados para su aplicación Fácil utilización Presenta una visión y un barrido muy completo del proyecto y el medio receptor Es un método que puede ser aplicado en forma expeditiva, es de bajo costo y permite identificar los posibles impactos a partir de una visión del conjunto de las interacciones posibles Además, estas matrices son de utilidad para la comunicación de los impactos detectados 	<ul style="list-style-type: none"> Además del grado de subjetividad que se emplea en la evaluación de los impactos, no considera los impactos indirectos del proyecto No es selectiva y no posee ningún mecanismo para destacar áreas críticas de interés La calificación de los impactos se realiza subjetivamente y con la utilización de muy pocos parámetros No prevé la probabilidad de ocurrencia del impacto (se da por cierto que ocurra)

Métodos	Características	Ventaja	Desventajas
Método EPM O Arboleda	<ul style="list-style-type: none"> Fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1985, especialmente para proyectos hidroeléctricos. De todas formas, se utiliza para otro tipo de proyectos con resultados favorables Es un método mixto, pues permite la identificación y la evaluación de los impactos ambientales. Básicamente, se desarrolla mediante el desagregado del proyecto en componentes, identificando los impactos y evaluándolos por medio de criterios o factores de calificación, que después se articulan por medio de un algoritmo. Luego, se propone una expresión o índice denominado “Calificación ambiental”, en una escala de 0,1 a 1,0, que se clasifica en muy baja, baja, media, alta y muy alta. Esta se obtiene con base en cinco criterios o factores característicos de cada impacto: clase, presencia, duración, evolución y magnitud 	<ul style="list-style-type: none"> Ágil y de fácil comprensión Aplicable a todo tipo de proyecto Utilizable con cualquier nivel de información 	<ul style="list-style-type: none"> No permite visualizar la temporalidad de los impactos Tiene un alto grado de subjetividad
Método Conesa	Método mixto que usa una matriz con valoración; evalúa varios parámetros como naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad, con lo cual se calcula la	<ul style="list-style-type: none"> Permite evaluar los impactos de mayor y menor significancia Compara la situación del ambiente con o sin intervención del proyecto Está compuesto por diferentes criterios de 	Emplea funciones subjetivas de valoración que disminuye la adecuación matemática del modelo

Métodos	Características	Ventaja	Desventajas
	importancia de los impactos entre irrelevantes, moderados, severos y críticos	impacto ambiental, divididos en categorías, y cada criterio se evalúa utilizando una escala numérica y una serie de indicadores específicos	

Fuente: Elaboración propia.

12.9.3 Evaluación económica ambiental

De acuerdo con el Decreto 1076 de 2015, numeral 6, del artículo 2.2.2.3.5.1, se establece que los proyectos, las obras o las actividades tienen la obligación de realizar la respectiva evaluación económica de los impactos positivos y negativos del proyecto objeto de licenciamiento ambiental.

Esta evaluación tiene como finalidad la identificación de aquellos impactos ambientales que no se logren evitar ni corregir con los planes de manejo ambiental del proyecto, dado que su significancia ambiental es cuantificada y calificada como crítica o severa, y por ello se deberá establecer el valor económico de estos impactos con relación a los servicios ecosistémicos del área en la cual se desarrolla el proyecto.

Para estructurar la evaluación económica ambiental, se recomienda seguir los pasos que se presentan en la Figura 29.

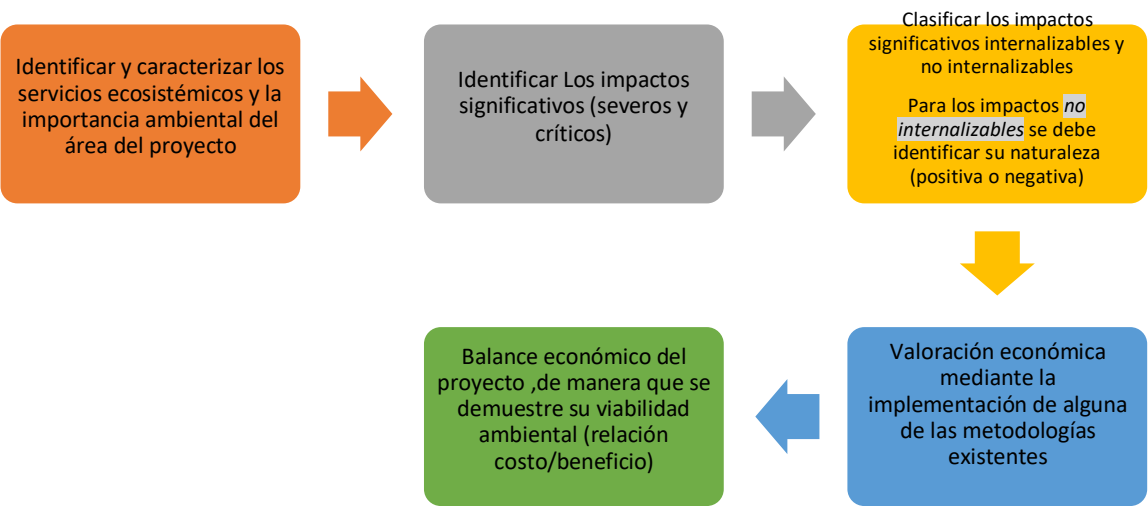


Figura 29. Estructura de presentación para la evaluación económica ambiental

Fuente: Elaboración propia, a partir de Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018b).

Ten presente que...

En el documento denominado *Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental*, expedido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2017), se presentan de forma detallada los conceptos, las técnicas y las metodologías internacionalmente empleadas, con el fin de que sea utilizada por el interesado para desarrollar el componente de evaluación económica ambiental

12.10 Zonificación de manejo ambiental

A partir de la zonificación ambiental, los servicios ecosistémicos y la evaluación de los impactos, se debe realizar de manera cualitativa y cuantitativa la zonificación de manejo ambiental, utilizando un *software* de procesamiento geoespacial, con el fin de agrupar dicho análisis en las siguientes áreas de manejo: intervención, intervención con restricción y exclusión. Además, la superficie de cada área de manejo deberá abarcar la totalidad del área de influencia que fue definida para el proyecto.

¿Sabías qué son?

- *Áreas de intervención*: corresponde a áreas donde se puede desarrollar el proyecto, con un manejo ambiental acorde a las actividades y fases del mismo.
- *Áreas de intervención con restricciones*: corresponde a áreas en las que se debe efectuar un manejo especial, para la ejecución de las obras y actividades. Se deben definir áreas de intervención con restricción alta, media y baja.
- *Áreas de exclusión*: corresponde a áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto. Se deben considerar como criterios de exclusión la vulnerabilidad y la funcionalidad ambiental de la zona, así como las áreas con restricciones legales o con régimen especial.

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018f)

Para obtener detalles específicos de cómo se realiza la zonificación de manejo ambiental de un proyecto, se sugiere consultar la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018f).

12.11 Programas de manejo ambiental

En la Tabla 11 se presenta un ejemplo de una ficha diseñada para describir las medidas de manejo ambiental orientadas a prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales ocasionados por el desarrollo de las actividades mineras. En el Anexo 3. “Fichas de manejo ambiental” se desarrollan dichas fichas para cada componente ambiental.

Tabla 11. Ejemplo fichas de manejo ambiental

Programa de Manejo de Aire	
Ficha Manejo de material particulado y gases	
Objetivo	Aplicar las medidas de manejo ambiental para la reducción de las emisiones de material particulado, para cumplir con lo estipulado en la reglamentación ambiental.

Programa de Manejo de Aire							
Ficha Manejo de material particulado y gases							
Metas	Cumplir con los niveles máximos permitidos de material particulado de acuerdo con la norma vigente.						
Actividades que ocasionan el impacto	<ul style="list-style-type: none">- Operación.- Voladuras.- Adecuación y construcción de campamentos.- Utilización y adecuación de accesos.- Disposición de sobrantes.- Utilización y adecuación de vías.- Transporte interno y externo.- Mantenimiento de maquinaria.- Disposición del mineral.						
Impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none">- Deterioro de la calidad del aire.- Afectación de la vegetación (el polvo cubre las estomas de las hojas).- Disminución de la calidad paisajística, por disminución de la visibilidad.						
Tipo de medida	Prevención	x	Mitigación	X	Corrección	x	Compensación
Lugar de aplicación	<ul style="list-style-type: none">- Campamentos.- Plantas de beneficio.- Vías.- Tolvas y patios de acopio.- Botaderos.						
Acciones por desarrollar							
<p>Las acciones por desarrollar se ejecutan en los lugares de aplicación. A continuación se presentan algunas opciones para el manejo ambiental, que se adaptarán al tipo de beneficio minero, a la dimensión de los impactos y a la sensibilidad ambiental de la zona influenciada, para alcanzar el objetivo y la meta:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Llevar a cabo medidas de mitigación de emisión de partículas, como barreras rompevientos, humectación y cubrimiento de pilas de material de la explotación, implementación de inyectores de agua e instalación de captadores de polvo.							

Programa de Manejo de Aire

Ficha Manejo de material particulado y gases

2. En la zona de disposición de sobrantes, las medidas que se pueden utilizar son: instalación de pantallas rompevientos, generación de cercas vivas, empleo de estabilizadores.
3. En las vías de acceso se pueden realizar: riego regulado para minimizar el levantamiento de material particulado, instalación de reductores de velocidad vehicular y repoblamiento vegetal de áreas adyacentes.
4. En los patios de acopio, tolvas y botaderos, generar un sistema de riego por dispersión o por cañón.
5. Realizar un adecuado mantenimiento preventivo de los motores.
6. Capacitación a todo el personal de la mina y a contratistas sobre las medidas de manejo ambiental de la emisión de material particulado.
7. En cumplimiento de lo dispuesto por la normatividad vigente, las volquetas que transportan material deberán poseer dispositivos protectores, carpas o coberturas de material resistente, debidamente asegurados al contenedor, de manera que se eviten, al máximo posible, regueros y el escape de dichos materiales al aire.
8. Todas las volquetas deben tener en su carrocería los contenedores o platones apropiados, con el fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad, de forma que se evite el derrame o pérdida del material o el escurrimiento de material húmedo durante el transporte. Por lo anterior, el contenedor o platón de estos vehículos debe cubrirse con una estructura continua que en su contorno no tenga roturas, perforaciones, ranuras o espacios.
9. Todos los vehículos contarán con su certificado vigente de análisis de gases.
10. Para evitar regueros de material proveniente de la compuerta de la carrocería de las volquetas, asegurar su hermetismo con un aislamiento resistente, como sellos neumáticos.

Alternativas tecnológicas para realizar las acciones planteadas

Entre otras tecnologías, se plantean las siguientes opciones para el manejo ambiental, que se adaptarán al tipo de explotación, la dimensión de los impactos y la sensibilidad ambiental de la zona influenciada para alcanzar el objetivo y la meta:

1. Construcción de barreras rompevientos o cercas vivas en las zonas donde exista mayor generación de material particulado (polvo).
2. Regulación de la velocidad vehicular.
3. Transporte confinado del material que se va a transportar.
4. Uso de dispositivos protectores, carpas o coberturas para los platones, y utilización de sellos neumáticos en las compuertas del vehículo de transporte.
5. Uso de carrotanque para el riego de vías, con flautas u otro sistema de riego.
6. Capacitación sobre las medidas de manejo ambiental de la emisión de material particulado.

Personal técnico de apoyo sugerido

Programa de Manejo de Aire
Ficha Manejo de material particulado y gases
Persona con experiencia en gestión y manejo de impactos en aire
Seguimiento y monitoreo
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar verificación de las medidas presentadas para manejo del material particulado y gases. • Monitorear el cumplimiento de la normatividad ambiental en cuanto a límites permitidos sobre gases y material particulado. • Verificar la ejecución de medidas, acciones y tecnologías planteadas en el manejo ambiental de material particulado y gases. • Llevar registro administrativo (costos ambientales de implementación) y fotográfico de las actividades realizadas. • Establecer indicadores de verificación de ejecución de las acciones de manejo ambiental y de logro de la meta y el objetivo de la ficha. • Verificar el cumplimiento de las acciones de manejo ambiental, de la meta y del objetivo, con indicadores de gestión y de resultados.
Indicador
En este ítem es importante considerar los indicadores de efectividad que se plantearon en el proceso de licenciamiento ambiental por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2022c).

Fuente: Adaptado de las guías minero-ambientales del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015b) y Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (2002)

12.11.1Aplicativo de Plan de Manejo Ambiental

La ANLA ha diseñado un aplicativo para la presentación del Plan de Manejo Ambiental (APMA) (ANLA, 2021b) en las solicitudes de licenciamiento ambiental de su competencia (*su aplicación es opcional*), que asegura la necesaria coherencia entre los impactos ambientales, las medidas de manejo ambiental para controlarlos, las actividades de seguimiento y monitoreo, y los indicadores de efectividad, así como para hacer más eficiente y eficaz el proceso de evaluación y seguimiento por parte de esta autoridad.

Para efectos de la presente guía, se toman algunos elementos de dicho aplicativo como modelo sugerido para la identificación, la categorización, el manejo y el seguimiento de los potenciales impactos ambientales de actividades mineras.

El aplicativo parte de las “Categorías estandarizadas de impactos ambientales” (CEI) [sic], cuyo documento fue mencionado y descrito en el numeral 12.9, “Evaluación ambiental. Identificación y evaluación de impactos ambientales” de la presente guía.

Las CEI que pueden presentarse en el desarrollo de proyectos mineros, las medidas de manejo recomendadas para dar tratamiento a dichos impactos y los indicadores de efectividad se pueden consultar por el usuario en el APMA (ANLA, 2021b).

En las Tabla 12 y Tabla 13 se muestra un ejemplo práctico, donde identificando una CEI-06, se asocian las medidas de manejo y los indicadores de efectividad recomendados por el aplicativo APMA.

Tabla 12. Categoría Estandarizada de Impacto CEI-06

ID CEI	CEI	Medio	Componente	Definición	Objetivo
CEI-06	Alteración de las condiciones geológicas en profundidad	Abiótico	Geológico	Alteración de unidades litológicas o de rasgos estructurales como consecuencia del incremento de esfuerzos en profundidad o la lubricación de zonas de fractura, debido a las actividades de un proyecto (fracturamiento hidráulico en perforación horizontal, recobro mejorado, inyección, reinyección, embalses, actividades mineras subterráneas a gran escala, entre otros)	Prevenir, mitigar, corregir o compensar la generación de sobrepresiones que ocasionen fracturamiento de unidades litológicas o la migración de fluidos que puedan incidir en la generación de eventos sísmicos que generen afectaciones en superficie y que representen amenaza a comunidades, infraestructura y ecosistemas en general

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Medidas de manejo opcionales para la Categoría Estandarizada de Impacto CEI-06

CEI-06
Alteración de las condiciones geológicas en profundidad

Medidas de manejo opcionales
<ul style="list-style-type: none"> • Implementar un mecanismo que suspenda automáticamente la actividad de inyección/reinyección, cuando la presión de fractura alcance el límite establecido para la actividad, con el fin de evitar el fracturamiento de las unidades geológicas. • Identificar las causas e implementar las medidas correctivas correspondientes, establecidas en las autorizaciones otorgadas por las entidades competentes. • Suspender o replantear las actividades de fracturamiento hidráulico en perforación horizontal, inyección, reinyección u otros mecanismos de recobro mejorado, en el caso que se generen eventos sísmicos de magnitud mayor o igual que 4 en la escala de Richter, cuyo epicentro demuestre estar ubicado dentro del área que determine el Servicio Geológico Colombiano de manera específica para el proyecto, obra o actividad. Informar oportunamente a la ANLA y a las demás autoridades competentes sobre las acciones correctivas implementadas y la evidencia del éxito de su implementación. Nota: Esta medida es susceptible de modificación o ajuste de acuerdo con lo que establezcan al respecto las autoridades competentes. • Realizar previo al inicio de las actividades, el levantamiento de las actas de vecindad en las viviendas e infraestructura social, económica y de servicios susceptibles de afectación en el área de influencia de las actividades del proyecto, obra o actividad.
Descripción del seguimiento (opcional)
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar monitoreo continuo de presión de fractura durante la ejecución de actividades de inyección/reinyección, para verificar que no se sobrepase el límite de presión de fractura establecido. • Realizar monitoreo continuo para verificar que durante las actividades de fracturamiento hidráulico en perforación horizontal, inyección, reinyección u otros mecanismos de recobro mejorado no se generen eventos sísmicos de magnitud mayor o igual que 4 en la escala de Richter, cuyo epicentro se demuestre estar ubicado dentro del área que determine el Servicio Geológico Colombiano de manera específica para el proyecto, obra o actividad, de acuerdo con la red de monitoreo autorizada. Dichos monitoreos se realizarán durante la ejecución de las actividades del proyecto, obra o actividad y en el tiempo adicional que establezca el Servicio Geológico Colombiano. Nota: El seguimiento y monitoreo es susceptible de modificación o ajuste de acuerdo con lo que establezcan las autoridades competentes con relación a la medida de manejo. • Realizar inspecciones de verificación del estado de las viviendas e infraestructura social, económica y de servicios susceptibles de afectación en el área de influencia de las actividades del proyecto, obra o actividad, cada vez que los sensores de sismicidad registren eventos sísmicos, con el fin de identificar eventuales afectaciones, y diferenciar aquellas atribuibles al desarrollo del proyecto, obra o actividad de acuerdo con lo que establezca el SGC. Dichas inspecciones se realizarán durante la ejecución de las actividades del proyecto, obra o actividad, y en el tiempo adicional que establezca el SGC.
Parámetros clave de seguimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Presión de fractura

- Intensidad de eventos sísmicos

Fuente: Adaptado de APMA.

12.11.2 Plan de Seguimiento y Monitoreo

Para cada uno de los programas de manejo ambiental, se debe elaborar una ficha de seguimiento y monitoreo. El total de las fichas conforman el Plan de Seguimiento y Monitoreo, que permite identificar oportunidades de mejora durante el desarrollo del proyecto y facilitar la implementación de los ajustes necesarios.

Para llevar a cabo un seguimiento y monitoreo, el solicitante debe establecer un sistema de indicadores que permitirán comprobar los componentes ambientales identificados y proporcionarán una visión integral de la calidad del ambiente y su comportamiento a lo largo del tiempo.

Con el propósito de mejorar la eficacia del proceso de licenciamiento ambiental y, por ende, contribuir a que se cumpla con su objetivo de asegurar el uso racional de los recursos naturales renovables, la ANLA viene adelantando un conjunto de actividades que buscan generar herramientas técnicas que contribuyan a la estandarización de conceptos, elaboración de estudios ambientales, seguimiento al estado de los recursos naturales renovables mediante indicadores, y la transparencia en la toma de decisiones por parte de las autoridades ambientales. Por lo anterior, se sugiere al peticionario utilizar el listado de indicadores efectivos en el proceso de licenciamiento ambiental, que se encuentran en la página web de la ANLA.

A manera de ejemplo, en la Tabla 14 se presenta el CEI-06: Alteración de las condiciones geológicas de profundidad debido a actividades (fracturamiento hidráulico en perforación horizontal, recobro mejorado, inyección, reinyección, embalses, actividades mineras subterráneas a gran escala, entre otros).

Tabla 14. Ejemplo de indicador de efectividad

Nombre del indicador	Número de eventos sísmicos inducidos por las actividades del proyecto
Código indicador	CEI_6_IND_01
Identificación del indicador	
Periodicidad	Según lo establecido en la licencia ambiental
Descripción del indicador	
Definición	Este indicador, representa el número de eventos sísmicos inducidos por las actividades del proyecto con una escala mayor a la definida por este.
Fórmula de cálculo	

	$ESI = 0$ <i>ESI</i> : Número de eventos sísmicos inducidos por las actividades del proyecto con una escala mayor a la definida por este.
Meta	No sobrepasar los límites de la escala sísmica, la cual deberá ser establecida por el proyecto desde la línea base, o desde el momento en que se defina la aplicación del presente indicador.
Interpretación	Resultados iguales a cero indican la no alteración de las condiciones geológicas en profundidad por parte del proyecto.
Notas	
La escala sísmica deberá garantizar que no se generen daños en superficie. Los límites deberán estar debidamente sustentados de acuerdo con las condiciones de la actividad desarrollada y el área donde se desarrolla.	
Bibliografía	
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2021b).	

Fuente: ANLA (2021b).

12.11.3 Plan de Gestión del Riesgo

El capítulo relacionado con la gestión del riesgo incluye la identificación de eventos amenazantes producto de las actividades externas o asociadas al proyecto, considerando información del área de influencia y las actividades propias de la fase minera en desarrollo.

Así mismo, se estiman las potenciales áreas de afectación y los elementos vulnerables, entre otros: asentamientos humanos, infraestructura social, actividades productivas, bienes de interés comunitario, cuerpos de agua, áreas ambientalmente sensibles y sitios de captación de agua.

Con lo anterior se procede a formular el Plan de Reducción del Riesgo, con sus respectivas medidas preventivas y de mitigación, ya sean prospectivas, reactivas o correctivas. Estas deben generar las medidas que se van a implementar en el caso de presentarse una contingencia, con acciones estratégicas, operativas e informativas que conduzcan a determinar prioridades, sitios estratégicos, entrenamiento y capacitación, además de contar con equipos de apoyo.

Ten presente que...

El capítulo de Plan de Gestión del Riesgo se debe formular de acuerdo con las consideraciones establecidas en la Ley 1523 de 2012 (Política nacional de gestión del riesgo de desastres), actualizada por el Decreto 1478 de 2022, o aquellas que las modifiquen, sustituyan o deroguen

12.11.4 Plan de Cierre y Abandono

Este plan es una de las obligaciones del titular minero al momento de ejecutar sus labores de explotación e intervención minera; por tal razón, se encuentra en la obligación de restaurar, rehabilitar y recuperar la totalidad de las áreas intervenidas, así como realizar el desmantelamiento de los montajes y de la infraestructura.

Este plan hace parte integral de la licencia ambiental y del Documento Técnico Minero aprobado por la autoridad minera. En consecuencia, las obras y actividades propuestas para restaurar, rehabilitar y recuperar las áreas intervenidas por el desarrollo de las labores mineras, así como las requeridas para el desmantelamiento de los montajes y de la infraestructura, deberán estar articuladas con los instrumentos minero-ambientales y territoriales, por lo cual se debe garantizar que en ellos se incluya un cronograma y presupuesto de ejecución que serán revisados y aprobados por las autoridades competentes.

A continuación, en la Figura 30, se ilustran los diferentes tipos de cierres que pueden presentarse durante la vida útil de los proyectos mineros.

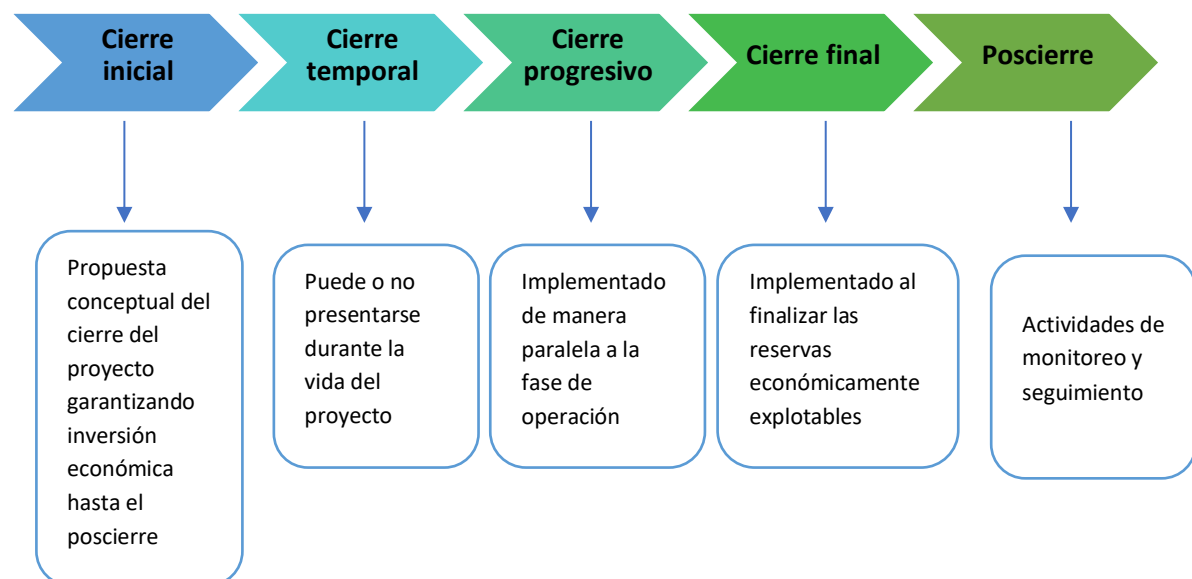


Figura 30. Tipos de cierre y abandono que se pueden presentar durante el desarrollo de un proyecto minero

Fuente: ANLA (2022a).

La planificación del cierre inicial, temporal, progresivo y final de un proyecto minero deberá incluir los aspectos y las actividades que se muestran en la Tabla 15, los cuales deben estar acordes con los usos de suelo previstos en el instrumento de planeación territorial local.

Tabla 15. Aspectos y actividades mínimas del Plan de Cierre y Abandono minero

Aspectos	Actividades de cierre orientadas a:
Estabilidad física	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación, recuperación, restauración, rehabilitación y reconfiguración morfológica del área intervenida acorde con el uso poscierre • Aseguramiento de la estabilidad física del área intervenida y de las estructuras remanentes
Estabilidad química	<ul style="list-style-type: none"> • Drenajes de mina y relaves: definición del tipo de relave; modelamiento de la generación del potencial ácido; alternativas para prevención, control y tratamiento, monitoreo y vigilancia, gestión del riesgo • Remediación, recuperación y rehabilitación del recurso hídrico superficial y subterráneo
Suelo	Remediación, recuperación y rehabilitación del suelo, en conformidad con su vocación y uso potencial
Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de buenas prácticas para la mitigación y el control de emisiones atmosféricas, ruido y vibraciones, asociadas al desarrollo de actividades para el cierre minero • Análisis temporales y espaciales de los resultados de los programas de monitoreo y seguimiento de los contaminantes atmosféricos, niveles de presión sonora y vibraciones
Cambio climático	Escenarios de cambio climático frente al planteamiento de actividades en el cierre minero; escenarios de precipitación, temperatura y aumento del nivel del mar

Aspectos	Actividades de cierre orientadas a:
Economía circular	Implementación de estrategias encaminadas a buscar la eficiencia de recursos y procesos, reduciendo residuos en los diferentes flujos que se presenten dentro de las actividades del proyecto
Paisaje	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperación paisajística • Integración de las áreas recuperadas con el paisaje circundante • Creación de áreas que presten servicios ambientales de tipo cultural
Biótico	<ul style="list-style-type: none"> • Rehabilitación ecológica y de la funcionalidad del paisaje, asociada al estado de la biodiversidad y servicios ecosistémicos • Restauración ecológica, rehabilitación o recuperación de las áreas intervenidas • Monitorear el estado de la fauna terrestre e hidrobiota del área de influencia
Socio económico	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategia de comunicación y participación con los grupos de interés (autoridades territoriales, ambientales, asociaciones y comunidades del área de influencia, entre otros). • Desarrollo de programas durante la fase de operación, enfocados a implementar nuevas prácticas económicas en la fase de poscierre, evitando la dependencia de la comunidad al proyecto • Reactivación o recuperación de la vocación económica del territorio
Riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la amenaza y la vulnerabilidad, y manejo del riesgo para el uso de las áreas posminería • Evaluación de riesgos para las instalaciones remanentes

Fuente: Adaptada de ANLA (2022a).

Ten presente que...

Para la elaboración y construcción técnica del Plan de Cierre de un proyecto minero, se recomienda consultar la *Guía para la elaboración del Plan de Cierre y Abandono de proyectos mineros*, expedida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (2022a)

12.12 Otros planes de manejo

La elaboración e inclusión, en el EIA, de “otros planes de manejo” está sujeta al uso y aprovechamiento de los recursos naturales renovables por parte del proyecto.

Los programas de inversión forzosa del 1 % y el Plan de Compensación por Pérdida del Componente Biótico deben ser concertados con la autoridad ambiental competente.

12.12.1 Inversión forzosa del 1 %

De acuerdo con las disposiciones del Decreto 2099 de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o aquella que la reemplace, sustituya o modifique, se dictamina que los proyectos con licencia ambiental que requieran el uso o aprovechamiento del recurso hídrico doméstico y no doméstico están sujetos a la obligación de efectuar una inversión forzosa equivalente al 1 % del valor total de la inversión del proyecto. Dicha inversión debe ser asignada específicamente para actividades enfocadas en la recuperación, preservación, conservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica de la cual se extrae el recurso hídrico utilizado.

Entre las actividades que se pueden realizar para la inversión del 1 % se incluyen proyectos de reforestación, programas de monitoreo, bancos de hábitat, bosque para la paz, control de la calidad del agua, iniciativas orientadas a la preservación de la biodiversidad local, y otras actividades pertinentes que contribuyan efectivamente a la gestión y protección integral de la cuenca.

Ten presente que...

El Plan de Inversión Forzosa de no menos del 1 % se debe presentar de acuerdo con los criterios técnicos y económicos establecidos en el Decreto 2099 de 2016 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o cualquier normativa posterior que la modifique, reemplace o derogue

12.12.2 Plan de Compensación por Pérdida del Componente Biótico

Este plan aplica para los proyectos sujetos a licencia ambiental y está enfocado a las compensaciones del componente biótico fauna, flora, cobertura vegetal y al contexto paisajístico de ecosistemas naturales terrestres y vegetación secundaria.

El Plan de Compensación Ambiental debe estar en consonancia con la Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales, formulada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, a través de la Resolución 0256 de 2018. Dicha estrategia proporciona los lineamientos y las directrices para estructurar adecuadamente las compensaciones ambientales.

Para una comprensión detallada de esta estrategia y sus especificaciones, se recomienda consultar el sitio web del Ministerio (Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s. f.).

Así mismo, es importante considerar que algunas corporaciones ambientales expidieron lineamientos específicos para elaborar el Plan de Compensación del Componente Biótico; por lo tanto, es necesario mantener un enfoque de consulta y análisis constante y actualizado durante todo el proceso de elaboración del Plan de Compensación con la autoridad ambiental competente.

Sabías que...

El Plan de Compensación del Componente Biótico se debe presentar en los siguientes casos:

- Compensación del componente biótico de procesos de licenciamiento ambiental
- Permisos o autorizaciones de aprovechamiento forestal único de bosque natural
- Sustracción temporal y definitiva de reservas forestales nacionales o regionales, por cambio en el uso del suelo

12.12.3 Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua

El Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA) es un requisito esencial para todas las concesiones de agua solicitadas, en conformidad con la Ley 373 de 1997 y el Decreto 1090 de 2018.

El PUEAA deberá incluir una serie de medidas o acciones diseñadas para facilitar la medición y la reducción de pérdidas de agua, así como promover el ahorro de este recurso. Estas

acciones deben estar claramente definidas con objetivos específicos, metas e indicadores de desempeño anuales, y deben proyectarse en un periodo de tiempo de cinco años.

Para la correcta implementación y adaptación de dicho plan, se sugiere consultar y seguir las orientaciones proporcionadas por las Corporaciones Autónomas Regionales o ANLA, en caso de que tengan lineamientos propios para la presentación del PUEAA.

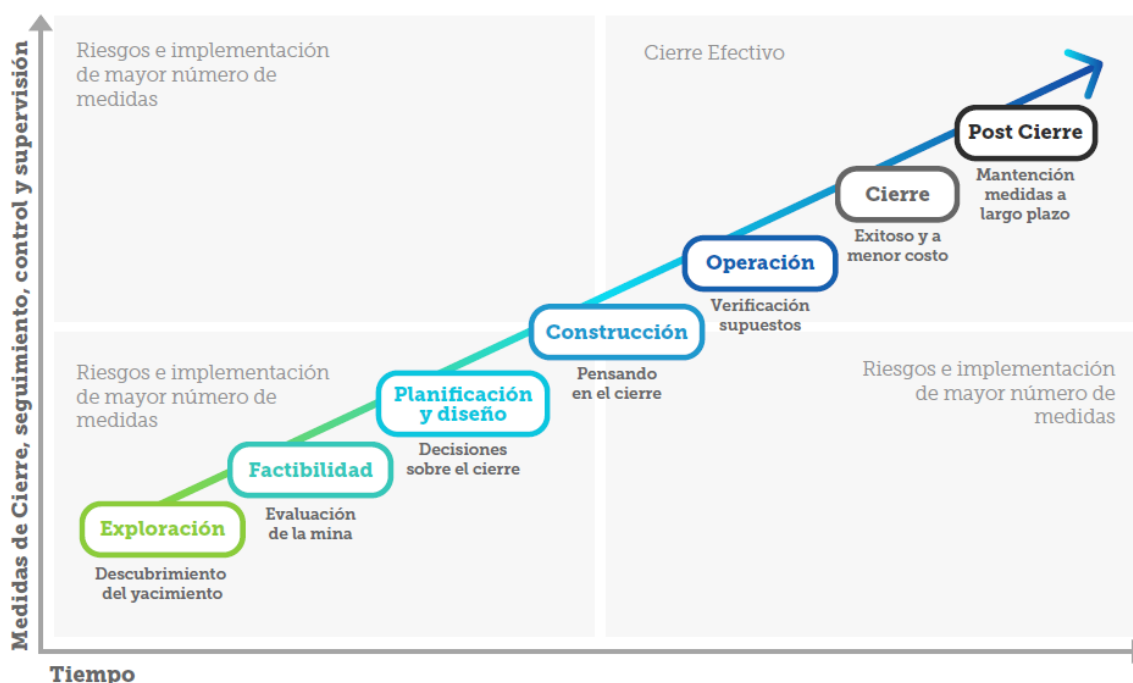
Ten presente que...

La estructura y el contenido para elaborar el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua se encuentran establecidos en el Decreto 1090 de 2018, modificado por la Resolución 1257 de 2018 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, o cualquier normativa posterior que la modifique, reemplace o derogue

12.12.4 Plan de desmantelamiento y abandono (Plan de Cierre Minero)

La vida de un proyecto minero abarca una serie de aspectos interconectados, desde su apertura hasta su operación y eventual clausura. Ignorar esta perspectiva integral podría llevar a decisiones incompletas o desinformadas durante la supervisión o fiscalización.

Ciclo de vida de la mina hasta el post cierre.



Adaptar. Tomado de la guía de estabilidad química Perú 2025.

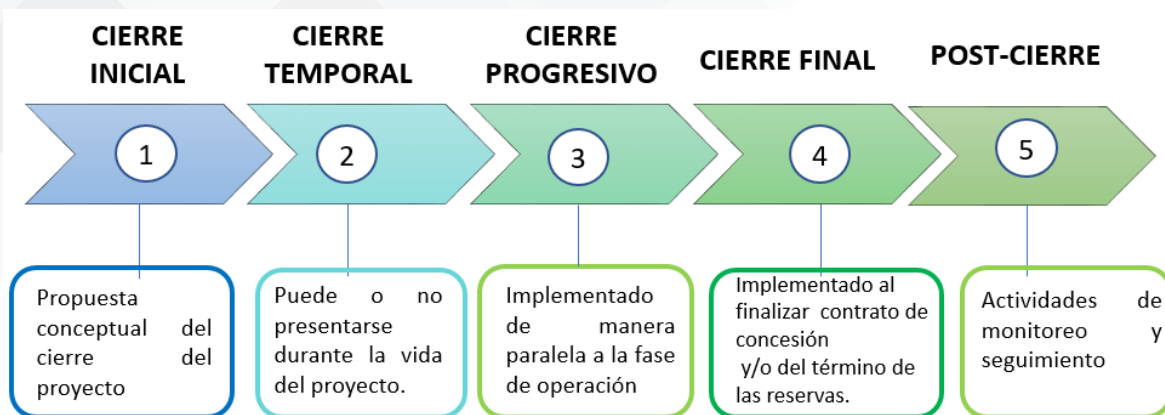
De acuerdo con la normativa colombiana, el artículo 2.2.2.3.5.1 numeral 10 del Decreto 1076 de 2015 el que lo modifique, adicione o sustituya establece que todo Estudio de Impacto Ambiental debe incluir un plan de desmantelamiento y abandono, en el que se verán reflejadas las acciones técnicas, ambientales, financieras y sociales definidas para atender el final de la vida útil del proyecto, incluyendo el aprovisionamiento de recursos para tal fin y/o sus garantías (artículo 24 Ley 1753 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya).

El Plan de Desmantelamiento y Abandono, conocido como Plan de Cierre en el ámbito de la explotación minera, representa una etapa crucial dentro del ciclo de vida de estos proyectos. El Plan de Cierre Minero se considera, como una herramienta fundamental para lograr los objetivos de control y mitigación de los impactos negativos sobre el ambiente natural y el entorno social y deberá ser abordado desde los diferentes tipos de cierre que se presentan en la vida útil del proyecto¹² minero.

El cierre del proyecto minero va más allá del agotamiento del recurso, de esta manera el plan de cierre debe ser un plan ordenado, seguro, ambientalmente responsable, donde se recupere el área intervenida con condiciones aptas para el desarrollo de actividades futuras dentro de la planeación del territorio, involucrando los grupos de valor del área de influencia del proyecto que hayan sufrido algún tipo de afectación por el mismo.

El Estudio de Impacto Ambiental que sea presentado ante la autoridad ambiental competente debe contener un PCM donde se planteen actividades para cada uno de los cierres presentes durante la vida útil del proyecto (cierre inicial, temporal, progresivo, final y post-cierre), el titular de la licencia ambiental debe entregar cada cinco (5) años, o en un tiempo menor si la autoridad ambiental así lo requiere, la actualización y avance del PCM para evaluación y aprobación por parte de esta. A continuación, en la Figura XX, se ilustran los diferentes tipos de cierres que pueden presentarse durante la vida útil de los proyectos mineros.

¹² Vida útil del proyecto: hace referencia a la construcción, montaje, operación, mantenimiento, cierre y post-cierre del proyecto minero.



El objetivo general del cierre de mina debe asegurar, la estabilidad física y química del área intervenida, el uso seguro y apto de la tierra posterior a la explotación de la mina y el cumplimiento de las actividades sociales propuestas en el PMA, buscando que al finalizar la vida útil del proyecto, el cierre de sus actividades y abandono de sus instalaciones se haya desarrollado paulatinamente, garantizando un mínimo impacto ambiental, beneficios para el desarrollo local y el bienestar de las comunidades del área de influencia, así como de los ecosistemas circundantes.

La planificación del cierre inicial, temporal, progresivo y final de un proyecto minero deberá incluir los aspectos y las actividades que se muestran en la Tabla XX, los cuales deben estar acordes con los usos de suelo previstos en los instrumentos de planeación territorial y ambiental local

Tabla 16. Aspectos y actividades mínimas del Plan de Cierre y Abandono minero

Tipo de cierre	Aspectos, actividades mínimas o consideraciones
Cierre Inicial	<ul style="list-style-type: none"> Relacionar detalladamente las actividades de cierre definidas para cada uno de los medios (biótico, abiótico, socioeconómico), en relación con los avances del proyecto minero. • Describir las obras e infraestructura necesaria para la implementación del plan de cierre. • Establecer las acciones requeridas para la articulación entre la fase de operación del proyecto y las actividades planteadas para cierres temporales, progresivos, final y post-cierre. • Identificar los aspectos relacionados con la geomorfología, el paisaje, estabilidad física y química, hidrología, hidrogeología y geoquímica. •

	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los aspectos socio ecológicos en función de la biodiversidad y servicios ecosistémicos. • • Establecer y proponer las acciones tendientes al mejoramiento en la eficiencia del uso de recursos naturales y la aplicación de los principios de economía circular. • • Indicar las medidas relacionadas que contribuyan a contrarrestar los efectos del cambio climático (mitigación-adaptación) durante el desarrollo del cierre minero. • • Presentar las estrategias que el proyecto minero adopta, de las consignadas en los lineamientos técnicos de buenas prácticas para el control de procesos de generación de drenajes ácidos. (Minenergía, 2020¹³) y demás lineamientos que adopte este ministerio respecto al tema. • • Describir detalladamente las actividades de mantenimiento y seguimiento para la etapa post-cierre en cada componente, planeado para el cumplimiento de los objetivos definidos de cierre y uso final del suelo. • • Proyección económica de los costos totales y anuales que serán incurridos para ejecutar las actividades de cierre y post-cierre. • • Cronograma de actividades detallado. • • Propuesta para la destinación del suelo en el post-cierre del proyecto minero que se articule con los instrumentos de planificación territorial y ambiental y necesidades socio económicas de los grupos de valor del área de influencia del proyecto, basada en los resultados de las socializaciones del
--	---

¹³ Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de drenajes ácidos mineros. Ministerio de Minas y Energía, 2020

	proyecto con las comunidades del área de influencia.
Cierre temporal	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser total o parcial siendo necesario que este cuente con la aprobación de la autoridad ambiental. • Se deben describir las medidas de manejo ambiental para los medios abiótico, biótico y socioeconómico que se van a implementar para el mantenimiento, manejo, seguimiento y monitoreo que se realizará durante la suspensión temporal del proyecto (de llegar a suceder) • Las medidas deben garantizar que durante el cese de actividades no se generen afectaciones adicionales a las previstas por el proyecto o se potencialicen situaciones de riesgo (impactos sinérgicos). • Tenga en cuenta que este tipo de plan de cierre tendrá una duración de hasta dos (2) años, pudiendo ser un término menor a solicitud del titular. El titular podrá solicitar una prórroga a la autoridad ambiental por un término de un (1) año más siempre y cuando esta sea solicitada con una antelación no menor a tres (3) meses antes de finalizarse el periodo de suspensión. • Tener en cuenta que si cumplidos los tiempos de suspensión de las operaciones mineras en el cierre temporal, no es viable dar continuidad a la explotación se debe implementar inmediatamente el plan de cierre final anticipado, el cual debe contar con la aprobación de la autoridad ambiental.
Cierre Progresivo	<ul style="list-style-type: none"> • Corresponde al cierre de las instalaciones e infraestructura minera que terminan su utilidad durante el desarrollo del proyecto antes del cierre final. • Se deben presentar las medidas a implementar de manera progresiva y paralela a la explotación del mineral, medidas enfocadas en demolición, desmantelamiento, recuperación, restauración

	<p>física, química, biótica y, socioeconómica de las áreas intervenidas y las labores e instalaciones que van cumpliendo con su función y no se utilizarán durante el desarrollo del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Debe ser un plan dinámico y detallado que incluya la actualización progresiva a medida que avanza el proyecto minero y en el cual se verán reflejados los cambios en la actividad minera y desarrollos tecnológicos, normativos, económicos, sociales o ambientales, según corresponda a cada proyecto. • • Es necesario incorporar información detallada sobre los objetivos y actividades de cierre inicialmente planteados. • • Incluir la descripción de las medidas propuestas para el cierre desde cada uno de los medios, según el avance de la actividad de acuerdo con el planeamiento minero con su correspondiente cronograma, estrategias, mecanismos y métodos de reevaluación, ajuste y actualización. • • A medida que se realizan las actualizaciones al plan de cierre mediante el cierre progresivo, se debe tener mayor certeza en los objetivos y actividades del cierre final, así como de las actividades de post-cierre. En cada actualización y a medida que el proyecto se acerca al año final de operación se debe aumentar la ejecución e implementación del cierre.
Cierre Final o definitivo	<ul style="list-style-type: none"> • Definir el uso final de las áreas intervenidas y de los objetivos de cierre, determinando la viabilidad ambiental, económica y sociocultural. • Establecer las actividades finales de desmantelamiento, recuperación, restauración y rehabilitación que serán consultadas e implementadas con los grupos de valor. • Garantizar la estabilidad física de las estructuras remanentes. • Actualizar la zonificación geotécnica y del plan de

	<p>contingencias en el último año, y de acuerdo con sus resultados exponer las acciones mínimas que deben considerarse dentro del proceso de reducción de la amenaza, la vulnerabilidad y del manejo del riesgo teniendo en cuenta lo definido para el uso de las áreas post-minería.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir las medidas de manejo y mantenimiento de la infraestructura remanente. • Presentar una evaluación de riesgos de las instalaciones remanentes teniendo en cuenta las amenazas endógenas y exógenas y los elementos expuestos. • Estabilizar químicamente la mina y definir las necesidades requeridas por los grupos de valor del área de influencia, con relación al uso posterior del recurso hídrico (aguas subterráneas y superficiales). • Actividades del plan de manejo ambiental y/o requerimientos pendientes por cumplir y las cumplidas con su respectivo cronograma. • Propuesta de desmantelamiento y demolición final de instalaciones y equipos. • Diseño y actividades de monitoreo para la rehabilitación y estabilización abiótica, biótica y programas para el medio socioeconómico a ser evaluadas en la fase post-cierre. • Actividades de intervención o protección de zonas afectadas de acuerdo con el estado de sucesión vegetal evaluado. • Medidas de manejo para todos los medios y componentes que puedan ser afectados. • Se debe presentar un plan básico de integración paisajística hacia el medio biótico (restauración, rehabilitación y recuperación, etc) que considere la información referente al componente paisajístico. • Fecha de devolución de áreas mineras a la ANM o autoridad competente. • Proyección de costos totales y anuales que serán incurridos para ejecutar todas las actividades del Cierre Final • Propuesta del uso de suelo en la etapa de post cierre articulada con los planes de ordenamiento territorial y ambiental, previamente concertada
--	--

	<p>con los grupos de valor del área de influencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cronograma de actividades
Post-Cierre	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades propuestas para el mantenimiento, monitoreo y seguimiento de cada uno de los componentes ambientales en la fase de post-cierre. • Estimación de los componentes residuales que permanecerían en el sitio después del cierre de la mina. • Evaluación de riegos para las instalaciones remanentes. • El post-cierre deberá considerar el mantenimiento a largo plazo de las medidas requeridas por las instalaciones remanentes, con el objeto de asegurar la estabilidad física y química de dichas instalaciones. • Relación del uso y aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo de la fase de post-cierre. • Medidas de seguimiento y control para verificar que los riesgos identificados se mantendrán controlados en el largo plazo con sus respectivos indicadores y cronograma. • Balance y evaluación de resultados de las actividades de mantenimiento, monitoreo y seguimiento en cada uno de los componentes ambientales durante el cierre final. • Identificación de las medidas de cierre a perpetuidad y frecuencia de monitoreo. • Resultados finales de la implementación de actividades propuestas en los planes para el medio socioeconómico. • Resultados del avance de implementación de propuesta del uso de suelo en la etapa de post-cierre articulada con los instrumentos de planificación territorial y ambiental, previamente concertada con los grupos de valor del área de influencia y las autoridades territoriales, presentada en el cierre final. • Proyección de costos totales y anuales que serán incurridos para ejecutar todas las actividades de post-cierre.

--	--

12.13 Información cartográfica y geodatabase

Para la elaboración de la información cartográfica relacionada con el EIA, el interesado debe emplear el sistema de referencia “Marco Geocéntrico Nacional de Referencia - Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas” (MAGNA-SIRGAS), de acuerdo con lo definido en las Resoluciones 471 de 2020 y 370 de 2021, modificadas por la Resolución 197 de 2022, o cualquier otra normativa que las reemplace, sustituya o modifique, expedida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Por otra parte, el interesado debe utilizar el aplicativo VALIDA, de la ANLA (s. f. d), con el fin de verificar que la información geográfica contenida en el EIA cumpla con los parámetros cartográficos, antes de presentar estos documentos a la entidad ambiental competente.

Para obtener más detalles sobre el uso y las características específicas de VALIDA, se recomienda consultar el sitio web de la ANLA (s. f. d) o de Datos Abiertos ANLA (s. f. b), donde se podrá encontrar información relevante y detallada sobre esta herramienta y su aplicación en el proceso de licenciamiento ambiental.

13. Seguimiento y monitoreo ambiental

Este control y seguimiento tiene dos actores: el concesionario minero y la autoridad ambiental que otorga la licencia ambiental.

13.1 Informe de Cumplimiento Ambiental

El Informe de Cumplimiento Ambiental es un documento que deben presentar los titulares de licencias ambientales. Este informe es fundamental para demostrar el cumplimiento de las condiciones establecidas en dicha licencia.

En la Figura 31 **Error! Reference source not found.** se presenta el esquema del Informe de Cumplimiento Ambiental.



Figura 31. Esquema temático del Informe de Cumplimiento Ambiental por parte del concesionario minero

Fuente: Adaptada del Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos (Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005a)).

El proponente deberá entregar el informe empleando los formatos que se describen en el *Manual de seguimiento ambiental de proyectos*, conforme a la Resolución 1552 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2005a).

No obstante, el titular minero o beneficiario del otorgamiento de la licencia ambiental deberá implementar las acciones de seguimiento y monitoreo (auditorías ambientales internas) que

le permitan identificar el grado de cumplimiento de las medidas de manejo ambiental aprobadas en los Planes de Manejo Ambiental y la efectividad de las acciones propuestas para el manejo de los impactos ambientales, en pro de garantizar la eficacia y eficiencia de las medidas ambientales implementadas y aprobadas en la licencia ambiental.

13.2 Informe de Cumplimiento Ambiental. Autoridad ambiental

El control y seguimiento ambiental tiene como fin inspeccionar o monitorear las acciones de las personas sobre el territorio, así como la evolución de un proyecto, obra o actividad en el cumplimiento de las obligaciones derivadas de la licencia ambiental dirigida a garantizar la sostenibilidad, conservación, recuperación, prevención o mitigación de un impacto negativo determinado sobre los recursos naturales renovables.

Dicho control y seguimiento puede llevarse a cabo de dos maneras principales:

- Inspección física en el terreno, que implica una visita técnica al proyecto.
- Revisión documental, que consiste en analizar el Informe de Cumplimiento Ambiental, proporcionado por el titular minero.

Resultado del control y seguimiento, se emite un informe técnico que puede dar lugar a recibir a satisfacción o a realizar un requerimiento para subsanar alguna situación que pueda estar generando una afectación ambiental. En caso de hacer caso omiso al requerimiento, la autoridad ambiental puede iniciar un proceso sancionatorio con fundamento en la Ley 1333 de 2009 modificada parcialmente por la Ley 2387 de 2024.

14. Economía circular en las actividades de explotación minera

La economía circular es una estrategia innovadora de diseño, producción y creación de valor agregado que beneficia a las empresas, la sociedad y el ambiente, reemplazando el esquema clásico de producción de la “economía lineal”, donde solo se extraen recursos, se producen bienes, se consumen y al final se desechan.

En este orden de ideas, la economía circular describe un proceso económico que se basa en modelos comerciales. Además de generar conciencia en el uso y reúso de materiales, modifica el modelo actual de producción por uno que pueda contribuir mayormente a la economía del país, optimizar el uso de insumos, incrementar la vida útil de los productos y, sobre todo, aportar al control de la problemática ambiental, a partir de la recirculación y la reutilización de materiales.

Por lo tanto, este nuevo modelo de la producción de bienes y servicios sostenibles es el objetivo de la economía circular, que contribuye al crecimiento económico, ambiental, reduciendo de esta forma el uso de materias primas y recursos naturales, como lo son el agua, el carbón, los árboles, entre otros, con el fin de prolongar su ciclo de vida e incrementar la rentabilidad financiera.

En la Figura 32 **Figura 32** se presentan las oportunidades de circularidad frente a la cadena de valor minera.



Figura 32. Oportunidades de circularidad frente a la cadena de valor minera

Fuente: Adaptada de Colombia, Ministerio de Minas y Energía —MME— (2022c, p. 9).

¿Sabías que...?

El Ministerio de Minas y Energía (2022) construyó una propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de economía circular en la actividad minera. Este es un modelo que busca promover la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, mostrando casos de aplicación de economía circular a nivel nacional e internacional, y el paso a paso que orienta la implementación en cada una de las etapas de los proyectos mineros

La aplicación de la economía circular toma gran importancia en la etapa de explotación, toda vez que las actividades a desarrollar generan residuos minerales que pueden ser de interés para otras operaciones o actividades productivas que potencializan los encadenamientos productivo.

En la Tabla 16 se presentan algunos ejemplos que permiten orientar la aplicación de la economía circular en los proyectos de minería durante la etapa de explotación.

Tabla 16. Ejemplos de economía circular en la etapa de explotación

Ejemplos de economía circular	Descripción
Recirculación de agua	Este proceso permite la reutilización del recurso hídrico en las diferentes actividades que desarrollen durante la etapa de explotación, de manera que se optimiza el uso racional del agua y se articula como una medida de prevención ante la posible generación u ocurrencia de descargas de aguas residuales
Reutilización de lodos	Esta medida permite la eliminación de lodos residuales generados por las actividades de explotación a desarrollar, los cuales pueden ser tratados de forma adecuada para la extracción económica de metales, o en la reutilización de estos en otras actividades como la agricultura, fabricación de ladrillos o cemento blanco, etc.
Reutilización de residuos	Esta actividad integra un valor agregado en pro de las siete R, que son las siglas de Rediseñar, Reducir, Reutilizar, Reparar, Renovar, Recuperar y Reciclar, iniciativa integral por medio de la cual se preserva el ambiente, al mismo

Ejemplos de economía circular	Descripción
	tiempo que se da valor económico a lo que se podría clasificar como un residuo, o se puede convertir en subproductos para ser reutilizados
Aprovisionamiento de insumos	Esta medida permite a los habitantes del área del proyecto minero ofrecer los servicios o insumos que requiera el desarrollo del proyecto para sus diferentes fases o actividades, lo que les genera aportes económicos a los habitantes del área del proyecto y garantiza beneficios para el desarrollo socioeconómico de la región

Fuente: Elaboración propia.

Para un mayor entendimiento, se recomienda consultar y verificar lo dispuesto en el Centro de Aprendizaje Minero del Ministerio de Minas y Energía (Colombia, MME, s. f.), en el cual se dispone de cursos de formación en economía circular, con el fin de promover acciones sostenibles.

Finalmente, para la aplicación de la economía circular en la etapa de explotación, es necesario identificar las características de los residuos producidos, para establecer su potencial de reutilización, reciclaje y oportunidades de circularidad (Colombia, MME, 2022c, p. 75). Igualmente, se recomienda realizar la caracterización del material recuperable y aprovechable de presas de relaves, escombreras o botaderos de material estéril, para determinar limitantes y oportunidades que optimicen su aprovechamiento. Durante la aplicación de la economía circular se recomienda garantizar la participación de diferentes grupos de interés, así como el posible aprovechamiento por parte de terceros y construir una propuesta de valor de negocio circular.

14.1 Experiencias exitosas de empresas mineras en Colombia en la implementación de la economía circular

A continuación se presentan dos ejemplos de casos exitosos en Colombia, con la implementación de la economía circular en la explotación:

SUMICOL S.A. Aprovechamiento de relaves compuesto en gran porcentaje por caolín utilizándolo en la fabricación de cemento blanco. DRUMMOND LTD. Optimización en sus procesos operativos, reutilizando el material estéril para recuperación del suelo y paisaje, reusó de las aguas residuales tratadas, entre otros. (Colombia, MME, 2022c)

UNIMINAS S.A.S. Investigación para la fabricación de bloques a partir del material estéril como materia prima, igualmente la empresa cuenta con una planta de reciclaje donde se llevan diferentes residuos generados por la empresa para su posterior aprovechamiento. (Colombia, MME, 2022c)

GRAN COLOMBIA GOLD. Suministra los estériles generados en la mina al constructor de una vía nacional 4G que comunica el Río Magdalena con el Río Cauca en Antioquia. Mientras que en la mina subterránea se aprovecha el material estéril en el relleno dentro de la mina para ganar en términos de sostenimiento garantizando la estabilidad del macizo rocoso. (Colombia, MME, 2022c)

Recuerda que...

La *economía circular en la actividad minera* constituye una iniciativa propia que parte del titular minero para generar bienes y servicios sostenibles, hasta propuestas de valor de negocio, dado que a la fecha esta no se encuentra regulada como una obligación de implementación o cumplimiento minero.

Referencias

- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2018a). *Guía de participación ciudadana para el licenciamiento ambiental*.
https://www.anla.gov.co/01_anla/documentos/biblioteca/guia_participacion_ciudadana.pdf
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2018b). *Guía para el diseño y construcción de indicadores de impactos internalizables en el marco del licenciamiento ambiental en Colombia*.
https://www.anla.gov.co/documentos/normativa/manuales_guias/30_11_2018_indicadores_de_impactos_internalizables_enviado.pdf
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2018c). *Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia*.
https://www.andi.com.co/Uploads/guia_para_la_definicion_identificacion_y_delimitacion_del_area_de_influencia_0.pdf
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2020). Sistema para el Análisis Geográfico de Información en el Licenciamiento Ambiental de la ANLA (SIGWEB). <https://datosabiertos-anla.hub.arcgis.com/apps/anla::agil/explore>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2021a). Estandarización y jerarquización de impactos ambientales para proyectos licenciados por ANLA.
https://www.anla.gov.co/documentos/sipta/valoracion_economica/28-05-2021-anla-Jerarquizacion2021.pdf
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2021b, octubre 30). La ANLA pone a disposición de sus usuarios el Aplicativo para la presentación del Plan de Manejo Ambiental —APMA—. https://www.anla.gov.co/01_anla/noticias/2022-la-anla-pone-a-disposicion-de-sus-usuarios-el-aplicativo-para-la-presentacion-del-plan-de-manejo-ambiental-apma
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2022a). *Guía para la elaboración del Plan de Cierre y Abandono de proyectos mineros*.
https://www.anla.gov.co/01_anla/documentos/proyectos/02_transformacionales/03_nuevo_modelo/Documentos/05-09-2022-anla-guia-de-cierre-abandono-proyectos-mineros.pdf
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2022b, septiembre 22). *Guía para la solicitud de autorización de ocupación de cauces, playas y lechos*.
<https://storymaps.arcgis.com/stories/56ac6a8baf6b413f818a02312bd036dc>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2022c). *Indicadores de efectividad en el proceso de licenciamiento ambiental*.
https://www.anla.gov.co/01_anla/documentos/proyectos/02_transformacionales/03_nuevo_modelo/Documentos/27-08-2022-Indicadores_de_efectividad.pdf
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (ANLA). (s. f. a). Biblioteca WEB ANLA.
<https://www.anla.gov.co/biblioteca-web>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (s. f. b). Datos abiertos ANLA. <https://datosabiertos-anla.hub.arcgis.com/>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (s. f. c). EUREKA. <https://www.anla.gov.co/eureka/>
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (s. f. d). VALIDA.
https://www.anla.gov.co/01_anla/entidad/subdirecciones-y-oficinas/instrumentos-permisos-y-tramites-ambientales/sistema-de-informacion-geografica
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2014). Resolución 338, por medio de la cual se adoptan las condiciones de las pólizas minero-ambientales y se dictan otras disposiciones (30 de mayo).
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2017). Resolución 143 de 2017, por medio de la cual se deroga la Resolución 428 de 2013, modificada por la Resolución 551 de 2013 y se adoptan los términos de referencia señalados en el literal f del artículo 271, los artículos 278, 339 y 340 del Código de Minas y se dictan otras disposiciones (29 de marzo).

- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2019a). Resolución 564, por medio de la cual se adopta el “Manual de suministro y entrega de la información geológica en el desarrollo de actividades mineras” y se derogan las Resoluciones 320 del SGC y Resolución 483 de la ANM de 10 de julio de 2015 (2 de septiembre).
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2019b). Resolución 603, por medio de la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Plan de Trabajos de Explotación requerido para las actividades mineras y fiscalización de las autorizaciones temporales y se toman otras determinaciones (13 de septiembre).
- Colombia, Agencia Nacional de Minería. (ANM). (2019c). Resolución 604, por medio de la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Informe Anual de Labores Mineras Realizadas y Programada[s] de Labores Mineras a Ejecutar, para beneficiarios mineros de Reconocimientos de Propiedad Privada-RPP y se toman otras determinaciones (13 de septiembre).
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2020a). Instructivo para presentar la actualización o reconciliación anual de recursos y reservas minerales. https://www.anm.gov.co/sites/default/files/Instructivo_Reconciliacion_101020220858.pdf
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2020b). *Manual del socorredor minero*. <https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/manual-del-socorredor-minero-15-12-2020.pdf>
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2020c). Resolución 100. por medio de la cual se establece[n] las condiciones y periodicidad para la presentación de la información sobre los recursos y reservas minerales existentes en el área concesionada, de conformidad con lo previsto en el artículo 328 de la Ley 1955 de 2019 (17 de marzo).
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2021). Resolución 263, por la cual se deroga la Resolución 406 del 28 de junio de 2019 y se modifica la Resolución 318 del 20 de junio de 2018, en la cual se adoptan los términos de referencia aplicables para la elaboración de los programas y proyectos de Gestión Social en la ejecución de los proyectos mineros, y se dictan otras disposiciones (25 de mayo).
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2023). Resolución 514, por medio de la cual se modifica el artículo 3° de la Resolución número 100 del 17 de marzo de 2020 y se toman otras determinaciones (5 de junio).
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2024a). Números de atención de emergencias mineras. Estaciones y puntos de apoyo de seguridad y salvamento minero en Colombia <https://www.anm.gov.co/?q=numerosAtencionEmergenciasMineras>
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (2024b). *Proceso de recaudo, liquidación y distribución de regalías*. <https://www.anm.gov.co/?q=proceso-de-recaudo-liquidacion-y-distribucion-de-regalias>
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (s. f. a). F3 Formulario para la presentación del informe final de exploración y Programa de Trabajos e Inversiones PTI Pequeña Minería. https://www.anm.gov.co/sites/default/files/Documentos/formulario_f3_anm_20140217.pdf
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (s. f. b). F4 Formulario para la presentación del informe final de exploración y Programa de Trabajos e Inversiones PTI Mediana y Gran Minería. https://www.anm.gov.co/sites/default/files/Documentos/formulario_f4_anm_20140217.pdf
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM). (s. f. c). Formulario para declaración de producción y liquidación de regalías, compensaciones y demás contraprestaciones por explotación de minerales. https://www.anm.gov.co/sites/default/files/Regalias/formulariodeclaracion-1-a_mp1.pdf
- Colombia, Agencia Nacional de Minería (ANM), Vicepresidencia de Seguimiento, Control y Seguridad Minera. (2023). Resolución 2, por la cual se adopta el protocolo de entrega de información geológica por parte de los titulares mineros y propietarios de minas al Banco de Información Minera (BIM), a que hace referencia el parágrafo del artículo 7 de la Resolución ANM 100 de 2020 (3 de mayo).
- Colombia, Congreso de la República. (1997a). Ley 99, por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones (22 de diciembre).

Colombia, Congreso de la República. (1997b). Ley 373, por la cual se establece el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua (6 de junio).

Colombia, Congreso de la República. (2001). Ley 685, por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones (15 de agosto).

Colombia, Congreso de la República. (2002a). Ley 756 de 2002, por la cual se modifica la Ley 141 de 1994, se establecen criterios de distribución y se dictan otras disposiciones (23 de julio).

Colombia, Congreso de la República. (2002b). Ley 768, por la cual se adopta el Régimen Político, Administrativo y Fiscal de los Distritos Portuario e Industrial de Barranquilla, Turístico y Cultural de Cartagena de Indias y Turístico, Cultural e Histórico de Santa Marta (31 de julio).

Colombia, Congreso de la República. (2009). Ley 1333, por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones (2 de julio).

Colombia, Congreso de la República. (2012a). Ley 1523, por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones (24 de abril).

Colombia, Congreso de la República. (2012b). Ley 1562 de 2012, por la se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional (11 de julio).

Colombia, Congreso de la República. (2013). Ley 1658, por medio de la cual se establecen disposiciones para la comercialización y el uso de mercurio en las diferentes actividades industriales del país, se fijan requisitos e incentivos para su reducción y eliminación y se dictan otras disposiciones (15 de julio).

Colombia, Congreso de la República. (2015). Ley 1753, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, “Todos por un nuevo país” (9 de junio).

Colombia, Congreso de la República. (2019). Ley 1955, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad” (25 de mayo).

Colombia, Congreso de la República. (2020). Ley 2056, por la cual se regula la organización y el funcionamiento del sistema general de regalías (30 de septiembre).

Colombia, Congreso de la República. (2023). Ley 2294, por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida” (19 de mayo).

Colombia, Congreso de la República. (2024). Ley 2387, por medio del cual se modifica el procedimiento sancionatorio ambiental, Ley 1333 de 2009, con el propósito de otorgar herramientas efectivas para prevenir y sancionar a los infractores y se dictan otras disposiciones (25 de julio).

Colombia, Consejo de Estado, Sala de lo Contencioso Administrativo, Sección Primera. (2022). Medio de control de protección de los derechos e intereses colectivos. Consejero Ponente: Roberto Augusto Serrato Valdés. Radicación 25000234100020130245901 (4 de agosto). <https://www.consejodeestado.gov.co/news/02-sep-2022.htm>

Colombia, Corte Constitucional. (1997). Sentencia C-221. Referencia: Expediente D-1458. Magistrado Ponente: Alejandro Martínez Caballero (29 de abril).

Colombia, Departamento Nacional de Planeación. (2011). Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 “Prosperidad para todos”. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/PND/PND2010-2014%20Tomo%20I%20CD.pdf>

Colombia, Departamento Nacional de Planeación. (2023). Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). Resolución 1514, por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos (31 de agosto).

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Decreto 3016, por el cual se reglamenta el permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales (27 de diciembre).

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015a). Decreto 1076, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (26 de mayo).

Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015b). Resolución 1258. Por la cual se adoptan los lineamientos, la guía ambiental y los términos de referencia para las actividades de formalización de minería tradicional a que se refiere el Decreto 933 de 2013 y se toman otras determinaciones (19 de mayo).

- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016a). Decreto 2099, por el cual se modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto número 1076 de 2015, en lo relacionado con la “Inversión Forzosa por la utilización del agua tomada directamente de fuentes naturales” y se toman otras determinaciones (22 de diciembre).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016b). Resolución 2206 de 2016, por el cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de los proyectos de explotación de proyectos mineros y se toman otras determinaciones (27 de diciembre).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017a). Resolución 751, por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración de los estudios de impacto ambiental -EIA, para las nuevas plantas de beneficio de oro por fuera de títulos mineros y la reubicación de las existentes (7 de abril).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017b). Resolución 1669, por la cual se adoptan los criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades de licencia ambiental o instrumento equivalente y se adoptan otras determinaciones (15 de agosto).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018a). Decreto 1090, por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones (28 de junio).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018b). *Guía de aplicación de la valoración económica ambiental*.
https://archivo.minambiente.gov.co/images/NegociosVerdesysostenible/pdf/valoracion_economica_ambiental/Gu%C3%ADa_de_aplicaci%C3%B3n_de_la_VEA_Comprimida.pdf
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018c). *Manual de compensaciones del componente biótico*.
https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/manual_de_compensaciones/Manual_de_compensaciones_del_componente_bi%C3%B3tico.pdf
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018d). Resolución 0256, por la cual se adopta la actualización del Manual de compensaciones ambientales del componente biótico y se toman otras determinaciones (22 de febrero).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018e). Resolución 1257, por la cual se desarrollan los parágrafos 1 y 2 del artículo 2.2.3.2.1.1.3. del Decreto 1090 de 2018, mediante el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015 (10 de julio).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018f). Resolución 1402, por la cual se adopta la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales y se toman otras determinaciones (25 de julio).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018g). Resolución 1259, por la cual se señala los casos en los que no se requerirá adelantar trámite de modificación de la licencia ambiental o su equivalente, para aquellas obras o actividades consideradas cambios menores o de ajuste normal dentro del giro ordinario de los proyectos del sector minero (23 de agosto).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021a). Listado de impactos ambientales específicos 2021. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/04/Listado-de-Impactos-Ambientales-Especificos-2021-V.4.pdf>
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021b). Resolución 1058, por la cual se modifica parcialmente la Resolución 2202 del 29 de diciembre de 2005 y se adoptan otras determinaciones (7 de octubre).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2024). Resolución 0126, por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el Comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones (6 de febrero).
- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s. f.). Estrategia Nacional de Compensaciones Ambientales. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/estrategia-nacional-de-compensaciones-ambientales/>

- Colombia, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (ANLA). (2017). *Criterios técnicos para el uso de herramientas económicas en los proyectos, obras o actividades objeto de licenciamiento ambiental*. https://www.anla.gov.co/01_anla/documentos/sipta/valoracion_economica/cartilla_criterios_tecnicos_para_el_uso_de_herramientas_economicas_ver2.pdf
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005a). Resolución 1552, por el cual se adoptan los manuales para evaluación de estudios ambientales y de seguimiento ambiental de proyecto y se toman otras determinaciones (20 de octubre).
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005b). Resolución 2202, por la cual se adoptan los Formularios Únicos Nacionales de Solicitud de Trámites Ambientales (29 de diciembre).
- Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución 650, por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire (29 de marzo).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (2002) Resolución 18-0861, por medio de la cual se adoptan las guías minero ambientales y se establecen otras disposiciones (20 de agosto).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2014). Resolución 91544, por medio del cual se reglamentan los criterios de graduación de las multas por el incumplimiento de las obligaciones contractuales emanadas de los títulos mineros (24 de diciembre).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2015a). Decreto 0276, por la cual se adopta medidas relacionadas con el Registro Único de Comercializadoras – RUCOM (17 de febrero).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2015b). Decreto 1886, por el cual se establece el Reglamento de Seguridad en las Labores Mineras Subterráneas (21 de septiembre).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2015c). Decreto 2504, por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario No. 1073 de 2015 que define los aspectos técnicos, tecnológicos, operativos y administrativos para ejercer la labor de fiscalización minera y se toman otras determinaciones (23 de diciembre).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2015d). *Guía para la elaboración del Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua en la minería de metales preciosos y carbón - PUEAA*. http://www.upme.gov.co/SeccionMineria_sp/Guia_programa_uso_eficiente_ahorro_agua_en_la_mineria.pdf
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2015e). Resolución 40599, por medio de la cual se adopta el glosario técnico minero (27 de mayo).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2015f). Resolución 40600, por medio de la cual se establecen requisitos y especificaciones de orden técnico minero para la presentación de planos y mapas aplicados a la minería (27 de mayo).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2015g). Decreto 1073 de 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía (26 de mayo).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2016a). Decreto 1666, por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, No. 1073 de 2015, relacionado con la clasificación minera (21 de octubre).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2016b). Resolución 40391, por el cual se adopta la política minera nacional (20 de abril).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2019). Resolución 40925, por la cual se adopta un nuevo Formato Básico Minero - FBM y se toman otras disposiciones (31 de diciembre).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2021a). Economía circular en el sector minero colombiano “una oportunidad para la productividad minera”.
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2021b). Resolución 40008, por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de la actividad de fiscalización de proyectos de exploración y explotación de minería en cumplimiento de lo establecido en el numeral 2 del literal A del artículo 7o de la Ley 2056 de 2020 (14 de enero).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2022a). Decreto 539, por el cual se expide el Reglamento de Higiene y Seguridad en las Labores Mineras a Cielo Abierto (8 de abril).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2022b). Decreto 944, por el cual se modifica el Decreto 1886 de 2015 (1 de junio).

- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2022c). *Propuesta de lineamientos técnicos de política de buenas prácticas para estandarizar los procesos de economía circular en la actividad minera*. <https://www.minenergia.gov.co/documents/7134/economia-circular-actividad-minera-mme-2022.pdf>
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (2022d). Resolución 40209 de 2022, por medio de la cual se actualiza la política nacional de seguridad minera (10 de junio).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía. (MME). (s. f.). Centro de Aprendizaje Minero. <https://www.minenergia.gov.co/en/micrositios/centro-de-aprendizaje-minero/>
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MME & MADS). (2002). *Guía minero-ambiental 3. Beneficio y transformación*. <https://repositoriobi.minenergia.gov.co/handle/123456789/2051>
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía y Ministerio de Medio Ambiente. (2002). Resolución 18-0861, por medio de la cual se adoptan las guías minero-ambientales y se establecen otras disposiciones (20 de agosto).
- Colombia, Ministerio de Minas y Energía, y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2021). Política de gestión del riesgo de desastres del sector minero-energético. https://www.minenergia.gov.co/documents/9294/3._Pol%C3%ADtica_de_Gesti%C3%B3n_del_Riesgo_de_Desastres_del_SME.pdf
- Colombia, Ministerio del Trabajo. (2015). Decreto 1072, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo (26 de mayo).
- Colombia, Ministerio del Trabajo. (2019). Resolución 312, por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST (13 de febrero).
- Colombia, Ministerio del Transporte. (2007). Decreto 3083, por el cual se reglamenta el artículo 39 del Decreto 2811 de 1974 y el artículo 3.º de la Ley 336 de 1996. Cargue Carbón en Puerto (15 de agosto).
- Colombia, Presidencia de la República. (1988). Decreto 2655, por el cual se expide el Código de Minas (23 de diciembre).
- Colombia, Presidencia de la República. (2012). Decreto 2667, por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones (21 de diciembre).
- Colombia, Presidencia de la República. (2018). Decreto 1090, por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro de Agua y se dictan otras disposiciones (28 de junio).
- Colombia, Presidencia de la República. (2019). Decreto 2106, por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública (22 de noviembre).
- Colombia, Presidencia de la República. (2022a). Decreto 179, por el cual se modifica un artículo a la sección 1 y se adicionan otros a la sección 2 del capítulo 1 del título V de la parte 2 del libro 2 del Decreto 1073 de 2015, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, en lo referente a requisitos y especificaciones de orden técnico minero para la presentación de documentos relacionados con la minería (3 de febrero).
- Colombia, Presidencia de la República. (2022b). Decreto 1478, por medio del cual se adopta la actualización del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se modifica el Artículo 2.3.1.2.2.4.3 de la Subsección 4, Sección 2, Capítulo 2, Título 1, Libro 2, del Decreto Único Presidencial 1081 de 2015 (3 de agosto)
- Comisión Colombiana de Recursos y Reservas Minerales & Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards (CRIRSCO). (2018). Estándar colombiano para el reporte público de resultados de exploración, recursos y reservas minerales.
- Darling, P. (Ed.). (2011). *SME mining engineering handbook* (3.ª ed.). Society for Mining, Metallurgy and Exploration.
- Gheorghe, G. C. (2023). *Guía técnica: lo esencial en la gestión de seguridad y salud en minería*. ARLSURA.
- Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de minería a cielo abierto*. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_2.pdf
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Dirección General. (2021). Resolución 370, por medio de la cual se establece el sistema de proyección cartográfica oficial para Colombia (16 de junio).

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Dirección General. (2022). Resolución 197, por medio de la cual se modifica la Resolución 471 y 529 de 2020, por medio de la cual se establecen las especificaciones técnicas mínimas que deben tener los productos de la cartografía básica oficial de Colombia (27 de enero).
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). Norma ISO 45001. Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso. <https://ergosourcing.com.co/wp-content/uploads/2018/05/iso-45001-norma-Internacional.pdf>
- Dexmac. (2019). Toscana cantera y mármol [Fotografía]. *Pixabay*. <https://pixabay.com/es/photos/toscana-cantera-m%C3%A1rmol-apuano-4240688/>
- Ortiz, J. (s. f.). *Apuntes de curso - Explotación de Minas*. Universidad de Chile. https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2015/1/ME5703/1/foro/r/Apuntes_de_Curso_de_Explotacion_de_Minas_-_Julian_Ortiz.pdf
- Peabody Energy. (2015). Twentymile Underground Coal Mine. *Wikimedia Commons*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Twentymile_Underground_Coal_Mine.png
- Readontheroad. (2008). Jack leg drill w compressed air [Figura]. *Flickr*. <https://www.flickr.com/photos/readontheroad/2588301556/in/photostream/>
- Tørriksen, B. C. (2019). Palabora-Open-Pit-Mine-2019. *Wikimedia Commons*. <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Palabora-Open-Pit-Mine-2019.jpg>
- Xlxgoggaxlx. (2011). Continuous Miner [Figura] *Wikimedia Commons*. https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Continuous_Miner.jpg