
GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE CIERRE Y ABANDONO DE PROYECTOS MINEROS

Subdirección de Instrumentos Permisos y Trámites Ambientales

Elaboró:

Johana María Pinzón Camargo
Apoyo transversal: ANLA¹

Revisó:

Maria Saralux Valbuena López - Coordinación instrumentos
Liliana de la Cuadra - Líder técnico instrumentos
Laura Gaitán - Coordinador participación ciudadana
Daniel Páez Delgado – Oficina Asesora Jurídica
Jose Vicente Azuero– Oficina Asesora Jurídica
Sara Lucia Castellanos – Oficina Asesora Jurídica

Aprobó:

Carlos Alonso Rodríguez Pardo
Subdirector de Instrumentos Permisos y Trámites Ambientales

Rodrigo Suarez Castaño
Director General

Fecha: agosto 2022

¹ Angelica Maria Becerra, Fabian Alejandro Velásquez, Juan Pablo Malagón, Neidy Mildred Daza, Kelly Alejandra Saavedra, Marcela Andrea Restrepo, Martha Liliana Gómez, Jairo Alberto Ruiz, Oscar David Cardona, Pablo Jose Hernández, Jenny Magaly Jaramillo, Aida Lucia Sánchez, Natalia Salazar Latorre, Lina Fernanda Pérez, Juliana Isabel Betancur, Yeimy Paola Garzón.

GUIA PARA LA ELABORACIÓN DEL PLAN DE CIERRE Y ABANDONO DE PROYECTOS MINEROS

Contenido

GLOSARIO	3
LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS	8
INTRODUCCIÓN.....	9
ALCANCE	10
REFERENCIAS NORMATIVAS	10
1. PLAN DE CIERRE Y ABANDONO MINERO – PCA.....	13
1.1 ¿Cuál es el objetivo del plan?.....	13
1.2 ¿A quién involucra el plan de cierre y abandono?	13
1.3 ¿Cuánto dura un plan de cierre y abandono?.....	13
1.4 ¿Cómo manejar áreas mineras contiguas para el cierre del proyecto?.....	14
1.5 ¿Qué cierres se presentan durante la vida útil del proyecto minero?.....	14
1.6 ¿Cada cuanto se debe actualiza el plan de cierre y abandono minero?.....	15
1.7 ¿Qué debe contener un plan de cierre y abandono minero?.....	15
1.7.1 Plan de cierre inicial	18
1.7.2 Plan de cierre temporal.....	28
1.7.3 Plan de cierre progresivo.....	32
1.7.4 Plan de cierre final	40
1.7.4 Plan de poscierre	48
1.8 Plan de contingencia.....	52

GLOSARIO

Abandono (industria minera): fase del ciclo minero durante la cual tiene lugar la disminución gradual de la producción, la actualización e implementación de los planes de cierre de la mina, el retiro de los equipos mineros, la disposición de activos y excedentes, el cierre, la definición del uso final del suelo y la implementación de las medidas de manejo, restauración y reconfiguración morfológica de las áreas afectadas por la minería, así como la definición de acciones para el poscierre^[1].

Acuífero: unidad de roca o sedimento, capaz de almacenar y transmitir agua, entendida como el sistema que involucra las zonas de recarga, tránsito y de descarga, así como sus interacciones con otras unidades similares, las aguas superficiales y marinas^[2].

Aguas ácidas: se forman por meteorización de minerales sulfurosos, simultáneamente a la acción catalizadora de bacterias^[3].

Alcance de los proyectos, obras o actividades: Un proyecto, obra o actividad incluye la planeación, emplazamiento, instalación, construcción, montaje, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación de todas las acciones, usos del espacio, actividades e infraestructura relacionados y asociados con su desarrollo^[4].

Amenaza: peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales^[5].

Análisis y evaluación del riesgo: Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación^[6].

Biodiversidad: variabilidad de organismos vivos, incluidos entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende también la diversidad genética dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas. Esta definición permite entender la biodiversidad como un sistema, territorialmente explícito, que se caracteriza no solo por tener estructura, composición (expresado en los diversos arreglos de los niveles de organización de la biodiversidad, desde los genes hasta los ecosistemas) y un funcionamiento entre estos niveles, sino que también tiene una relación estrecha e interdependiente con los beneficios

que pueden proveer a los seres humanos a través de un conjunto de procesos ecológicos que han sido establecidos como servicios ecosistémicos, los cuales incluyen categorías de soporte, aprovisionamiento, regulación y cultura (ver definición de servicios ecosistémicos) para el desarrollo de los diferentes sistemas culturales humanos en todas sus dimensiones (político, social, económico, tecnológico, simbólico, mítico y religioso)^[7].

Cambio climático: variación del estado del clima identificable, por ejemplo, mediante pruebas estadísticas, en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos, generalmente decenios o periodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos persistentes de la composición de la atmósfera por el incremento en las concentraciones de gases de efecto invernadero o del uso del suelo. El cambio climático, podría modificar características de los fenómenos meteorológicos e hidroclimáticos extremos en su frecuencia promedio e intensidad, lo cual se expresará paulatinamente en su comportamiento espacial y ciclo anual de estos^[8].

Conectividad ecológica: grado en el cual los componentes del paisaje de un determinado territorio facilitan o impiden los procesos de transferencia entre parches, fragmentos, teselas o manchas (Bennet, 1999). Conexiones espaciales existentes entre ecosistemas. Éstos, que carecen de límites netos y objetivos, constituyen redes ecológicas que permiten concebir el territorio como un “tejido”, con flujos de energía, materia y procesos biológicos y culturales. Díaz-Pineda & Schmitz (2011) consideran la “conectividad ecológica horizontal” como el sistema de flujos físicos, bióticos y culturales propios del tejido territorial^[9].

Conocimiento del riesgo: proceso de la gestión del riesgo compuesto por la identificación de escenarios de riesgo, el análisis y evaluación del riesgo, el monitoreo y seguimiento del riesgo y sus componentes y la comunicación para promover una mayor conciencia del mismo que alimenta los procesos de reducción del riesgo y de manejo de desastre^[10].

Contingencia ambiental: situación de riesgo derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que puede poner en peligro la integridad de uno o varios ecosistemas o compartimientos. Puede haber diferentes niveles, desde un aviso preliminar, hasta el que requiere de acciones de emergencias^[11].

Economía circular: sistemas de producción y consumo que promuevan la eficiencia en el uso de materiales, agua y la energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas, el uso circular de los flujos de materiales a través la implementación de la innovación tecnológica, alianzas y colaboraciones entre actores, y el impulso de modelos de negocio que responden a los fundamentos del desarrollo sostenible^[12].

Ecosistema: área de tamaño variable, con estrecha relación o asociación de sus componentes físicos (abióticos) y biológicos (bióticos), organizado de manera tal que, al cambiar un componente, o subsistema, se comprometen los otros y en consecuencia el funcionamiento de todo el ecosistema^[13].

Emergencia: situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general^[14].

Estabilidad química: situación de control en agua, en aire y en suelo de las características químicas que presentan los materiales contenidos en las obras o depósitos de una faena minera, cuyo fin es evitar, prevenir o eliminar, si fuere necesario, la reacción química que causa acidez, evitando el contacto del agua con los residuos generadores de ácidos que se encuentren en obras y depósitos masivos mineros, tales como depósitos de relaves, botaderos, depósitos de estériles y rípios de lixiviación^[15].

Exposición (elementos expuestos): presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ecosistémicos y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza^[16].

Grupos de interés: Corresponde a las personas u organizaciones que están interesadas o involucradas en el desarrollo de un proyecto, obra o actividad en evaluación o seguimiento por parte de la autoridad ambiental, e interactúan con este.

Infraestructura minera: conjunto de bienes, instalaciones y servicios establecidos (agua, pozos sépticos, acueducto, energía, otros), básicos para el normal desarrollo de una operación minera. La infraestructura minera, como un todo, constituye un gran sistema compuesto por subsistemas, que deben considerarse desde diferentes puntos de vista y no exclusivamente desde el económico. Un subsistema importante es, por ejemplo, el transporte, que está compuesto por caminos, carreteras, vías férreas, aeropuertos, puertos, entre otros, e incluye vehículos, instalaciones y otros muchos bienes más y, desde luego organizaciones que incluyen a las personas que las manejan^[17].

Integración paisajística: cualidad que tiene un proyecto de formar parte de un paisaje, considerado en todos sus aspectos y facetas. La integración, por tanto, consiste en considerar el proyecto como un elemento que pasa a formar parte de los procesos ambientales, que son la base del paisaje, de la ocupación y utilización humana que convierte un espacio geográfico en territorio y de la estructura escénica y visual del paisaje. Se considera una buena integración de un proyecto en el paisaje aquella que establece, mantiene y consolida las facetas ambientales, territoriales, escénicas y estéticas del paisaje^[18].

Programa de Trabajos y Obras PTO: es el resultado de los estudios y trabajos de exploración, que presenta el concesionario, antes del vencimiento definitivo de este período, 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; 3) Detallada información cartográfica del área y si se tratare de minería marina especificaciones batimétricas; 4) Ubicación, cálculo y características de las reservas 5)

Descripción y localización de 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 explotarse; 10) Descripción y localización de las obras e instalaciones necesarias para el ejercicio de las servidumbres inherentes a las operaciones mineras y, 11) Plan de cierre de la explotación y abandono de los montajes y de la infraestructura^[19].

Recuperación: son las acciones de restauración que están orientadas a recuperar algunos servicios ecosistémicos. Generalmente los ecosistemas resultantes no son auto-sostenibles y no se parecen al sistema predisturbio ^[20].

Recuperación ecológica: recuperar algunos servicios ecosistémicos de interés social. Generalmente los ecosistemas resultantes no son autosostenibles y no se parecen al sistema predisturbio ^[21].

Reducción del riesgo: proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera ^[22].

Rehabilitación ecológica: llevar al sistema degradado a un sistema similar o no al sistema predisturbio, este debe ser autosostenible, preservar algunas especies y prestar algunos servicios ecosistémicos^[23]

Remediación: conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para reducir o eliminar los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos^[24].

Residuos mineros: 1. residuos producto de la extracción y la explotación de minerales. 2. Desmontes, escombreras, colas, desechos y escorias resultantes de las actividades minero-metalúrgicas^[25].

Restauración: restablecer parcial o totalmente la composición, estructura y función de la biodiversidad, que hayan sido alterados o degradados^[26].

Restauración ecológica: son las acciones de restauración que están orientadas a restablecer el ecosistema degradado a una condición similar al ecosistema pre- disturbio respecto a su composición, estructura y funcionamiento. Además, el ecosistema resultante debe ser un sistema auto-sostenible y debe garantizar la conservación de especies, del ecosistema en general, así como de la mayoría de sus bienes y servicios^[27].

Ronda hídrica: Comprende la faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho^[28].

Suelo: Componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipos biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta^[29].

En los casos que exista incompatibilidad entre las definiciones de esta guía y las que establezca la normatividad, prevalecerá la última.

LISTA DE ACRÓNIMOS Y SIGLAS

DM:	Drenaje de Mina
EIA:	Estudio de Impacto Ambiental.
EOT:	Esquema de Ordenamiento Territorial.
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
MGEPEA:	Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales
PCA:	Plan de Cierre y Abandono.
POMCA:	Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas.
POT:	Plan de Ordenamiento Territorial.
PTO:	Programa de Trabajos y Obras.
TdR-13:	Términos de referencia para la elaboración del EIA de proyectos de explotación minera.

INTRODUCCIÓN

El cierre y abandono de los proyectos sujetos a licencia ambiental se debe planear desde su concepción, para implementarse en su fase final, pero en el caso de las explotaciones mineras por sus particularidades, las actividades de cierre se desarrollan de manera paralela a las demás fases del proyecto durante su ciclo de vida, por ello el plan de cierre y abandono minero se convierte en una herramienta fundamental para que las empresas logren los objetivos de control y mitigación de los impactos negativos sobre el ambiente y eviten la generación de externalidades, que finalmente se manifiesten como impactos no resueltos.

Así mismo las empresas mineras deben dar cumplimiento a los lineamientos expuestos en el Decreto 1076 del 2015 Artículo 2.2.2.3.9.2 De la fase de desmantelamiento y abandono, para que la autoridad ambiental declare iniciada dicha fase mediante acto administrativo.

La guía de cierre enmarca el ciclo de vida del proyecto más allá del agotamiento del recurso, de esta manera presenta algunas consideraciones en busca de un plan de cierre y abandono guiado a un cierre de mina 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 interés que hayan sufrido algún tipo de afectación por el proyecto.

Para llegar a lo anterior se parte de cómo establecer y cumplir el objetivo del cierre, abordando desde cada escenario (cierre inicial, cierre temporal, cierre progresivo, cierre final y poscierre), aspectos mínimos a incluir para el manejo de afectaciones al medio abiótico, biótico y socioeconómico y en tal sentido se sugiere presentar actividades relacionadas con la conformación, restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica, estabilización fisicoquímica del área intervenida, estrategias de comunicación, implementación de nuevas prácticas económicas, recuperación paisajística, monitoreo de fauna, aprovechamiento de residuos, control de drenaje ácido, actividades para contrarrestar emisiones atmosféricas, cambio climático, el manejo del riesgo en las áreas posminería y cronograma.

La guía orienta la formulación del plan de cierre y abandono que deben presentar los usuarios mineros en el Estudio de Impacto Ambiental - EIA al momento de solicitar la licencia ambiental y en las actualizaciones quinquenales una vez el proyecto inicia su fase de operación. El PCA y sus actualizaciones se debe presentar para la validación y aprobación por parte de los profesionales de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA.

El propósito principal de la presente guía es la mejora continua del proceso de cierre de estos proyectos, es necesario aclarar que, la guía para la elaboración de planes de cierre y abandono minero ni vincula ni es obligatoria, por lo que la información estructurada de manera distinta, pero de conformidad con la normativa vigente, no generará devoluciones

o trámites adicionales.

ALCANCE

Definir actividades relacionadas con los aspectos que permitan lograr el objetivo de todo plan de cierre y abandono, para que el usuario, de acuerdo con la magnitud y particularidades de la explotación, las condiciones ecosistémicas, las fases de desarrollo, las características ambientales regionales y locales del área donde se lleva a cabo el proyecto y en el marco de la información entregada en el PTO a la autoridad minera y lo entregado en el EIA a la autoridad ambiental, se oriente al formular el plan de cierre en cada uno de los escenarios a lo largo de la vida útil del proyecto.

REFERENCIAS NORMATIVAS

- Ley 99 de 1993. Congreso de la república.** Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente,
- ARTÍCULO 60.** En la explotación minera a cielo abierto se exigirá, la restauración o la sustitución morfológica y ambiental de todo el suelo intervenido con la explotación por cuenta del concesionario o beneficiario del título minero, quien la garantizará con una póliza de cumplimiento o con garantía bancaria.
- Ley 685 de 2001. Congreso de la república. Código de minas**
- Artículo 84** Numeral 11 Señala que el Plan de Trabajos y Obras - PTO deberá contener Plan de cierre de la explotación y abandono de los montajes y de la infraestructura.
- Artículo 95** Naturaleza de la explotación.
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.
- Artículo 204** Estudio de impacto ambiental.
Estudio de Impacto Ambiental. Con el Programa de Obras y Trabajos Mineros que resultare de la exploración, el interesado presentará, el Estudio de Impacto Ambiental de su proyecto minero. Este estudio contendrá los elementos, informaciones, datos y recomendaciones que se requieran para describir y caracterizar el medio físico, social y económico del lugar o región de las obras y trabajos de explotación; los impactos de dichas obras y trabajos con su correspondiente evaluación; los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de esos impactos; las medidas específicas que se aplicarán para el abandono y cierre de los frentes de trabajo y su plan de manejo; las inversiones necesarias y los sistemas de seguimiento de las mencionadas medidas. El Estudio se ajustará a los términos de referencia y guías ambientales previamente adoptadas por la autoridad ambiental en concordancia con el artículo 199 del presente Código.

<p>Ley 1523 de 2012 Congreso de la república. Gestión del riesgo de desastres.</p>	<p>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.</p>
<p>Ley 1753 de 2015 Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018</p>	<p>Artículo 24 Cierre de minas El Gobierno Nacional establecerá las condiciones ambientales, técnicas, financieras, sociales y demás que deberá observar el titular minero al momento de ejecutar el plan de cierre y abandono de minas. El plan de cierre y abandono debe establecerse desde la etapa de explotación incluida la etapa de construcción y montaje.</p>
<p>Decreto 1076 de 2015. MADS. Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>	<p>capítulo 3, sección 5 Artículo 2.2.2.3.5.1. Del estudio de impacto ambiental (EIA). Numeral 10, señala la inclusión en el Estudio de Impacto Ambiental EIA del Plan de desmantelamiento y abandono, en el que se define el uso final del suelo, las principales medidas de manejo, restauración y reconfiguración morfológica. capítulo 3, sección 9 Artículo 2.2.2.3.9.2. De la fase de desmantelamiento y abandono. <i>“Cuando un proyecto, obra o actividad requiera o deba iniciar su fase de desmantelamiento y abandono, el titular deberá presentar a la autoridad ambiental competente, por lo menos con tres (3) meses de anticipación, un estudio que contenga como mínimo (...)”</i></p>
<p>Resolución 2206 de 2016 MADS. Adopción TdR para EIA minería.</p>	<p>Términos de Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA en proyectos de explotación minera <i>“(...) El Plan de Cierre Inicial es desarrollado durante el proceso de licenciamiento ambiental para proyectos mineros nuevos y por requerimiento de la autoridad ambiental para las operaciones ya existentes en las que no se encuentre establecida.</i></p> <p><i>Comprenderá las actividades de cierre progresivo durante la operación, actividades de cierre temporal, investigación del cierre durante la operación para determinar las técnicas óptimas y económicamente eficientes para que formen parte del cierre final, ejecución de actividades de cierre final y actividades post-cierre.”</i></p>
<p>Resolución 143 de 2017 ANM. Adopción TdR para PTO minería.</p>	<p><i>Términos de Referencia para el PTO (2018) “(...) un adecuado plan de cierre, abandono o restauración deberá ser elaborado e incorporado al proyecto minero desde las fases de desarrollo y explotación mineras y deberán ejecutarse de manera consecuente con el plan de manejo ambiental aprobado” y su objetivo “(...) es devolver o reintegrar la zona al paisaje inicial, buscando minimizar los efectos adversos dejados por las actividades mineras que se realizaron en el pasado.”</i></p>

- Decreto 2157 de 2017 Plan de gestión del riesgo.** Por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012.
- Ley 1955 de 2019 PNA 2019-2022** **Artículo 3 Plan Nacional de Desarrollo - PND**
Numeral 4 Por la sostenibilidad /Implementar la estrategia nacional de economía circular para aumentar el reciclaje de residuos, el reúso del agua y la eficiencia energética.
Numeral 9 Por los recursos minero-energéticos para el crecimiento sostenible y la expansión de oportunidades en los territorios / fortalecimiento de los cierres mineros para garantizar la generación de nuevas alternativas productivas en las regiones.
- Resolución 1257 de 2021 MADS. Residuos RCD** Por la cual se modifica la Resolución 472 de 2017 sobre la gestión Integral de Residuos de Construcción y Demolición - RCD y se adoptan otras disposiciones.

1. PLAN DE CIERRE Y ABANDONO MINERO – PCA

1.1 ¿Cuál es el objetivo del plan?

El objetivo general del plan de cierre minero debe estar orientado al aseguramiento de la estabilidad física y química del área intervenida, al uso seguro y apto del suelo posterior a la explotación de la mina y al cumplimiento de actividades sociales propuestas en el instrumento de manejo y control ambiental, buscando que al finalizar la vida útil del proyecto, el cierre de sus actividades y abandono de sus instalaciones; se haya ido desarrollando paulatinamente, con costos razonables en el tiempo y 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.

1.2 ¿A quién involucra el plan de cierre y abandono?

El titular de la licencia ambiental debe entregar para evaluación y aprobación de la autoridad ambiental, el plan de cierre y abandono en el cual es recomendable incentivar la participación de los grupos de interés, especialmente los de orden local, en el marco de la participación ciudadana ambiental, las autoridades locales y la comunidad; los instrumentos de planificación territorial (POT, EOT, zonificación y régimen de usos de los POMCA) son de obligatorio cumplimiento y constituyen un referente para las autoridades ambientales en relación con los permisos y autorizaciones ambientales, igualmente para la destinación de las áreas mineras objeto de abandono.

Teniendo en cuenta la afectación local por el cierre de la mina, el plan de cierre y abandono se debe dar a conocer en espacios de participación desde la elaboración del EIA, en reuniones informativas durante la fase de operación, en el cierre y el poscierre del proyecto, contando con un diálogo abierto y transparente con las poblaciones locales y los distintos grupos de interés. El proceso participativo con los grupos de interés en la fase de desmantelamiento y abandono está contemplado en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales MGEPEA, adoptados por MADS mediante la Resolución 1402 de 2018, modificada por la Resolución 1107 de 2019 y en los términos de referencia para la elaboración del EIA para proyectos de explotación minera TdR-13 de 2016, adoptados por MADS según Resolución 2206 del 27 de diciembre de 2016. La participación de las comunidades y sus aportes en la elaboración del EIA de los proyectos mineros, los cuales incluyen la fase de desmantelamiento y abandono, se contempla en el artículo 2.2.2.3.3.3. del Decreto 1076 de 2015.

1.3 ¿Cuánto dura un plan de cierre y abandono?

Cada proyecto es diferente, el tiempo de cierre lo puede definir el tipo de minería y su escala, la complejidad de la operación, los impactos de la mina al ambiente, la efectividad en la implementación de medidas durante el cierre progresivo, y la participación de actores interesados. El cierre durará hasta el momento que la autoridad ambiental establezca que el área intervenida puede mantenerse estable en el tiempo sin necesidad de acción humana

alguna.

1.4 ¿Cómo manejar áreas mineras contiguas para el cierre del proyecto?

Cuando se trate de áreas contiguas correspondientes a otros títulos mineros, los titulares mineros podrán coordinar sus respectivos planes de cierre. Se recomienda que la proyección del plan de cierre inicial se acople con los planes de cierre de los proyectos ya licenciados con el fin de desarrollar criterios regionales que conlleven una misma destinación del uso del suelo de acuerdo con el ordenamiento ambiental y territorial buscando garantizar la funcionalidad y homogeneidad en el manejo paisajístico.

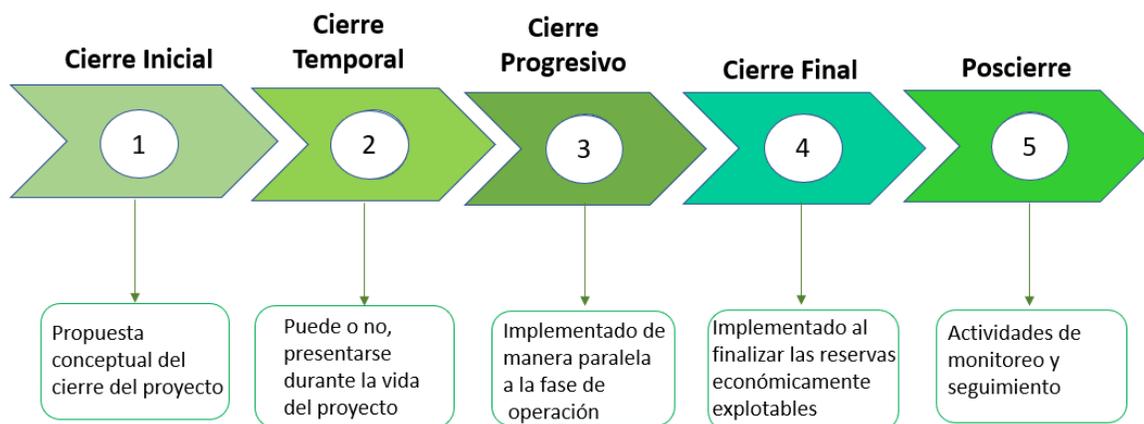
Se sugiere al usuario consultar a la autoridad ambiental las condiciones socioambientales del territorio, en términos de conectividad, compensaciones y calidad del recurso natural renovable, el pronunciamiento de la entidad ayudará a definir el manejo a nivel regional que se debe dar al territorio.

1.5 ¿Qué cierres se presentan durante la vida útil del proyecto minero?

La figura 1, presenta los (5) cinco escenarios de cierre que se pueden tener en la vida útil de una explotación minera, y que se deben relacionar en el PCA que se entrega por el titular minero a la ANLA en la solicitud de licenciamiento ambiental, se incluyen en el Estudio de Impacto Ambiental – EIA, en el numeral de planes y programas. El PCA es validado y aprobado en la licencia ambiental y después actualizado durante la vida útil del proyecto.

Para lograr los mejores resultados en la ejecución de un cierre de mina, el proyecto debe elaborar e incorporar el plan de cierre desde la fase de construcción, e implementarlo de manera paralela a la fase de operación, continuando más allá del agotamiento de reservas económicamente explotables, en cada escenario de cierre se debe exponer técnicamente la información relacionada con las actividades a implementar.

Figura 1. Cierres presentes durante la vida útil de los proyectos mineros.



Fuente: ANLA, 2022

1.6 ¿Cada cuanto se debe actualiza el plan de cierre y abandono minero?

Todo titular minero debe actualizar el PCA por lo menos cada cinco años después de iniciada la fase de operación y se debe actualizar de acuerdo con los cambios en la actividad minera, desarrollos tecnológicos, técnicos, normativos, económicos, sociales o ambientales (tendencias del medio), según corresponda a cada proyecto minero.

A medida que se validan y aprueban las actualizaciones al PCA por parte de la ANLA, se debe tener mayor certeza en los objetivos y actividades del plan de cierre final, así como de las actividades del poscierre. En cada actualización se debe disminuir el porcentaje de incertidumbre y cuando el proyecto se acerque al año final de operación debe aumentar la probabilidad de ejecución.

La autoridad ambiental podrá exigir la actualización de esta información en cumplimiento de las obligaciones establecidas en el acto administrativo mediante el cual se haya otorgado el instrumento de manejo y control ambiental, y podrá exigir actualizaciones con una periodicidad mayor o extraordinarias, cuando las características del proyecto lo justifiquen.

1.7 ¿Qué debe contener un plan de cierre y abandono minero?

En busca de cumplir con el objetivo mencionado en el numeral 1.2, toda propuesta de cierre que se entregue a la ANLA debe incluir a) el desarrollo de actividades de cierre definidas para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico) en relación con los avances del proyecto, b) el programa de monitoreo (que permita verificar el estado de los componentes y su potencial afectación) y c) el cronograma de actividades.

Las actividades a implementar serán coherentes con la caracterización del área de influencia entregada en el EIA, el ordenamiento del territorio según los diferentes instrumentos de planeación municipal, las actividades presentadas a la autoridad minera en el Plan de Trabajos y Obras - PTO, la sensibilidad ambiental de los componentes de acuerdo con las herramientas de monitoreo regional de los recursos naturales que desarrolla la ANLA y con los acuerdos definidos con comunidades y demás grupos de interés.

Debe ser un plan articulado entre las diferentes fases del proyecto y los diferentes escenarios de cierre, exponiendo los mecanismos a través de los cuales todo cambio o modificación en el desarrollo de la mina, las operaciones, instalaciones y montajes mineros, conduzcan a la revaluación del plan de cierre y a la inclusión de medidas de mejora de acuerdo con la sensibilidad de los diferentes componentes ambientales, lo anterior debe reflejarse en las actualizaciones del plan de cierre cada 5 años.

Se recomienda contar con una estrategia de información a las comunidades, autoridades y demás grupos de interés del área de influencia definida para el proyecto, que contemple las medidas de manejo ambiental a implementar durante los diferentes cierres, incluyendo las medidas del medio socioeconómico enfocadas a la transición de la comunidad a un escenario posminería.

A continuación, en la figura 2, se plantean los aspectos² que como mínimo interactúan al rededor del desarrollo de todo plan de cierre y en la tabla 1, se indica hacia qué actividades se orienta cada aspecto.

Figura 2. Aspectos mínimos a incluir en el PCA de los proyectos mineros



Fuente: ANLA, 2022

Durante la implementación de las actividades de cierre para cada uno de los aspectos, se contempla la recolección continua de información durante la vida de la mina, buscando que esta información sirva para el análisis de las posibles variables que se puedan producir a lo largo del tiempo, permitiendo definir los criterios de cierre final, así como identificar los aspectos a ser profundizados.

Tabla 1. Aspectos y actividades mínimas del plan de cierre y abandono minero.

Aspectos	Actividades de cierre orientadas a:
Estabilidad física	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.

² Se aclara que, se abordan desde el término aspectos, porque se incluyen medios, componentes y actividades.

Aspectos	Actividades de cierre orientadas a:
Estabilidad química	Drenaje de mina /relaves: definición del tipo de drenaje, 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, conforme su vocación y uso potencial.
Atmósfera	Desarrollo de buenas prácticas para el mitigación y 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 a 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.
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	Recuperación paisajística.
	Integración de las áreas recuperadas con el paisaje circundante.
	Creación de áreas que presten servicios ambientales de tipo cultural.
Biótico	Rehabilitación ecológica y 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	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	Reducción de la amenaza, la vulnerabilidad y manejo del riesgo para el uso de las áreas posminería.
	Evaluación de riesgos para las instalaciones remanentes.

Fuente: ANLA, 2022

A continuación, se expone en qué consiste cada escenario de cierre, qué información mínima debe contener, cómo enfocar su actualización cada 5 años, y de forma general, se plantean algunas actividades asociadas con los aspectos mencionados.

1.7.1 Plan de cierre inicial

Este plan debe contener una propuesta conceptual de un plan de cierre planteado al comienzo de la planificación del proyecto, que esboce de manera general, pero con información contextual, las consideraciones ambientales del área de influencia de la explotación, así como la estrategia factible que permita llevar a cabo un cierre exitoso con la planificación de las acciones que conducirán al cumplimiento del objetivo general del plan de cierre y abandono.

Debe incluir un cronograma de actividades de cierre durante la operación, que sea coherente con la información entregada en el PTO, presentado para aprobación de la autoridad minera competente (actividades que serán verificadas a través de las actualizaciones). Se deben plantear las posibles actividades de investigación del cierre durante la operación, para determinar las técnicas óptimas y económicamente eficientes a ser implementadas en el cierre final y debe contener las actividades proyectadas para el cierre final y el poscierre.

En el marco de las actividades del plan de cierre inicial se debe incluir, como mínimo, lo siguiente:

- Actividades específicas de cierre, desmantelamiento, remediación restauración, recuperación y/o rehabilitación, que serán implementadas durante todas las etapas del proyecto.
- Obras e infraestructura necesaria para la implementación del plan de cierre.
- Aspectos relacionados con la geomorfología, suelo, paisaje y estabilidad física y química de los componentes hidrológico, hidrogeológico y geoquímico.
- Estrategia de comunicación y participación con los grupos de interés.
- Cronograma de actividades de las medidas de cierre a implementar año a año, en el que se deberán señalar las fechas de inicio proyectadas y los plazos de ejecución, debe estar diseñado de acuerdo con el PTO.
- Descripción de un modelo de evaluación que permita analizar los resultados y de ser necesario implementar medidas de mejora.

De acuerdo con lo anterior en el momento que se estén estableciendo las actividades de cierre inicial se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Estabilidad Física**
- **Geotecnia**

Considerar para el escenario de cierre que la reconformación morfológica que se desarrolle de manera gradual a las laderas corresponda a la configuración final y definitiva de los taludes que quedarán una vez terminadas las intervenciones de la mina.

Para la condición extrema de agua se debe considerar el efecto sobre el talud, de una precipitación máxima diaria anual con periodo de retorno de 100 años. Para la condición extrema de sismo, el coeficiente sísmico a utilizar en este escenario debe ser 2/3 de la aceleración pico del terreno a nivel superficial (PGAS).

En ninguna circunstancia se puede proyectar el cierre taludes o dejar zonas intervenidas en grado de amenaza media o alta; por ende, en todos los taludes, que quedarán como definitivos para este escenario, se debe garantizar un grado de amenaza baja por remoción en masa tanto en condición normal como extrema de parámetros detonantes, para lo cual es pertinente considerar un factor de seguridad mayor a 1.6 (F.S.>1.6) en condición normal y mayor a 1.2 en condición extrema (F.S.>1.2).

- **Estabilidad Química**

- **Geoquímica**

Para establecer las actividades a incluir en el cierre inicial, es importante precisar que, una instalación minera se encuentra estable químicamente cuando en su interacción con los factores ambientales, no genera impactos que impliquen un riesgo significativo para las personas y/o para el medio ambiente.

Por lo anterior, se deberán considerar aspectos claves como la definición del tipo de drenaje a partir de la identificación de fuentes potencialmente generadoras de drenaje de mina (DM) entre las que se consideran: botaderos, depósitos de relaves, depósitos de lixiviación y la mina propiamente dicha, bien sea explotación subterránea o cielo abierto³.

Otros aspectos de importancia en la predicción y determinación del tipo de drenaje minero se asocian con la caracterización geológica, estructural, mineralógica, metalúrgica y geoquímica tanto del yacimiento como de los residuos mineros, derivados de la explotación y procesamiento del mineral. La comprensión del proceso generador de DM y su composición final son fundamentales para la identificación de impactos al medio receptor y la identificación de actividades a implementar para su manejo.

Según lo descrito se sugiere considerar para el escenario de cierre inicial lo siguiente:

- ✓ Modelos predictivos que permitan conocer el comportamiento en el largo plazo del DM en las principales fuentes generadoras.
- ✓ La formación de minerales secundarios producto de la meteorización de sulfuros y otros minerales, presentes en los materiales que componen una fuente potencialmente generadora.
- ✓ Movilidad, disponibilidad y biodisponibilidad de los elementos químicos de interés ambiental (EQIA) que se encuentren en concentraciones anómalas dentro del yacimiento.
- ✓ Identificación de condiciones fisicoquímicas y biológicas que puedan controlar la velocidad de reacción de los materiales que componen una fuente potencialmente generadora.
- ✓ Identificación de mecanismos de atenuación.
- ✓ Identificación, caracterización y monitoreo geoquímico de los principales receptores.
- ✓ A partir de la evaluación del riesgo ambiental, establecer las principales medidas de

³ Guía Metodológica para estabilidad química de faenas e instalaciones mineras - SERNAGEOMIN, 2015.

- prevención, mitigación, control, corrección y/o tratamiento.
- ✓ Propuestas de tecnologías alternativas de tratamiento pasivos factibles de aplicar directamente sobre el o los efluentes generados por el contacto entre las fuentes potencialmente generadoras de DM y considerar las dimensiones de la infraestructura necesaria para su aplicación⁴.

- **Recurso hídrico superficial**

Se recomienda incluir una propuesta de monitoreo y manejo de aguas residuales, una red de monitoreo para el seguimiento del plan de cierre minero indicando parámetros y frecuencia de medición, siguiendo los estándares vigentes definidos por el IDEAM. Las variables por medir deberán considerar parámetros de calidad del agua, sedimentos, hidrobiota, topobatimetrías, variables climáticas, infiltración, evaporación, entre otras.

La propuesta de monitoreo debe describir el cierre y manejo de las aguas de sumideros, laguna de sedimentación, entre otras, definiendo el tratamiento, transporte, estabilización química y disposición proyectada en el tiempo.

Por otro lado también se recomienda presentar una propuesta de reconfiguración de la red de drenaje superficial, donde se definan las áreas de drenaje (cuencas) acorde con la conformación morfológica propuesta; en la cual se deberá establecer la red de drenaje teniendo en cuenta condiciones morfométricas específicas para cada tramo (pendiente del cauce, tiempos de concentración, factores de forma de la cuenca e índice de sinuosidad), acorde con las condiciones de línea base incluyendo en la propuesta reservorios o sistemas lénticos.

Esta red de drenaje también debe incluir:

- ✓ La estimación de caudales característicos (mínimos, medios, máximos y extremos) esperados en las cuencas en función de las coberturas, tipos de suelo y condiciones climática características a nivel mensual y anual diferenciando periodos ENOS e incluyendo escenarios de cambio climático.
- ✓ Análisis hidráulico de los tramos definidos, determinando las manchas de inundación a diferentes periodos de retorno (2.3, 10, 15, 25, 50 y 100) estableciendo el ancho del canal, profundidad, pendiente de bancas, velocidad y cotas de inundación.
- ✓ Análisis de procesos de socavación y erosión de cauce a las características del lecho y laderas del cauce.
- ✓ Definición de características de funcionalidad ecológica de la ronda de protección.
- ✓ Determinación del balance hídrico de las cuencas objeto de reconfiguración, indicando los diferentes procesos hidrológicos tales como la infiltración, flujos subsuperficiales y recarga.
- ✓ Análisis de estabilidad química de los materiales que conformarán el lecho del cauce y sus bancas acorde con la geoquímica del yacimiento, la normativa aplicable y los estándares según los usos proyectados del recurso.

⁴ Guía Metodológica para estabilidad química de faenas e instalaciones mineras - SERNAGEOMIN, 2015.

- **Recurso hídrico subterráneo**

Para este aspecto desde el cierre inicial se debe determinar actividades de monitoreo de calidad y régimen hidrogeológico, que contenga el monitoreo de niveles piezométricos y parámetros fisicoquímicos de aguas subterráneas para cada una de las unidades acuíferas identificadas en el área de influencia. El seguimiento debe ser representativo tanto en área como en profundidad y de todos los acuíferos de interés determinados en la línea base y en la ejecución del proyecto.

Tanto el seguimiento como el monitoreo deben estar orientados a determinar las posibles afectaciones al componente hidrogeológico, así como a la implementación de medidas que permitan remediar, rehabilitar y recuperar el agua subterránea potencialmente afectada por las actividades mineras. El monitoreo debe estar orientado a identificar como mínimo:

- ✓ Afectación al régimen hidrogeológico y modificación de la dinámica del flujo hídrico subterráneo
- ✓ Interconexión de acuíferos someros con las formaciones de interés minero y con los sistemas lénticos y lóticos.
- ✓ Cambios en las condiciones fisicoquímicas de los acuíferos aprovechados
- ✓ Alteración del balance hídrico
- ✓ Subsidiencias del terreno.

Para el seguimiento fisicoquímico⁵ del agua subterránea se deben analizar los parámetros a entregar en el EIA dentro de la caracterización del componente, adicionalmente, se debe medir el contenido de metales, metaloides y demás sustancias que de acuerdo con la composición mineral de los materiales presentes puedan estar en el agua subterránea y/o afectarla.

A continuación, se describen otras actividades sugeridas a tener en cuenta:

- ✓ Determinar la calidad ambiental del agua subterránea respecto a las condiciones de línea base y su tendencia a lo largo de la ejecución del proyecto minero.
- ✓ Contemplar el análisis de isótopos estables y radiactivos en la fase del cierre con el fin de validar flujos e interconexiones hidráulicas que, potencialmente se puedan generar por las actividades mineras.
- ✓ Describir cómo se abandonarán y darán cierre a las instalaciones y/u obras que tengan relación con el aspecto hidrogeológico considerando si aplica el abandono y sellamiento de pozos de captación de agua subterránea, túneles y obras subterráneas realizadas para el aprovechamiento minero, relleno de excavaciones, depósitos de relaves entre otras.
- ✓ Modelar escenarios que permitan estimar las condiciones esperadas en la fase del cierre minero proponiendo las medidas de prevención y manejo de las potenciales afectaciones al régimen hidrogeológico y a la calidad del agua subterránea identificadas, analizando el transporte de contaminantes y procesos de remediación.

⁵ El monitoreo debe regirse bajo lo establecido en la Guía para el Monitoreo y Seguimiento del Agua, elaborada por el IDEAM (2004) o aquella que la modifique o sustituya

- **Suelo**

Considerar monitoreos fisicoquímicos y biológicos definiendo puntos de control según las unidades cartográficas de suelo identificadas, caracterizando los parámetros de acuerdo con la línea base a entregar para el componente en el EIA, esto se debe realizar para cada horizonte genético A, B y C, determinando la calidad ambiental del suelo respecto a las condiciones base, su tendencia a lo largo de la ejecución del proyecto minero y considerando cualquier anomalía geoquímica regional y local.

Proponer medidas de remediación, recuperación, restauración y rehabilitación del suelo de soporte, de igual forma en aquellas áreas con potencial de infiltración de sustancias de interés ambiental (áreas de almacenamiento transitorio o permanente de insumos o materiales de los procesos mineros), las medidas deben incluir las acciones para la reposición de suelos excavados, mantenimiento del suelo para evitar su erosión y restitución de la cobertura vegetal.

Estimar el volumen y extensión de suelo que podría verse afectado y/o contaminado por las actividades mineras, planificar las actividades de cierre junto con la operación, de tal manera que se utilice en la recuperación de áreas perturbadas el suelo vegetal que haya sido extraído durante la etapa de construcción.

Al identificar y proponer el uso del suelo después del cierre minero se debe considerar lo siguiente:

- ✓ Evaluación temprana: las estructuras formales para la gestión del uso del suelo después del cierre y las iniciativas comunitarias y comerciales deben considerarse desde las primeras etapas de la aprobación y la concesión de permisos. Se tendrán en cuenta criterios regionales que conlleven una misma destinación del uso del suelo de acuerdo con los instrumentos de ordenamiento del territorio.
- ✓ El uso del suelo que se proponga debe ser compatible con la capacidad/idoneidad de este (tipo, profundidad, pendiente, etc.) en busca de que mantenga dicho uso de forma permanente.
- ✓ Reutilización del suelo: se deben identificar y evaluar las opciones para maximizar la vida útil de suelo que sea intervenido por el proyecto.

- **Atmósfera**

Para este aspecto tener en cuenta que las actividades de cierre proyectadas estén dirigidas a:

- ✓ Describir las actividades que generarán contaminación atmosférica (aire y ruido). Además de aquellas que generarían vibraciones.
- ✓ Presentar el inventario de fuentes de emisiones atmosféricas y ruido, con el respectivo cálculo de cargas de emisión, conforme a las metodologías establecidas por medio de los TdR-13 para proyectos de explotación minera.
- ✓ Ejecutar monitoreo de calidad del aire, ruido y vibraciones, durante el periodo de mayor contaminación (etapa representativa de emisiones críticas) en actividades de adecuación, restauración y desmantelamiento. Los monitoreos se realizarán conforme a

las metodologías acreditadas por IDEAM y teniendo en cuenta la normativa vigente. Para los muestreos de la vibración transmitidas vía terrestre se deben realizar conforme a lo dispuesto en el estándar DIN 4150-1-2-3⁶.

- ✓ Definir y describir si para el cierre minero, serán necesarias medidas adicionales a las ya determinadas mediante los programas de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, ruido y vibraciones, para gestionar los impactos del componente, así mismo relacionar las medidas de mitigación de gases de efecto invernadero que se consideren necesarias para evitar o minimizar dichas emisiones.

- **Cambio climático:**

El cambio climático en los planes de cierre tiene fines de adaptación y mitigación por ende busca diagnosticar y gestionar los riesgos que generan los cambios en precipitaciones, temperatura y aumento en el nivel del mar sobre las obras de cierre expuestas al clima como son: piscinas de sedimentación, lagunas, sumideros y embalses (entre otras), y sobre los lugares donde estas obras se encuentran ubicadas. Para dicho diagnóstico es recomendable considerar los escenarios más recientes y oficiales desarrollados por el IDEAM.

En cuanto al diagnóstico y la gestión para aumentar la capacidad de resiliencia al cambio climático se recomienda que el plan de cierre inicial cuente con actividades enfocadas a:

- ✓ Identificar amenazas potenciales en obras por cambios en precipitaciones, temperaturas y aumento en el nivel del mar, calificar dichas amenazas según probabilidad de impacto, seleccionar los ajustes que sean necesarios al diseño de obras para mejorar su resistencia ante las amenazas climáticas.
- ✓ Identificar y dimensionar las obras de cierre que puedan ser afectadas por las amenazas climáticas potenciales y que tienen el potencial de impactar comunidades y ecosistemas cercanos en casos de fallas.
- ✓ Calificar el riesgo climático en las categorías que van de muy bajo a muy alto según la combinación de los niveles de amenaza y exposición.

- **Economía circular**

Para desarrollar actividades en línea con una economía circular, se debe partir del conocimiento previo de la caracterización del depósito mineral y de las operaciones que generarán residuos en el desarrollo del proyecto, buscando reducirlos o identificando posibles usos antes de generarlos.

Se recomienda emplear herramientas de análisis que se ajusten a las características del proyecto con sus diferentes operaciones, procesos y actividades conexas. Estas herramientas de análisis deben contemplar, las entradas y salidas dentro de toda la operación, se debe incluir insumos del sistema (energía, materiales, costes, etc.) y productos (minerales, residuos sólidos y emisiones atmosféricas, vertimientos al suelo y al

⁶ Erschütterungen durch Baumaßnahmen - Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2 vom Juni 1999

recurso hídrico, etc.). Con base en el resultado de las herramientas de análisis se deben:

- ✓ Determinar los recursos y materiales con potencial de circularidad generados en las actividades de las fases previas a la operación del proyecto (exploración, construcción y montaje).
- ✓ Definir actividades en donde se pueden implementar prácticas para reducir, reusar y/o reciclar.
- ✓ Evaluar la posibilidad de implementación de procesos de gestión y manejo de estériles de acuerdo con la caracterización de este y dentro del marco de lo económico, ambiental y socialmente sustentables.
- ✓ Minimizar los riesgos ambientales y socioeconómicos con el mejoramiento en la eficiencia del uso de recursos naturales.
- ✓ Identificar las actividades que reduzcan el volumen de estériles, emisiones de carbono y el uso de sustancias tóxicas y/o peligrosas dentro de las diferentes actividades del proyecto.
- ✓ Diseñar las actividades para la reutilización y aprovechamiento de residuos mineros de manera interna, con oportunidad de comercialización o a título de donación.
- ✓ Implementar el reciclaje en los diferentes procesos del proyecto.
- ✓ Desarrollar actividades del proyecto acordes con el reúso de agua y energía.
- ✓ Evaluar la inclusión de tecnologías más eficientes para la extracción y el procesamiento minero, que disminuya el porcentaje de estéril a disponer.
- ✓ Ejecutar actividades que busquen extender la vida útil de las operaciones mineras.

Por otra parte, en cada una de las actividades de la operación minera hasta llegar al cierre final, se recomienda levantar el inventario y clasificación del potencial uso de subproductos para simbiosis industrial o posible comercialización.

- **Paisaje**

En concordancia con el plan de manejo a presentar en el EIA, se debe contar con un plan general de integración de las áreas recuperadas en el entorno donde se ubicará el proyecto, buscando que las actividades planteadas incorporen dichas áreas como un elemento más en el paisaje local. Esta propuesta de integración debe constituirse en una directriz transversal a todas las etapas del proyecto y por ende debe dar plena claridad sobre el secuenciamiento y la articulación gradual en el ciclo de vida del mismo.

La propuesta de integración debe partir del conocimiento y la comprensión del lugar donde se emplaza el proyecto y debe construirse bajo una escala que permita una valoración del territorio con sus singularidades y características paisajísticas más importantes. La definición de la estrategia de integración debe estar basada en la comprensión de las diversas escalas del territorio (local y regional) y las necesidades funcionales del proyecto.

Para la propuesta de integración paisajística dentro del plan de cierre, se sugiere tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ El conocimiento de las características intrínsecas del paisaje registradas en el levantamiento de línea base - EIA (estructura, textura, morfología, entre otros) que

- garantice la comprensión del tipo de paisaje que se presenta, y cómo éste interactúa en su ámbito local y regional.
- ✓ Los elementos característicos del lugar, los que lo hacen singular o diferente de otros paisajes, y fundamentalmente, aquellos elementos con los que el proyecto debe dialogar en todas sus etapas.
 - ✓ La adaptación que puede tener la propuesta de integración en el sentido de que esta se adapte al lugar, y no en el sentido contrario.
 - ✓ La percepción social y cultural, el grado de implicación potencial en los procesos asociados al cierre minero, y la valoración que puedan tener los diferentes grupos de interés sobre los nuevos planteamientos de la propuesta de integración paisajística.
 - ✓ La complementariedad estructural, funcional y estética de los nuevos usos o planteamientos que se incorporen a la propuesta.

Este plan debe dejar explícita la respuesta preliminar que puede tener determinada propuesta sobre el paisaje, y por lo tanto, debe exponer los criterios adoptados para su integración paisajística (sociales, ecológicos, estéticos, etc.). Por ende, se considera importante que la elaboración de este plan de integración paisajística cuente con un equipo interdisciplinario que involucre profesionales expertos de los componentes de los medios físico, biótico y socioeconómico, los cuales se consideran claves para generar una propuesta conjunta que apunte a la reconformación paisajística sin dejar de lado otros aspectos técnicos igualmente importantes y complementarios.

En el plan de integración se deberán especificar los diseños paisajísticos finales que tendrá cada área liberada y/o abandonada, buscando recuperar y potencializar el valor o carácter paisajístico de las unidades de paisaje en las cuales se realizó la intervención, así como de aquellas unidades que se hayan identificado con accesibilidad visual hacia dichas áreas. Para ello se podrá hacer uso de herramientas gráficas y tecnológicas que exhiban de manera clara el resultado de las acciones en la configuración final del paisaje, por ejemplo, fotomontajes, modelos 3D, esquematizaciones y simulaciones, modelizaciones visuales, entre otros.

Es importante realizar una descripción general de las medidas destinadas a la integración paisajística, las cuales deben buscar adecuar las formas geométricas al entorno e integrar en el paisaje todos los terrenos afectados por la actividad minera.

Para su descripción se deben considerar las diferentes estrategias de manejo (fusión, ocultación, mimetización, singularización, entre otras) y determinar con cual(es) de ellas se identifica cada acción planteada.

Para el caso de aquellos proyectos que se ubiquen en áreas contiguas correspondientes a otros títulos mineros, se sugiere que la proyección de la integración paisajística para el plan de cierre inicial se acople con los planes de cierre de los proyectos ya licenciados. Lo anterior permitirá dar un manejo similar al paisaje y evitará una pérdida de funcionalidad y de significado de éste.

Uno de los factores de éxito del plan de integración paisajística radica en la vinculación de los mecanismos de participación con los grupos de interés, de manera que se incorporen ejercicios participativos en la estructuración de la propuesta. La conservación

y protección de los elementos del paisaje es un derecho y un deber de la comunidad, la cual puede participar en este tipo de decisiones, según lo establecido en el Decreto Ley 2811 de 1974, en los artículos 3, 8, 14, 15 y 302.

- **Medio biótico**

Se deben plantear mecanismos de restauración ecológica, rehabilitación y/o recuperación ecológica de la cobertura vegetal que permitan orientar la sucesión ecológica en trayectorias hacia el restablecimiento de los ecosistemas naturales del área, teniendo en cuenta las particularidades de la explotación, las condiciones físicas, bióticas y sociales del medio circundante y los instrumentos de ordenamiento territorial. Esto a partir de la identificación de requerimientos técnicos para su diseño e implementación⁷, en articulación con los componentes de suelos y paisaje, buscando promover y facilitar los procesos de sucesión vegetal de forma activa y pasiva durante la vida útil del proyecto y garantizar que las acciones a desarrollar tengan como objetivo principal incentivar nuevamente el desarrollo de las dinámicas ecológicas y la oferta ecosistémica del área.

En este sentido, inicialmente se sugieren las siguientes actividades que se podrían adaptar para el cierre progresivo y final de acuerdo con los resultados obtenidos:

- ✓ Identificar los sitios, área total y secuencia de implementación de los procesos de restauración (recuperación, rehabilitación y restauración) de acuerdo con el PTO y con base en las metas propuestas para el proceso de restauración, integrando esas áreas en el contexto paisajístico y ecológico del área de influencia y buscando afectar positivamente la oferta de los servicios ecosistémicos.
- ✓ Con la finalidad de evidenciar aspectos relevantes que puedan representar barreras a los procesos de restauración ecológica del área, se deberá realizar un diagnóstico del área a intervenir, identificando el tipo de restauración (restauración ecológica, rehabilitación y recuperación) a desarrollar de acuerdo con los impactos generados (aplicación de jerarquía de mitigación).
- ✓ Establecer metas para el proceso según el tipo de restauración seleccionado (restauración ecológica, rehabilitación y recuperación) con base en la información disponible sobre los ecosistemas de referencia del área (tasas de crecimiento de especies vegetales en el área, geomorfología, tipos de suelos, estructura del paisaje, entre otros) e identificar los factores territoriales asociados que pueden llegar a influir en el cumplimiento de estas, de forma que se puedan proponer estrategias que garanticen el cumplimiento de los objetivos propuestos en términos de la estructura, composición y función de los ecosistemas recuperados en el mediano y largo plazo. En la figura 3 se presentan los factores a identificar.

⁷ Teniendo como base lo planteado en el plan de obras de recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del sistema alterado dentro del PTO y de manera consecuente con el PMA aprobado.

Figura 3. Factores que influyen en las características del proceso de restauración ecológica, rehabilitación y/o recuperación a implementar.



Fuente: Adaptado de Gobierno de la Rioja⁸, 2006.

- ✓ Considerar la composición y estructura de las coberturas de la tierra naturales y seminaturales del área de intervención y el área de influencia del proyecto en la selección de especies, densidad de siembra, criterios ecológicos y técnicos para el diseño e implementación de los procesos de restauración ecológica, rehabilitación y/o recuperación ecológica del área, establecimiento de hábitats y microhábitats para la fauna que favorezcan la ocupación de las especies presentes en el área de influencia de la mano de estrategias de mitigación de las amenazas sobre la fauna que pueda ocupar los espacios recuperados, con la finalidad que dichos arreglos florísticos propendan por la recuperación de la conectividad y armonía ecosistémica del área y no generen impactos adicionales a los procesos de sucesión circundantes al área de recuperación.
- ✓ Presentar el plan de monitoreo con indicadores de impacto que reflejen el restablecimiento de la estructura y composición de la flora y fauna terrestre como resultado de la implementación de las actividades, de tal manera que se pueda constatar el avance en los procesos de restauración, rehabilitación y recuperación y permita ejecutar un esquema de manejo adaptativo en función de las metas propuestas para el proceso de restauración.

Para la formulación del plan se sugiere tomar como referencia el Plan Nacional de Restauración (MADS, 2015) o versiones posteriores. Para el monitoreo de la flora y fauna terrestre se propone la consulta del Anexo 3 del Plan Nacional de Restauración (MADS, 2015) y el documento de “Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres” (Aguilar-Garavito & Ramírez, 2015). En los casos en que se contemple la implementación de monitoreo comunitario participativo se sugiere consultar como referencia los lineamientos para el monitoreo comunitario participativo en Colombia (Yepes, et al. 2018) y el “Monitoreo comunitario de la biodiversidad en Montes de María (Arce-Plata et al. 2020).

- **Medio socioeconómico**

Desarrollar una estrategia de comunicación y participación con los grupos de interés, para que se informe acerca del alcance de las actividades a implementar por el interesado. Esto

⁸ Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto. Gobierno de la Rioja España. Logroño, 2006. 168 p. <https://www.larioja.org/industria-energia/es/minas/jornadas-estudios-publicaciones-tecnicas/manual-restauracion-minas-cielo-abierto>

permitirá que los distintos grupos comprendan las fases y el ciclo de vida que tiene el proyecto y que luego de la terminación de actividades de explotación, las condiciones socioeconómicas de las comunidades y otros grupos de interés dependerán de actividades externas al proyecto. En este sentido, el interesado deberá informar cómo se estructuran las actividades a llevar a cabo en cada uno de los escenarios de cierre, para que se llegue a una mayor comprensión de las implicaciones del plan de cierre y desmantelamiento del proyecto.

De igual manera, estos procesos deberán tener un carácter participativo, de forma que se puedan establecer mejoras sobre las estrategias propuestas por el interesado y que permitan que el proceso de cierre y desmantelamiento no genere impactos no previstos sobre las poblaciones localizadas en el área de influencia.

Para el escenario de cierre inicial es importante elaborar y consolidar una base de datos de actores sociales que se relacionen con el proyecto, para articular la estrategia de comunicaciones. Se deberán tener en cuenta, el entorno, los medios de comunicación y la disponibilidad en tecnologías de la información y comunicación -TIC, para realizar la divulgación de la información, así como la identificación de espacios, horarios y disposición para encuentros con los distintos grupos de interés. Es importante establecer canales de atención a los grupos de interés, para atender las observaciones, aportes, peticiones, quejas, reclamos, sugerencias, relacionadas con el cierre minero.

Desde el cierre inicial se sugiere proyectar el desarrollo de actividades que garanticen, establezcan y promuevan procesos formativos y de capacitación para los trabajadores del proyecto, encaminados a lograr una sostenibilidad luego del cierre de la mina, para lo cual la empresa deberá desarrollar como mínimo:

- ✓ Formación en oficios diferentes a los del proyecto minero.
- ✓ Capacitación técnica en proyectos productivos, que permita establecer negocios que, además de suplir la demanda del proyecto, puedan relacionarse con la dinámica económica de la región.
- ✓ Mejoramiento de las condiciones económicas, por medio de la formulación de propuestas que permitan potencializar sectores de la economía, en especial el comercio y el sector agropecuario para, de esta forma, dinamizar la economía local.
- ✓ Capacitación y desarrollo de habilidades para la conversión laboral de los trabajadores de la empresa y las comunidades.
- ✓ Industrias alternativas y secundarias que permitan el desarrollo sostenible de las comunidades que dependen económicamente de la empresa.

Es importante que estos procesos se ejecuten con todas las poblaciones o grupos de interés cuya actividad económica sea dependiente del proyecto (área de influencia con proyectos productivos desarrollados en el marco del proyecto, prestadores de bienes y servicios, entre otros).

1.7.2 Plan de cierre temporal

Este plan se debe presentar, teniendo en cuenta que en cualquier momento un proyecto minero puede paralizar temporalmente sus operaciones por caso fortuito o de fuerza mayor, o por circunstancias transitorias de orden técnico o económico (cambios en el mercado,

cambios de políticas, por disposiciones legales o administrativas, por alguna contingencia u otros imprevistos).

Por lo anterior es necesario que el plan de cierre temporal cuente con la aprobación de la autoridad ambiental en cuanto a las medidas generales que, desde los medios abiótico, biótico y socioeconómico, se deben implementar en las áreas de explotación y en la infraestructura asociada, para realizar mantenimiento, manejo, seguimiento y monitoreo durante la suspensión temporal del proyecto (de llegar a suceder), y que se puedan volver a su desarrollo normal una vez se reactiven las operaciones mineras.

Las medidas que se propongan para este escenario de cierre deben dirigirse a garantizar que durante el cese de actividades no se generen afectaciones adicionales a las previstas por el proyecto o se potencialicen situaciones de riesgo.

El cierre temporal se implementará únicamente cuando se produzca una suspensión temporal de operaciones. En proyectos donde no es viable la continuidad de la explotación después de un cierre temporal se debe establecer inmediatamente un plan de cierre final anticipado.

Es importante indicar que, en el escenario de cierre temporal, se debe buscar siempre la continuidad en la implementación de las medidas de manejo, seguimiento y monitoreo a las áreas expuestas de acuerdo con lo aprobado en el PMA.

Se sugiere tener en cuenta la siguiente información en el momento que se estén estableciendo las actividades a implementar en aspectos como:

- **Estabilidad Física**
 - **Geotecnia**

Teniendo en cuenta que para el escenario operativo que implica la construcción, montaje y proceso de explotación minera, se permiten configuraciones geométricas de taludes con grados de amenaza media, con factores de seguridad entre 1.2 y 1.6 para la condición normal (F.S. = 1.2 – 1.6), y 1.0 y 1.2 para la condición extrema (F.S.=1.0 – 1.2), se hace imprescindible la proposición de un plan de instrumentación y monitoreo geotécnico, que debe implementarse y ser objeto de seguimiento durante el cierre temporal. Lo cual permitirá advertir condiciones de inestabilidad latentes de manera temprana para tomar las medidas que sean necesarias en función de garantizar la integridad de las personas y equipamientos del proyecto.

El plan de instrumentación y monitoreo debe plantear como mínimo, la medición de desplazamientos del terreno indeseados e incrementos del nivel de saturación en suelos y macizos rocosos, que pueden conllevar la detonación de condiciones de inestabilidad geotécnica.

La instrumentación propuesta debe ser suficiente para poder valorar las condiciones de inestabilidad dentro de la mina y en sectores aledaños a la misma que se puedan ver afectados por dicha inestabilidad latente. Así mismo, la frecuencia de medición debe

garantizar un seguimiento exhaustivo de los cambios de morfología del terreno y modificación en las condiciones de agua subsuperficial.

- **Estabilidad química**

- **Geoquímica**

Considerar los aspectos definidos en etapa de cierre inicial con relación a la identificación, descripción/caracterización de las fuentes potencialmente generadoras de drenaje minero, implementar modelos predictivos y modelos conceptuales que permitan visualizar la relación entre las potenciales fuentes generadoras de DM, la ruta de exposición y los receptores, actualizados conforme al avance del proyecto minero al momento del cierre temporal.

- **Recurso hídrico superficial**

Considerar los mismos aspectos definidos en el plan de cierre inicial actualizados al avance del proyecto minero al momento del cierre temporal, siendo extensible para la red de monitoreo y análisis hidrológicos para garantizar la reconfiguración de la red de drenaje, la funcionalidad de la ronda de protección y la estabilidad química de los sedimentos y el agua en el tiempo.

En cuanto al manejo y disposición de las aguas residuales, deberá incluir la actualización de la propuesta de manejo de aguas de minería acorde a los estándares de reúso, vertimientos y residuos peligrosos aplicables, según corresponda. El manejo de las aguas de minería deberá ser descrito en todo su ciclo de proceso, desde la generación, almacenamiento, transporte y disposición, planteando la modificación de los permisos que haya a lugar.

- **Recurso hídrico subterráneo**

El plan de cierre temporal deberá considerar los mismos aspectos definidos en el plan de cierre inicial teniendo en cuenta el avance del proyecto minero al momento del cierre y los tiempos estimados de reactivación de labores.

- **Suelo**

Considerar los mismos aspectos definidos en el plan de cierre inicial teniendo en cuenta el avance del proyecto minero al momento del cierre y los tiempos estimados de reactivación de labores.

- **Atmósfera**

Se debe mantener la implementación de las medidas de manejo y seguimiento a las emisiones de contaminante atmosféricos, ruido y vibraciones. Adicionalmente, se garantizará la no generación de impactos adicionales los cuales puedan causar sinergia y acumulación. En caso contrario, deberá reportarse las medidas puestas en marcha para contrarrestar los impactos.

Determinar acciones para aquellas áreas que de forma temporal permanecerán descubiertas, pero sin trabajos de extracción, con el propósito de no potencializar la erosión eólica y la consecuente emisión de material particulado.

- **Economía circular**

Considerar el uso de herramientas de análisis de las actividades que se puedan realizar durante el cierre temporal con el fin de mejorar puntos críticos, que permitan una adecuada planificación de la gestión de residuos reduciendo estos mismos, su nocividad, emisiones e identificado posible aprovechamientos de estos, además buscado ser eficientes en el uso de recursos (materias primas, agua, energía, suelo, etc.).

- **Paisaje**

Desde el aspecto paisajístico, tener en consideración las medidas de mitigación a las que haya lugar para manejar el impacto sobre el paisaje, especialmente el relacionado con la alteración a la calidad visual. Para ello se deberá garantizar que se reduzca la visibilidad de elementos discordantes que hayan sido incorporados producto del desarrollo del proyecto, incluyendo el retiro de maquinaria y equipos que no sean necesarios durante el cierre temporal.

Incorporar criterios paisajísticos y técnicas de descomposición de color en la delimitación, señalización y/o cobertura temporal de las superficies de intervención que queden suspendidas temporalmente.

- **Medio Biótico**

Se debe tener en cuenta para el medio biótico, las actividades de restauración, rehabilitación y/o recuperación ecológica ejecutadas, por tanto, es fundamental realizar lo siguiente:

En caso de tener procesos adelantados de restauración, rehabilitación y/o recuperación ecológica, se deben generar mecanismos de mantenimiento, seguimiento y monitoreo de las actividades realizadas, esto con la finalidad de no perder los procesos ejecutados, de forma que, en el evento de reactivación de las obras mineras, los procesos de restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica, puedan continuar su curso.

De igual forma, en el evento que la mina no pueda retomar la explotación y deba ser cerrada, las actividades de restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica puedan ser finalizadas cumpliendo con los objetivos de incentivar nuevamente el desarrollo de las dinámicas ecológicas y la oferta ecosistémica del área.

- **Medio socioeconómico**

Se deberá implementar un protocolo de comunicaciones a los grupos de interés, en donde se informe la causa del cierre temporal, así como la duración y las medidas a implementar,

en caso de que el cierre temporal implique el incumplimiento de compromisos u obligaciones con las comunidades o demás grupos de interés.

Si el cierre se origina por bloqueos u otro tipo de intervención por parte de las comunidades o grupos de interés, se recomienda al interesado convocar a organismos de control a nivel local o regional, para que actúen como garantes y mediadores en el proceso de restablecimiento de las actividades mineras. En este caso se sugiere incluir otras entidades como Alcaldías, Defensoría del Pueblo, Agencia Nacional Minera, Oficina de Asuntos Ambientales y Sociales del Ministerio de Minas y Energía, esta última ha actuado como mediadora entre empresas, comunidades y autoridades, de acuerdo con las funciones que le fueron otorgadas en el artículo 6 del Decreto 381 de 2012, modificado por el Decreto 30 de 2022.

1.7.3 Plan de cierre progresivo

El plan de cierre progresivo se desarrolla de manera paralela a la fase de operación del proyecto; debe ser un plan dinámico y detallado, que corresponda a la actualización progresiva de lo planteado en el plan de cierre inicial, ajustado a medida que al avanzar el proyecto se vayan liberando áreas (finalización de la explotación de un tajo, finalización de la disposición de material estéril en una escombrera, etc.) y en el cual se vean reflejados los cambios en la actividad minera y los desarrollos tecnológicos, normativos, económicos, sociales o ambientales, según corresponda a cada proyecto.

El titular de la licencia ambiental debe entregar para evaluación y aprobación de la autoridad ambiental, la primera actualización del cierre progresivo a los cinco (5) años de iniciada la fase de operación del proyecto, el cierre progresivo debe incorporar información detallada sobre los objetivos y actividades del cierre inicialmente planteados, incluir la descripción de las medidas propuestas para el cierre, desmantelamiento, recuperación, restauración y rehabilitación ecológica de áreas, montajes e infraestructura y señalar las actividades específicas a implementar según el avance de la actividad de acuerdo con el planeamiento minero. Estas actividades deben ser descritas con su correspondiente cronograma, estrategias, mecanismos y métodos de reevaluación, ajuste y actualización.

Se fijarán metas específicas bajo procesos de seguimiento y validación, involucrando la mayor cantidad de actividades propuestas en el plan de cierre inicial buscando su culminación durante el cierre final, en cada actualización de las actividades a implementar en el cierre progresivo se presentará la evolución de los acuerdos establecidos con las comunidades, el avance de las metas fijadas en temas socioeconómicos y su cronograma.

La empresa minera deberá actualizar la totalidad de su plan de cierre cuando se presenten variaciones en el plan minero conceptual o detallado que modifiquen o presenten cambios importantes en los avances de la explotación o nuevos diseños, desarrollo de tecnologías en los métodos de explotación, modificación en los sistemas de ventilación, fortificación o tratamiento de minerales, así como necesidad de nuevas áreas de depósitos de residuos mineros, su ampliación o modificación, cambios en la producción de residuos generados por alteraciones en el yacimiento, leyes o calidad de los minerales, modificación en el ciclo de vida de la mina, modificación de un instrumento o licencia ambiental, entre otros.

Entre las actividades que como mínimo debe abordar el plan de cierre progresivo y sus respectivas actualizaciones se encuentran:

- Avance en la liberación, desmantelamiento y reconfiguración de áreas (disposición de estériles, frentes de trabajo, tajos liberados, área de pit, áreas de retrolleado, piscinas de relaves, etc.) en concordancia con lo planteado frente a las actividades del planeamiento minero, construcciones, instalaciones y montajes mineros.
- Avances en las actividades de desmonte de infraestructura, demolición de obras civiles, retiro de equipos, retiro de escombros, remediación de suelos.
- Presentación de análisis de los resultados de los programas de monitoreo de cada componente para el manejo de la estabilización física y química de las áreas intervenidas que incluya como mínimo geotecnia, suelos, atmósfera, hidrología e hidrogeología.
- Análisis del comportamiento de impactos acumulativos por el desarrollo del proyecto asociados con los permisos ambientales teniendo en cuenta las medidas implementadas en cada uno de los aspectos mencionados en la presente guía.
- Balance de las actividades y obras de infraestructura propuestas en el plan de cierre inicial y sus modificaciones o ajustes con sus respectivos soportes.
- Avance en las actividades de adecuación de tierras, recuperación, restauración, rehabilitación reconfiguración morfológica, recuperación paisajística y de los procesos de restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica de áreas intervenidas.
- Validación y análisis de los resultados de los monitoreos a los recursos naturales de acuerdo con los permisos otorgados al proyecto y su comparación con los resultados de los monitoreos de los recursos naturales de la región donde se encuentra el proyecto de acuerdo con los instrumentos de planificación regional.
- Avance del desarrollo de actividades en el marco de la economía circular y su relación con las buenas prácticas de cambio climático.
- Actualización del cronograma de actividades, que indique las medidas de cierre, año a año.

De acuerdo con lo anterior se sugiere tener en cuenta la siguiente información en el momento que se estén estableciendo las actividades de cierre a implementar en aspectos como:

- **Estabilidad Física / Geotecnia**

A medida que se vaya desarrollando el proceso de explotación minera y que se vayan adquiriendo datos de disposición de las estructuras geológicas presentes en el proyecto, del comportamiento mecánico de los macizos rocosos y depósitos de suelos, es definitivamente necesario actualizar periódicamente el modelo geológico-geotécnico que fue concebido en el escenario preoperativo, de tal manera que los datos que se vayan recabando durante la extracción y aprovechamiento de materiales y minerales sirvan para refinar dicho modelo. Esto cobra gran importancia debido a que todas las medidas de estabilización y obras de los escenarios de cierre y poscierre están diseñadas en función de los resultados obtenidos a partir de dichos modelos geológicos-geotécnicos.

La frecuencia con la que se actualicen los modelos debe ser establecida en función de la

variabilidad de las condiciones intrínsecas de los macizos rocosos y depósitos de suelos (comportamiento mecánico, composición mineralógica de los materiales, entre otros), debidamente valoradas por los profesionales idóneos para tal fin.

- **Estabilidad química**

- **Geoquímica**

Para que el plan de cierre progresivo, se complemente y valide en el tiempo, deberá contener las actualizaciones correspondientes con la descripción/caracterización de la geología del yacimiento y por ende de las fuentes potencialmente generadoras de drenaje minero, acorde con las mejoras tecnológicas en cuanto a caracterización, procesos de beneficio, entre otras, que aporten cambios significativos al plan de cierre y de ser posible propendan por la optimización de recursos a partir de la implementación de nuevos modelos de negocios para la disminución de residuos (estrategias de economía circular con estériles).

Asimismo, se debe involucrar la mayor cantidad de actividades posibles en etapas de cierre progresivo como medida preventiva que asegure la estabilidad química después de etapas de cierre final y disminuya costos asociados a medidas de control y, particularmente, a medidas de tratamiento de DM, que pueden llegar a ser de alto costo, de difícil implementación y de largo plazo⁹.

Actividades relacionadas con la implementación de alternativas de tratamiento que garanticen la estabilidad geoquímica en diferentes matrices, principalmente, agua y sedimentos (lodos), teniendo en cuenta, que la implementación de tratamientos pasivos se deberá realizar durante etapas de cierre progresivo, de manera que se pueda comprobar su efectividad y, de ser necesario, y acorde con el avance en el conocimiento de la geoquímica ambiental de la mina, implementar nuevas propuestas de tratamiento.

Durante el escenario de cierre progresivo, es importante la interpretación de manera periódica de los datos geoquímicos producto de las actualizaciones de la caracterización, con el objetivo de validar la selección del tratamiento del DM y complementar, de ser necesario, el diseño del plan de monitoreo poscierre y su idoneidad en la gestión de la estabilización química.

- **Recurso hídrico superficial**

Considerar la actualización de la propuesta de cierre inicial según corresponda con el avance del proyecto a lo largo del tiempo, se debe presentar en cada actualización al cierre progresivo el balance y evaluación de actividades de rehabilitación y estabilización física y química del recurso hídrico superficial y las medidas que aseguren que las operaciones no afectarán el recurso presente en las áreas definidas para el desarrollo del cierre progresivo.

En este sentido será posible actualizar la propuesta de monitoreo de variables ambientales en su ubicación de ser necesario, así como posibles nuevas alternativas de redes de

⁹ Guía Metodológica para estabilidad química de faenas e instalaciones mineras - SERNAGEOMIN, 2015.

drenaje o establecimiento de reservorios de agua.

En cuanto al manejo y disposición de las aguas residuales deberá actualizar la propuesta de manejo de las aguas de minería en caso de ser necesario, describiendo todo su ciclo de proceso, desde la generación, almacenamiento, transporte y disposición.

- **Recurso hídrico subterráneo.**

Considerar los mismos aspectos definidos en el plan de cierre inicial teniendo en cuenta el avance del proyecto minero al momento del cierre. A su vez, se deberá actualizar los resultados de los escenarios evaluados en la modelación numérica, teniendo en cuenta las condiciones del área del proyecto y los estudios hidrogeológicos realizados en el marco del seguimiento del proyecto.

Se debe presentar en cada actualización al cierre progresivo el balance hídrico y la evaluación de actividades de rehabilitación y estabilización física y química del recurso hídrico subterráneo y medidas que aseguren que las operaciones no afectarán el recurso presente en las áreas definidas para el desarrollo del cierre progresivo.

• **Suelo**

Se considerarán los mismos aspectos definidos en el plan de cierre inicial teniendo en cuenta el avance del proyecto minero y las medidas que aseguren que las operaciones de producción minera no afectarán los suelos presentes en las áreas establecidas para implementar actividades de cierre.

Se deberá realizar un diagnóstico de la calidad del suelo en las áreas rehabilitadas de manera que las características físicas, químicas y de carácter micro y biológico, puedan asegurar la permanencia y evolución del suelo en concordancia con el uso futuro del mismo.

• **Atmosfera**

Presentar los ajustes aplicables respecto al plan de cierre inicial, el análisis de la implementación de medidas cada cinco (5) años de acuerdo con el periodo de actualización y las proyecciones para los próximos cinco (5) años. Cabe precisar que, desde este componente, entre las condiciones que originarían una reevaluación o actualización del plan de cierre, se consideran como mínimas:

- ✓ Operación de nuevas fuentes de emisión (ej. equipos, maquinaria, etc.) a las viabilizadas por licenciamiento.
- ✓ Cambio en el volumen de aprovechamiento de minerales.
- ✓ Aprovechamiento de minerales diferente a los viabilizados por la licencia ambiental.

Durante el escenario de cierre progresivo se deberán realizar los análisis temporales y espaciales de los resultados asociados a los programas de monitoreo y seguimiento de los contaminantes atmosféricos, de niveles de presión sonora y vibraciones. Adicionalmente, se deberá realizar un balance y análisis de la efectividad en la implementación de cada una de las medidas de manejo propuestas para la gestión, mitigación y control de los impactos,

incorporando los posibles ajustes paulatinos realizados con el propósito de no exceder los límites normativos permisibles.

Se debe informar las decisiones frente a las fuentes que por licenciamiento ambiental y su respectivo permiso de emisiones atmosféricas, fueron viabilizadas para el proyecto, con el propósito de determinar su operación y seguimiento durante el cierre y poscierre. Adicionalmente, las medidas de manejo específicas para este tipo de fuentes deberán mantenerse hasta el poscierre.

De acuerdo con el cronograma de las actividades de cierre presentado, determinar los periodos en donde se realizarán actividades que generen emisiones a la columna de aire, ruido y vibraciones, entre ellas las asociadas a la adecuación y restauración (ej. estabilización de taludes y movimientos de tierras, rehabilitación y restauración, paisajística y/o reconformación morfológica), y al desmantelamiento, demolición final y traslado de equipos. Lo anterior para que en esta etapa de “adecuación, restauración y desmantelamiento”:

- ✓ Se presente de manera previa una modelación de calidad del aire y una modelación de ruido, con los análisis respectivos de emisiones y su influencia sobre receptores. Lo anterior permitirá prever la tendencia de los contaminantes y la necesidad o no de implementar medidas de manejo adicionales.
- ✓ Se establezcan los periodos de realización de las campañas de monitoreo de calidad del aire, ruido y vibraciones, ya que será necesario ejecutarlas al inicio y fin de la “etapa de adecuación, restauración y desmantelamiento”.

Dependiendo de las actividades de cierre progresivo y de los frentes de obra que se desarrollen, será necesario de manera previa presentar un rediseño del Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA) y los puntos de monitoreo de ruido, ya que los muestreos tendrán que dar cuenta de las emisiones propias de la actividad de cierre. Los monitoreos se realizarán conforme a las metodologías acreditadas por IDEAM y teniendo en cuenta la normatividad vigente (Decreto 1076 de 2015, Resolución 2254 de 2017, Resolución 627 de 2006 y aquellas que las modifiquen o sustituyan). Para los muestreos de la vibración transmitidas vía terrestre se realizarán conforme a lo dispuesto en el estándar DIN 4150-1-2-343¹⁰.

- **Cambio climático**

A medida que se actualice la información de cierre, es recomendable que se describa en mayor detalle operativo y técnico cada una de las medidas que se vienen aplicando para el diagnóstico del riesgo climático con el fin de controlar o minimizar los efectos negativos que pudieran generarse sobre las obras expuestas.

El plan de cierre progresivo debe evidenciar los ajustes necesarios en las estimaciones del riesgo climático según las comunicaciones nacionales en cambio climático que presenta el IDEAM y adicionalmente las disposiciones que se establecen bajo los Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático Territorial y Sectorial, debe considerar los impactos

¹⁰ Erschütterungen durch Baumaßnahmen - Beurteilung der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2 vom Juni 1999

acumulativos para así analizar la aplicación de las medidas de mitigación requeridas para reducirlos, en las actualizaciones del cierre progresivo también se debe presentar el balance de la implementación de las medidas de adaptación al cambio climático.

- **Economía circular**

Se recomienda llevar a cabo un balance de las acciones planteadas en generación de circularidad en el plan de cierre inicial según el avance de las operaciones mineras, y realizar su actualización con la entrega cada 5 años del plan de cierre progresivo donde de ser posible involucre:

- ✓ Registro de los residuos generados.
- ✓ Caracterización de los minerales procesados para identificar elementos de interés.
- ✓ El aprovechamiento del estéril bajo alternativas de uso interno dentro del proyecto minero para obras civiles o en usos externos en obras de infraestructura.
- ✓ Posibilidad de recuperar mineral almacenado en las presas de relaves y escombreras con potencial de aprovechamiento.
- ✓ Determinar si se han involucrado nuevos procesos en la operación minera que permitan ser potencial para la generación de circularidad en acciones de reducir, reciclar o reusar, en busca de realizar el consumo eficiente de los recursos (energía, agua, entre otros).
- ✓ Caracterización detallada de otros sobrantes.
- ✓ Reducción de insumos año a año y la implementación de actividades para el manejo responsable de los residuos.
- ✓ Identificación y descripción de actividades de beneficio y/o transformación de materiales a disponer en zonas de botaderos.
- ✓ Identificación de recursos y residuos con potencial de reutilizar y/o reciclar en los escenarios de cierre actual y futuros.
- ✓ Reducción de residuos (sustancias tóxicas y/o peligrosas, emisiones a la atmósfera, utilización de productos de un solo uso, etc.).
- ✓ Balance entre la producción de estéril y la utilización de este en actividades de circularidad.
- ✓ Balance entre el área destinada para los depósitos de estériles antes de la implementación de actividades de circularidad contra el área final destinada después de la implementación de estas actividades.

A medida que se actualizan los planes de cierre progresivos, validar la posibilidad de llevar a cabo el desarrollo de modelo de negocio circular donde se generen proyectos que involucren a la comunidad u otros titulares mineros con el fin de poder determinar posibles negocios y/o simbiosis industrial.

De acuerdo con la actualización de las acciones planteadas en generación de circularidad en el plan de cierre inicial y el balance a presentar durante el cierre progresivo diseñar un programa de monitoreo y seguimiento que permita continuar con la actividad durante el cierre final y poscierre.

- **Paisaje**

Presentar los ajustes a los que haya lugar a la propuesta de integración paisajística, como consecuencia del avance de las operaciones mineras durante el periodo evaluado, así como las actualizaciones y proyecciones que se requieran de cara al periodo siguiente de cinco (5) años.

Presentar un análisis de los resultados obtenidos en la implementación gradual de la propuesta general de integración paisajística planteada en el plan de cierre inicial. Igualmente, presentar una evaluación de la efectividad en la periodicidad de las inspecciones visuales que se realizan a cada obra o intervención que incluya la liberación, desmantelamiento y reconfiguración de áreas mineras, y de ser necesario, deben ser descritas las estrategias, mecanismos y métodos de reevaluación, ajuste y actualización de dicha actividad de inspección.

Adicionalmente, presentar el análisis de la integración de las actividades de reconfiguración geomorfológica y restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica, respecto a las medidas de manejo planteadas para el componente paisajístico.

El balance de las medidas de manejo y los programas de seguimiento y monitoreo asociados a los impactos paisajísticos debe ser realizado a la luz de los resultados de ejercicios de percepción que se desarrollen paulatinamente. Estos ejercicios se deben adelantar con la comunidad aledaña en los puntos de observación donde se haya identificado impacto visual. Para ello se podrá hacer uso de las herramientas gráficas y tecnológicas mencionadas en el plan de cierre inicial.

A medida que el proyecto se acerca al año final de operación se debe presentar un análisis del número, expectativas y tipo de observadores potenciales que estarían en el momento del cierre y poscierre del proyecto minero. Así mismo, se requiere un análisis de las posibles interacciones futuras de los habitantes con su paisaje, y de qué naturaleza podrían ser dichas interacciones, las cuales se podrán describir conforme a los servicios ecosistémicos que se espera estén asociados a las áreas recuperadas.

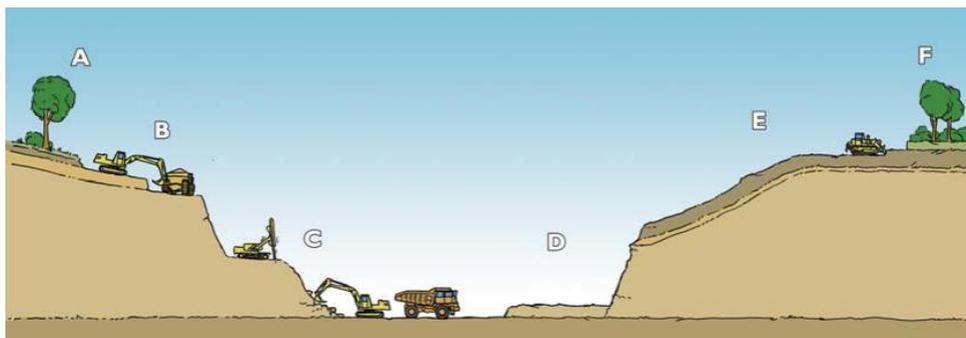
Dentro de los puntos de observación incluidos en este análisis se deberán tener en cuenta las principales vías de acceso, los núcleos de población, las áreas recreativas, turísticas y de afluencia masiva, e igualmente los puntos que sean representativos para mostrar la singularidad del paisaje. Frente a esto se debe garantizar que para los diferentes análisis siempre se involucren los mismos puntos de observación, de modo que se logre un ejercicio comparativo a lo largo de los diferentes planes de cierre progresivos y, en caso de que sea necesario integrar otros puntos adicionales, se deberá sustentar técnicamente la necesidad de inclusión de estos.

En resumen, el plan de cierre progresivo deberá dejar explícita la respuesta que ha tenido el paisaje frente a determinada propuesta de integración, y debe exponer los criterios (sociales, ecológicos, estéticos, etc.) que fueron adoptados y que se siguen considerando claves, y también aquellos que no han sido contemplados pero que se tendrán en cuenta para fortalecer el plan de integración en el próximo periodo de cinco (5) años.

- **Medio biótico**

Para este medio, se deben ejecutar mecanismos de restauración, rehabilitación y recuperación ecológica del área que permitan iniciar y mantener las trayectorias ecológicas hacia los ecosistemas naturales del área intervenida acorde con el plan de cierre aprobado en la licencia ambiental y el plan de manejo ambiental correspondiente al proyecto. Es necesario tener presente los aspectos técnicos que deberán contener las acciones propuestas a desarrollar durante el ciclo de vida del proyecto, y de esta forma, garantizar que se cumplan los objetivos planteados en el plan de cierre inicial previamente aprobado, que busquen promover el desarrollo de las dinámicas ecológicas, y con ello la recuperación de los servicios ecosistémicos del área. En la figura 4, se identifican las fases en las que deben incurrir los proyectos mineros que atienden un cierre progresivo.

Figura 4. Esquema de plan de cierre progresivo.



A. Estado inicial; B. Retiro de la capa vegetal; C. Explotación minera; D. Relleno; E. Reconstitución del suelo; F. Restauración de la vegetación.

Fuente: Gobierno de la Rioja, 2006.

De acuerdo con lo anterior, el contenido biótico del plan de cierre inicial se deberá actualizar en función de los posibles cambios en el desarrollo de la operación, actualización de la legislación aplicable y de los resultados obtenidos en la implementación de los cierres progresivos, con el fin de garantizar un manejo adaptativo de las áreas. Estos planes deberán establecer como mínimo las siguientes actividades.

- ✓ Se deben proponer mecanismos que garanticen que las operaciones mineras en proceso no afecten las acciones de restauración iniciadas en las áreas de cierre de acuerdo con el esquema de operación establecido en el PTO.
- ✓ Se deberá presentar el componente biótico del plan de cierre ajustado, teniendo en cuenta los resultados de la implementación de actividades de la última actualización del plan de cierre progresivo, de acuerdo con los contenidos descritos en el aparte de componente biótico del plan de cierre inicial.
- ✓ Las modificaciones realizadas se deberán soportar mediante las evidencias que llevaron a proponer los cambios de lo planteado en el cierre inicial o a lo largo de las actualizaciones de los cierres progresivos, con base en el reporte de los resultados de

las áreas en proceso de recuperación al momento de presentar el plan de cierre progresivo o su actualización según sea el caso. Lo anterior en términos de técnicas y estrategias de restauración, identificación de barreras (físicas, bióticas y sociales), selección de especies, establecimiento de hábitats y microhábitats para la fauna que favorezcan la ocupación de las especies presentes en el área de influencia, estrategias de mitigación de las amenazas sobre la fauna que pueda ocupar dichos espacios recuperados, densidades de siembra, cronogramas de implementación para alcanzar las metas de restauración, rehabilitación y/o recuperación ecológica establecidas en el plan inicial de cierre, temporalidad de los monitoreos, selección de variables del monitoreo, indicadores, articulación con los componentes de suelo y paisaje, entre otros.

- **Medio Socioeconómico**

Durante el escenario de cierre progresivo y para cada una de las actualizaciones que el titular minero debe presentar, es importante que se evidencie el aumento de la efectividad en la implementación de actividades formativas y de capacitación a los trabajadores del proyecto, en pro de una estabilidad económica desde el inicio del cierre progresivo, por lo anterior se recomienda que en el documento se exponga como mínimo:

- ✓ Avance y evaluación de la estrategia de comunicación y participación de autoridades territoriales, ambientales y comunidades del área de influencia en el plan de cierre.
- ✓ Balance del plan de gestión social en el sentido de adelantar la comparación entre lo acordado con entidades territoriales, agremiaciones y comunidades para propender por la reactivación o la recuperación de la vocación económica del territorio.
- ✓ Avance en las actividades de mantenimiento y seguimiento para dar alcance al objetivo del uso del suelo posterior a la explotación minera.
- ✓ Balance en la formación de oficios diferentes a los del proyecto minero. (proyectos productivos y conversión laboral)
- ✓ Adelanto de las industrias alternativas y secundarias desarrolladas por la comunidad de acuerdo con las capacitaciones recibidas por el proyecto.
- ✓ Evidencia de la ejecución de actividades socioeconómicas con todas las poblaciones o grupos de interés cuya actividad económica sea dependiente del proyecto.

1.7.4 Plan de cierre final

Las actualizaciones del PCA, que correspondan al plan de cierre final deben tener un porcentaje alto de certeza al acercarse la terminación de las reservas económicamente explotables, o en su defecto, mínimo seis (6) meses antes de que el proyecto decida no continuar por otras razones (económicas, políticas, etc.). El plan de cierre final debe exponer las actividades que serán definitivamente ejecutadas para este, establecer las especificaciones detalladas para garantizar la estabilidad física, química, biótica y paisajística, procesos de participación con las comunidades del área de influencia y la evaluación de cualquier cambio en el plan de operaciones o en el entorno del proyecto ocurrido durante los cierres anteriores.

El plan de cierre final entre otras actividades debería incluir:

- Definición final del uso de las áreas intervenidas y de los objetivos de cierre, determinando su uso posterior de acuerdo con los instrumentos de planificación territorial (POT, EOT, zonificación y régimen de usos de los POMCA, entre otros)
- Actividades finales de desmantelamiento, recuperación, restauración y rehabilitación que serán informadas e implementadas con los grupos de interés.
- Consideraciones geotécnicas para el cierre que garanticen la estabilidad física de las estructuras remanentes.
- Actualización de la zonificación geotécnica y del plan de 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 posminería.
- Medidas dirigidas a la estabilidad física que buscarán la seguridad estructural (mejora la resistencia y disminuye las fuerzas desestabilizadoras con el fin de evitar fenómenos de falla, colapso o remoción) de las obras y depósitos de la mina.
- Evaluación de riesgos por cada una de las instalaciones remanentes, la condición a evaluar debe ser en condición de cierre.
- Estrategia de trabajo para abordar la estabilidad química de la mina que contemple, además de las variables ambientales, las necesidades requeridas por la comunidad con relación al uso posterior del recurso hídrico (aguas subterráneas y superficiales), ya sea como fuente de abastecimiento o para otros usos.
- Balance de la implementación de actividades aprobadas en el cierre progresivo, identificando actividades pendientes por cumplir y las cumplidas, adjuntando su respectiva sustentación.
- 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 el poscierre.
- Cronograma de actividades y medidas de cierre a realizar año a año, en el que se deberán señalar las fechas de inicio programadas y los plazos de ejecución.

De acuerdo con lo anterior, se sugiere tener en cuenta la siguiente información en el momento que se estén estableciendo las actividades de cierre a implementar en aspectos como:

- **Estabilidad Física / Geotecnia**

Como ya se mencionó en la sección inicial de la presente guía, considerando lo establecido a través del análisis de estabilidad geotécnica, se presentarán las condiciones finales de conformación del terreno. La evaluación de la estabilidad geotécnica para las etapas de cierre y poscierre minero debe garantizar que el grado de amenaza de los taludes sea bajo.

En el plan de cierre final se debe proponer todas las acciones para cerrar correctamente la mina. Se sugiere como mínimo tener presentes las siguientes consideraciones para las zonas intervenidas en superficie:

- ✓ Descripción de las intervenciones que quedarán permanentes (aquellas que no se van

- a desmantelar) y aquellas que serán objeto de rehabilitación (las que se van a desmantelar).
- ✓ Describir la forma como se llevará a cabo el cierre de accesos vehiculares y peatonales, cierre de almacenes de explosivos (polvorines).
 - ✓ Presentar análisis del potencial de reutilización y/o reciclaje de estériles.

Las actividades de cierre de labores subterráneas deben como mínimo involucrar a demás de la instalación de barreras para evitar el ingreso o salida de aire, agua y gases; las siguientes consideraciones:

- ✓ Definición del tipo o tipos de cierre propuestos: se debe definir la cantidad de sitios de cierre a implementar y la categoría de cada uno de ellos clasificándolos como simples, pasivos o activos, dependiendo de las necesidades de mantenimiento (simple: que no requiere mantenimiento, pasivo: mantenimiento mínimo, o activo: mantenimiento permanente).
- ✓ Tipo de cierre y necesidades de mantenimiento: dependiendo del tipo de cierre propuesto (simple, pasivo o activo), se debe plantear con claridad las necesidades de mantenimiento que se requiere atender en la etapa de cierre, de tal suerte que se defina la frecuencia específica esperada y las labores de mantenimiento que se deben ejecutar para cada uno de los sitios de cierre.
- ✓ Condición del macizo rocoso: a partir de un análisis de la condición geotécnica y geomecánica en el entorno de las labores subterráneas, tanto horizontales, como inclinadas y verticales, se debe proponer la ubicación más idónea para los elementos de cierre (tapones).
- ✓ Condición del agua subterránea: para los sitios de los tapones se debe definir el caudal máximo esperado que se manejará y la forma como el mismo será manejado, para de esta manera definir si la condición del cierre será seca, húmeda o totalmente inundada. En el caso de cierres húmedos y cierres inundados, además del planteamiento de las respectivas soluciones hidráulicas, se debe presentar la solución que impedirá la entrada de aire para evitar procesos de alteración por oxidación de minerales y la generación de DM. Adicionalmente, en el caso de cierres inundados se debe evaluar el efecto de tener las discontinuidades del macizo con presión de agua constante, así como el efecto de dichas presiones en la alteración de patrones de flujo a nivel subsuperficial.

- **Estabilidad química**

- **Geoquímica**

Durante esta etapa se deberá presentar el plan de monitoreo, su ejecución y análisis y evaluación de resultados con relación a la generación de DM en frentes de explotación o bancos y demás fuentes generadoras identificadas, así como en la trayectoria de efluentes, determinando puntos críticos y posibles impactos. Implementar y desarrollar el plan de monitoreo poscierre¹¹.

¹¹ Minenergía, 2020

- **Recurso hídrico superficial**

Presentar la propuesta definitiva de establecimiento de la red de drenaje acorde al avance del proyecto, junto con la propuesta final de la red de monitoreo de variables asociadas al recurso hídrico. En esta etapa se deberá tramitar la modificación de los permisos que haya a lugar.

La duración del plan de monitoreo deberá ser proyectado en el tiempo para garantizar la estabilidad química, hidrológica e hidráulica del recurso hídrico, estableciendo las condiciones de modo, tiempo y lugar, así como los indicadores de efectividad y eficacia necesarios para permitir evidenciar el comportamiento del ambiente en la etapa de poscierre minero.

- **Recurso hídrico subterráneo**

El plan de cierre final deberá considerar los mismos aspectos definidos en el plan de cierre inicial teniendo en cuenta el estado del proyecto minero al momento del cierre final, actualizando las medidas propuestas para la remediación, recuperación, restauración y rehabilitación del agua subterránea según las características fisicoquímicas y regímenes hidrogeológicos determinados en el momento del cierre final.

• **Suelo**

El plan de cierre final deberá considerar los mismos aspectos definidos en el plan de cierre inicial teniendo en cuenta el estado del proyecto minero al momento del cierre final actualizando las medidas propuestas para la remediación, recuperación, restauración y rehabilitación con el fin que sean pertinentes según las características fisicoquímicas del suelo y los usos propuestos posterior a las actividades mineras.

• **Atmósfera**

Realizar los análisis temporales y espaciales de los resultados asociados a los programas de monitoreo y seguimiento de los contaminantes atmosféricos y de niveles de presión sonora y vibraciones. Adicionalmente, se deberá realizar un balance y análisis de la efectividad en la implementación de cada una de las medidas de manejo propuestas para la gestión, mitigación y control de los impactos a la calidad del aire, ruido y vibraciones.

• **Cambio climático**

Como sucede en los anteriores planes, para alcanzar una correcta gestión del riesgo climático, el plan de cierre final debe partir de un análisis de los escenarios predictivos de cambios de precipitación y aumento de temperatura que se presentan en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático del IDEAM o en futuras comunicaciones de la misma entidad, así mismo se recomienda llevar a cabo un análisis de reportes históricos de los eventos asociados a fenómenos hidrometeorológicos, meteorológicos, e hidroclimáticos.

En términos generales los riesgos climáticos pueden manifestarse en un aumento de la probabilidad de falla en depósitos de relevés, lixiviados y estériles, en migración de drenajes

mineros, en infiltración o erosión de coberturas, en transporte de contaminantes, en pérdidas de acceso al recurso hídrico, en incendios en zonas restauradas, inundaciones y remoción en masa en zonas circundantes, entre otros, por lo anterior el plan de cierre final deberá considerar respecto a la gestión del cambio climático, como mínimo:

- ✓ Identificar y describir las fuentes de emisiones de gases efecto invernadero en las actividades de cierre, con el fin de establecer las medidas apropiadas para su manejo y control, haciendo énfasis en la identificación de metano.
- ✓ Cuantificar los cambios que se pueden presentar en el volumen de las precipitaciones y evaluar las posibles consecuencias sobre el comportamiento de parámetros geotécnicos en taludes, túneles y depósitos de lixiviación, relaves y de estériles según el potencial de generación de drenajes.
- ✓ Medir los niveles de riesgo al que se exponen las obras de cierre con diseños convencionales que no consideren cambios en el volumen de las precipitaciones relacionados al cambio climático.
- ✓ Diseñar piscinas de captación de aguas de contacto, canales perimetrales y zanjas de desvío de los depósitos considerando los posibles cambios en las precipitaciones de los diferentes escenarios de cambio climático de la región para evitar mayores riesgos de inundación, infiltración y transporte de contaminantes, y reducir los niveles de riesgo de las obras de cierre.
- ✓ Diseñar coberturas de aislación impermeable de la superficie del depósito que tengan capacidad de resistir erosión e infiltraciones para diferentes rangos de precipitación según los escenarios de cambio climático con el fin de reducir los niveles de riesgo de las obras de cierre.
- ✓ En pilas de lixiviación y en depósitos de estériles realizar diseño de pendientes, nivelación de superficie y compactación de tal manera que se pueda lograr la estabilización de taludes frente a riesgos de mayor empozamiento e infiltración por aumento en el régimen de precipitaciones.
- ✓ Garantizar la resistencia de muros de contención en taludes frente a escenarios de aumento de carga hídrica por infiltración de agua y aumento de las precipitaciones, principalmente en zonas de alta pendiente.
- ✓ Considerar posibles cambios de las precipitaciones para el diseño de caminos a usar en la etapa de poscierre, coberturas, muros de contención en taludes y pendientes y compactación en depósitos, entre otras.
- ✓ Diseñar piscinas de captación de aguas de contacto, canales perimetrales y zanjas de desvío con una capacidad que se adapte a los cambios en las precipitaciones.
- ✓ Se deberán considerar los escenarios de cambio climático para generar las series de tiempo de precipitación, temperatura máxima, mínima y caudales en función de las coberturas para los periodos de tiempo de 2039-2040, 2069-2070 y 2099-2100. A partir de esta información, se deberán identificar aquellas actividades del plan de cierre susceptibles a cambios o ajustes que garanticen en el largo plazo la adaptación al cambio climático, esto en función de diseños de drenajes, entre otros relacionados con el recurso hídrico superficial y subterráneo.
- ✓ En cuanto al medio biótico será pertinente determinar la restitución de carbono en los procesos de restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica, contemplando un

análisis de la modificación del contenido de carbono asociado y su afectación en el balance de carbono en las áreas objeto de licenciamiento, se sugiere el uso del instrumento de valores de referencia de carbono almacenado.

- ✓ Las especies consideradas para los ejercicios de restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica deberán estar en función de los escenarios de cambio climático con el fin de garantizar procesos de adaptación de flora y fauna a dichos escenarios de temperatura, precipitación y/o aumento en el nivel del mar.

- **Economía circular**

Teniendo en cuenta el resultado de los cierres anteriores, implementar herramientas de análisis bajo las actividades a desarrollar en el cierre final, donde se incluyan todas las entradas y salidas de acuerdo con el uso futuro que se espera del área intervenida, se debe tener en cuenta el inventario de residuos disponibles para el desarrollo de procesos circulares en el cierre final, las caracterizaciones previas realizadas a los residuos a largo de los cierres anteriores, al igual que a los residuos disponibles con potencial de circularidad, lo anterior para:

- ✓ Identificar los residuos a generar en el desarrollo de las actividades durante el cierre final, con el fin de buscar actividades de circularidad y proyectar su generación en las mejores condiciones posibles.
- ✓ Realizar el balance si es el caso del material recuperado y aprovechado en las presas de relaves y escombreras.
- ✓ Buscar la gestión de aprovechamiento y uso de la infraestructura en las áreas del proyecto y evaluar el material recuperable del recurso y residuos disponibles que fueron generados en etapas previas a este cierre.
- ✓ Formular actividades de monitoreo y seguimiento a las acciones planteadas en economía circular.

- **Paisaje**

En esta fase final del cierre, en cuanto al paisaje se debe garantizar que las áreas intervenidas que prestaban servicios ecosistémicos de tipo cultural mantengan dicha condición. Por otro lado, se debe propender por que aquellas áreas que no prestaban este tipo de servicios terminen relacionadas con beneficios no materiales como la apreciación del paisaje, el aporte estético y las manifestaciones intrínsecas de belleza. Estas áreas podrán ser constituidas como espacios con valores recreativos, turísticos, culturales, espirituales y/o que aporten al bienestar humano.

El plan debe garantizar que la configuración final de las áreas recuperadas interactúe con el paisaje en su ámbito local y regional. De esa manera, se debe realizar un balance de los cierres progresivos y del estado en el cual quedaron las acciones propuestas para dichos cierres, garantizando una continuidad y conexión con el plan de cierre final.

Para valorar la calidad visual de esta reconfiguración final, las actividades contemplarán el desarrollo de encuestas de percepción y observaciones a grupos de interés que interactúen con las áreas recuperadas y que puedan valorar y utilizar prospectivamente estos

escenarios, ya sea por la estética visual o por la utilidad económica que aportan.

Dentro del plan de cierre final se deberá entregar un diagnóstico del estado en que se encuentran los sitios de interés paisajístico detectados en la correspondiente evaluación ambiental al momento del licenciamiento y la indicación de posibles variaciones frente al estado inicial en el que se encontraban. Igualmente, se debe tener en cuenta los elementos identificados como de alta importancia en el levantamiento de línea base socioeconómica respecto al componente cultural. El diagnóstico mencionado corresponde a un soporte fotográfico y una descripción del estado de los atributos y elementos de paisaje asociados a ese sitio identificado.

Dentro de las consideraciones generales se debe tener en cuenta que las obras de cierre que sean de carácter permanente deberán ser construidas con materiales y diseños que eviten la degradación por el paso del tiempo o la acción de terceros, e igualmente que involucren criterios paisajísticos en la selección de materiales y diseños.

Para mostrar el plan de integración paisajística final se podrá hacer uso de las herramientas gráficas y tecnológicas que se mencionaron en el plan de cierre inicial.

Se debe asegurar que dentro de los planteamientos finales de reconfiguración se abarquen aspectos como la estabilidad futura del paisaje respecto a erosión, remoción en masa, subsidencias, entre otras temáticas que se consideren relevantes dadas las particularidades de cada proyecto.

Se debe garantizar que no habrá contrastes de colores ni elementos extraños al paisaje circundante. Es por eso que se deberá considerar el retiro de todos los escombros, repuestos, mangueras, cañerías, etc., que puedan significar un impacto permanente en el paisaje. En esa misma línea, respecto al desmantelamiento, se debe considerar el retiro de todos los equipos eléctricos, postes y cableados que no sean de uso público o no vayan a tener un uso posterior.

Adicionalmente, este plan de cierre contemplará la eliminación de caminos que hayan sido empleados por el proyecto minero, en caso de que estos afecten el paisaje y que además no planeen ser utilizados posteriormente.

En cuanto a las actividades de restauración, recuperación y/o rehabilitación ecológica, es importante resaltar que la presencia de vegetación conseguirá incrementar la diversidad de colores y texturas, generando nuevos contrastes que incrementen la calidad paisajística de la zona. No obstante, es importante tener en cuenta que se debe propender por la conformación de comunidades vegetales con características similares a las de su entorno, muy asimilables en cuanto a valor paisajístico y recuperación ambiental de esa zona. Esto también debe garantizar que los atributos, sobre todo, de calidad y fragilidad sean devueltos a condiciones similares o mejores a las expuestas por el paisaje en el escenario sin proyecto. Para lo anterior, deberán plantearse las medidas de monitoreo y seguimiento correspondientes.

Para las especies a establecer en los procesos de reconfiguración vegetal, se deberá presentar el listado de las especies, el diseño y la disposición planteada, de acuerdo con

criterios paisajísticos.

Por último, se considera importante la presentación de los soportes de los mecanismos de participación que fueron empleados para dar a conocer las actividades planteadas en el plan de integración paisajística. En estos se podrá detallar la manera en que fue percibida por la comunidad la configuración final que se propone del paisaje.

- **Medio biótico**

Se deberá presentar el componente biótico del plan de cierre ajustado, de acuerdo con los resultados de la implementación de la última actualización aprobada del plan de cierre progresivo de acuerdo con los contenidos descritos en el aparte de componente biótico del plan de cierre inicial.

Las modificaciones realizadas se deberán soportar mediante las evidencias que llevaron a proponer los cambios de lo planteado en la última actualización del cierre progresivo, con base en el reporte de los resultados de las áreas en proceso de recuperación en el momento de la presentación del cierre inicial. Lo anterior en términos de técnicas y estrategias de restauración, identificación de barreras (físicas, bióticas y sociales), selección de especies, establecimiento de hábitats y microhábitats para la fauna, densidades de siembra, cronogramas de implementación para alcanzar las metas de restauración, rehabilitación y/o recuperación ecológica establecidas en el plan inicial de cierre, temporalidad de los monitoreos, selección de variables del monitoreo, indicadores, articulación con los componentes de suelo y paisaje, entre otros.

- **Medio socioeconómico**

Se deberá poner en marcha la estrategia de comunicaciones con los grupos de interés, en la cual se divulguen las actividades específicas del cierre. Adicionalmente, se recomienda mencionar las siguientes temáticas, dentro de los espacios participativos.

- ✓ Actividades específicas para cumplir con los compromisos ambientales adquiridos con relación a permisos, autorizaciones y compensaciones.
- ✓ Descripción de la forma en que se rehabilitarán las áreas intervenidas por la actividad minera.
- ✓ Medidas de manejo para verificar el estado actual de la fauna terrestre e hidrobiota del área de influencia.
- ✓ Balance total de los compromisos socioeconómicos adquiridos con las comunidades del área de influencia del proyecto y las acciones para el cumplimiento pleno.
- ✓ Descripción de la forma en que se hará el desmantelamiento progresivo de las instalaciones y equipos.
- ✓ Descripción y ubicación de la infraestructura que será entregada a la administración municipal y/o comunidad (de ser el caso).
- ✓ Descripción y ubicación de la reversión de infraestructura a la autoridad correspondiente (de ser el caso).
- ✓ Fecha de devolución de áreas mineras a la ANM o autoridad competente.

1.7.4 Plan de poscierre

El poscierre debe incluir acciones dirigidas al mantenimiento, monitoreo y seguimiento de las actividades implementadas en las anteriores fases de cierre del proyecto.

Es importante definir el tipo y frecuencia de mantenimiento que se llevará a cabo, de ser necesario se debe considerar el cuidado permanente de las instalaciones que queden remanentes.

De acuerdo con los resultados de las actividades implementadas en los cierres anteriores, se recomienda para el poscierre enfocarse en acciones que conlleven a:

- Estimar los componentes residuales que permanecerían en el sitio después del cierre de la mina, en función de lo comprometido en la evaluación ambiental, los permisos sectoriales y los resultados de la evaluación de riesgos aplicada a la instalación.
- Evaluar los riesgos para las instalaciones remanentes.
- Mantener a largo plazo las instalaciones remanentes, con el objeto de asegurar la estabilidad física y química de dichas instalaciones.
- Relacionar el uso y aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo del poscierre.
- Generar medidas de seguimiento y control para verificar que los riesgos identificados se mantendrán controlados en el largo plazo, indicando como mínimo: cantidad y ubicación de puntos de seguimiento y control; periodicidad de las actividades de seguimiento y control, duración total del monitoreo, cronograma y responsables.
- Realizar el balance y evaluación de resultados de las actividades de mantenimiento, monitoreo y seguimiento en cada uno de los aspectos ambientales durante el cierre final, con el fin de verificar el cumplimiento de los objetivos del cierre minero.
- Entregar los resultados de la implementación de actividades propuestas en los planes para el medio socioeconómico.
- Generar un cronograma con la presentación de las medidas (mantenimiento, monitoreo y seguimiento), periodo de ejecución y frecuencia para cada una de las instalaciones, indicar el tipo de mantenimiento y la periodicidad en la cual se llevará a cabo, justificando adecuadamente los periodos propuestos.

De acuerdo con lo anterior se sugiere tener en cuenta la siguiente información en el momento de establecer las actividades de poscierre:

- **Estabilidad física / Geotecnia**

Evaluar la pertinencia de establecer un plan de instrumentación y monitoreo geotécnico, con tal de evaluar la estabilidad de las zonas reconfiguradas durante el poscierre de la mina. Se considera oportuno que este monitoreo se realice en sectores donde haya instalaciones que queden remanentes.

La frecuencia de medición podrá ser establecida en función de las condiciones de entorno de la mina, considerando una posible utilización de los terrenos que fueron objeto de

procesos extractivos o de reconfiguración morfológica, así como también se pueden tener en cuenta las condiciones climáticas predominantes, o aun así las condiciones de amenaza sísmica del sector en cuestión.

- **Estabilidad química**
- **Geoquímica**

Las actividades deberán asegurar en el tiempo la estabilidad química del lugar intervenido, así como la prevención de posibles riesgos, se considera viable realizar para el poscierre actividades como:

- ✓ Inspecciones de bancos de explotación y minas subterráneas para la detección de grietas o fallas con posibilidad de permitir infiltraciones.
- ✓ Monitoreo y control de posibles efluentes y drenajes en depósitos de residuos mineros, que pudieran generarse por lluvias u otros.
- ✓ Monitoreo de emisiones de contaminantes.
- ✓ Monitoreo de la calidad del recurso hídrico, con drenajes provenientes de las instalaciones mineras cerradas.
- ✓ Inspecciones y mantenimiento de canales perimetrales, zanjas de desvío y canalización de escorrentías superficiales, piscinas etc.

- **Recurso hídrico superficial**

El poscierre deberá contener el análisis del comportamiento hidrológico, hidráulico y de calidad química del recurso hídrico (agua y sedimentos), planteando las actividades de mantenimiento y monitoreo donde se defina parámetros, metodologías, sitios, frecuencias y demás, que haya a lugar para garantizar la estabilidad hidromorfológica y química del entorno.

- **Recurso hídrico subterráneo**

Es importante establecer medidas de seguimiento, control y monitoreo respecto a asegurar que las características fisicoquímicas del agua subterránea no se alterarán por posibles impactos no resueltos que se puedan manifestar posterior al cierre de actividades. Se debe contemplar un seguimiento representativo de las unidades hidrogeológicas presentes en el área del proyecto con el análisis de los parámetros de línea base entregados en el EIA.

- **Suelo**

Es necesario establecer medidas de seguimiento, control y monitoreo respecto a asegurar que el uso previsto del suelo, posterior a las actividades mineras se realice sin verse afectado por posibles impactos no resueltos que se puedan derivar posterior al cierre de actividades, se deberá realizar el monitoreo de la calidad del suelo en las áreas rehabilitadas de manera que las características físicas, químicas y de carácter microbiológico se relacionen con las mismas de la línea base y que puedan asegurar la permanencia y evolución del mismo.

- **Atmosfera**

Se recomienda considerar como actividades la revisión de potenciales fuentes de emisión. Por tanto, se presentará un inventario de fuentes finales con su respectivo recálculo de emisiones, considerando la posibilidad que el proyecto deje fuentes que puedan generar contaminación (ej. fuentes lineales: vías construidas).

Para aquellos proyectos con extracciones de otros minerales diferentes al carbón, se deberá monitorear, en material particulado. Cabe precisar que los monitoreos deberán ejecutarse conforme a las metodologías acreditadas por el IDEAM y la normatividad vigente al respecto. Los resultados de dichos monitoreos permitirán establecer las medidas de manejo a implementar en el poscierre con el objetivo de entregar un área viable para el uso futuro.

Las medidas de manejo específicas para las fuentes objeto de permiso de emisiones atmosféricas deberán mantenerse hasta el poscierre y adicionalmente, se deberán reportar las decisiones de lo que se hará con estas fuentes una vez se realice el abandono. En caso de que, las fuentes de emisiones atmosféricas estén asociadas principalmente con la operación del proyecto y se considere su funcionamiento, se deberá revisar la viabilidad de este, en función de las características de las fuentes.

Finalmente se recomienda presentar el balance final de la gestión de los impactos asociados al componente atmosférico, analizándose los resultados históricos de los monitoreos de aire y ruido, además de la efectividad de las medidas de manejo y seguimiento implementadas durante la vida útil del proyecto.

- **Cambio climático**

Con el fin de lograr la estabilidad física y química del lugar de manera sostenible en el tiempo y prevenir los riesgos sobre las personas y el medio ambiente se deben detallar las actividades que permitan verificar que en efecto se ha alcanzado dicha estabilidad en el cierre del proyecto.

- ✓ Materialización de riesgos: Evaluar los cambios acontecidos en factores climáticos y sus efectos en las obras de cierre.
- ✓ Monitorear la suficiencia de las obras de evacuación de aguas frente a las nuevas realidades climáticas en el periodo de poscierre.
- ✓ Realizar una actualización de la valoración de riesgos en obras de cierre frente a nuevos pronósticos de cambio climático.
- ✓ Monitorear emisiones de contaminantes.
- ✓ Si el proyecto involucró la extracción de carbón, corresponderá identificar, analizar y evaluar las posibles fuentes fugitivas y realizar monitoreo de metano.
- ✓ Monitorear la materialización de riesgos de inundación o remoción en masa.

- **Economía circular**

Continuar ejecutando las acciones planteadas en los anteriores escenarios de cierre enmarcadas a:

- ✓ Establecer las alternativas de aprovechamiento de la infraestructura y uso de las áreas del proyecto minero.
- ✓ Entrega de materiales y residuos aprovechables en el marco de los modelos de negocio propuestos para los sobrantes.
- ✓ Ejecutar el plan de monitoreo con medición de indicadores de las acciones implementadas con potencial de generación de circularidad.

- **Paisaje**

Las medidas de monitoreo y seguimiento estarán encaminadas a garantizar la integración completa del paisaje circundante con los componentes recuperados del proyecto.

Es importante monitorear la evolución de la cobertura vegetal, la sobrevivencia de individuos sembrados, la densidad de siembra, el crecimiento de plántulas, las zonas donde hay escases/abundancia de riego, el nivel de erosión, la ocurrencia de deslizamientos, entre otros.

Respecto a la cantidad y ubicación de los puntos de seguimiento y control, estos estarán acordes con los análisis de visibilidad y ejercicios de percepción que ya se hayan desarrollado, de modo que la selección de cuenta realmente de la accesibilidad visual que tendrían los componentes recuperados del proyecto.

Para este escenario de cierre se recomiendan actividades dirigidas al mantenimiento de las áreas niveladas como parte de las actividades de reconfiguración morfológica y de paisaje, en caso de que aplique, la periodicidad de actividades, se planearán en respuesta a época de lluvias y época de estiaje.

El balance y evaluación en atributos paisajísticos, como lo es la calidad y fragilidad visual se desarrolla a la luz de lo que fue levantado en línea base en las diferentes unidades de paisaje intervenidas. En esa misma línea, se deberán especificar cuáles van a ser las unidades de paisaje finales, y las características o atributos que tendrán (calidad, fragilidad, etc.), teniendo en cuenta que puede haber unidades de paisaje que no se tengan caracterizadas debido a que antes de la reconfiguración o rehabilitación no existían. En caso de que aplique, a partir de la caracterización de las nuevas unidades de paisaje, se deben establecer las medidas de seguimiento y monitoreo que sean pertinentes.

- **Medio biótico**

Se deberá presentar el medio biótico del plan de poscierre de acuerdo con los resultados obtenidos en la implementación de actividades de los escenarios de cierre anteriores, deberá incluir la propuesta final de implementación del mantenimiento, su cronograma actividades, programa de monitoreo de las áreas restauradas, rehabilitadas o recuperadas y la periodicidad de reporte de los indicadores asociados al cumplimiento de las metas de

restauración con el fin de evidenciar el cumplimiento de las mismas y el cierre de las obligaciones.

- **Medio socioeconómico**

Para el poscierre ya se habrán ejecutado las medidas de manejo y los compromisos ambientales asociados a la operación, por lo tanto, para este escenario se propone tener en cuenta:

- ✓ El estado de la infraestructura, las áreas reconfiguradas y la estrategia diseñada para la mantención de las instalaciones a perpetuidad.
- ✓ El uso actual de la tierra y las actividades económicas de las comunidades.

1.8 Plan de contingencia

Este plan es transversal a todos los escenarios de cierre y debe estar formulado acorde con lo dispuesto en el plan de cierre y abandono minero, considerando los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de la contingencia establecidos en la Ley 1523 de 2012, siguiendo los lineamientos descritos en el Decreto 1081 del 2015 adicionado por el Decreto 2157 de 2017 (artículo 2.3.1.5.2.8), en lo referente a los riesgos que se podrían materializar sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, el numeral 9º del artículo 2.2.2.3.5.1 y el artículo 2.2.2.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015 o aquellos que los modifiquen o sustituyan.

Para el conocimiento del riesgo, se debe analizar que las amenazas (de origen natural, siconatural, antrópico, operacional y/o tecnológico), estén acordes con las fases y actividades descritas en el plan de cierre y abandono minero, así mismo, identificar, caracterizar, evaluar, valorar y zonificar las amenazas, incluyendo los elementos expuestos (vulnerabilidad) y la estimación del riesgo.

En la metodología de análisis de riesgo se debe integrar el proceso metodológico del análisis y evaluación del riesgo soportado con memorias de cálculo y sus resultados cartográficos. En la misma línea, con base en los resultados del proceso de conocimiento del riesgo, se debe establecer el subproceso de monitoreo del riesgo, el cual debe enfocarse en la ejecución de actividades asociadas al seguimiento del comportamiento geotécnico de los relaves, contaminación de acuíferos y los taludes finales en donde se definan variables para identificar niveles de alerta y a su vez definir medidas de reducción del riesgo y procedimientos de atención ante posible afectación.

Para el proceso de reducción del riesgo, se deben definir intervenciones correctivas y prospectivas propuestas; de tal manera, que permita identificar las acciones a implementar para disminuir las condiciones de amenaza y exposición de los elementos que puedan llegar a verse afectados.

Finalmente, para el proceso de manejo de la contingencia, es necesario se verifique, se cumpla el establecimiento de los componentes de preparación y ejecución para la respuesta, así como los de preparación y ejecución y recuperación ambiental, basados en sistemas de la articulación para la respuesta.

BIBLIOGRAFÍA GLOSARIO

[1] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 40599 de 2015, “Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero.” 2015

[2] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Artículo 2.2.3.1.1.3, Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015.

[3] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 40599 de 2015, “Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero.” 2015

[4] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Artículo 2.2.3.1.1.3, Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015

[5] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 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”. Bogotá: Congreso de la República, 2012.

[6] Ibidem

[7] Adaptado de: COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (PNGIBSE). Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, s. f.

[8] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1931 “Por la cual se establecen directrices para la gestión del cambio climático”. Bogotá: Congreso de la República. 2018.

[9] PROCONECTA 21. INTEGRACIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS EN EL TERRITORIO: ALIANZAS, CONECTIVIDAD ECOLÓGICA E INFRAESTRUCTURA verde https://www.fungobe.org/system/files/shared/Proyectos/2019_PROCONECTA/Glosario_PROCONECTA_03062020.pdf. Alberto García-González, Carlos Montes y Rafael Mata / Oficina Técnica de EUROPARC-España.

[10] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 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”. Bogotá: Congreso de la República, 2012.

[11] COLOMBIA. SERVICIO GEOLÓGICO MINERO. Glosario Geológico – Minero [Glosario]. Adaptado s.l. Servicio Geológico Minero sf disponible e <http://www.ingeminas.gov.co/resultados.aspx?searchmode=AnyWord&searchtext=glosario>.

[12] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE; MINISTERIO DE COMERCIO INDUSTRIA Y TURISMO. Estrategia nacional de economía circular: Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio, Coord: Saer, Alex José; González, Lucy Esperanza. Bogotá D.C. Colombia. Presidencia de la República; 2019. 84 p.

[13] RESTAURACIÓN ECOLÓGICA BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN ORLANDO VARGAS RÍOS¹, M.Sc. Grupo de Restauración Ecológica, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. jovargasr@unal.edu.co. 2021. 221p.

[14] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 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”. Bogotá: Congreso de la República, 2012.

[15] Servicio Nacional de Geología y Minería – Arcadis. Guía Metodológica de Evaluación de Riesgos para el Cierre de Faenas Mineras, Santiago de Chile, marzo de 2014.

[16] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 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”. Bogotá: Congreso de la República, 2012.

[17] COLOMBIA. SERVICIO GEOLÓGICO MINERO. Glosario Geológico – Minero [Glosario]. Adaptado s.l. Servicio Geológico Minero sf disponible e<<http://www.ingeminas.gov.co/resultados.aspx?searchmode=AnyWord&searchtext=glosario>>.

[18] Ignacio Español Echániz (2008). La carretera en el paisaje. Criterios para su planificación, trazado y proyecto. Consejería de Obras Públicas y Transportes. Centro de Estudios de Paisaje y Territorio (CEPT) Junta de Andalucía.451p
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/web/temas_ambientales/paisaje/4_planificacion/carretera_paisaje_planificacion_proyecto.pdf

[19] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 40599 de 2015, “Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero.” 2015.

[20] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE –Minambiente. Artículo 2.2.6.1.1.3, Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015.

[21] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, 2018. La restauración como acción de compensación para proyectos licenciables. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos; textos: Lozano Rodríguez, Laura Andrea; Vieira Muñoz, María Isabel; Ramírez Martínez, Natalia María. Bogotá, D.C. Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018.

[22] COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. 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”. Bogotá: Congreso de la República, 2012.

[23] PLAN NACIONAL DE RESTAURACIÓN / Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. MINAMBIENTE Colombia 2015. 91 p.

[24] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Artículo 2.2.6.1.1.3, Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015.

[25] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA. Resolución 40599 de 2015, “Por medio de la cual se adopta el Glosario Técnico Minero.” 2015.

[26] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Artículo 2.2.2.1.1.2, Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015

[27] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Artículo 2.2.9.3.1.2, Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015.

[28] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Artículo 2.2.3.2.3A.2, Decreto 1076 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015.

[29] MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE – Minambiente. Política para la Gestión Sostenible del Suelo. Bogotá: Minambiente, 2016.