

PLAN DE CIERRE

TABLA DE CONTENIDO

10	PLANES Y PROGRAMAS	1
10.1	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	1
10.1.4	Plan de cierre	1
10.1.4.1	Plan de cierre inicial	6
10.1.4.2	Plan de cierre progresivo	20
10.1.4.3	Plan de cierre temporal.....	21
10.1.4.4	Actualizaciones del Plan de Cierre	23
10.1.4.5	Plan Post-Cierre	24
10.1.4.6	Áreas Contiguas.....	27
10.1.4.7	Participación Ciudadana.....	28
10.1.4.8	Consulta de las Normas Locales	28
10.1.4.9	Actualización Final del Plan de Cierre	29
10.1.4.10	Actividades de Post-cierre	39

LISTA DE TABLAS

Tabla 10.1.4.1 Aspectos básicos del planeamiento minero.....	3
Tabla 10.1.4.2 Normatividad asociada al Plan de Cierre.....	5
Tabla 10.1.4.3 Descripción de unidades homogéneas.....	10
Tabla 10.1.4.4 Restricciones al uso de la tierra.....	10
Tabla 10.1.4.5 Matriz actualización Plan de Cierre	23
Tabla 10.1.4.6 Programa de monitoreo de los componentes del proyecto	24
Tabla 10.1.4.7 Resumen de los compromisos adquiridos	36
Tabla 10.1.4.8 Cronograma general del Proyecto Gramalote	38
Tabla 10.1.4.9 Cronograma del Plan de Cierre	39
Tabla 10.1.4.10 Actividades de mantenimiento poscierre	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 10.1.4.1 Principales componentes del proyecto Gramalote.....	7
Figura 10.1.4.2 Áreas intervenidas por el proyecto	13
Figura 10.1.4.3 Visión postcierre del estado final del territorio	14
Figura 10.1.4.4 Estabilización de taludes.....	17

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 10.1.4.1 Imagen de Referencia. Presa de relaves rehabilitada, luego de varios años después del cierre de la mina	8
---	---

MODIFICACIÓN DE LICENCIA AMBIENTAL DEL PROYECTO DE MINERÍA DE ORO A CIELO ABIERTO GRAMALOTE

10 PLANES Y PROGRAMAS

10.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

10.1.4 Plan de cierre

A. Introducción

El Plan de abandono y cierre del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote es el conjunto de actividades que serán implementadas con el fin de facilitar la prevención, control, mitigación y compensación de los impactos generados por el proyecto minero, de tal forma que su legado neto sea positivo.

Estas actividades van desde la preparación de un plan inicial hasta la ejecución de actividades tales como el desmantelamiento de instalaciones, estabilización y rehabilitación de suelos removidos en el proceso de minería, estabilización de las aguas utilizadas en actividades y procesos mineros y revegetación de áreas intervenidas por la actividad. Una adecuada planificación del cierre minero es un ejercicio que agrega valor al reducir los costos del cierre durante la vida útil de la mina y optimiza las opciones de uso del suelo.

Este Plan de Cierre se presenta en el marco de la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote de acuerdo con el marco conceptual del Plan de Cierre aprobado mediante el Artículo Décimo Tercero de la Resolución 1514 de 2015 (Licencia Ambiental) y modificado en el sentido de adicionar el marco conceptual y acciones aprobadas en la Resolución 00782 de 2019 (primera modificación de Licencia Ambiental).

Como lo establece el Artículo Décimo Tercero de la Resolución 1514 de 2015: *“Con respecto al Plan de Cierre y Abandono. Aprobar el marco conceptual y las acciones planteadas por la Empresa GRAMALOTE COLOMBIA LIMITED, para el cierre y abandono del proyecto GRAMALOTE, el que deberá ser actualizado periódicamente de acuerdo con los cambios presentados durante el desarrollo del proyecto...”*

En este sentido, las acciones establecidas bajo la mencionada resolución no cambian para la presente solicitud de modificación de licencia, teniendo en cuenta que hay cambios en la configuración del tajo, pero no en el método de explotación, por consiguiente, en este documento se adopta la descripción de las medidas conceptuales que se mantienen de acuerdo con lo autorizado en la Resolución 1514 de 2015, modificada por la Resolución 00782 de 2019.

Consecuente con lo anterior, debido al cambio del estándar y los ajustes en las mallas de recursos y por consiguiente de las reservas del proyecto, los tajos licenciados denominados

Monjas y Gramalote Satélite, no son incluidos en el plan minero actualizado, por lo que no serán intervenidos o explotados por el proyecto, por lo que estas obras, incluyendo la actividad de retrolleado asociado a estas, son objeto de devolución y/o exclusión en el trámite actual de modificación, razón por la cual las actividades de cierre aprobadas para estas actividades no son incluidas en esta versión.

El Plan de abandono y cierre hace referencia a cinco momentos específicos concordantes con los términos de referencia para proyectos de explotación minera:

- **Plan de cierre inicial**, que resume de manera general el uso y morfología que se dará al terreno, así como la calidad de los componentes del ambiente abiótico, biótico y socioeconómico.
- **Plan de cierre progresivo**, que incluye las diferentes actividades relacionadas con el cierre que pueden implementarse durante la operación del proyecto.
- **Plan de cierre temporal**, en el que se exponen las actividades mínimas necesarias que deben desarrollarse si se presentaran condiciones adversas que obliguen a la suspensión temporal de actividades, por razones de orden técnico, ambiental, económico, político o financiero.
- **Plan de cierre final**, que incluye diseños geomorfológicos, programas finales de revegetación y desmantelamiento definitivo de estructuras que no prestarán ningún servicio después del cierre.
- **Actividades de poscierre**, que incluyen entre otras el monitoreo físico (estabilidad de taludes), químico (calidad de agua), de fauna y flora (suelo, coberturas vegetales y paisaje) y actividades de mantenimiento asociadas con las medidas de cierre adoptadas.

Tal como lo establece la Resolución 1514 de 2015 (Licencia Ambiental), el Plan de Cierre será objeto de actualizaciones periódicas con el propósito de ajustar aspectos que se identifiquen durante la operación. De igual forma, el planeamiento minero se enfocará en crear condiciones ambientales aceptables, además de la comunicación continua y el compromiso con las autoridades y las comunidades, estableciendo objetivos realistas articulados a través de los planes que permitan potenciar los cambios deseados y evitar o minimizar los no deseados.

B. Objetivos del Plan de Cierre

Para el Plan de cierre para la Modificación de la Licencia Ambiental del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote se han establecido los siguientes objetivos:

- Planificar el cierre de cada uno de los componentes del proyecto de acuerdo con los diferentes escenarios del cierre.
- Definir el Plan de cierre inicial con base en el conocimiento actual de la mina y la interrelación de las etapas del proyecto definidas en el Programa de Trabajos y Obras.
- Identificar los componentes con características similares finales que permitan conformar grupos homogéneos (zonificación) que faciliten y orienten el manejo y definición del uso final del territorio intervenido por el proyecto.
- Desarrollar las acciones necesarias para la rehabilitación de las áreas intervenidas, de manera que sean compatibles con los usos del suelo aledaños, sean sostenibles

en el tiempo y contribuyan al bienestar de las comunidades del área de influencia del proyecto.

- Establecer las actividades que se efectuarán para lograr el cierre final de cada uno de los componentes del proyecto.
- Precisar los criterios a partir de los cuales se realizará la actualización del Plan de cierre.
- Definir los monitoreos necesarios en cada uno de los escenarios del cierre, con el fin de garantizar que se cumplan los objetivos ambientales, socio-económicos y de uso de la tierra.
- Describir los programas de cuidado y mantenimiento necesarios en caso de presentarse un cierre temporal de la mina.
- Elaborar el cronograma de costos correspondiente al cierre del proyecto, incluyendo el escenario de poscierre.
- Diseñar un modelo de evaluación que permita analizar los resultados de las actividades de cierre que se van implementando de tal forma que se puedan establecer medidas de mejoramiento.

C. Metodología

La metodología general para el desarrollo del cierre del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote, en el marco de la Modificación de la Licencia Ambiental, se enmarca en los siguientes pasos:

- Estudio del entorno e implicaciones ambientales
- Formulación de alternativas de cierre inicial
- Formulación del programa de cierre progresivo
- Formulación del Plan de cierre final – Ingeniería de detalle
- Formulación del programa de cierre temporal
- Formulación de las actividades de poscierre
- Cronograma y Presupuesto del cierre
- Evaluación del cierre
- Socialización

En la Tabla 10.1.4.1 se lista de manera general el desarrollo metodológico vinculando etapas, actividades principales y programas asociados.

Tabla 10.1.4.1 Aspectos básicos del planeamiento minero

Etapas	Propósito	Actividades principales	Programas y fichas de manejo aplicables	Componentes involucrados
Cierre inicial	Definir el marco conceptual del cierre y los usos finales preliminares; zonificar por unidades homogéneas y restricciones; identificar componentes que permanecen y los	Formulación de alternativas de cierre; definición de unidades homogéneas (áreas en compactación, tajos, espejos de agua, infraestructura vial y de servicios); lineamientos para sedimentadores (operarán o se colmatan y revegetan); permanencia temporal del túnel de desviación	Lineamientos generales del Plan de Cierre; integración con EOT y participación; sin fichas operativas aún (se activan en progresivo/final).	Tajo Gramalote; área de manejo de colas; sedimentadores; túnel de Guacas; áreas de apoyo (campamentos, PTAP, PTAR, servicios, vías)

Etapa	Propósito	Actividades principales	Programas y fichas de manejo aplicables	Componentes involucrados
	que se desmantelan.	Guacas y esquema de restitución; lineamientos de usos del tajo y área de manejo de colas.		
Cierre progresivo	Iniciar, durante la operación, la rehabilitación de áreas liberadas para reducir pasivos y costos de cierre.	Reconformación y readecuación de áreas liberadas (p. ej. depósitos de materiales sobrantes, plataformas); revegetación; estabilización de suelos y manejo de escorrentía; actualización anual de áreas a rehabilitar.	PMA_ABIO_01 (suelo), PMA_ABIO_02 (estériles y escombros), PMA_ABIO_03 (recurso hídrico y control de erosión), PMA_ABIO_04 (aire), PMA_ABIO_09 (paisaje), PMA_BIO_04 (restauración y rehabilitación).	Depósitos y plataformas liberadas; taludes en condición final; canales y drenajes asociados.
Cierre temporal	Asegurar las instalaciones y mantener condiciones seguras/estables ante una suspensión temporal.	Barreras de acceso y vigilancia; señalización; socialización con comunidades; inspecciones geotécnicas semestrales y verificaciones semanales de taludes; limpieza/mantenimiento mensual de canales; riego de vías; monitoreo de sedimentadores; obras temporales de control de escorrentía; control de residuos y prohibición de caza.	Aplicación de rutinas de inspección y mantenimiento bajo los mismos PMA_ABIO_01 (suelo), PMA_ABIO_03 (recurso hídrico y control de erosión), y participación social establecidos en el PMA_SOC_01_ Programa de atención, información y participación comunitaria; focos: seguridad, estabilidad y control de impactos.	Frentes de mina, depósitos, vías, sedimentadores, infraestructura operativa esencial (comunicaciones, agua, seguridad, subestación).
Cierre final	Ejecutar el desmantelamiento, estabilización y rehabilitación definitiva; dejar condiciones estables y compatibles con usos futuros.	Desmantelar/demoler planta e instalaciones (con descontaminación); disposición de residuos; reconformar taludes y reconfigurar suelo (roturación, restitución de edáfico); revegetación; sellar túnel de Guacas y restituir cauce; llenar tajo; adecuar áreas de apoyo; delimitar y señalar. En área de colas: retirar líneas, construir vertedero de emergencia, mantener canales, verificar estabilidad, revegetar, cerrar accesos y emitir informe final. En combustibles:	PMA_ABIO_01/02/03/09, PMA_BIO_04; gestión de residuos y sustancias peligrosas conforme PMA; fichas específicas por componente (planta, combustibles, depósitos, colas) según capítulo de cierre final.	Tajo; depósito de estériles; área de manejo de colas; planta; combustibles; vías; polvorín y áreas de reactivos; campamentos y servicios.

Etapa	Propósito	Actividades principales	Programas y fichas de manejo aplicables	Componentes involucrados
		desmontar tanques y remediar suelos.		
Pos-cierre	Monitorear y mantener el desempeño del cierre; verificar estabilidad física y química; consolidar restauración y control socioambiental.	Programas de monitoreo (ver Tabla 10.6 y 10.9): estabilidad de taludes (deformaciones, grietas, erosión), calidad de agua (pH, DQO/DBO, metales, sólidos, etc.),	Programas de monitoreo pos-cierre: estabilidad física; recurso hídrico (superficial/subterráneo); restauración y paisaje; componente socioeconómico. Actividades de mantenimiento pos-cierre por componente (tajo, depósitos, colas, vías).	Tajo inundado; embalse de sobrenadantes en colas; depósitos y pilas; sedimentadores; vías; obras hidráulicas.

Fuente: Integral S.A., 2025

D. Marco legal para el cierre

Tabla 10.1.4.2 Normatividad asociada al Plan de Cierre

Norma	Expide	Descripción
Ley 99 de 1993, Artículo 60	Congreso de Colombia	“por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones”
Ley 685 de 2001	Congreso de Colombia	“Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones”
Decreto 1076 de 2015	Presidente de la República de Colombia	“Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Términos de Referencia para PTO y LTE (MME, 2019 / Resolución 40590 de 2019)	Ministerio de Minas y Energía	“Por la cual se define e implementa un mecanismo que promueva la contratación de largo plazo para proyectos de generación de energía eléctrica complementario a los mecanismos existentes en el Mercado de Energía Mayorista en cumplimiento de los objetivos establecidos en el Decreto número 0570 de 2018”

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.4.1 Plan de cierre inicial

El Plan de cierre inicial contempla los escenarios preliminares y las medidas de manejo generales para los cierres progresivo, temporal y final, a partir de lo considerado en las etapas de planeamiento con base en el conocimiento actual de la mina y sus instalaciones asociadas.

En este plan se identifican y formulan las alternativas de cierre de cada uno de los componentes del proyecto, las cuales deben responder tanto a los requerimientos ambientales como sociales del entorno. Algunos de estos componentes serán demolidos una vez culmine el proyecto puesto que no serán de ninguna utilidad bajo las nuevas condiciones de uso de la tierra. Otros, sin embargo, son de gran importancia bajo las nuevas condiciones o su demolición no es posible, pues sus características morfológicas hacen necesaria su permanencia en el sitio. Entre ellos se cuentan el área de manejo de colas, la pila de almacenamiento de mineral, el depósito de estériles, los sedimentadores y el túnel de desviación de la quebrada Guacas.

Los sedimentadores que quedan incluidos en el cierre final se dejarán para que se colmaten de manera natural y posteriormente serán revegetados, evitando de esta manera los impactos que se generarían si se realizara su demolición al finalizar la operación del proyecto. El túnel de desviación de la quebrada Guacas continuará en operación hasta que se cierre el tajo Gramalote, después de lo cual se procederá a su clausura.

La permanencia de los tajos de explotación está dada de igual manera por características morfológicas y propiedades fisicoquímicas de los suelos y químicas de las aguas presentes al finalizar la actividad minera. Por último, la utilidad en los usos posteriores define la permanencia de la mayoría de las áreas de apoyo (campamentos, plantas de tratamiento, planta de residuos sólidos, redes de distribución de aguas y parte de la infraestructura vial, entre otros).

10.1.4.1.1 Componentes del cierre inicial

A continuación, se describirán algunas de las características más relevantes de los componentes residuales al momento del cierre.

A. Sedimentadores

Los sedimentadores asociados al depósito de material estéril, de la zona de planta y depósito de mineral, del área de manejo de colas y del pozo de recolección de infiltraciones continuarán funcionando como estructuras de manejo de escorrentía superficial después del cierre de las operaciones mineras buscando que se establezcan condiciones aceptables de calidad de agua por el aporte de material proveniente de las distintas estructuras.

Los sedimentadores estarán conformados por un pequeño dique constituido por material residual y sapolito compactado de baja permeabilidad, con una geomembrana de HDPE (Polietileno de alta densidad) en ambas caras, para prevenir la erosión del material de relleno del dique debido a la fluctuación del nivel de agua dentro del sedimentador. La pendiente de las caras aguas arriba y aguas abajo de los diques será de 3H:1V.

Aunque, los demás sedimentadores construidos en el proyecto no estarán en servicio finalizada la operación, no se demolerán y se espera su colmatación y revegetación por sucesión natural con el fin de generar los menores impactos posibles desde el punto de vista ambiental.

B. Túnel de Desviación de la Quebrada Guacas (Obra No objeto de Modificación)

La estructura de desviación permanecerá hasta realizar el cierre del tajo Gramalote, momento en el cual se restablecerá el cauce de la quebrada Guacas, adaptándose a las condiciones geomorfológicas del terreno en ese momento y ocupando la misma cuenca (o muy cercana) a la que usaba antes del inicio del proyecto.

La clausura incluirá volver la quebrada a su curso antiguo, el que conducirá el agua hasta el tajo Gramalote. Una vez lleno, el desagüe del tajo se conectará con la cuenca natural del Guacas y continuará hasta unirse con el río Nus, en el mismo punto que lo hace actualmente como se aprecia en la Figura 10.1.4.1.

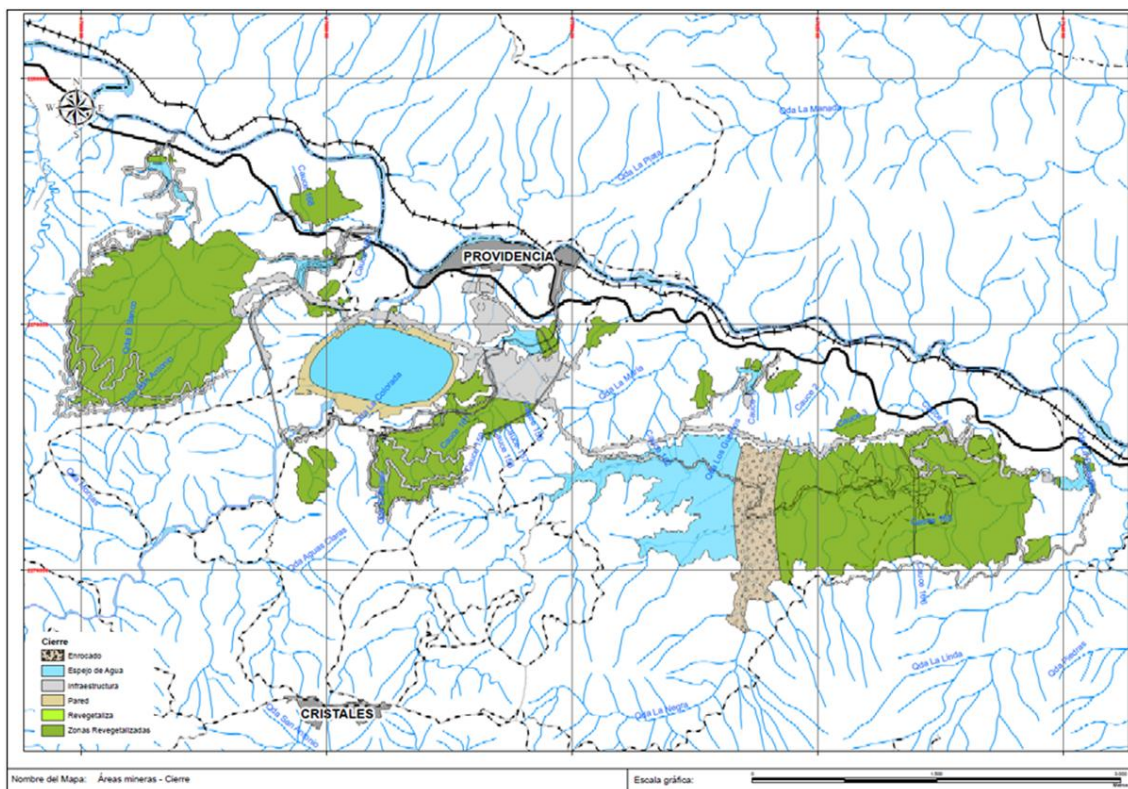


Figura 10.1.4.1 Principales componentes del proyecto Gramalote

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

C. Tajo Gramalote

Al finalizar el proceso de excavación minera, el tajo Gramalote se llenará hasta la cota ~822 m.s.n.m., conformando un espejo de agua que tendrá una extensión de ~56 ha. Las restantes 20 ha, conformadas por taludes por encima de la cota 822 m.s.n.m. serán revegetadas una vez finalizadas las operaciones mineras.

D. Depósito de material estéril (DME)

Una vez alcanzada la configuración final del DME se procederá a conformar las áreas inclinadas con una pendiente máxima de 3H:1V y las áreas horizontales con pendiente de -0.5% hacia el centro a fin de retener las aguas lluvias que serán luego utilizadas en los procesos de recuperación del suelo que sustentará la vegetación. Las pendientes han sido diseñadas para proveer una estabilidad a largo plazo bajo condiciones de carga sísmica.

E. Área de manejo de colas (Obra No objeto de modificación)

El área para manejo de colas estará en funcionamiento durante toda la operación, al cabo de la cual alcanzará un área aproximada de 316 ha. En esta área se dispondrán las colas provenientes de los procesos de flotación y lixiviación. Durante la operación normal de la planta se generarán aproximadamente 6 Mt por año de colas minerales en forma de pulpa mineral con $\sim 55\%$ de sólidos.

El plan de cierre incluye proveer al talud de las arenas con un ángulo y bermas que faciliten su rehabilitación con un manejo adecuado de aguas para evitar erosión. La Fotografía 10.1.4.1 muestra un caso real de rehabilitación de una presa de relaves mineros, en condiciones climáticas y de pluviometría similares a Gramalote.



Fotografía 10.1.4.1 Imagen de Referencia. Presa de relaves rehabilitada, luego de varios años después del cierre de la mina

Fuente: OceanaGold, Nueva Zelanda

F. Áreas de Apoyo

Las áreas de apoyo serán adecuadas para servir a nuevos proyectos productivos o industriales que se establezcan o se requieran a nivel local, regional o nacional, como por ejemplo hoteles, bodegas, escuelas, hospitales o cualquier otro uso que, al momento del cierre, se defina acorde con la dinámica y necesidades de la región.

Estas áreas ocupan ~25 ha e incluyen los campamentos, oficinas, la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), la estación de bombeo, la red de distribución primaria de agua tratada, las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), los parqueaderos no mineros, la zona de servicio, la portería y la planta de residuos sólidos.

G. Vías

El posible uso de las vías que permanecerán al finalizar del proyecto será definido teniendo en cuenta su utilidad para la realización del monitoreo y de las actividades de mantenimiento necesarias durante las etapas de cierre y poscierre y el servicio o uso social que pueden prestar como conexión dentro de las diferentes unidades productivas que se podrían establecer en el área del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote después del cierre de la mina.

10.1.4.1.2 Objetivos ambientales y usos de la tierra

La implementación del Plan de cierre minero se caracteriza por ser un proceso condicionado en gran parte por los factores biofísicos y sociales del área de influencia. Sus acciones involucran, en primer lugar, la consulta con las partes interesadas respecto a determinar el futuro que se quiera dar a las instalaciones, con miras a aprovechar el recurso para mejorar la infraestructura comunitaria de la zona.

El cierre contemplará el desmantelamiento de las instalaciones provisionales y específicas para la actividad minera y la destinación de otras áreas aprovechables, ya sea por privados o por la comunidad, de acuerdo con el potencial que establezca el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Roque y las decisiones de Gramalote Colombia.

Buscando lograr una forma a través de la cual se optimicen los espacios, se aproveche el recurso y se tenga en cuenta todas las variables de manejo de un área en la cual se ha desarrollado un proyecto minero, se propone una metodología de agrupamiento de acuerdo con las características del sitio y el uso que se le dio durante la operación, para proyectar el uso final del territorio.

A. Definición de unidades homogéneas y zonificación por restricciones al uso del suelo

El área total de la licencia minera sea o no intervenida directamente por las actividades de explotación, presenta áreas de características físicas, químicas y biológicas comunes, las cuales pueden agruparse según las afectaciones que hayan sufrido por las distintas actividades para lograr su manejo y rehabilitación.

Las principales zonas homogéneas para el proyecto son: áreas en proceso de compactación o asentamiento, área de excavaciones profundas (tajo de explotación), áreas

de espejos de agua, área de infraestructura vial y área de infraestructura de servicios. La definición de unidades homogéneas se realizó con base en los criterios que se presentan en la Tabla 10.1.4.3, así:

- Áreas en proceso de compactación o asentamiento.
- Áreas de excavaciones profundas (tajo de explotación).
- Áreas de infraestructura de servicios (campamentos, planta de beneficio y área de servicios entre otras).
- Áreas de espejos de agua: levemente contaminada; medianamente contaminada.

Tabla 10.1.4.3 Descripción de unidades homogéneas

Unidad homogénea	Descripción
Áreas en proceso de compactación o asentamiento	Zonas de depósito de materiales producto de la actividad minera - botaderos
Área de excavaciones (tajo de explotación)	Zonas donde se ha extraído material para el beneficio minero (tajo de explotación)
Áreas de espejos de agua	Zonas de represamiento de aguas lluvias y de escorrentía: embalses de sedimentación
Áreas de espejos de agua	Zonas de represamiento de aguas producto del beneficio: área de manejo de colas (embalse de sobrenadantes)
Área de infraestructura vial	Zonas de corredor vial: vías externas e internas
Área de infraestructura de servicios	Zonas construidas para el servicio de la operación minera: plataformas, campamentos y áreas de servicio.

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

B. Restricciones al uso

Las restricciones al uso estarán asociadas al cambio físico, químico y geotécnico que sufren los componentes del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote durante la operación. En la Tabla 10.1.4.4 se presentan los criterios utilizados para identificar las restricciones al uso y los sitios del Proyecto que responde a estas características.

Tabla 10.1.4.4 Restricciones al uso de la tierra

Criterio	Definición	Componente
Estabilidad	Zonas que se comportan como focos de erosión susceptibles de generar inestabilidad.	Tajo de explotación, depósitos.
Presencia de sustancias peligrosas	Sitios en los que se acumularon sustancias con características peligrosas, tales como combustibles, reactivos, tóxicos o explosivos, durante la operación minera.	Planta de beneficio, polvorín.
Áreas ocupadas por espejos de agua	Zonas acumulación o represamiento de aguas superficiales, aguas de lixiviación y sedimentos.	Sedimentadores asociados a los componentes del Proyecto.

Fuente: Integral S.A., 2017

10.1.4.1.3 Usos finales del suelo

La implementación del Plan de cierre minero es un proceso condicionado principalmente por factores biofísicos y sociales del área de influencia. Por tanto, la aptitud del uso futuro

del suelo y la integración económica del territorio se realizarán de manera concertada con la comunidad del área de influencia, durante la socialización del Plan de cierre para su inclusión en el marco de la actualización del mismo, previo al cierre efectivo. No obstante, a continuación, se presentan algunos usos que se podrían establecer en las áreas intervenidas, al igual que los objetivos ambientales que enmarcarán el Plan de cierre inicial y que irán direccionando las actividades a implementar. Tales actividades estarán en todo caso sujetas al proceso de concertación con la comunidad, a la dinámica económica de la región, a lo establecido en el Esquema de Ordenamiento Territorial del municipio de San Roque y a las consideraciones propias de Gramalote Colombia.

La definición de los usos potenciales del suelo donde se localizan los componentes del proyecto se ha llevado a cabo a partir de la clasificación de las áreas intervenidas de acuerdo con zonas homogéneas definidas y bajo restricciones de uso identificadas, conformando seis tipos de áreas. Esta zonificación por áreas homogéneas es una forma de clasificar el área del proyecto minero, de modo que los componentes reúnan ciertas propiedades similares, con el fin de diseñar estrategias de cierre que permitan optimizar los espacios, aprovechar el recurso y tener en cuenta todas las variables de manejo de un área de acuerdo con las características del sitio y el uso que se le dio durante la operación.

Las **áreas tipo I** se caracterizan por presentar restricciones de estabilidad para el uso potencial del suelo, debido a la falta de consolidación de los materiales depositados o a la inexistencia de cobertura vegetal. Estas áreas entrarán a un proceso de rehabilitación de suelos y siembra de especies de bajo porte, con el fin de conseguir por medio de una sucesión natural zonas destinadas ya sea a la protección y rehabilitación del paisaje o al uso agrícola. Entre los componentes de este tipo de área, se encuentran los depósitos de estériles y de material de alta ley, los depósitos, la cantera y las plataformas de saprolito y de baja ley.

Las **áreas tipo II** están constituidas por las zonas auxiliares mineras cuya infraestructura es susceptible de desmantelarse, demolerse o adecuarse, sin restricciones para el uso posterior. Entre los componentes del proyecto que hacen parte de esta clasificación se encuentran algunos depósitos, la plataforma La Perla, la zona del polvorín, el área de ciclonado y la planta. Se realizará el desmantelamiento de la infraestructura que pueda generar riesgos a la comunidad o al ambiente y el suelo podrá potencialmente utilizarse para uso pecuario semi-intensivo o uso industrial. No se considera inicialmente el agrícola como uso potencial; sin embargo, si los análisis de fertilidad del suelo así lo definieran, en el futuro podría incluirse esta opción.

Las **áreas tipo III** son aquellas áreas de apoyo que no presentan restricciones para su uso después del cierre, algunas de las cuales se demolerán, otras se entregarán para el uso comunitario y otras serán entregadas a terceros para usos comerciales, industriales o de servicios. Entre estas áreas se cuentan los campamentos, plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, planta de agua potable, planta de residuos, zonas de servicio, zonas de emergencia e infraestructura vial. La reversión gratuita al estado se realizará en los casos en que las características y dimensiones de las obras, a juicio de la autoridad minera, las hagan aptas como infraestructura destinada a un servicio público de transporte o embarque, o para uso de la comunidad, conforme a lo dispuesto en el Artículo 113 de la Ley 685 de 2001.

En todos los casos de terminación del contrato, ocurrida en cualquier tiempo, operará la reversión gratuita de bienes en favor del Estado circunscrita esta medida

a los inmuebles e instalaciones fijas y permanentes, construidas y destinadas por el concesionario en forma exclusiva al transporte y al embarque de los minerales provenientes del área comprendida en tal contrato y de aquellas que se encuentren incorporadas a los yacimientos y accesos y que no puedan retirarse sin detrimento del mismo (yacimiento) y de los frentes de trabajo. Esta reversión operará sólo en los casos en que las características y dimensiones de los mencionados bienes, a juicio de la autoridad minera, los hagan aptos como infraestructura destinada a un servicio público de transporte o embarque o darse al uso de la comunidad. (artículo 113/ ley 685, 2001)

Las **áreas tipo IV** corresponden al embalse de colas y el tajo Gramalote y se caracterizan por ser zonas de embalse producto de la acumulación de aguas superficiales, aguas de lixiviación y sedimentos. Para estas zonas se proyectan los siguientes usos potenciales:

- Para el embalse de colas, de acuerdo con el modelo de calidad de agua realizado por Golder Associates (2014), el agua presente en el embalse de colas durante la operación muestra condiciones de calidad aceptables, por lo que al momento del cierre no se requeriría ningún tratamiento del embalse de sobrenadantes ni de la estructura de recolección de infiltraciones. Sin embargo, se propone establecer un período de monitoreo de seguridad una vez terminado el procesamiento de mineral y suspendidas las descargas de vertimientos al embalse hasta obtener resultados de vertimiento totalmente aceptables de manera consistente.
- Bajo los criterios de calidad de agua establecidos por el Decreto 1594 de 1984 (Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.), se podría considerar la destinación de este recurso para riego, después del período de seguridad propuesto, que sería del orden de 2 años a partir de la finalización de la operación y que será verificado con los monitoreos realizados, siempre que la calidad de agua alcance y mantenga condiciones aceptables.
- Para el tajo Gramalote, teniendo como base los resultados de los análisis realizados a la fecha que predicen un mínimo potencial de drenaje ácido de roca (Knight Piésold, 2013) se estima que para el año 5 después del cierre se presentarían concentraciones con condiciones de calidad que pudieran ser destinadas para actividades de riego, pecuarias o industriales.

Las **áreas tipo V** se encuentran constituidas por la presa de manejo de colas y los sedimentadores, los cuales por sus condiciones de estabilidad se consideran áreas restringidas. No obstante, esta condición podrá modificarse de acuerdo con la dinámica del proyecto y con las investigaciones que se efectúen para el ajuste de los usos potenciales y para el establecimiento de los usos finales.

Las **áreas tipo VI** se encuentran constituidas por obras hidráulicas sobre la quebrada Guacas que se clausurarán en la etapa de poscierre. Podrá analizarse la factibilidad de utilizar la presa de la quebrada Guacas para el desarrollo de un proyecto de generación de energía eléctrica.

Los usos potenciales propuestos se evaluarán conforme con el desarrollo del proyecto, a la dinámica de la región y del país y a los procesos de concertación con la comunidad, para establecer la mejor destinación futura de las tierras y mejorar la calidad de vida de los

pobladores del área de influencia. Después de culminada la operación del proyecto se liberarán la mayoría de las áreas para su rehabilitación.

En la Figura 10.1.4.2 se presentan las áreas de intervención del proyecto y en la Figura 10.1.4.3, se presenta la visión poscierre del estado final del territorio, con base en los usos potenciales identificados.

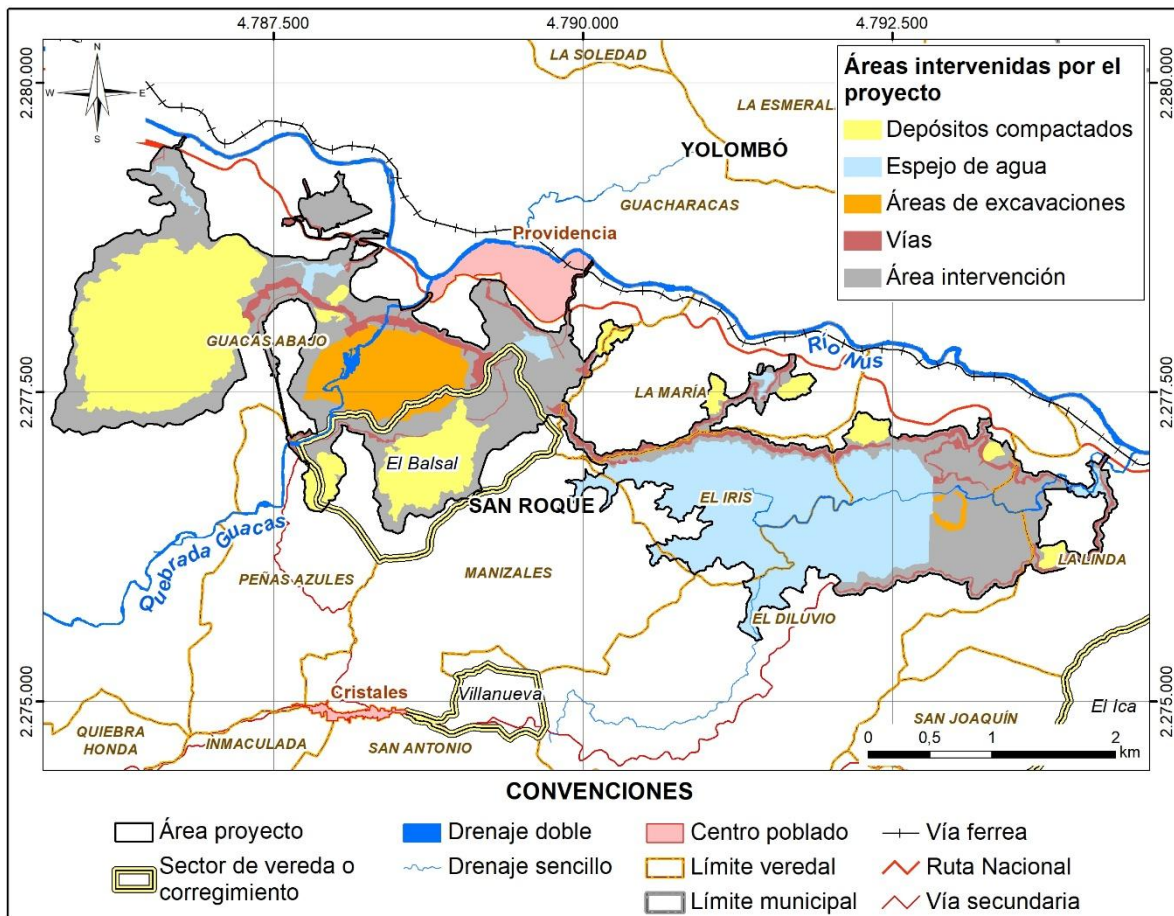


Figura 10.1.4.2 Áreas intervenidas por el proyecto

Fuente: Integral S.A., 2025

capacitación y formación en oficios tanto para las personas del área de influencia como para el personal vinculado al proyecto de acuerdo con sus actividades específicas.

Para ello, Gramalote establecerá convenios con el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) e instituciones de educación superiores a fin de cualificar y garantizar tanto la inserción de personal calificado al proyecto como la posibilidad de adquirir conocimientos que permitan ser aplicados en otros escenarios laborales luego del cierre de la mina. Esta acción de manejo se encuentra desarrollada en el Programa de capacitación y educación a la comunidad, Subprograma de capacitación y educación comunitaria (Acción convenio para formación en oficios) y en el Programa de capacitación en emprendimiento.

b. Desvinculación de proveedores de bienes y servicios

La desvinculación de proveedores de bienes y servicios se hará de forma escalonada y cuando se aproxime la fecha de cierre. La Empresa velará por que los proveedores puedan dar continuidad a sus actividades productivas, para lo cual tiene concebidas jornadas de emprendimiento para unidades productivas existentes y nuevos proyectos productivos, a partir del diagnóstico formulado en el Programa de contratación de bienes y servicios.

Se identificarán posibles proveedores del proyecto en las distintas actividades contempladas y se les ofrecerá capacitación para consolidar y fortalecer los negocios establecidos. Dicha capacitación estará orientada a la formulación de proyectos, formalización de negocios existentes y asesoría bancaria y contable.

c. Aislamiento de núcleos poblados

El aislamiento entre las áreas liberadas y los centros poblados cercanos se mantendrá hasta finalizar el poscierre, con el objeto de disminuir la accesibilidad de personas ajenas al proyecto. Para tal fin, se instalará una señalización con postes de madera hincados que soportarán mallas en polipropileno clavadas en colombinas o listones de madera. En donde se requiera dejar pasos peatonales, éstos se harán de tal forma que garanticen una superficie transitable.

Adicionalmente, las señales se mantendrán en buenas condiciones en todo momento, mediante el reemplazo o restitución de listones o postes rotos, sin pintura, malla faltante, rota o deteriorada, de tal forma que siempre se mantenga el aislamiento en perfectas condiciones.

d. Desmantelamiento de infraestructura

Las instalaciones y equipos se desmantelarán y trasladarán fuera del área del proyecto y serán luego dispuestos en lugares apropiados para luego ser vendidos a terceros o utilizados en otras actividades o proyectos.

e. Desenergizar instalaciones y equipos

La subestación que abastece la mina será desenergizada, al tiempo que se retirarán cables conductores, generadores, transformadores y otros equipos. Se dejarán operativas las instalaciones eléctricas mínimas que permitan suministrar iluminación y energía a los equipos utilizados en la etapa de cierre y a los que sean necesarios para los nuevos usos.

Para el caso de la planta de generación de energía, teniendo en cuenta que la central contará con cuatro motores a gas, con una capacidad instalada total de 44 MW, se

procederá con el desmonte una vez se garantice la clausura del abastecimiento de gas por la red operada por un tercero; y en caso de un escenario de continuidad, el mismo será evaluado.

f. Desconexión del suministro de agua y disposición de tuberías

Se cortará el suministro de agua a la mina y se dismantelarán las tuberías conductoras, las que serán retiradas convenientemente por una empresa autorizada para disponer residuos sólidos no peligrosos. Solo se dejarán operativas las conexiones necesarias para la etapa de cierre y para los usos posteriores del terreno.

g. Disposición de los explosivos almacenados en los polvorines

Previo al cierre, la coordinación de operaciones mina velará por el uso de todo el material explosivo existente en stock. Cualquier remanente de explosivos no utilizados será devuelto a Indumil o destruido de acuerdo con la normativa legal vigente.

h. Demolición de infraestructura

Al finalizar en su totalidad la explotación y el procesamiento mineral, los edificios, equipos e infraestructura que no vayan a prestar algún servicio pos-proyecto serán demolidos.

i. Disposición de los residuos sólidos y líquidos

Los materiales desechados y los restos de paredes y pisos serán trasladados a una planta o sitio autorizado de acuerdo con los requerimientos legales y buenas prácticas, para ser sometidos a los diferentes procesos de tratamiento y eliminación tal como lo estipula el Programa de manejo de residuos sólidos.

En cuanto a los tanques de reactivos y tuberías de descarga antes de su dismantelamiento o demolición serán caracterizados para darles la neutralización adecuada y evitar la contaminación de suelos y fuentes de agua.

Los suelos contaminados por aceite, petróleo y grasas serán removidos hasta una profundidad de 10 cm por debajo del nivel inferior de contaminación, para posteriormente ser rehabilitados e integrados al paisaje circundante.

j. Reconformación de taludes

En cuanto a la estabilización de los botaderos (Depósito de estériles y la pila de material de baja ley) es importante controlar la erosión hídrica que puede afectar rocas, sedimentos y suelos. Esto se logrará a partir de la construcción de obras hidráulicas y del establecimiento de una cubierta vegetal adecuado que presente un grado de permeabilidad tal que facilite la infiltración y disminuya la escorrentía superficial.

Las obras de estabilización contemplan múltiples alternativas: tendido del talud, construcción de bermas de suelo y roca en la pata del talud, y construcción de trincheras o terraceo. Estas medidas se ilustran esquemáticamente en la Figura 10.1.4.4.

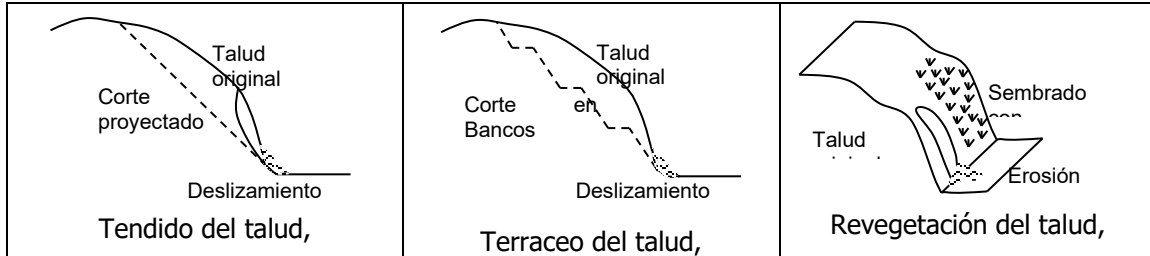


Figura 10.1.4.4 Estabilización de taludes

Fuente: Integral S.A., 2014

Como se mencionó anteriormente para la estabilización de los taludes su recubrimiento con especies nativas juega un papel fundamental, por lo que se propone una revegetación del talud con especies herbáceas (Preferiblemente leguminosas), las cuales favorecen los procesos de reciclaje de nutrientes y contribuyen de manera significativa a la reestructuración de los suelos.

B. Reconfiguración del suelo y ruptura de superficies compactadas

Las áreas para rehabilitar por lo general presentan compactación debido al tránsito continuo de equipos de acarreo. Por tanto, se requiere una reconfiguración previa del terreno consistente en la homogenización del área rellenando huecos o esparciendo el material acumulado en montículos mediante el uso de tractores sobre orugas y motoniveladoras. Posteriormente se procederá a la roturación de la superficie con la finalidad de adecuar el terreno antes de proceder con la colocación del material edáfico. Es de anotar que este procedimiento de roturación no se aplica en laderas y taludes ya que una vez conformados a la nueva pendiente el material se encuentra totalmente suelto.

La preparación del suelo aumentará la disponibilidad de agua para las plantas, mejorará la penetración de las raíces y promoverá el contacto entre las semillas plantadas y el suelo circundante, al tiempo que asegurará la adecuada protección contra la erosión hídrica y eólica durante los primeros períodos de crecimiento de la cobertura vegetal.

Los criterios de compactación serán revisados durante la operación, para confirmar que la colocación del suelo sea estable y sostenible para el crecimiento de las plantas sembradas articulado a lo dispuesto en el PMA_ABIO_01_Programa de manejo del suelo.

a. Rehabilitación de suelo y coberturas vegetales

Una vez la superficie del terreno esté nivelada y escarificada se procederá al transporte del material edáfico al área de rehabilitación, disponiéndolo de forma ordenada por toda el área para luego esparcirlo uniformemente con la ayuda de tractores sobre orugas. Posteriormente, se utilizará una motoniveladora para emparejar el terreno y se realizarán las obras de drenaje requeridas para evitar pérdidas de suelo por escorrentía.

Después de la restitución del suelo almacenado se procederá al restablecimiento de coberturas vegetales, las cuales son muy importantes en esta primera etapa de rehabilitación de suelos por su reconocida habilidad para reciclar nutrientes y promover la reestructuración física de suelos. En este grupo sobresalen las gramíneas o pastos, nativos o cultivadas. Estas especies de porte bajo, aparte de favorecer la recuperación de las

características biofísicas del suelo, permiten su adecuación y preparación para el ingreso de especies de mayor tamaño.

En la siembra de especies arbóreas se utilizarán especies nativas arbustivas adultas con altura superior a 1 m, que a su vez cumplan la función de amarre del terreno y aceleren la restauración y regeneración natural de las zonas afectadas.

Por otra parte, algunas áreas podrán ser manejadas a partir de actividades de rehabilitación después del proceso de cierre. Para la playa de lamas se realizará revegetación con herbáceas, mientras que para los sedimentadores se espera que se haya conseguido para esta etapa una sucesión natural. De no darse a sucesión en esta etapa se procedería a la siembra de estas áreas.

b. Adecuaciones para el sellado del túnel de la desviación de la quebrada Guacas (obra no objeto de modificación)

El área destinada a la desviación de la quebrada Guacas será reconformada, escarificada y cubierta con una capa superficial de suelo, para luego ser revegetada. La estabilización física (Por ejemplo, blindaje rip-rap) puede ser requerida a lo largo de la alineación y restauración de la quebrada Guacas.

El canal de desviación de la quebrada Guacas permanecerá después del cierre, en tanto que el túnel será taponado con hormigón en ambos extremos y la quebrada San Antonio, que se utilizará para conducir el flujo de Guacas al río Nus durante las operaciones, recuperará sus condiciones iniciales.

C. Adecuaciones y construcciones para el llenado del Tajo Gramalote

La recuperación del tajo Gramalote incluye el encausamiento de la quebrada Guacas hacia el tajo (Desviada a la quebrada San Antonio durante la operación de la mina). La inundación del tajo se hará con el fin de reducir la formación de ácido al minimizar la cantidad de oxígeno disponible para la oxidación de sulfuros.

Será necesario construir canales para dirigir el flujo de la quebrada Guacas al tajo Gramalote y luego desde el tajo hasta el río Nus. Estas obras se diseñarán en etapas posteriores del proyecto y en su momento serán construidas para mantener estables las condiciones geotécnicas y facilitar el monitoreo de la calidad del agua en la descarga del tajo hacia el río Nus.

La rehabilitación del tajo Gramalote se realizará mediante llenado hasta la cota 815 m s.n.m., para prevenir que se generen las condiciones que dan lugar a la formación de drenaje ácido de roca a través el encausamiento de una fracción del caudal de la quebrada Guacas hacia el tajo Gramalote, para lo cual se requiere la construcción de las estructuras de captación, derivación y conducción de flujo desde la quebrada Guacas hacia el tajo, y de las obras de descarga del tajo hacia el río Nus. La conducción hacia el río Nus se realizará a través del cauce original de la quebrada Guacas.

El volumen de agua requerido para el llenado es del orden de 85 millones de metros cúbicos, con lo cual puede estimarse el tiempo de llenado en poco menos de un año, bajo las siguientes consideraciones:

- El llenado del tajo Gramalote se realizará con la captación de agua de la quebrada Guacas y en promedio será de 3.125 m³/s, respetando siempre el caudal ecológico de la fuente.
- Los flujos de aguas subterráneas, precipitación, escorrentía y evaporación, se consideran despreciables para efectos del cálculo.

a. Adecuación de Construcciones

Los campamentos, casinos y demás áreas de apoyo serán rehabilitados y adecuados estructural y espacialmente, de manera que permitan operar adecuadamente bajo las nuevas condiciones de uso. Con ello se busca generar nuevos espacios y mejorar los existentes, renovando la estructura de los campamentos y otras áreas de servicio sin alterar la configuración exterior, prolongando de esta manera la vida útil de las construcciones y así entregarlos en mejor estado.

b. Delimitación y señalización

Se cercará perimetralmente el área y se señalizará adecuadamente para advertir el cierre de la mina, botaderos y demás infraestructura, al igual que informar sobre el riesgo de atrapamiento, caída y golpes.

Para el cierre final del proyecto minero y con el fin de lograr el acople con el uso final definido para el área intervenida, se tendrá en cuenta que los diferentes componentes generan un riesgo particular dependiendo de sus características físicas, químicas, biológicas, de ubicación espacial y sociales, por lo cual algunos de ellos serán aislados o separados de los otros a través de la conformación de cercas o barreras vivas.

D. Monitoreo poscierre

Los programas de monitoreo en el cierre y poscierre permitirán evaluar el desempeño de las medidas de cierre y la identificación de los ajustes que se hagan necesarios para el logro efectivo del cierre de la mina.

Es importante aclarar que los programas se desarrollan a nivel de lineamientos dejando en todo caso la posibilidad de mejorarlos cuando las tecnologías, el marco normativo y la evolución del proyecto lo ameriten. El Estudio de Impacto Ambiental radicado ante la autoridad ambiental contiene una detallada descripción de los programas de monitoreo, entre los cuales se destacan el monitoreo de taludes, el programa de monitoreo de la calidad del agua, el programa de monitoreo de la restauración, rehabilitación y recuperación del paisaje y el programa de seguimiento a las medidas relacionadas con el componente socioeconómico.

E. Temas clave de tipo socioeconómico como resultado del cierre de la mina

Entre los aspectos importantes que se tendrán en cuenta para el cierre de la mina están contemplados la desvinculación laboral mencionada anteriormente, al igual que el tema de los proveedores de bienes y servicios. Adicional a éstos están el uso del suelo posterior al cierre de la mina, los aspectos relacionados con el desarrollo local y comunitario y los impactos generados por la terminación de los programas sociales desarrollados, tanto dentro de la gestión social de la Empresa como en la ejecución de los planes de manejo definidos en el Estudio de Impacto Ambiental.

10.1.4.1.4 Estimativo preliminar de costos del Plan de Cierre

Para la estimación de los costos se agruparon las actividades principales de cierre, se obtuvieron los valores unitarios y se estimaron las cantidades requeridas; sin embargo, se aclara que estas cantidades pueden ir variando dadas las condiciones de operación del proyecto, por tanto, también serán actualizadas cuando se den las revisiones del Plan de cierre.

Los costos asociados al cierre progresivo, cierre final y actividades de pos-cierre del Proyecto Gramalote han sido estimados siguiendo los lineamientos técnicos y normativos vigentes, y se encuentran plenamente integrados dentro del modelo financiero del PTO actualizado a 2025. Esta incorporación garantiza la disponibilidad presupuestal para la ejecución de todas las medidas de restauración física, manejo de aguas, revegetalización, desmantelamiento de infraestructura y monitoreo post-cierre.

Asimismo, los valores estimados servirán como base para la determinación de las garantías ambientales que deberá constituir el titular minero ante la autoridad ambiental competente, en cumplimiento de la normatividad aplicable y de las obligaciones establecidas en la licencia ambiental vigente. De esta manera, el proyecto asegura que los recursos financieros necesarios para la adecuada ejecución del cierre estén debidamente respaldados, trazables y alineados con los criterios de suficiencia, gradualidad y cobertura exigidos por el marco regulatorio colombiano. Previamente, es importante destacar que:

- Costo del Plan de cierre conceptual fue actualizado con precios oficiales para Colombia 2025.
- El desmantelamiento de la planta a futuro es un costo de oportunidad, usando un contrato de recuperación (chatarra y equipos) con una compañía especializada.
- Otro costo de oportunidad futura en la implementación del Plan de cierre es la aplicación de la reversión gratuita al estado, acorde con el artículo 113 del Código de minas de Colombia. Este artículo aplica para caminos, campamentos, planta y edificios.

El costo total de capital de rehabilitación y cierre se estima en COP\$ 188.700.000.000, con costos que ocurren simultáneamente con las operaciones cuando es posible, y la mayoría de los costos ocurren al final de las operaciones de minería y procesamiento.

10.1.4.2 Plan de cierre progresivo

El cierre progresivo es un escenario que ocurre durante la Etapa de Operación del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote como resultado de las condiciones operacionales, en la que algunos componentes del proyecto se someten a actividades de cierre tales como reconfiguración del terreno, revegetación o desmantelamiento.

Para el proyecto Gramalote las áreas a rehabilitar durante el cierre progresivo corresponden a las áreas liberadas en la construcción como son los depósitos de materiales sobrantes de excavación y algunas plataformas de ZODMEs. De la misma manera, se empezará la rehabilitación de las áreas que van siendo liberadas, permitiendo rehabilitar las áreas intervenidas tan pronto como sean liberadas por la operación minera, minimizando impactos

y aprovechando la ventaja de contar con equipo y personal propio y activo, pudiendo optimizar los costos del cierre.

Las actividades de cierre progresivo empezarán a desarrollarse desde el inicio del proyecto, teniendo en cuenta áreas que no serán usadas o afectadas en el resto de la vida de la mina.

10.1.4.2.1 Programa de cierre progresivo

El cierre progresivo es aquel que ocurre de manera simultánea a la etapa de operación de una mina, cuando un componente o parte de un componente de la actividad minera deja de ser útil. Bajo esta definición y considerando la estrategia de operación para el proceso minero, ninguno de los componentes mineros de la etapa de operación del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote pierde su utilidad hasta el cese de las actividades. No obstante, es viable el cierre progresivo de los depósitos de estériles a medida que avanza la explotación, además de la rehabilitación de las demás áreas que sean liberadas por la actividad minera, siempre que se alcancen taludes finales, en áreas como plataformas, manejo de colas o depósitos.

Así pues y con el objetivo de prevenir, mitigar, controlar y corregir los impactos que pueda generar la operación hasta el cierre de la mina, en aquellas áreas que sean liberadas por la actividad minera y donde se alcancen taludes finales, se iniciarán las actividades de reconformación, readecuación y rehabilitación de áreas intervenidas.

Las áreas para rehabilitar durante el cierre progresivo se definirán anualmente con base en la operación de la mina.

Las actividades de rehabilitación durante el cierre progresivo se realizarán siguiendo los lineamientos definidos en los siguientes planes:

- PMA_ABIO_01_Programa de manejo del suelo.
- PMA_ABIO_02_Programa de manejo de estériles y escombros.
- PMA_ABIO_03_Programa de manejo del recurso hídrico y obras para control de erosión.
- PMA_ABIO_04_Programa de manejo del recurso aire.
- PMA_ABIO_09_Programa de manejo del paisaje.
- PMA_BIO_04_Programa de restauración, rehabilitación y recuperación de áreas intervenidas.

10.1.4.3 Plan de cierre temporal

El Plan de cierre temporal permitirá la protección de las zonas de explotación e infraestructura de forma tal que puedan volver a su desarrollo normal en el menor tiempo posible al momento del cese del cierre temporal de la explotación. El cierre temporal podrá darse por circunstancias económicas o del mercado, operacionales o por requerimiento de las autoridades mineras y ambientales, o por condiciones adversas en el territorio.

Las principales actividades dentro del Plan de cierre temporal serán:

- Instalación de barreras que impidan el acceso a los diferentes equipos y frentes de trabajo.
- Vigilancia de la infraestructura existente para evitar hurtos y accidentes.
- Señalización de los frentes de explotación que informen sobre el impedimento del acceso a éstos.

- Socialización de la situación del proyecto con las comunidades, informando el cierre temporal de las actividades de explotación.
- Inspecciones geotécnicas periódicas para verificar condiciones de estabilidad, las cuales se efectuarán semestralmente durante el tiempo que dure el cierre temporal y serán adelantadas por personal especializado. De acuerdo con las novedades encontradas en cada inspección se elaborará un plan de acción y seguimiento para disminuir el riesgo que se pueda presentar.
- Adicionalmente se verificará semanalmente al inicio y luego se podrá variar según los resultados de las verificaciones realizadas, el comportamiento y evolución de las laderas y taludes de la mina con personal técnico propio, quienes monitorearán la evolución de los frentes y programar acciones correctivas menores para mantener las condiciones de seguridad de las diferentes áreas objeto del cierre temporal.
- Se aplicará tratamiento correctivo a las laderas y taludes que presenten variación negativa, de acuerdo con la inspección realizada. En términos generales el tratamiento correctivo consiste en retirar, con los equipos existentes, material que puedan presentar riesgo de desprendimiento.
- Durante el cierre temporal se realizarán actividades periódicas de limpieza y mantenimiento de canales, cunetas y obras de protección, con una periodicidad mensual o de acuerdo con la necesidad.
- Durante el período que se extienda el cierre temporal se mantendrá el riego de vías con el fin de mitigar las emisiones por la acción eólica sobre las vías sin pavimentar existentes y sobre los frentes expuestos. En la medida que sea posible, el riego se efectuará con una periodicidad similar a la de la operación, siempre que la causa de la suspensión de las actividades relacionadas con la operación de la mina lo permita.
- Durante el cierre temporal se plantea el desarrollo de un monitoreo de los sedimentadores existentes con el fin de evitar la colmatación de los mismos y garantizar su funcionalidad durante el cese de actividades operativas en la mina. Para tal fin se programarán rutinas de inspección mensual que permitirán identificar el momento oportuno para realizar las limpiezas y los mantenimientos correspondientes. De ser necesario se construirán obras temporales para el control de escorrentía como rondas de coronación, cunetas, canales recolectores y descoles con disipadores de energía, en las zonas donde se requiera, con la finalidad de evitar la aparición de zonas inestables y procesos erosivos que dificulten el reinicio de las actividades operativas.
- Instalar señalización alrededor de la mina para indicar que se prohíbe la caza, al igual que la captura de especies.
- Durante el cierre temporal se efectuarán inspecciones periódicas para controlar la disposición inadecuada de residuos en cuerpos de agua y en sitios diferentes de los autorizados, así como la quema de residuos al aire libre.
- Durante el cierre temporal las actividades de vigilancia seguirán desarrollándose de manera habitual. Las actividades administrativas se limitarán a las necesarias para asegurar el mantenimiento del área desde el punto de vista técnico, ambiental, legal y tributario.
- Algunos sistemas de apoyo seguirán en funcionamiento para atender cualquier eventualidad, tales como los sistemas de comunicación, sistemas de respuesta ante emergencias, suministro de agua potable, desaguado del tajo de la mina, captación y bombeo de filtraciones, sedimentadores principales, sistemas de suministro de

agua contra incendios, circuitos cerrados del suministro de electricidad, subestación eléctrica y sistema de seguridad.

10.1.4.4 Actualizaciones del Plan de Cierre

Con el fin de asegurar su trazabilidad y vigencia, el Plan de Cierre será actualizado integralmente cada cinco (5) años, o antes cuando ocurra cualquiera de las siguientes circunstancias:

- Cambios sustanciales en el diseño del tajo, los depósitos de estériles o las instalaciones principales.
- Modificaciones a la Licencia Ambiental o al Plan de Manejo Ambiental (PMA) que alteren las actividades de rehabilitación, compensación o manejo de aguas.
- Incorporación de nueva información geotécnica, hidrogeológica o de monitoreo ambiental que indique la necesidad de ajustes.
- Variaciones relevantes en la vida útil del proyecto o en el plan de producción.
- Requerimientos formales de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) o de la Agencia Nacional de Minería (ANM).

En la Tabla 10.1.4.5 se presenta una matriz de actualización del Plan de Cierre, la cual orienta sobre eventos que generarían actualización.

Tabla 10.1.4.5 Matriz actualización Plan de Cierre

Hito / Evento que activa actualización	Tipo de cambio	Fuente de información	Evidencia requerida	Acción requerida en el PTO	Responsable
Modificación en el diseño del tajo (geometría, fases, profundidades, rampas)	Diseño operacional	Modelación geotécnica / mina; informes técnicos	Plano actualizado, memorias de cálculo, modelo 3D	Ajustar secuenciamiento minero, estabilidad final, accesos y medidas de cierre	Área de Planeación Minera
Modificación de la Licencia Ambiental o del PMA	Ambiental / normativo	ANLA – Resoluciones	Acto administrativo y capítulo modificado	Ajustar programas de restauración, manejo de aguas, compensaciones	Área Ambiental
Reducción o incremento significativo en reservas o vida útil del proyecto	Económico / operativo	Reportes de reservas y producción	Informe técnico de reservas NI43-101 / JORC	Ajustar cronograma de cierre, costos y fases	Área Planeación Minera
Avance del cierre progresivo	Operacional / ambiental	Informes trimestrales	Evidencia fotográfica, reportes de avance, monitoreos	Actualizar porcentaje de avance, metas y tareas pendientes	Área de Operaciones
Cambios en infraestructura (relaveras, plantas, talleres, campamentos)	Infraestructura	Ingeniería de Proyectos	Planos y especificaciones actualizadas	Ajustar plan de desmantelamiento y disposición final	Área de Ingeniería
Eventos imprevistos (emergencias, deslizamientos, fallas geotécnicas)	Geotécnico / riesgo	Inspecciones, sensores, drones	Reporte técnico del evento	Ajustar diseño final, medidas de estabilización y obras de cierre	Geotecnia / Seguridad Minera

Hito / Evento que activa actualización	Tipo de cambio	Fuente de información	Evidencia requerida	Acción requerida en el PTO	Responsable
Actualización periódica obligatoria	Operativo / normativo	Política interna del proyecto	Registro de avances	Actualización integral del Plan de Cierre	Equipo interdisciplinario PTO

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

10.1.4.5 Plan Post-Cierre

Durante la etapa de poscierre, el proyecto implementará un programa de monitoreo para cada una de las instalaciones mineras, cuya frecuencia dependerá principalmente de las condiciones de estabilización de cada instalación, o de si la instalación está siendo modificada de tal forma que no requiera este monitoreo a largo plazo. La verificación de la estabilidad de la estructura se basará en observaciones visuales y mediciones de las condiciones físicas de las mismas y en una evaluación de los resultados del muestreo químico en los diferentes sitios (a ser llevado a cabo por personal calificado). Estas condiciones físicas y los resultados de monitoreo dictarán la necesidad o no de modificar la frecuencia de muestreo. Todo el programa de muestreo se implementará en cumplimiento de la legislación colombiana y de los estándares operativos de la Compañía.

El monitoreo programado para después del cierre definitivo será similar al monitoreo realizado durante la rehabilitación progresiva. El alcance del monitoreo poscierre definido se enfocará en aquellos aspectos que se relacionan con un potencial peligroso de contaminación continua, o que proporcionen datos acerca del éxito de los trabajos de rehabilitación. En la Tabla 10.1.4.6 se presenta el plan de monitoreo propuesto poscierre para las instalaciones objeto de este Plan de cierre.

Tabla 10.1.4.6 Programa de monitoreo de los componentes del proyecto

Aspecto	Componente	Programa de monitoreo	Elementos para monitorear	Tiempo estimado de implementación
Estabilidad física	Tajo de explotación. Depósitos de estériles. Área de manejo de colas. Vías.	Estabilidad de taludes Programa de pérdida de estabilidad del terreno	Monitoreo de deformaciones de cresta, abombamiento de los taludes o condiciones similares indicativas de movimientos en masa y posible falla. Monitoreo de agrietamiento de la superficie de la cresta y taludes. Monitoreo de infiltraciones inesperadas Monitoreo de condiciones de erosión (Formación de zanjas, cárcavas, cunetas, pérdida de cobertura vegetal, etc.) Monitoreo de intensa actividad biológica	Cierre final: 5 años Poscierre: 2.5 años
Estabilidad química	Área de manejo de colas	Calidad del agua.	Lixiviación y concentración de metales.	Monitoreo permanente

Aspecto	Componente	Programa de monitoreo	Elementos para monitorear	Tiempo estimado de implementación
	Tajo de explotación (área inundada). Sedimentador área presa de colas	Programa de manejo del recurso hídrico	Drenaje ácido. Muestreo de aguas de escorrentía. Análisis de pH, temperatura, sólidos en suspensión, DQO y DBO, conductividad, oxígeno disuelto, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales, grasas y aceites, material flotante y aforo volumétrico de cada fuente	durante el Cierre fina Poscierre: 2.5 años
Paisaje	Depósito de estériles. Sedimentador área presa de colas	Restauración, rehabilitación y recuperación del paisaje. Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración, rehabilitación, y recuperación de las áreas intervenidas	Evolución de la cobertura vegetal. Sobrevivencia de individuos sembrados. Densidad de siembra. Nivel de erosión. Deslizamientos. Crecimiento de plántulas. Zonas donde falta riego. Drenajes	Cierre final: 5 años Poscierre: 2.5 años
Socio económico	Área de influencia del proyecto	Medidas relacionadas con el componente socioeconómico	Procesos de gestión y cualificación de la administración municipal para priorizar y administrar los recursos. Actividades productivas tradicionales y emergentes. Proyectos gestionados y ejecutados por las organizaciones sociales. Números y características de los conflictos sociales presentados por el proyecto. Número y características de las quejas presentadas por la comunidad.	Cierre final: 5 años Poscierre: 2.5 años

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

10.1.4.5.1 Programa de monitoreo de la calidad de agua

Este será un programa para identificar procesos de deterioro de la calidad del agua superficial y subterránea y de alteración de la dinámica fluvial de los cuerpos de agua en el área de influencia del proyecto. En lo que respecta al agua de infiltración y de escorrentía proveniente del Depósito de estériles y el tajo de explotación, se estima que su calidad sea aceptable al largo plazo durante el cierre.

El programa de monitoreo definido para la etapa de operación se mantendrá por un año, al final, la evaluación de resultados permitirá definir los puntos de calidad de agua que no se encuentran estables y requieren ser nuevamente monitoreados por un requerimiento adicional para el plan de cierre.

10.1.4.5.2 Programa de monitoreo de estabilidad de taludes

El monitoreo de taludes incluirá la evaluación de la revegetación y la acumulación de la escorrentía superficial. Se revisará el estado y el funcionamiento de los drenajes, y en caso de ser necesario se repararán para evitar que la escorrentía se abra paso por las paredes de los taludes.

El seguimiento a los canales excavados por el agua de escorrentía se hará contando el número de canales de más de 5 cm de profundidad a lo largo del talud para calcular el número equivalente por cada 100 m de recorrido perpendicular a la línea de máxima pendiente o el número de canales/m². Este parámetro permitirá estimar si la erosión aumenta a largo plazo.

El principal control para tener en cuenta es la observación de la aparición de grietas, fisuras y movimientos en masa. De ser posible se medirá la profundidad de las grietas y en caso de presentarse grandes bloques con probabilidad de desplome, estos van a ser retirados para evitar algún accidente humano y la pérdida de la vegetación en la parte baja del talud.

Es importante realizar estos controles periódicamente durante los primeros años de cierre, especialmente después de períodos de lluvia. Si se observa la reaparición o incremento de los canales excavados por la escorrentía, se revisarán los sistemas de drenaje, resembrar y/o fertilizar zonas con escasa vegetación. Si los canales son de grandes dimensiones habrá que restituir el suelo perdido en estos puntos.

Los sitios de muestreos serán el área que no quede inundada del tajo Gramalote, depósito de estériles, depósito de material de baja ley.

10.1.4.5.3 Programa de monitoreo de flora y fauna

Dentro del programa de monitoreo de flora y fauna, se evaluarán recursos como la vegetación y el paisaje.

El monitoreo de la vegetación identificará las zonas que requieran manejo suplementario y/o enmiendas del suelo. Al mismo tiempo, inspeccionará las condiciones físicas del suelo al inicio y al final de la temporada de lluvias posterior al cierre (Por ejemplo, la evidencia de erosión y deslizamientos de tierra). En las zonas reforestadas se monitoreará la producción de plántulas y la evolución de la superficie plantada, haciendo un manejo de malezas donde se incluya estudios para identificar las especies invasoras y tratamientos físicos, mecánicos o químicos para eliminarlas (Véase el Programa de monitoreo y seguimiento del medio biótico).

En lo que respecta al paisaje, se monitorearán las zonas intervenidas y se hará un manejo integral del paisaje, es decir, el cambio que sufrió el paisaje circundante al mezclarlo con los componentes recuperados de la mina (Véase el Programa de monitoreo y seguimiento del medio biótico).

10.1.4.5.4 Aspectos Socioeconómicos necesarios como resultado del cierre de la mina

La planificación del cierre del proyecto Gramalote estará enfocada en reducir los impactos adversos de tipo socioeconómico y ambiental que genere el cierre de la mina.

Los asuntos clave de tipo socioeconómico son aquellos que pueden sufrir alguna modificación en las poblaciones locales al momento del cierre de la operación minera. Estos temas pueden ser considerados a partir de las políticas de responsabilidad social y las políticas de trabajo que adopte Gramalote Colombia durante el desarrollo del proyecto.

Algunos temas socioeconómicos para los cuales se establecerán lineamientos de mitigación en son:

- Desvinculación laboral.
- Uso del suelo poscierre.
- Percepciones y expectativas relacionadas con la preservación del medio ambiente.
- Atención de quejas y reclamos.
- Desarrollo local y comunitario.
- Terminación de los programas sociales de salud y educación.
- Disminución de regalías o ingresos a los municipios.

Se realizará seguimiento y monitoreo a los parámetros establecidos en el PMA_SOC_01_Programa de atención, información y participación comunitaria. Las variables para seguir son:

- Procesos de gestión y cualificación de la administración municipal para priorizar y administrar los recursos.
- Actividades productivas tradicionales y emergentes.
- Proyectos gestionados y ejecutados por las organizaciones sociales.
- Número y características de los conflictos sociales presentados por el proyecto.
- Número y características de las quejas presentadas por la comunidad y la gestión dada por el proyecto

En el Plan de manejo del medio social se muestran en detalle los programas que se implementarán en la etapa de cierre, y que contribuirán a mitigar los impactos sociales que puedan generarse en el área de influencia durante el cierre de la mina.

10.1.4.6 Áreas Contiguas

En concordancia con lo establecido en los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y según el marco conceptual del Plan de Cierre aprobado mediante el Artículo Décimo Tercero de la Resolución 1514 de 2015 (Licencia Ambiental) se prevé que, durante los procesos de actualización del Plan de Cierre, Desmantelamiento, Recuperación, Restauración y Rehabilitación, se promueva la articulación y coordinación conjunta de los planes de cierre correspondientes a las áreas contiguas o vecinas y al título principal.

Dicha articulación tendrá como objetivo garantizar que las medidas de cierre minero se diseñen y ejecuten bajo criterios técnicos, ambientales y territoriales regionales, de manera

coherente con el ordenamiento ambiental y territorial vigente, propiciando una destinación homogénea y compatible del uso del suelo posterior al cierre. Esto permitirá evitar fragmentaciones en la intervención ambiental, asegurar la continuidad ecológica y funcional del territorio, y optimizar los procesos de recuperación y rehabilitación de las áreas intervenidas.

Asimismo, la coordinación entre los titulares mineros facilitará la implementación de estrategias integradas de restauración ambiental, manejo de pasivos mineros, estabilidad física y geoquímica, y reincorporación del área a usos futuros compatibles con la vocación del territorio, contribuyendo al cierre minero en óptimas condiciones técnicas, ambientales y sociales, en beneficio de las comunidades y del entorno regional.

10.1.4.7 Participación Ciudadana

El Plan de Cierre Minero contemplará el dismantelamiento de las instalaciones provisionales y específicas asociadas a la actividad minera, así como la entrega progresiva del área ocupada, de conformidad con las condiciones ambientales y sociales del territorio. Estas actividades se desarrollarán con base en las directrices de uso del suelo establecidas en el Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Roque, los lineamientos corporativos de GCL y la dinámica económica y social de la región y del país.

En concordancia con la normativa ambiental vigente, en la aprobación del Plan de Cierre Minero, así como en sus actualizaciones, ajustes y complementaciones, se tendrán en cuenta las instancias de participación ciudadana previstas en las normas ambientales aplicables, garantizando el acceso a la información, la socialización de las medidas propuestas y la recepción de observaciones por parte de las comunidades del área de influencia y demás actores interesados. Lo manifestado en dichos espacios de participación será considerado por la autoridad competente como insumo para la toma de decisiones relacionadas con el cierre del proyecto.

La participación ciudadana asociada al cierre se desarrollará de manera progresiva, fortaleciendo los procesos de diálogo y concertación a medida que el proyecto avance en su ciclo de vida y se cuente con mayor definición sobre las áreas intervenidas y las instalaciones a dismantelar.

En la estructuración del componente socioeconómico del Plan de Cierre, y en la medida en que corresponda dentro de las respectivas actualizaciones, se promoverá la vinculación de las comunidades del área de influencia y otros actores relevantes, con el propósito de identificar de manera participativa las alternativas de uso futuro del área intervenida y de las instalaciones, orientadas al aprovechamiento sostenible del territorio y al mejoramiento de la calidad de vida de la población local.

Estos procesos de participación se articularán con lo establecido en el PMA_SOC_01 – Programa de Atención, Información y Participación Comunitaria, en el cual se definen las actividades, mecanismos e indicadores que permiten evaluar el desarrollo y cumplimiento de las acciones relacionadas con las medidas sociales del Plan de Manejo Ambiental y del Plan de Cierre Minero.

10.1.4.8 Consulta de las Normas Locales

En la elaboración del presente Plan de Cierre, así como de sus futuras actualizaciones, ajustes y complementaciones, se tuvieron y se tendrán en cuenta las disposiciones establecidas en el Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio de San Roque donde se localiza el área de intervención directa del proyecto minero.

Dicho instrumento constituye el marco de referencia para la definición del uso final del suelo, así como para la destinación final de las áreas intervenidas, construcciones, instalaciones, montajes y equipos asociados al desarrollo del proyecto, una vez se alcance la etapa de cierre minero.

Considerando que el proyecto se encuentra actualmente en fase inicial, y que el trámite corresponde a una modificación de la licencia ambiental, el Plan de Cierre presentado tiene un carácter conceptual y preventivo, orientado a identificar criterios generales de cierre acordes con la normativa de ordenamiento territorial vigente, sin perjuicio de que estos sean ajustados en función de la evolución del proyecto, los resultados del seguimiento ambiental y las disposiciones que se encuentren vigentes al momento de la actualización final del Plan.

10.1.4.9 Actualización Final del Plan de Cierre

El Plan de Cierre minero será objeto de una actualización final previa al cese definitivo de las actividades de explotación, en la cual se incorporarán los ajustes necesarios derivados de:

- La configuración final del proyecto minero.
- Los impactos ambientales efectivamente generados.
- Los resultados del seguimiento y monitoreo ambiental.
- Las disposiciones vigentes de los instrumentos de ordenamiento territorial aplicables al área de influencia del proyecto.

Dicha actualización tendrá como objetivo asegurar que el uso final del área intervenida, así como la destinación de las construcciones, instalaciones, montajes y equipos, se encuentren plenamente articulados con lo establecido en el EOT del municipio de San Roque, y con las determinantes ambientales definidas por la autoridad competente.

La definición detallada de las medidas de cierre definitivo se realizará de manera progresiva y será consolidada en la actualización final del Plan de Cierre, la cual será presentada para conocimiento y aprobación de la autoridad ambiental, de conformidad con la normativa aplicable.

10.1.4.9.1 Plan de Cierre Final

El Plan de cierre final incluye el cierre definitivo de aquellas instalaciones que han culminado su vida útil finalizada la operación del proyecto. Este plan será actualizado con base en las modificaciones que se le hagan al Plan de cierre inicial, cambios del Plan minero, modificaciones de los Esquemas de Ordenamiento Territorial y demás cambios que induzcan un mejor cierre para la mina.

Su planeación permite evaluar durante la vida operativa de la mina los riesgos relacionados con el cierre, establecer las especificaciones detalladas de las tareas a realizar, efectuar

consultas respecto al cierre de mina e incorporar cualquier cambio efectuado a las operaciones mineras.

El cierre final incluye la ejecución propiamente dicha de las actividades de cierre y la definición de los diseños de ingeniería para el desmantelamiento, demolición, estabilización de terrenos, rehabilitación de las tierras, reconversión laboral, y propiedad y acceso a tierras.

A. Demolición y desmantelamiento final de instalaciones y equipos

Al finalizar la vida útil del proyecto, algunas instalaciones como infraestructura y equipos pierden utilidad; en este punto se incluye el desmontaje, desarme, retiro, transporte y disposición de los elementos constituyentes del proyecto que ya no sean necesarios,

Según el uso propuesto del suelo, una vez finalice la actividad minera, algunas construcciones no tendrán que ser demolidas porque seguirán prestando algún servicio, como es el caso de campamentos, plantas de tratamiento, redes de distribución, parqueaderos y zonas de servicio.

El desmonte de la maquinaria y equipos comprende desarme y limpieza de sus diferentes componentes, los cuales podrían ser aprovechados de distintas maneras; bien montaje en una nueva mina, venta como maquinaria de segunda, venta como chatarra, o finalmente serán dispuestos según lo determine su naturaleza y composición.

Los componentes de las maquinarias a desmontar que contengan grasas, aceites o combustibles serán drenados y limpiados. Los fluidos y elementos resultantes de dichos procedimientos serán almacenados en recipientes adecuados para darles el tratamiento pertinente.

En las zonas de almacenamiento de residuos, el desmantelamiento comprende principalmente los sistemas de transporte de agua y colas, así como el desmantelamiento de canales de derivación que no sean necesarios. Todo el material sobrante y el generado por el proceso de demolición serán utilizados en la nivelación faltante de la Cantera 2, permitiendo una rehabilitación final acorde con la morfología del entorno circundante. Las estructuras metálicas serán retiradas del proyecto para ser dispuestas apropiadamente.

El desmantelamiento y demolición comprende los siguientes componentes del proyecto Gramalote:

a. Tajo de explotación

En el tajo de explotación se desmantelarán las instalaciones de energía y de agua. Se retirará la maquinaria existente, como equipos de acarreo y demás equipos móviles, al igual que las bombas utilizadas para el manejo de aguas.

b. Depósito de estériles

Habrà desmantelamiento de las bombas y tuberías del sistema de impulsión de aguas existentes y se demolerá el sedimentador del depósito de estériles. El sedimentador asociado de la pila de material de alta ley continuara en operación hasta que las condiciones de calidad de agua permitan culminar su uso.

c. Área de manejo de colas (Obra no objeto de modificación)

En las zonas de almacenamiento de residuos, el desmantelamiento comprende principalmente de los sistemas de transporte de agua y colas, así como el desmantelamiento de canales de derivación que no sean necesarios.

d. Planta de beneficio mineral

La planta de beneficio será desmantelada y demolida, con excepción de las fundaciones de concreto, las cuales serán demolidas a nivel de terreno y servirán de relleno en el sitio.

Para el desmonte de los equipos se adoptarán las siguientes medidas:

- Desenergizar equipos como trituradoras, molinos, ciclones, bandas transportadoras, bombas, zarandas, celdas de flotación, celdas de electrodeposición, espesadores, filtros y demás equipos para su posterior desarme y desmantelamiento.
- Limpieza, remoción y descontaminación de lubricantes, grasas y aceites tanto de las piezas de los equipos como del sitio donde estaban instalados. También se hace necesario neutralizar trazas de químicos y reactivos que fueron usados en el proceso del beneficio mineral.
- Desmantelamiento de estructuras metálicas asociadas con la instalación de los equipos, bandas transportadoras y tolvas de almacenamiento de mineral y concentrado.
- Desmantelamiento de tuberías y tanques.
- Relleno con material de desmonte en el área desmantelada.

e. Instalaciones de suministro de combustible

En las instalaciones de suministro de combustible, se demolerá la estructura existente y se desmantelarán los tanques de almacenamiento, cisternas, bombas de suministro, línea de tubería de transferencia, y demás instalaciones. El suelo contaminado con combustible, aceite y/o grasa, será excavado y retirado para la posterior reconfiguración de la zona.

f. Desviación de Guacas (Obra no objeto de modificación)

Se demolerá la presa Guacas y el canal de descarga a la quebrada San Antonio. El túnel de desviación será taponado en sus extremos con hormigón.

g. Otras infraestructuras relacionadas con el proyecto

En infraestructuras como el polvorín, edificios para almacenamiento de reactivos, área de fundición y laboratorios, se realizará un inventario de materiales sobrantes, y luego se hará una limpieza y descontaminación de cualquier sustancia química o tóxica remanente.

Los equipos que sean recuperables como muebles, computadoras, impresoras y equipos de comunicaciones, serán almacenados para su reutilización o venta.

Los materiales sobrantes serán manipulados y desechados de acuerdo con los programas de Manejo de residuos sólidos, Manejo de combustible y sustancias químicas y Manejo de explosivos y voladuras.

Las estructuras de concreto serán demolidas en su totalidad, pero las fundaciones y cimientos serán dejados en su lugar o enterrados in-situ. Los escombros producidos pueden servir como relleno y los excedentes se depositarán en el fondo del tajo.

Las estructuras metálicas serán retiradas de la zona del proyecto para ser dispuestas apropiadamente.

B. Diseños Geomorfológicos Finales Para el Uso de la Tierra

Al finalizar la explotación minera se crearán nuevas geomorfologías que serán rehabilitadas de forma estable, para permitir un uso adecuado del suelo al finalizar el proyecto.

A continuación, se hace una descripción del diseño de las obras que se realizarán para alcanzar el uso propuesto:

a. Tajo Gramalote

El cierre y rehabilitación del tajo Gramalote se realizará a través de llenado con agua hasta la cota 815 m.s.n.m., a fin de mejorar las condiciones paisajísticas.

El llenado se realizará mediante la captación de una fracción del caudal de la quebrada Guacas sumada a los flujos por precipitación directa, escurrimiento y aguas subterráneas. Una vez se complete el llenado del tajo, se realizará el cierre del túnel de desviación de la quebrada Guacas, permitiendo que se restablezca el cauce natural de la quebrada hacia el río Nus y la integración del cuerpo de agua artificial, conformado en el tajo con la dinámica de la quebrada Guacas.

El esquema conceptual del llenado comprende la derivación desde la presa de Guacas de una fracción del caudal de la quebrada y la conducción por gravedad hacia el tajo mediante el restablecimiento de ese tramo del cauce natural, la construcción de un vertedero para el ingreso del agua al tajo y de la estructura de descarga hacia el antiguo cauce de la quebrada Guacas.

El túnel de desviación será cerrado una vez se alcance la cota máxima de llenado del tajo y se restablezca el cauce natural de la quebrada Guacas, adaptándose a las nuevas condiciones geomorfológicas del terreno y, consecuentemente, se inicie el flujo hacia el río Nus.

b. Depósitos de estériles (conceptualmente igual a plan de cierre aprobado)

A medida que en la operación se van configurando estos depósitos se va conformando de igual manera su cierre. La pila de estériles contará con una plataforma en la elevación 1.044 m.s.n.m. La pendiente de las vías es 8 % y la de los taludes es 3H:1V.

c. Área de manejo de colas (Sin cambios respecto a plan de cierre aprobado)

Basado en los modelos de agua realizado en ejercicios anteriores, las colas de lixiviación son las únicas potencialmente generadoras de ácido y por tanto serán depositadas permanentemente bajo el agua, para evitar su posible oxidación.

Las demás colas expuestas en la playa de colas y de arenas al cierre no presentan ningún riesgo ambiental, ni potencial de acidez o lixiviación y por tanto una capa de suelo orgánico será suficiente para promover la revegetación en las áreas expuestas al cierre.

La revegetación se realizará para devolver el terreno en condiciones similares a las que éste tenía antes del proyecto. La alta precipitación y baja evapotranspiración reportada en

el área del proyecto generan condiciones ideales para el auto sostenimiento y regeneración de especies después del cierre.

Un análisis preliminar de coberturas desarrollado por Knight Piésold (2012) usando el programa HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) sugiere una cobertura sobre la playa de colas de 1,000 mm de material estéril, seguido por una capa de suelo orgánico y revegetación en la presa y pila de arena. Considerando las propiedades inactivas en la playa de colas (materiales no oxidantes) y de las desventajas que conllevarían al incremento de la infiltración debido a la porosidad del material estéril, se propone el uso de una capa orgánica para promover revegetación y se considera innecesaria el uso de una cubierta granular con material estéril sobre el depósito de colas al cierre.

La cubierta sobre el área de la playa de colas, la presa de arena y el contrafuerte de arenas contará con una capa de suelo orgánico, manteniendo la misma pendiente usada durante el proceso de deposición del 1% en la playa de colas hacia el embalse de sobrenadantes y 0.4 % en la playa de arenas hacia el talud principal aguas abajo. Se usarán vehículos que ejerzan una baja presión sobre el suelo, para evitar algún tipo de afectación sobre este. El crecimiento del pasto natural ayudará a la resistencia de la erosión y también mejorará la estética de la cubierta granular.

El sistema de subdrenes en la presa de arenas se mantendrá operativo durante el cierre y no requerirá ningún tipo de mantenimiento.

Las áreas húmedas del depósito de colas (Áreas localizadas en las fluctuaciones del nivel de agua entre las épocas secas y húmedas) serán protegidas con material rocoso para evitar la erosión o con especies aptas a ser sumergidas y emergentes alternativamente, por períodos de tiempo en una zona de 0.5 m.

C. Compromisos Socioeconómicos Adquiridos Con las Comunidades

Según como se defina en el transcurso del cierre del proyecto se realizará un balance de los compromisos que se tienen con la comunidad, ya sea en lo relacionado con la entrega de cualquier infraestructura para su uso, o con las expectativas que puedan generarse en esta etapa. Para esto se tendrán en cuenta los registros y evidencias de las reuniones realizadas con la comunidad en las cuales se haya tocado este tema y adicionalmente los registros de los PQR relacionados. Esta información quedará registrada en un formato específico para tener un control y un seguimiento que garantice el cumplimiento de los compromisos con la comunidad.

D. Actividades Específicas Para Cumplir con los Compromisos Ambientales

Las actividades que se desarrollarán en el cierre con el fin de cumplir los compromisos ambientales se exponen a continuación

a. Tajo

- Desmantelamiento: Registro a través de Inventario de los residuos generados (Peligrosos y no peligrosos) de maquinaria, equipos y materiales deshabilitados.

Retiro de residuos industriales peligrosos y no peligrosos por parte de la empresa contratada para este fin (Con su debida autorización sanitaria) de maquinarias, equipos y materiales por parte de la empresa contratista. Disposición final de residuos industriales no peligrosos que serán desviados a un relleno sanitario autorizado, eliminación de residuos peligrosos por parte de la empresa que cuente con su debida autorización sanitaria.

- Protección de estructuras remanentes.
- Cierre de accesos: Levantamiento de bermas, Instalación de letreros de advertencia.
- Estabilización de taludes.
- Señalizaciones.
- Cierre de almacenes de explosivos.
- Adecuaciones para usos posteriores.

b. Depósitos

- Construcción de diques interceptores y canales evacuadores de aguas lluvias.
- Estabilización de taludes.
- Compactación y definición de pendientes de superficie.
- Cubrimiento con suelo natural u otros.
- Delimitar y señalizar el terreno de localización e influencia de estos depósitos.
- Clausurar caminos de accesos a estas áreas.

c. Caminos

- Evaluar los caminos que se dejarán transitables ya sea para control de la etapa de cierre, para estudios posteriores o para público en general, y los caminos que deben ser cerrados.
- Levantamiento de bermas.
- Implementación de señalizaciones.

d. Instalaciones anexas

- Desenergizar instalaciones.
- Desmantelamiento de instalaciones, edificios, equipos y maquinarias: Registro a través de inventario de los residuos generados de maquinarias, equipos y materiales deshabilitados; Protección de estructuras remanentes; Retiro de residuos industriales peligrosos y no peligrosos por parte de la empresa contratada para este fin (Con su debida autorización sanitaria), de maquinarias, equipos y materiales por parte de la empresa contratista; Disposición final de residuos industriales no peligrosos que serán derivados a un relleno sanitario autorizado, eliminación de residuos peligrosos por parte de la empresa que cuente con su debida autorización sanitaria.
- Protección y adecuación de estructuras remanentes.
- Cierre de accesos.
- Implementación de señalizaciones.

e. Planta de proceso

- Desmantelamiento de las instalaciones, edificios, equipos y maquinarias, cuando fuese necesario implica desarmar estructuras, demolición y retiro de materiales, cubrir fundaciones remanentes con estériles o materiales de empréstito. Específicamente, se trata de desmontar buzones de recepción de mineral, correas transportadoras, trituradoras primarias y secundarias, molinos de diferentes dimensiones, celdas de flotación, sistemas de suministro de agua, filtros, secadores, sistemas de conducción de relaves.
- Desenergizar instalaciones cortar suministro eléctrico, retiro de cables conductores, retiro de generadores, transformadores y otros equipos.
- Cierre de accesos bloquear el paso de vehículos y/o peatones, construcción de muros o pretilas cuando corresponda.
- Estabilización de taludes: dejar estables los taludes de las obras o nivelaciones que fue necesario hacer para la construcción y el cierre de la planta.
- Señalizaciones instalación de letreros o señales que indiquen lo que alguna vez operó en esa área y las indicaciones de peligro, si se requiere.
- Retiro de materiales y repuestos se retirará todos los elementos de desecho, para enviarlos a algún lugar de disposición segura y autorizada.
- Revegetación del sitio.

f. Área de manejo de colas (Obra no objeto de modificación)

Es necesario aclarar que se entrega una descripción de la fase de cierre en términos conceptuales (Como lo exige la normativa actual). Dicho plan se actualizará cada 5 años y 2 años antes del término de la vida útil del embalse de colas se presentará el Plan de cierre definitivo, para su posterior distribución a los organismos competentes para su evaluación ambiental y aprobación. Para la etapa de cierre del embalse de colas se realizarán las siguientes obras:

- Desmantelamiento de las Instalaciones: se retirarán y se almacenarán en la bodega de la Planta las tuberías superficiales correspondientes a los sistemas de impulsión de relaves y aguas recuperadas y las baterías de ciclones. Posteriormente, se definirá si éstas podrán ser reutilizadas, vendidas o dispuestas en relleno sanitario autorizado. Se retirarán las líneas de alimentación eléctrica, junto con los tableros de control y alumbrado de las instalaciones del depósito de colas,
- Vertedero de emergencias construirá un vertedero de emergencia que estará destinado a evacuar los excesos del embalse de sobrenadantes y las aguas lluvias que ingresen cuando éste ya no se encuentre en operación. La obra será capaz de evacuar toda la acumulación de estas aguas, de manera que no se vea comprometida la presa de arena. El caudal captado por el vertedero descargará al canal de desviación de la Palestina.
- Mantenimiento de canales perimetrales Se realizará el mantenimiento de los canales perimetrales durante el primer año de cierre, donde se extraerá el material sólido, cuando sea necesario, de acuerdo con inspecciones o eventos de lluvia. Las aguas que ingresen al embalse por eventos de lluvia serán descargadas, a través del vertedero de emergencia.
- Estabilización de Taludes: se verificará que los taludes de la presa de arenas cumplan con los análisis de estabilidad para la condición de cierre del depósito.

- Revegetación: se reforestará la playa de colas y arenas y la presa de arenas con especies nativas, para mitigar la erosión eólica.
- Cierre de Accesos: se cerrarán los accesos al embalse y sólo podrá ingresar personal autorizado por la empresa.
- Señalizaciones para la etapa de cierre: se reforzará la señalización que prohíbe el acceso de personas no autorizadas; además se pondrán señales de peligro en aquellas zonas vulnerables.
- Medidas de Reparación: se elaborará un Informe Final, con un compilado de toda la información técnica del depósito de colas al momento de su cierre, el que será enviado a las autoridades competentes, que detallará lo siguiente: Planos topográficos con registro de dimensiones, geometría final alcanzada, ubicación de pozos de monitoreo, vertedero de seguridad, caminos de acceso y ubicación de letreros de advertencia y otros; Volúmenes de material depositado en la presa y cubeta; Taludes finales aguas arriba y aguas debajo de la presa de arena; Grado de compactación de la presa; Estabilidad de las estructuras; Reparaciones relevantes realizadas al depósito, especialmente a la presa de arenas.

g. Acueducto

- Al tratarse de una obra bajo tierra se produciría mayor impacto extrayendo la tubería, por lo que no se procederá a su retiro.
- Como procedimiento de cierre solamente se procederá a desconectar la fuente de suministro de agua, manteniendo la vigilancia de esta infraestructura, dado la posible utilidad futura que pueda prestar a otros eventuales usuarios.
- Además de lo anterior, se considerará los siguientes aspectos: Dejar operativas algunas líneas eléctricas y servicios sanitarios básicos para que puedan ser usados por el personal a cargo del Plan de cierre, vigilancia y monitoreo; retirar escombros; disposición final y estable de residuos mineros que permanecerán en el sector; establecer un programa de monitoreo de las variables ambientales, una vez finalizadas las acciones y obras para el cierre.

En la Tabla 10.1.4.7 se lista el resumen de compromisos para cada área en la fase de cierre y abandono para el cual se desarrolla el presente plan.

Tabla 10.1.4.7 Resumen de los compromisos adquiridos

Área	Compromisos
Mina	<ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento • Cierre de accesos • Estabilización de taludes • Señalizaciones • Cierre de almacenes de explosivos • Adecuaciones usos posteriores
Depósitos	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de diques interceptores y canales evacuadores de aguas lluvias • Estabilización de taludes • Compactación y definición de pendientes de superficie • Cubrimiento con suelo natural u otros • Delimitar y señalar el terreno de localización e influencia de los depósitos

Área	Compromisos
Caminos e instalaciones anexas	<ul style="list-style-type: none"> • Clausurar caminos de acceso • Desenergizar instalaciones • Desmantelamiento de instalaciones, edificios, equipos y maquinarias • Protección y adecuación de estructuras remanentes
Planta	<ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento de instalaciones • Desenergizar instalaciones • Cierre de accesos • Estabilización de taludes • Señalizaciones • Retiro de materiales y repuestos • Retiro y disposición final de residuos industriales, domésticos y peligrosos • Retirar escombros • Disposición final y estable de residuos mineros • Dejar operativas algunas líneas eléctricas y servicios sanitarios básicos
Área de manejo de colas	<ul style="list-style-type: none"> • Desmantelamiento de las instalaciones • Vertedero de emergencia • Mantenión de canales perimetrales • Desconexión de la fuente de suministro de agua • Estabilización de taludes • Revegetación • Cierre de accesos • Medidas de reparación

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

Programa de post-cierre:

- Programa de monitoreo de la calidad del agua
- Programa de monitoreo de estabilidad de taludes
- Programa de monitoreo de flora y fauna
- Aspectos socioeconómicos necesarios como resultado del cierre de la mina
- Objetivos ambientales y usos de la tierra
- Demolición y desmantelamiento final de instalaciones y equipos
- Actividades post-cierre
- Evaluación del cierre

E. Cronograma

En la Tabla 10.1.4.8 se presenta el cronograma general del proyecto minero, dentro del cual el cierre se encuentra incorporado como parte integral del plan global del proyecto, evidenciando que el cronograma del Plan de Cierre Minero está directamente vinculado al cronograma general.

Tabla 10.1.4.8 Cronograma general del Proyecto Gramalote

CRONOGRAMA MODIFICACIÓN LICENCIA AMBIENTAL 2026	Periodicidad Etapa Operación (Explotación+Beneficio)					Periodicidad Etapa de Cierre - Post-cierre							
	Explotación (Tajo) + Planta		Solo Planta (Remanaje)			CA Año 1	CA Año 2	CA Año 3	CA Año 4	CA Año 5	CA Año 6	CA Año 7	CA Año 7.5
	OP Año 1	OP Año 10	OP Año 11	OP Año 12	OP Año 13								
CIERRE Y POSTCIERRE													
Cierre obras etapa de Construcción													
Restauración zonas liberadas en la etapa de CM													
Cierre Progresivo													
Rehabilitación de áreas liberadas y taludes finales													
Cierre Final													
Tajo Gramalote													
Obtención túnel de desviación Guacas													
Llenado (con agua)													
Recuperación de áreas													
Recuperación de suelo													
Revegetalización de áreas intervenidas													
Postcierre													
Adecuación de componentes residuales													
Manejo de colas (post cierre)													
Desmantelamiento y demolición de infraestructura													
Reversión de áreas													

Fuente: Integral S.A., 2025

Derivado de la Tabla 10.1.4.8 se especifica el cronograma del Plan de Cierre con sus actividades en la Tabla 10.1.4.9.

Tabla 10.1.4.9 Cronograma del Plan de Cierre

Fase/Actividades	Año							
	1	2	3	4	5	6	7	7.5
Fase de Cierre								
Desmantelamiento de instalaciones, edificios, equipos y sistemas eléctricos								
Manejo y disposición de residuos (peligrosos y no peligrosos)								
Demolición de estructuras sin uso futuro (planta, talleres, polvorín, etc.)								
Reconformación definitiva y estabilización de taludes (tajo, depósitos, colas)								
Sellado del túnel de desviación de la quebrada Guacas								
Restitución del cauce de la quebrada Guacas								
Revegetación final (taludes, playas de colas, depósitos)								
Construcción de vertedero de emergencia para embalse de sobrenadantes								
Fase Poscierre	1	2	3	4	5	6	7	7.5
Monitoreo físico: estabilidad de taludes, erosión, drenajes								
Monitoreo químico: calidad del agua (pH, SST, metales, etc.)								
Monitoreo biótico: restauración, cobertura vegetal, fauna								
Mantenimiento de drenajes, sedimentadores y señalización								
Evaluación de desempeño del cierre y validación final								

Fuente: Integral S.A., 2025

10.1.4.10 Actividades de Post-cierre

A medida que avancen el cierre y la rehabilitación de los componentes del proyecto se llevará a cabo un programa poscierre que comprende el mantenimiento, cuidado y monitoreo de las medidas de cierre ejecutadas. La Tabla 10.1.4.10 muestra las actividades

que se desarrollaran en esta etapa, con el fin de realizar el mantenimiento de los componentes residuales del Proyecto de Minería de Oro a Cielo Abierto Gramalote.

Tabla 10.1.4.10 Actividades de mantenimiento poscierre

Mantenimiento	Componente	Actividad	Método	Programa de seguimiento y monitoreo
Físico	Tajo de explotación	Inspección de accesos. Inspección de taludes. Inspección de bermas. de seguridad y señalización.	Inspección visual Inclinómetros	Programa de seguimiento y monitoreo de la inestabilidad y la erosión
	Depósito de estériles	Inspección de taludes. Inspección de sistemas de cobertura para la recuperación del suelo y vegetación. Inspección del estado del sistema de drenajes y canales. Inspección del estado de señalización.	Inspección visual Inclinómetros	
	Área de manejo de colas (presa de colas y dique de arena)	Inspecciones de estabilidad de taludes, Mantenimiento de bermas y taludes, Control de erosión en superficies expuestas, Limpieza y mantenimiento de canales perimetrales y drenajes, Monitoreo del embalse de sobrenadantes, Control de infiltraciones y sistema de drenaje interno, Mantenimiento de la cobertura vegetal, Resiembra en zonas donde falle la revegetación,	Inspección visual	
	Vías	Inspección de cunetas y bermas	Inspección visual	
Hidrológico	Sistema de drenajes y canales. Descarga de la quebrada Guacas del tajo Gramalote al río Nus (cota 840 msnm). Vertedero del embalse de sobrenadantes (cota 932 msnm) Desviación Guacas	Inspección del estado de los revestimientos de los canales y vertederos. Inspección del estado de la erosión.	Inspección visual. Limpieza de canales, drenajes y vertederos. Remoción de cobertura vegetal que obstruya el paso del agua	Programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico
Biológico	Áreas revegetadas	Inspección del estado de la erosión. Inspección de la pérdida de cobertura vegetal. Inspección de sistemas de cobertura para la recuperación del suelo y vegetación. Inspección de zonas áridas	Inspección visual. Resiembra. Poda de la vegetación. Eliminación de especies vegetales invasoras.	Programa de seguimiento y monitoreo a la restauración, rehabilitación y recuperación de áreas intervenidas.

Mantenimiento	Componente	Actividad	Método	Programa de seguimiento y monitoreo
			Fertilización, limpieza, replanteo, riego.	
Geoquímico	Áreas inundadas (Tajo gramalote, embalse de sobrenadante)	Inspección del nivel del agua. Monitoreo de la calidad del agua.	Piezómetros. Toma de muestra de aguas.	Programa de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico
	Desviación Guacas	Monitoreo de la calidad del agua	Toma de muestras de agua	

Fuente: Gramalote Colombia, 2025

10.1.4.10.1 Monitoreo Social

El proceso de monitoreo social permitirá identificar, verificar y corregir cualquier aspecto con implicancia social de manera que se minimicen los impactos poscierre y pasivos de orden social. Para llevarlo a cabo se elaborarán listas de chequeo con base en los resultados y conclusiones del programa de consulta pública,

Algunas consideraciones en las actividades de poscierre incluyen las actividades de mantenimiento que serán actualizadas según los cambios que pudieran presentarse durante la vida útil de la mina, la preparación de un informe de ingeniería detallada de las obras desarrolladas y la evaluación de las metas y objetivos que se espera alcanzar con las medidas de cierre.

10.1.4.10.2 Evaluación del Cierre

Los criterios de desempeño permiten evaluar la efectividad de las actividades de cierre relacionadas con la recuperación y rehabilitación de tierras, con base en los resultados de los programas de monitoreo de las diferentes etapas del proyecto y en el cálculo de los indicadores enunciados al inicio del presente capítulo. Los criterios para la evaluación de desempeño del cierre de las instalaciones objeto de este estudio incluyen lo siguiente:

- Resultados de la calidad del agua superficial y subterránea, los cuales deben ser indicativos del cumplimiento de los límites máximos permisibles en vertimientos.
- Determinación exitosa de la revegetación por parte de personal calificado.
- Los taludes y terrenos rehabilitados no presenten condiciones de inestabilidad.
- Las actividades de cierre sean pasivas y no se requiera bombeo adicional.
- Cumplimiento satisfactorio con todos los compromisos acordados con la comunidad local.

Los resultados de los programas de monitoreo serán comparados con los criterios de evaluación de desempeño. Esta comparación se llevará a cabo anualmente después de que la etapa de cierre final haya concluido y hasta que el resultado final haya sido aprobado; y la licencia ambiental cese por terminación de la actividad.

BIBLIOGRAFÍA

Knight Piésold, K. P. (2013). *Análisis Integrado Río Loa Región de Antofagasta*. Santiago de Chile.