VERSIÓN (V)	FECHA (DD/MM/AAAA)	ELABORADO POR:	REVISÓ (Re)	VALIDÓ (Va)
03	27/10/2026	Anderson Laverde Juan Felipe Villa Luz Elvia Castro	Luisa Carmona	Orlando Romero Diana María Gonzales Álvaro Fernando Martínez

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL TÍTULO MINERO 11387

CAPÍTULO 10 - PLANES Y PROGRAMAS

PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL

FORMATO	CÓDIGO DOCUMENTO
A4	2582_EA_D021_V03

TRAZABILIDAD DE VERSIONES

VERSIÓN (V)	FECHA (dd/mm/aaaa)	REVISÓ (Re)	VERIFICÓ (Ve)	VALIDÓ (Va)	DESCRIPCIÓN DE CAMBIO
01	19/12/2025	Luisa Carmona	Luisa María Carmona Gómez	Orlando Romero Diana María González Álvaro Fernando Martínez	Documento inicial
02	26/01/2026	Luisa Carmona	Luisa María Carmona Gómez	Orlando Romero Diana María González Álvaro Fernando Martínez	Ajustes ha comentarios realizados por el cliente
03	27/10/2026	Luisa Carmona	Luisa María Carmona Gómez	Orlando Romero Diana María González Álvaro Fernando Martínez	Documento ajustado por el rediseño del proyecto

TABLA DE CONTENIDO

pág.

10 PLANES Y PROGRAMAS 1
10.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL 1
10.1.1 PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL 2
10.1.1.1 Medio abiótico 2

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 10.1 Resumen de medidas de manejo ambiental por impacto para el EIA TM 11387 del medio abiótico 2

Tabla 10.2 Medidas de manejo para el impacto CEI_03 Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire 4

Tabla 10.3 Medidas de manejo para el impacto CEI_05 Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera 14

Tabla 10.4 Medidas de manejo para el impacto CEI_09 Alteración de las condiciones geológicas 18

Tabla 10.5 Coordenadas puntos de monitoreo de vibraciones planteadas 19

Tabla 10.6 Medidas de manejo para el impacto CEI_10 Alteración de la geoforma del terreno 22

Tabla 10.7 Medidas de manejo para el impacto CEI_11 Alteración de las condiciones geotécnicas 25

Tabla 10.8 Elementos a inspeccionar 31

Tabla 10.9 Medidas de manejo para el impacto CEI_15 Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental 33

Tabla 10.10 Caudales máximos estimados por el método racional (Tr = 10 años) para las descargas (vertimientos) sobre las respectivas corrientes superficiales 42

Tabla 10.11 Localización sistema tratamiento ARD Oficinas Molino Norte y Casino Argos . 47

Tabla 10.12 Medidas de manejo para el impacto CEI_29 Alteración en la percepción visual del paisaje 51

Tabla 10.13 Síntesis por área 55

Tabla 10.14 Medidas de manejo para el impacto CAI_01 Aumento/disminución del horizonte orgánico 65

Tabla 10.15 Volumen de suelo orgánico a remover 65

Tabla 10.16 Alternativas de tratamiento y/o disposición final para residuos sólidos 73

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 10.1 Referente carro tanque para el riego de agua 5
Figura 10.2 Sistema de humectación de vías 6
Figura 10.3 Vías internas del proyecto que requieren barrido 8
Figura 10.4 Ejemplo de barredoras industriales para la limpieza de vías 9
Figura 10.5 Ejemplo de diagrama de la señalización para límite de velocidad 10
Figura 10.6 Ejemplo de señalización para prevención de ruido. 16
Figura 10.7 Puntos de monitoreo de vibraciones planteadas 20
Figura 10.8 Banco de explotación 26
Figura 10.9 Conformación de ADES 26
Figura 10.10 Esquema filtro francés 28
Figura 10.11 Perfil longitudinal típico tanque desarenador (caja desarenadora) 34
Figura 10.12 Localización de los puntos de vertimiento 35
Figura 10.13 Localización sedimentadores proyectados PIT y ADES Cuistá 36
Figura 10.14 Localización sedimentadores proyectados PIT y ADES Molino Sur 37
Figura 10.15 Localización sedimentadores proyectados PIT y ADES Molino Norte 38
Figura 10.16 Esquema del sistema de medición de caudal – sensor de presión hidrostática 40
Figura 10.17 Vista en planta el sistema de medición de caudal – sensor de presión hidrostática 41
Figura 10.18 Esquema típico de un trincho de guadua o madera 45
Figura 10.19 Localización de los sistemas de tratamiento ARD 48
Figura 10.20 Esquema de las barreras vivas a partir de cuatro hileras 57
Figura 10.21 ADES CUISTA 2 58
Figura 10.22 Proyección de las barreras vivas 59
Figura 10.23 Proyección de barreras vivas ADES CUISTA 3 60
Figura 10.24 Proyección de barreras vivas ADES MOLINO SUR 62

Figura 10.25 ADES MOLINO NORTE Y PIT MOLINO NORTE 63
Figura 10.26 Proyección de barreras vivas en el ADES y PIT de MOLINO NORTE 63
Figura 10.27 Código de colores según Resolución 2184 de 2019 68
Figura 10.28 Separación de residuos peligrosos (RESPEL) 71

LISTA DE ANEXOS

Anexo 10.1.1.1	Costos
Anexo 10.1.1.2	Cronograma
Anexo 10.1.1.3	Formato PQRS
Anexo 10.1.1.4	Plan de riego

10 PLANES Y PROGRAMAS

10.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

En el marco del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Título Minero 11387, se realizó la revisión, actualización y homologación de las medidas de manejo ambiental establecidas en los instrumentos previamente aprobados por Corpoboyacá, correspondientes a las Resoluciones 0448 de 1999 (Mina Afloramiento 1), 0209 de 2003 (Mina Margas), 0387 de 2006 (Mina Afloramiento 2) y 0465 de 2006 (Mina Malsitio), así como sus respectivas modificaciones y obligaciones de seguimiento ambiental.

Este proceso permitió integrar las medidas vigentes con las nuevas acciones de prevención, mitigación, corrección y compensación propuestas para atender los impactos ambientales identificados en el proyecto, considerando las condiciones actuales de operación y los resultados de la evaluación ambiental.

La descripción detallada de las medidas de manejo ambiental propuestas, así como el análisis comparativo y la homologación de las obligaciones establecidas en los instrumentos ambientales vigentes, se presentan en el Capítulo 10_1_ PMA. En dicho capítulo se incluyen las fichas de manejo correspondientes a los medios abiótico, biótico y socioeconómico, con sus respectivas consideraciones.

10.1.1 PROGRAMAS DE MANEJO AMBIENTAL

Se presentan a continuación, el conjunto detallado de acciones y/o medidas y actividades que, producto de una evaluación ambiental, están orientadas a prevenir, mitigar, corregir y compensar los impactos ambientales identificados en la evaluación de impactos para el medio abiótico.

10.1.1.1 Medio abiótico

A continuación, en la Tabla 10.1 se presenta las medidas de manejo ambiental que buscan prevenir, corregir, mitigar o compensar los impactos ambientales significativos del medio abiótico.

Tabla 10.1 Resumen de medidas de manejo ambiental por impacto para el EIA TM 11387 del medio abiótico

Medio	Impacto	ID Medida	Nombre de la medida
Abiótico	CEI_03 Alteración de la concentración de contaminantes criterio y o sustancias tóxicas en el aire	MED_CEI_03_1	Plan de riego y limpieza para vías mineras
		MED_CEI_03_2	Establecimiento límite de velocidad
		MED_CEI_03_3	Mantenimiento de vehículos, maquinaria amarilla y equipos
		MED_CEI_03_4	Manejo del frente de explotación y áreas para la disposición de estériles
	CEI_05 Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera	MED_CEI_05_1	Capacitación y sensibilización del personal vinculado al proyecto
		MED_CEI_05_2	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos
		MED_CEI_05_3	Señalización para el manejo de la emisión de ruido
	CEI_09 Alteración de las condiciones geológicas	MED_CEI_09_1	Delimitación y control del área de intervención
		MED_CEI_09_2	Control de voladuras
	CEI_10 Alteración de la geoforma del terreno	MED_CEI_10_1	Verificación de los taludes reconformados
		MED_CEI_10_2	Reconformación del terreno en el cierre
	CEI_11 Alteración de las condiciones geotécnicas	MED_CEI_11_1	Implementación y verificación de diseños geotécnicos
		MED_CEI_11_2	Gestión y control de aguas superficiales y estabilidad de obras
		MED_CEI_11_3	Control observacional
	CEI_15 Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental	MED_CEI_15_1	Construcción de obras hidráulicas
		MED_CEI_15_2	Aforos del caudal en cada sedimentador para puntos de vertimientos
		MED_CEI_15_3	Mantenimientos a cunetas, canales de descarga y sedimentadores
		MED_CEI_15_4	Disponer adecuadamente los residuos provenientes de cunetas, sedimentadores y canales de descarga
		MED_CEI_15_5	Construcción y mantenimiento de barreras y/o trinchos
		MED_CEI_15_6	Manejo de aguas residuales domésticas (ARD)
		MED_CEI_15_7	Manejo de aguas en PIT Cuistá
	CEI_29 Alteración en la percepción visual del paisaje	MED_CEI_29_1	Revegetalizar las áreas mineras intervenidas
		MED_CEI_29_2	Retrollenado de áreas
		MED_CEI_29_3	Establecimiento de barreras vivas en sitios específicos del proyecto
	CAI_01 Aumento/disminución del horizonte orgánico	MED_CAI_01_1	Remoción, almacenamiento y aprovechamiento del horizonte A
		MED_CAI_01_2	Adquisición de suelo orgánico
		MED_CAI_01_3	Manejo integral de residuos sólidos no peligrosos

Medio	Impacto	ID Medida	Nombre de la medida
		MED_CAI_01_4	Gestión de residuos peligrosos (RESPEL)

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

10.1.1.1.1 CEI_03 Alteración de la concentración de contaminantes criterio y o sustancias tóxicas en el aire

En la Tabla 10.2 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CEI_03 Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire.

Tabla 10.2 Medidas de manejo para el impacto CEI_03 Alteración de la concentración de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en el aire

ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO	**Extracción** ▪ Arranque del material ▪ Disposición de Estériles en ADES y Retrollenado ▪ Acopio de caliza ▪ Proceso de trituración (Hazemag) **Cierre** ▪ Desmantelación y/o demolición de infraestructura y equipos **Actividades transversales** ▪ Construcción y Adecuación de vías ▪ Transporte ▪ Construcción y funcionamiento de instalaciones de soporte minero ▪ Operación y mantenimiento de maquinaria y equipo					
MEDIDAS DE MANEJO						
MED_CEI_03_1	Plan de riego y limpieza para vías mineras					
OBJETIVOS	Realizar las actividades de riego y limpieza para las vías interna para manejo de material particulado					
META	• Garantizar en un 70% la humectación de las longitudes de las vías internas del título minero • Garantizar el barrido del 85% de la vía pavimentada al ingreso de la operación					
TIPO DE MEDIDA	Mitigación					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Vías de acceso y vías mineras del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						

Como una medida de mitigación, se realizará humectación de las vías mineras del proyecto, para ello, se realizó el cálculo de riego necesario. En el Anexo 10.1.4. se presenta el riego requerido para las vías a utilizar por el proyecto.

Se harán riegos con agua sobre las vías empleando un tanquero con agua cruda (sin potabilizar) provenientes de las aguas lluvias almacenadas dentro de los túneles abandonados por la minería subterránea ejecutada por APDR las cuáles están previamente otorgadas conforme a lo establecido en la Resolución 1539 del 10 de junio de 2015 expedida por CORPOBOYACÁ que regula dicho aprovechamiento y en el año final serán aprovechadas las aguas almacenadas en el Pit Cuistá, tal como se establece en la medida de manejo MED_CEI_15_7. Para la estimación de cantidad de agua requerida para riego, se tuvo en cuenta la proyección de extracción de materiales, ya que esto indicará el tráfico que se tendrá en las vías, las cuales corresponden a las fuentes lineales del modelo de dispersión de contaminantes atmosféricos. Los cálculos se realizaron con base en camiones de riego de 1.049 galones (3.970 litros) de capacidad (ver Figura 10.1).

Figura 10.1 Referente carro tanque para el riego de agua

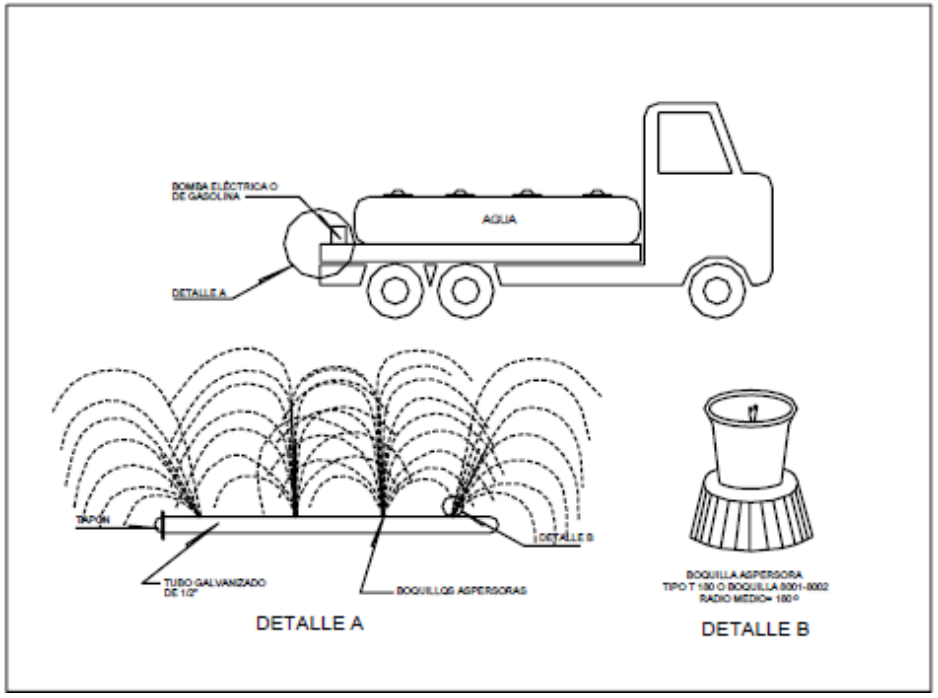


Fuente: Datos tomados de carroceriasfocus

Es importante aclarar que el cálculo de riego para los tramos definidos se realiza bajo un escenario crítico y que, en la práctica puede que se necesite realizar ajustes de viajes, cantidad de tanqueros y cantidad de aplicaciones, no obstante, dicha modificación no implicará sobrepasar lo aprobado mediante la Resolución 1539 del 10 de junio de 2015 (ver

Figura 10.2).

Figura 10.2 Sistema de humectación de vías



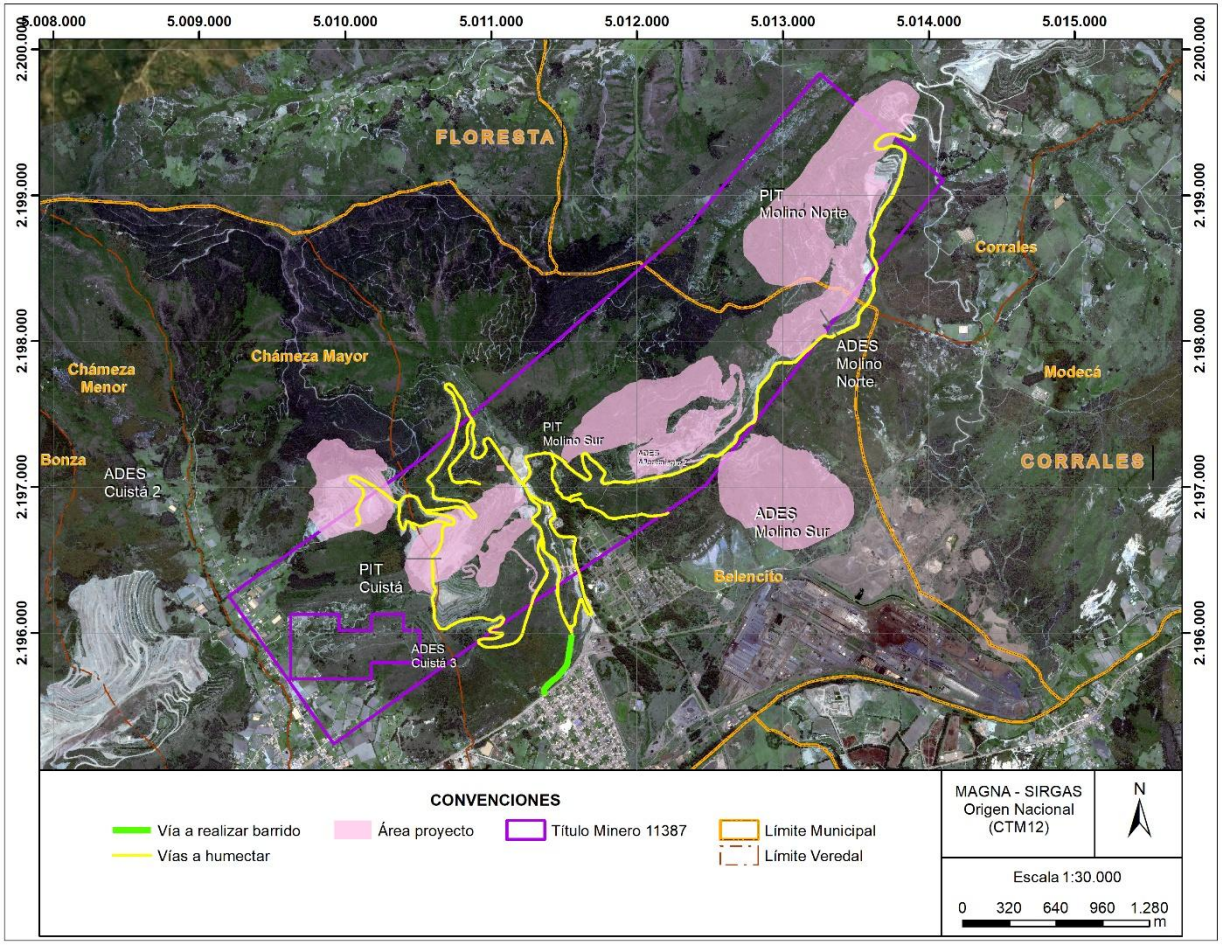
Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

Con base en los cálculos establecidos en el plan de riego, se determina una frecuencia de aplicación promedio de una vez cada hora y media (1,5 h). Se debe tener en cuenta que la dinámica de riego variará en función de la precipitación. Como regla general, el riego se suspende durante el período de lluvias, así como un período posterior hasta tanto la carpeta de rodadura se haya secado.

Se deberán mantener limpias y en buen estado las vías del proyecto, con el fin de evitar el desgaste de las mismas que como consecuencia, traerían el aumento en la emisión de material particulado. Este mantenimiento se realizará con base en lo planteado por los criterios de diseño y con la frecuencia allí estipulada. En esencia la medida propende por:

- Disminuir el material fino sobre la superficie de rodadura por medio de limpieza con motoniveladoras
- Después del período de lluvias retirar la acumulación de barro sobre la carpeta de rodadura que se transforma posteriormente seco en material fino propenso a re suspenderse.
- Se realizarán inspecciones visuales periódicas, que permitirán detectar alguna falla en las vías o los sistemas de drenaje. En este caso, se realizará inmediatamente la correspondiente reparación
- Se realizará limpieza semanal en la vía interna pavimentada del proyecto más exactamente la vía de acceso principal hasta conectar con el tramo de vía destapado la cual tiene una longitud de 544,5 m (ver Figura 10.3), ya sea de forma manual o mecánica mediante el uso de barredoras industriales (véase Figura 10.4) durante la fase de operación del proyecto. Para esto se contará con un auxiliar quien ejecutará esta acción.

Figura 10.3 Vías internas del proyecto que requieren barrido



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

Figura 10.4 Ejemplo de barredoras industriales para la limpieza de vías



Fuente: TENNANT, 2025

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{\text{No. de viajes realizados al día para riego de vias}}{\text{No. de viajes programados diario para riego de vias}} \times 100$	Cumplimiento	70% ≥ Cumple
$\frac{\text{No. de limpiezas ejecutadas en la vía}}{\text{No. de limpiezas programadas para la vía}} \times 100$	Cumplimiento	85% ≥ Cumple
Concentración $PM10_{año\ i}$ ≤ Límite máximo permisible Articulo 2. Resolución 2254 de 2017	Efectividad	PM10 ≤ 50 mg/L Alta efectividad PM10 > 50 mg/L Baja efectividad
Concentración $PM2{,}5_{año\ i}$ ≤ Límite máximo permisible Articulo 2. Resolución 2254 de 2017	Efectividad	PM2,5 ≤ 25 mg/L Alta efectividad PM2,5 > 25 mg/L Baja efectividad

MED_CEI_03_2	Establecimiento límite de velocidad
OBJETIVOS	Realizar la instalación de señales de límite de velocidad en la vía interna del proyecto
META	Instalar el 95% de las señales propuestas de límites de velocidad en la vía interna del proyecto.
TIPO DE MEDIDA	Preventiva
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto

FASE	EXTRACCIÓN	X	CIERRE	X	ACTIVIDADES TRANSVERSALES	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Con el fin de minimizar la emisión de material particulado durante el tránsito de vehículos en la vía interna del proyecto, se instalarán la cantidad de señales necesarias para control de límite máximo de velocidad (30 km/h).

Figura 10.5 Ejemplo de diagrama de la señalización para límite de velocidad



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

Estas señales deberán instalarse una cada 500 m, en las vías internas del proyecto. La instalación de la mismas se realizará una vez entre en operación cada una de las vías de la etapa de construcción del proyecto. Con el fin de tener soporte de la instalación y el buen estado de las señales instaladas, se verificará semestralmente que se tengan todas las señales que se propusieron y que se encuentren en buen estado.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{\text{No. de señales de control de velocidad instaladas}}{\text{No. de señales de control de velocidad propuestas}} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple

MED_CEI_03_3	Mantenimiento de vehículos, maquinaria amarilla y equipos
OBJETIVOS	Garantizar el control y mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, maquinaria y vehículos
META	Realizar el control y mantenimiento preventivo del 95% de los equipos, maquinaria y vehículos
TIPO DE MEDIDA	Prevención
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto

FASE	EXTRACCIÓN	X	CIERRE	X	ACTIVIDADES TRANSVERSALES	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Se realizará el mantenimiento periódico preventivo de los equipos, maquinaria y vehículos según los requerimientos y sus manuales de mantenimiento, de forma que se garantice la sincronización y carburación de los motores, para minimizar la producción de gases por combustión.

En caso de evidenciar mal funcionamiento de alguna maquinaria, equipo y/o vehículo se implementarán inmediatamente las medidas correctivas pertinentes. Esta frecuencia será definida por el kilometraje de los vehículos y según las especificaciones del fabricante, para el caso de la maquinaria y equipo.

Los vehículos automotores, exceptuando los registrados como maquinaria rodante de construcción, que estén vinculados en alguna de las actividades del proyecto, se someterán a la revisión técnico – mecánica y de gases en un centro de diagnóstico autorizado y obtendrán el respectivo certificado. Esta medida asegurará que los gases emitidos a la atmósfera no sobrepasen los límites establecidos por la Resolución 910 de 2008 o la que la modifique.

La verificación se realizará conforme a los tiempos de vencimiento del certificado de revisión técnico-mecánica y de gases o cuando ingrese un vehículo nuevo al Proyecto. Si las volquetas son nuevas no será necesaria la revisión técnico-mecánica ya que esta aplica a partir del sexto año, de lo contrario se debe hacer la revisión anual. En ningún caso se permitirá operar vehículos con el certificado vencido.

Con el fin de evaluar la efectividad de las actividades de mantenimiento preventivo, se realizará semestralmente la verificación de las condiciones operativas de los vehículos, maquinaria y equipos utilizados en el proyecto, mediante inspecciones orientadas a identificar emisiones visibles anormales, fallas de combustión u otras condiciones que puedan incrementar la generación de emisiones atmosféricas. Se establece como criterio de efectividad que al menos el 95 % de las unidades inspeccionadas presenten condiciones operativas satisfactorias. En caso de identificarse anomalías, se implementarán las acciones correctivas correspondientes y se verificará su ejecución antes de autorizar nuevamente la operación de las unidades afectadas.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{\text{No. de mantenimientos preventivos realizados}}{\text{No. de mantenimientos preventivos programados}} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{\text{No. de vehículos con certificado técnico} - \text{mecánica vigente}}{\text{No. de vehículos que requieren certificado técnico} - \text{mecánica}} \times 100$	Cumplimiento	100% ≥ Cumple
$\frac{\text{No. de vehículos inspeccionados si nanomalia asociadas a emisiones}}{\text{No. total de vehículos inspeccionados}} \times 100$	Efectividad	95% ≥ Alta efectividad 50% ≥ Moderada efectividad < 95% 50% < Baja efectividad

MED_CEI_03_4	Manejo del frente de explotación y áreas para la disposición de estériles

OBJETIVOS	Desarrollar la totalidad de actividades propuestas para el manejo de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas durante el desarrollo de los frentes explotación, ADES y retrollenado					
META	Realizar el 95% de actividades propuesta para manejo de contaminantes criterio y/o sustancias tóxicas en los frentes de explotación y áreas para la disposición de estériles					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						

MANEJO FRENTE DE EXPLOTACIÓN y ACOPIO

- Disposición y transporte de material: Transportar y disponer el material extraído de manera inmediata en los sitios de acopio autorizados, asegurando una operación continua desde la zona de explotación para prevenir la acumulación no controlada y mitigar la erosión eólica o hídrica.
- Cumplimiento normativo y transporte: Cumplir lo dispuesto en la Resolución 541 de 1994, la cual reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de materiales y agregados sueltos. En particular, durante el transporte del material extraído desde Cerro Molino Norte hacia la planta de Cemento de Nobsa, la carga se deberá cubrir completamente con lonas en buen estado u otro dispositivo equivalente para evitar la dispersión de partículas y la caída de material sobre las vías; dichas lonas deberán estar firmemente sujetas a las paredes exteriores del contenedor o platón. Asimismo, para el material proveniente de Cerro Cuistá y Cerro Molino Sur, el cargue en los vehículos se realizará estrictamente dentro de los límites de su capacidad autorizada para prevenir derrames.
- Restricción de ubicación: No se efectuará almacenamiento ni acopio temporal de materiales cerca de zonas boscosas, ríos (incluyendo rondas hídricas), quebradas, canales o cuerpos de agua.
- Medidas en acopios al aire libre: Los materiales dispuestos en los sitios de acopio contarán con medidas de manejo (tales como confinamiento perimetral, conformación de taludes estables y sistemas de control de humedad o riego) para evitar su dispersión por acción del viento o la lluvia, garantizando la no afectación (sedimentación) de las fuentes de agua superficiales.

CONTROL EN EL TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN DE MATERIALES

Para el transporte desde las zonas de explotación, se deben seguir los requerimientos establecidos en la Resolución 472 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (o la norma que la modifique o sustituya), aplicable al cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición de materiales, agregados sueltos, capa orgánica, suelo y subsuelo. A continuación, se presentan los lineamientos operativos para los vehículos de transporte:

- Características de los contenedores: Los vehículos destinados al transporte de materiales deberán contar con contenedores o platones integrados adecuadamente a su carrocería, garantizando que la carga quede contenida en su totalidad para evitar derrames, pérdida de durante el tránsito.
- Respeto a las especificaciones técnicas: No se podrá modificar el diseño original de los contenedores o platones para aumentar la capacidad de carga en volumen o peso con respecto a la capacidad de diseño del chasis del vehículo.
- Mantenimiento y limpieza de accesos: Se deberá garantizar que las vías de acceso a las zonas de explotación y acopio se mantengan libres de residuos y partículas sueltas generadas por la operación minera.

OTRAS DISPOSICIONES

- Durante la ejecución del proyecto no se podrá realizar quema alguna de residuos sólidos, líquidos o resultantes del aprovechamiento forestal. No se realizará quema o el uso como combustible de llantas, baterías, plásticos, aceites y otros elementos o desechos que emitan contaminantes al aire

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
(N.º de vehículos inspeccionados que cumplen las condiciones de transporte de materiales / N.º total de vehículos inspeccionados) × 100	Cumplimiento	≥ 95 %
(N.º de vehículos inspeccionados sin evidencia de pérdida o dispersión de material / N.º total de vehículos inspeccionados durante el transporte) × 100	Efectividad	95% ≥ Alta efectividad 50% ≥ Moderada efectividad < 95% 50% < Baja efectividad
(N.º de sitios de acopio con medidas de manejo implementadas / N.º total de sitios de acopio activos que requieren medidas) × 100	Cumplimiento	100%
(N.º de sitios de acopio inspeccionados sin evidencia de dispersión de material o arrastre de sedimentos fuera de las áreas de manejo / N.º total de sitios de acopio inspeccionados) × 100	Efectividad	95% ≥ Alta efectividad 50% ≥ Moderada efectividad < 95% 50% < Baja efectividad
CRONOGRAMA		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2		
COSTOS		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.1		
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO	**$ 296.145.000**	

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

10.1.1.1.2 CEI_05 Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera

En la Tabla 10.3 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CEI_05 Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera.

Tabla 10.3 Medidas de manejo para el impacto CEI_05 Alteración en los niveles de presión sonora en la atmósfera

ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO	**Extracción** ▪ Arranque del material ▪ Disposición de Estériles en ADES y Retrollenado ▪ Acopio de caliza ▪ Proceso de trituración (Hazemag) **Cierre** ▪ Desmantelación y/o demolición de infraestructura y equipos **Actividades transversales** ▪ Construcción y Adecuación de vías ▪ Transporte ▪ Construcción y funcionamiento de instalaciones de soporte minero ▪ Operación y mantenimiento de maquinaria y equipo					
MEDIDAS DE MANEJO						
MED_CEI_05_1	Capacitación y sensibilización del personal vinculado al proyecto					
OBJETIVOS	Prevenir la alteración de los niveles de presión sonora generados por las emisiones de ruido de la maquinaria, vehículos y equipos del proyecto					
META	Capacitar al 80% del personal en el uso adecuado de pitos, sirenas y alarmas					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						
Medida de tipo preventivo con la que se busca concientizar al personal acerca de la importancia de evitar al máximo las emisiones de ruido por parte de los vehículos, esta capacitación está dirigida a personal y conductores. Así mismo, el adecuado manejo de pitos, sirenas y alarmas durante la operación, haciendo uso responsable solo al momento de prevenir un desastre y/o atención de emergencias						

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{No.\,de\ capacitaciones\ desarrolladas}{No.\,de\ capacitaciones\ programadas} \times 100$	Cumplimiento	80% ≥ Cumple
$\frac{No.\,de\ eventos\ evaluativos\ en\ materia\ a\ la\ capacitación\ aprobados}{No.\,de\ eventos\ evaluativos\ desarrollados} \times 100$	Efectividad	75% ≥ Alta efectividad 25% ≥ Moderada efectividad < 75% 25% < Baja efectividad

MED_CEI_05_2	Mantenimiento preventivo de maquinaria y equipos					
OBJETIVOS	Prevenir la alteración de los niveles de presión sonora generados por el inadecuado funcionamiento de los equipos					
META	Desarrollar el 95% de los mantenimientos periódicos a la maquinaria y equipo					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Se realizarán mantenimientos periódicos a la maquinaria y equipos, para verificar su condición, teniendo en cuenta las especificaciones de los fabricantes.

Así mismo se desarrollará:

- El correcto mantenimiento (lubricación, sincronización, balanceo, etc.) de los equipos y de la maquinaria utilizada en el proyecto, es una medida que surte un efecto importante en la reducción de los niveles de ruido.
- Para esta medida, se deberá verificar que los equipos estén incluidos dentro de un programa de mantenimiento periódico. En caso de que no lo tengan o muestren mal funcionamiento, se implementarán de inmediato las medidas correctivas, como cambios de partes y demás, con el fin de que se puedan reintegrar al proceso.
- Igualmente los equipos solo podrán operar en jornada diurna, evitando la generación de molestias en la jornada nocturna a las comunidades cercanas al proyecto.
- A toda la maquinaria y equipo del proyecto, se le realizarán mantenimientos mecánicos preventivos con la periodicidad que se establezcan.
- Con el fin de tener soporte de los mantenimientos, se mantendrá archivo con copia de los registros de mantenimiento de todos los vehículos, maquinaria y equipo, evitando así que un vehículo, maquinaria o equipo laboren en el proyecto si no cuenta con dicha revisión.
- Esta medida y sus registros aplican tanto para la maquinaria y equipo del proyecto, como para el caso que éstos sean suministrados por proveedores.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA

$\frac{\text{No. de actividades de mantenimiento desarrolladas a maquinaría y equipos}}{\text{No. de actividades de mantenimiento programadas a maquinaría y equipos}} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{\text{No. de vehículos inspeccionados si nanomalia asociadas a emisión de ruido}}{\text{No. total de maquinaria y equipos inspeccionados}} \times 100$	Efectividad	95% ≥ Cumple

MED_CEI_05_3	Señalización para el manejo de la emisión de ruido					
OBJETIVOS	Realizar la instalación de señales para el manejo de pitos, bocinas y sirenas					
META	Instalar el 95% de las señales propuestas para el manejo de pitos, bocinas y sirenas					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de influencia del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Con el fin de minimizar la generación de ruido durante el tránsito de vehículos en la vía interna del proyecto, se instalarán señales para control de ruido por bocinas, pitos y sirena cada 500 m (ver Figura 10.6).

Figura 10.6 Ejemplo de señalización para prevención de ruido.



PROHIBIDO PITAR

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA

$\frac{\text{No. de señales de manejo de ruido instaladas}}{\text{No. de señales de manejo de ruido propuestas}} \times 100$	Cumplimiento	95% Cumple
(N.º de vehículos observados sin uso injustificado de bocinas o pitos / N.º total de vehículos observados) × 100	Efectividad	95% ≥ Alta efectividad 50% ≥ Moderada efectividad < 95% 50% < Baja efectividad
CRONOGRAMA		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2		
COSTOS		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.1		
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO	**$ 182.850.000**	

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

10.1.1.1.3 CEI_09 Alteración de las condiciones geológicas

En la Tabla 10.4 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CEI_09 Alteración de las condiciones geológicas

Tabla 10.4 Medidas de manejo para el impacto CEI_09 Alteración de las condiciones geológicas

<table>
<tr><td>ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO</td><td colspan="6">Extracción
▪ Arranque del material
▪ Disposición de Estériles en ADES y Retrollenado</td></tr>
<tr><td colspan="7">MEDIDAS DE MANEJO</td></tr>
<tr><td>MED_CEI_09_1</td><td colspan="6">Delimitación y control del área de intervención</td></tr>
<tr><td>OBJETIVOS</td><td colspan="6">Evitar que se excave o se altere roca y estratos por fuera del área aprobada por la autoridad</td></tr>
<tr><td>META</td><td colspan="6">Garantizar que el 100 % de la intervención se realice dentro de las áreas aprobadas en cada período de seguimiento, sin excavaciones por fuera del polígono autorizado.</td></tr>
<tr><td>TIPO DE MEDIDA</td><td colspan="6">Prevención</td></tr>
<tr><td>RESPONSABLE</td><td colspan="6">Jefe de mina</td></tr>
<tr><td>LUGAR DE APLICACIÓN</td><td colspan="6">Frentes activos de explotación</td></tr>
<tr><td>FASE</td><td>EXTRACCIÓN</td><td>X</td><td>CIERRE</td><td></td><td>ACTIVIDADES TRANSVERSALES</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="7"></td></tr>
<tr><td colspan="7">Esta medida consiste en marcar sobre el terreno hasta dónde se puede excavar. Su propósito es que la roca y los estratos que deben permanecer intactos no se toquen por error, algo que ocurre cuando el personal no tiene claro dónde termina el área autorizada.

Para aplicarla, el topógrafo levanta el polígono aprobado con GPS o topografía convencional y lo marca con estacas o mojones pintados. El borde se señala con cinta o banderolas de color visibles. Antes de abrir un frente nuevo, el topógrafo y el residente ambiental revisan el límite juntos.

Durante la explotación, el avance se registra en un plano mensual que compara la superficie intervenida con el polígono aprobado.</td></tr>
<tr><td colspan="3">DESCRIPCIÓN INDICADOR</td><td colspan="2">TIPO DE INDICADOR</td><td colspan="2">VALOR DE REFERENCIA</td></tr>
<tr><td colspan="3">$\frac{\text{Áreas intervenidas por el proyecto}}{\text{Áreas autorizadas a intervenir por el proyecto}} \times 100$</td><td colspan="2">Cumplimiento</td><td colspan="2">100% = Cumple</td></tr>
<tr><td>MED_CEI_09_2</td><td colspan="6">Control de voladuras</td></tr>
<tr><td>OBJETIVOS</td><td colspan="6">Romper solo la roca necesaria y dejar el macizo remanente con la menor fractura posible</td></tr>
</table>

META	Garantizar que el 100 % de los explosivos y accesorios de voladura utilizados corresponda a las cantidades y tipos autorizados según el diseño minero					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Jefe de mina					
LUGAR DE APLICACIÓN	Frentes de explotación con voladura					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	

Esta medida consiste en diseñar cada voladura para que la energía del explosivo rompa solamente la roca que se va a extraer. Cuando una voladura se pasa de carga, la roca queda fracturada más allá del límite.

Se deberá seguir los diseños de la malla de perforación, es decir, el espaciamiento entre barrenos y la distancia a la cara libre, así como la carga por barreno. Cerca de la pared final se usan barrenos de menor diámetro y cargas más pequeñas. Después de cada voladura, el topógrafo medirá la pared final comparándola con el diseño.

El indicador plantado aplica a la medida de "control de voladuras para evitar afectación de áreas adicionales" (fuera del polígono de excavación autorizado). Está diseñado para ser medido con insumos que ya se generan en campo (diseño de voladura, acta de cargue, reporte de topografía, u otros).

Si bien el impacto CEI_08 (Generación de vibraciones en la atmósfera) es de una importancia ambiental irrelevante, para el seguimiento de este componente se propone el siguiente esquema de monitoreo de vibraciones:

- **Para el sector Cerro Cuistá y Cerro Molino Sur**: se seguirá realizando las mediciones sobre el punto 1.1 (Fijo-geófono existente) y adicionalmente se prone las mediciones sobre los puntos 1.2 (Móvil - proyectado), 1.3 (Móvil - proyectado) y 1.4 (Móvil - proyectado) los cuáles realizarán mediciones de manera alternada y se evaluará un solo punto por cada evento de voladura, rotando la medición de manera secuencial o por demanda.

- **Para el sector Cerro Molino Norte**: Asimismo, se establece un punto específico de monitoreo (Punto 2 Fijo – geófono proyectado) tal como se presenta la localización en la Tabla 10.5 y
- Figura 10.7).

Este esquema de monitoreo de vibraciones por voladura se presenta como medida asociada al manejo y prevención del impacto CEI_32 (Generación o alteración de conflictos socioambientales).

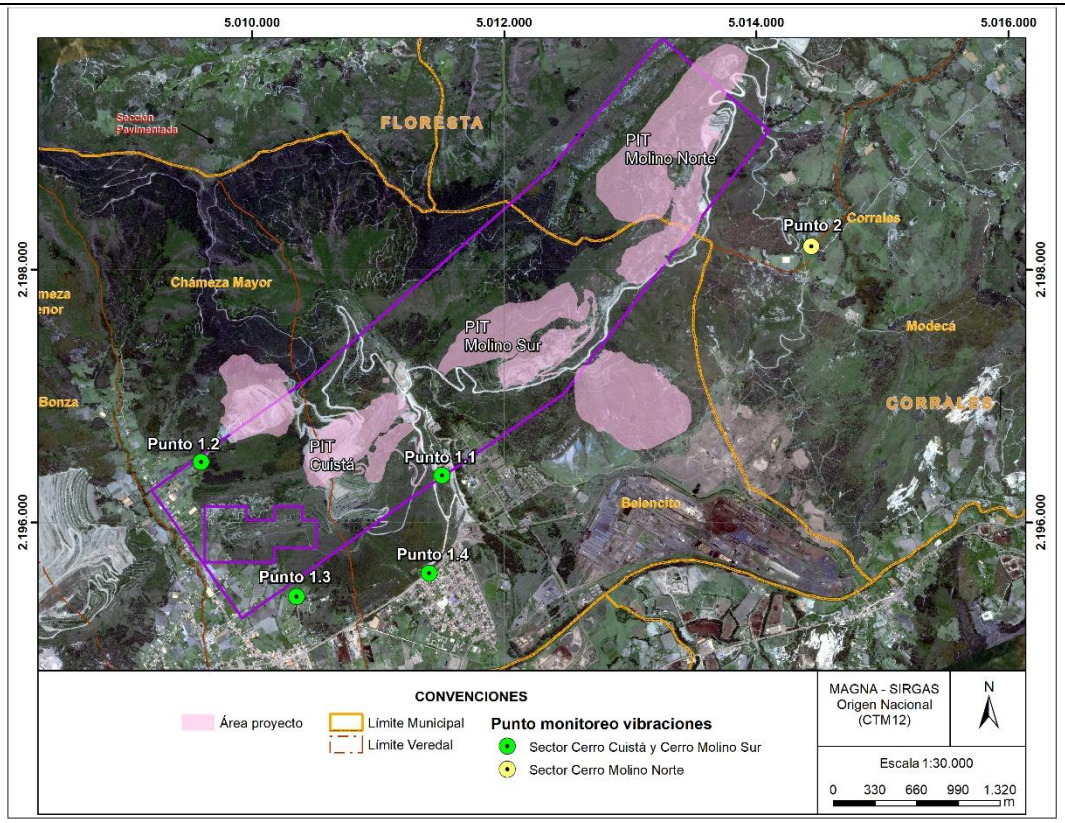
Tabla 10.5 Coordenadas puntos de monitoreo de vibraciones planteadas

Punto monitoreo	Coordenadas CTM12	Observaciones	Sector Minero

	X (Este)	Y (Norte)		
Punto 1.1	5011506,46	2196370,83	Geófono fijo (existente)	Cerro Cuistá y Cerro Molino Sur
Punto 1.2	5009596,56	2196475,99	Móvil (proyectado) - Secuencial	
Punto 1.3	5010354,53	2195410,65	Móvil (proyectado) - Secuencial	
Punto 1.4	5011406,45	2195594,61	Móvil (proyectado) - Secuencial	
Punto 2	5014434,72	2198183	Geófono fijo (proyectado)	Cerro Molino Norte

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

Figura 10.7 Puntos de monitoreo de vibraciones planteadas



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{\text{Cantidad de explosivos y accesorios utilizados en el año}}{\text{Cantidad de explosivos y accesorios aprobados en el año}} \times 100$	Cumplimiento	100% - Cumple

Número de eventos en los que se identifique el uso de explosivos o accesorios en cantidades superiores a las autorizadas	Efectividad	0 eventos – Alta efectividad ≥ 1 eventos – Baja efectividad
$\frac{\text{Voladuras cumpliendo la norma DIN 4150 y/o la norma española UNE } 22-381-93}{\text{Voladuras realizadas}} \times 100$	Cumplimiento	3 mm/s ≤ Alta efectividad 3 mm/s > Baja efectividad
CRONOGRAMA		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2		
COSTOS		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.1		
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO		**$ 42.000.000**

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

10.1.1.1.4 CEI_10 Alteración de la geoforma del terreno

En la Tabla 10.6 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CEI_010 Alteración de la geoforma del terreno.

Tabla 10.6 Medidas de manejo para el impacto CEI_10 Alteración de la geoforma del terreno

ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO	**Extracción** ▪ Arranque del material ▪ Disposición de Estériles en ADES y Retrollenado **Actividades transversales** ▪ Construcción y Adecuación de vías					
MEDIDAS DE MANEJO						
MED_CEI_10_1	Verificación de los taludes reconformados					
OBJETIVOS	Mantener el cambio de geoforma dentro de los límites diseñados, evitando pendientes inestables y garantizando que el drenaje superficial no se concentre ni erosione las superficies recién conformadas.					
META	• Garantizar que el 100% de los taludes y/o bermas conformadas cumplan el diseño estipulado. • Garantizar que se corrijan las cárcavas > 20cm					
TIPO DE MEDIDA	Prevención - Corrección					
RESPONSABLE	Jefe de mina					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas intervenidas por la explotación					
FASE	**EXTRACCIÓN**		**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	
ACCIONES A DESARROLLAR						
Cada vez que se termina de conformar un talud o una berma, se verifica en campo que la pendiente sea la del diseño. Al mismo tiempo, se revisa que la cuneta al pie del talud esté limpia y que el agua de escorrentía tenga salida libre hacia el drenaje perimetral. Si se detectan cárcavas o surcos profundos, se rellena y compacta manualmente con material del sitio y se restituye la pendiente. Esto se realiza porque si la pendiente se pasa de la diseñada, el talud se erosiona más rápido. Si el agua se estanca o corre concentrada por una berma mal nivelada, en una temporada de lluvias podría abrirse cárcavas. En ese sentido se procederá así: • Al terminar la conformación el profesional encargado verifica la pendiente con un clinómetro de mano. Si no cumple, se recalza antes de retirar la máquina.						

- Se camina la berma y se verifica que la cuneta no tenga obstrucciones y que el agua salga por el punto previsto. Se retira material suelto de la cuneta con pala si es necesario.
- Después de cada evento de lluvia fuerte (o semestral en temporada seca): se realizará un recorrido visual de taludes y bermas. Si se observa un surco de más de 20 cm de profundidad, se marca con estaca, se fotografía, y se programa su corrección para relleno con material del sitio, compactación manual y perfilado.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{\text{Nro taludes} - \text{bermas conformados de acuerdo al diseño}}{\text{Nro. taludes} - \text{bermas conformados en el año}} \times 100$	Cumplimiento	100%
$\frac{\text{Nro cárcavas corregidas}}{\text{Nro. cárcavas detectadas en el semestre}} \times 100$	Efectividad	95%≥ Alta efectividad 80% ≥ Moderada efectividad <95% Baja efectividad: < 80%

MED_CEI_10_2	Reconformación del terreno en el cierre					
OBJETIVOS	Devolver al terreno una forma estable, integrada con el paisaje y apta para el uso posterior del suelo.					
META	Garantizar que al menos el 95 % del área por reconformar quede construida conforme al diseño aprobado					
TIPO DE MEDIDA	Corrección					
RESPONSABLE	Jefe de mina					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas intervenidas por la explotación					
FASE	**EXTRACCIÓN**		**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	

ACCIONES A DESARROLLAR

Esta medida consiste en dar forma final al terreno al terminar la explotación. Se suavizan las pendientes para que el terreno empalme con su entorno y se cubre la superficie con el suelo orgánico acopiado durante la operación. El objetivo es que el área no quede con taludes sueltos, cráteres o áreas expuestas.

El diseño de cierre define la forma final con pendientes estables y un empalme topográfico con el terreno circundante. La reconformación se hace en capas compactadas, para evitar asentamientos posteriores. Sobre el suelo orgánico se siembran especies nativas, y el drenaje final se construye antes de retirar las obras temporales. La siembra se programa para la temporada de lluvias más favorable, según lo que defina el profesional encargado.

Después del cierre se hace seguimiento anual para verificar que la forma se mantenga y que la cobertura prospere.

El detalle del cierre de las áreas de intervención se realiza en el capítulo 10 Planes y programa _10.1.4 Plan cierre

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA

$\frac{\text{Áreas reconformadada de acuerdo al diseño}}{\text{Área a reconformar}} \times 100$	Cumplimiento	≥ 95%
CRONOGRAMA		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2		
COSTOS		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.1		
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO	**$ 60.000.000**	

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

10.1.1.1.5 CEI_11 Alteración de las condiciones geotécnicas

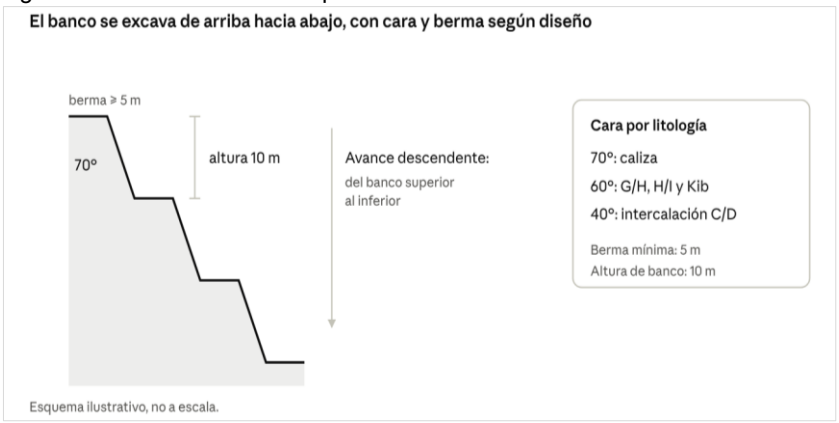
En la Tabla 10.7 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CEI_11 Alteración de las condiciones geotécnicas

Tabla 10.7 Medidas de manejo para el impacto CEI_11 Alteración de las condiciones geotécnicas

ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO	**Extracción** ▪ Arranque del material ▪ Disposición de Estériles en ADES y Retrollenado **Cierre** ▪ Estabilidad geotécnica de labores superficiales **Actividades transversales** ▪ Construcción y Adecuación de vías					
MEDIDAS DE MANEJO						
MED_CEI_11_1	Implementación y verificación de diseños geotécnicos					
OBJETIVOS	Asegurar que la construcción de taludes en Pits, ADES y vías se realice conforme a los diseños aprobados (ángulos, altura de bancos, bermas, etc.) para garantizar la estabilidad.					
META	Lograr un 100% de cumplimiento entre el diseño aprobado y la ejecución en campo, verificado semestralmente mediante levantamiento topográfico.					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Jefe de mina / jefe de turno					
LUGAR DE APLICACIÓN	Todos los frentes de explotación (Cuistá, Molino Norte y Sur), ADES, retrollenado y vías.					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						
Esta medida busca garantizar que la construcción de taludes de explotación (PITs), taludes de los ADES, áreas de retrollenado y vías de acceso se ejecute exactamente conforme a los diseños aprobados en el Programa de Trabajos y Obras (PTO) y en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). La verificación se realizará de manera semestral o ante cambios significativos. Los diseños establecen parámetros críticos como: • Altura de banco: 10 metros (numeral *Planteamientos Mineros a Cielo Abierto* del capítulo de Descripción del Proyecto).						

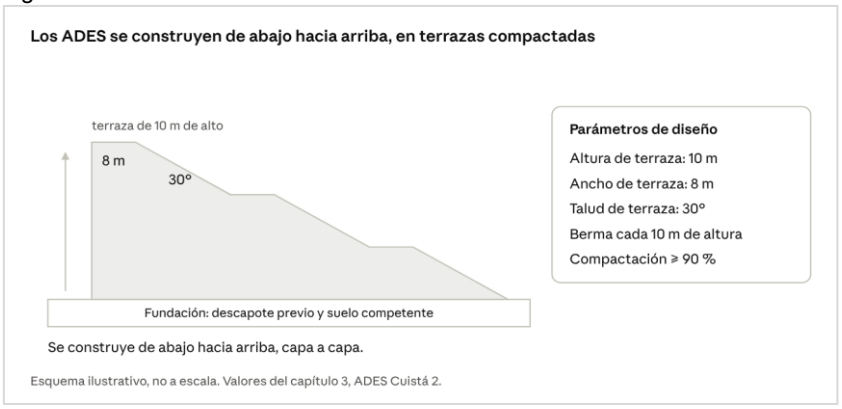
- Ángulo de la cara del banco: 70° para caliza, 60° para intercalaciones G/H, H/I y Kibi, y 40° para la intercalación C/D (*Planteamientos Mineros a Cielo Abierto* del capítulo de Descripción del Proyecto).
- Ancho mínimo de berma: 5 metros (*Planteamientos Mineros a Cielo Abierto* del capítulo de Descripción del Proyecto)
- Geometría de los ADES: Terrazas de 8-10 m de ancho, taludes de 30°-35°, ángulos generales de 18°-19° (Áreas para manejo de material sobrante del Capítulo de Descripción del Proyecto).
- Sección de vías: Ancho de banca de 12 m, cunetas trapezoidales de 1 m, pendiente máxima del 12-14% (numeral *Características técnicas de adecuación de las vías* del Capítulo de Descripción del proyecto).

Figura 10.8 Banco de explotación



Fuente: MINES SOLUTION S.A.S., 2026

Figura 10.9 Conformación de ADES



Fuente: MINES SOLUTION S.A.S., 2026

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{\text{Bancos conformados conforme al diseño aprobado}}{\text{Bancos conformados en el año}} X100$	Cumplimiento	100%
# de eventos de falla reportados	Efectividad	0 eventos – Alta efectividad ≥ 1 eventos – Baja efectividad

MED_CEI_11_2	Gestión y control de aguas superficiales y estabilidad de obras					
OBJETIVOS	Evitar la infiltración de escorrentía en taludes y ADES Mantener la presión de poros dentro del rango de diseño					
META	• Lograr una eficiencia hidráulica del 100% en las obras de drenaje (cunetas, canales, sedimentadores) para evacuar adecuadamente las aguas de escorrentía. • Mantener las presiones de poro (Ru) por debajo de los umbrales de diseño					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Jefe de mina / jefe de turno					
LUGAR DE APLICACIÓN	PIT, ADES y Retrollenado					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	

ACCIONES A DESARROLLAR

Esta medida tiene como objetivo prevenir la infiltración excesiva y la saturación del terreno, que son las causas más comunes de inestabilidad de taludes. Se compone de dos actividades:

I. Manejo de aguas superficiales (escorrentía): Consiste en la construcción, mantenimiento y limpieza de un sistema de drenaje que capture y evacúe las aguas lluvias antes de que se infiltren en los taludes o ADES tal como se especifica en la medida MED_CEI_15_1.

II. Control del nivel de asentamiento y desplazamiento: Para el caso de los ADES y del área de retrollenado se instalarán mojones con el fin de evaluar el nivel de asentamiento y desplazamiento de estas áreas para la disposición de estériles controlando así estas características durante su operación.

III. Control de presión de poros: Esta medida se aplica específicamente para el ADES Molino Sur y ADES Cuistá 2 de acuerdo con los resultados del análisis de estabilidad geotécnica tal como se especifica a continuación:

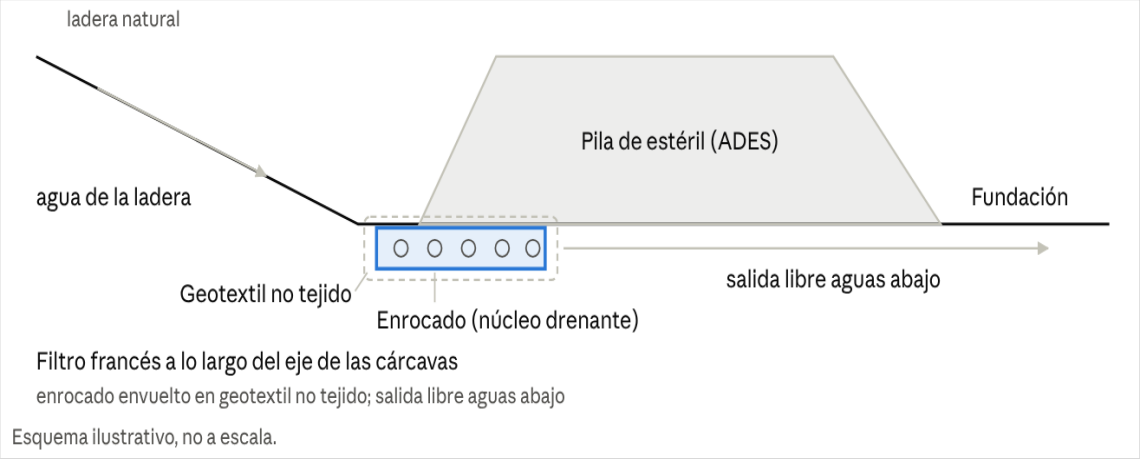
-ADES CUISTÁ 2: Se instalarán piezómetros tal y como se indica en el Capítulo 10.1.2 Plan de Seguimiento y Monitoreo - PSM del presente EIA con el fin de verificar el nivel freático y las presiones de poro en el terreno en el ADES Cuistá 2 de acuerdo con el numeral de *Consideraciones del efecto agua en la estabilidad de la excavación* del capítulo de Geotecnia, se debe garantizar que el coeficiente Ru (presión de poro / esfuerzo vertical) se mantenga por debajo de los umbrales de diseño. El personal técnico realizará las lecturas mensuales de los piezómetros y registrará los datos en un formato estandarizado. El ingeniero geotecnista analizará la información y calculará el coeficiente Ru. Si se detecta una tendencia al aumento, se emite una alerta y se intensifican las medidas de drenaje.

Adicionalmente se cuenta con un pedraplén de hasta 50 m de altura con filtros franceses en su base, ya construido. Su función es captar y evacuar los flujos subsuperficiales que llegan desde la ladera hacia el contacto con el depósito cuaternario de fundación. Así se evita que se acumule presión de agua bajo el pedraplén y que la saturación de la base reduzca la resistencia en el contacto con el basamento firme (Formación Tibasosa). El detalle de la obra se puede apreciar en el capítulo 3 – numeral 3.3.1.1.1.4 Infraestructura de apoyo existente (vi . Pedraplén).

-ADES Molino Sur: Se implementará un drenaje francés a lo largo del eje de las cárcavas naturales sobre las que se apoya el ADES Molino Sur. El depósito se superpone con esas cárcavas, que concentran el agua de escorrentía e infiltración. Por eso el coeficiente de presión de poros (Ru) debe mantenerse dentro del valor de diseño (0,10 ± 0,05), para que el depósito conserve la estabilidad calculada.

El drenaje consiste en una zanja excavada en la base del depósito y rellena con enrocado de tamaño grande, envuelto en geotextil no tejido. El enrocado capta y conduce el agua. El geotextil actúa como filtro para que los finos del relleno no tapen el drenaje. La salida es libre aguas abajo, sin restricciones, para que el agua no se acumule bajo el depósito.

Figura 10.10 Esquema filtro francés



Fuente: Mines Solution S.A.S., 2026

Con el fin de controlar la operación minera se deberá calcular la Rata de Desplazamiento (RD) la cual está basada en los rangos y criterios del Transportation Research Board de los Estados Unidos, adoptando la escala única de velocidad de movimiento de Cruden & Varnes (1996). Esta escala clasifica la cinemática de los movimientos en masa en 7 valores, desde extremadamente lento hasta extremadamente rápido (Tabla 10.8).

El análisis de los datos se realiza con respecto al cálculo de la rata de desplazamientos de puntos de control dada por la siguiente expresión:

$$RD = \frac{\Delta D}{\Delta T}$$

Donde:

- RD: Rata de desplazamiento inter-periodo (velocidad).
- ΔT: Diferencial de tiempo transcurrido entre la medición actual y la inmediatamente anterior.
- ΔD: Desplazamiento inter-periodo.

A su vez, el desplazamiento (magnitud del vector espacial) se calcula a partir de la siguiente expresión de distancia euclidiana:

$$D = \sqrt{(E - E_0)^2 + (N - N_0)^2 + (C - C_0)^2}$$

Donde:

- E_0, N_0, C_0: Coordenadas Este, Norte y Cota de la medición anterior (o de referencia).
- E, N, C: Coordenadas Este, Norte y Cota de la medición actual.

Tabla 10.8 Clasificación de la velocidad de los movimientos

Clase	Descripción	RD (mm/s)	Poder Destructor Típico
1	Extremadamente rápida	5×10^{3}	Catástrofe de mayor impacto; edificios destruidos por el impacto; muchas muertes; improbable posibilidad de escapar (vel. típica: 5 m/s).
2	Muy rápida	5×10^{1}	Algunas vidas perdidas; velocidad del movimiento demasiado grande para escapar (vel. típica: 3 m/min).
3	Rápida	5×10^{-1}	Evacuación posible, pero las estructuras y bienes se han destruido (vel. típica: 1,8 m/hora).
4	Moderada	5×10^{-3}	Algunas estructuras pueden ser reparadas (vel. típica: 13 m/mes).
5	Lenta	5×10^{-5}	Se pueden reparar y mantener algunas estructuras con el terreno en movimiento, pero el mantenimiento es muy costoso (vel. típica: 1,6 m/año).
6	Muy lenta	5×10^{-7}	Algunas estructuras permanentes no son dañadas por el movimiento (vel. típica: 16 mm/año).
7	Extremadamente lenta	$< 5 \times 10^{-7}$	Movimientos imperceptibles sin instrumentos.

Fuente: Adaptado de Cruden & Varnes, 1996

Para el área de estudio se adoptaron tres umbrales operativos (Tabla 2). Estos umbrales se definen en función de la aceptación de la rata de desplazamiento para la obra monitoreada, la cual corresponde a un relleno de conformación morfológica sin estructuras o edificaciones superpuestas.

Tabla 10.9 Criterios y rangos de aceptación del cumplimiento de Rata de Desplazamiento (RD) inter-periodo

Rango de RD Obtenida (mm/s)	Grado de Aceptación	Condición Geotécnica
5×10^{-3} a 5×10^{3}	Bajo (Ineficiente)	Crítico / Intervención: Intervención inmediata para estabilización. Desplazamiento evidente con daños importantes.
$\mathbf{5 \times 10^{-5}}$ **a** $\mathbf{5 \times 10^{-3}}$	Medio (Eficiente)	En Observación: Aumento de frecuencia de inspección y evaluación de obras de estabilización.
$\mathbf{0}$ **a** $\mathbf{5 \times 10^{-5}}$	Alto (Muy eficiente)	Estable: Monitoreo topográfico rutinario. Deformaciones normales imperceptibles a simple vista.

Fuente: Fuente: Mines Solution S.A.S., 2026

Para garantizar que el sistema funcione como una alerta temprana efectiva, la velocidad (RD) debe calcularse siempre de forma inter-periodo (entre lecturas sucesivas) y no como un promedio histórico.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
Número de mojones instalados/número de mojones requeridos*100	Cumplimiento	100%
$\frac{\text{Nro de registros de piezómetros instalados}}{\text{Nro de registros de piezómetros programados}}\text{X}100$	Cumplimiento	100%
$RD = \frac{\Delta D}{\Delta T}$	Efectividad	0 a 5×10^{-5} = Alta efectividad 5×10^{-5} a 5×10^{-3} = Moderada efectividad 5×10^{-3} a 5×10^{3} = Baja efectividad
Número de eventos reportados por fallas geotécnicas	Efectividad	0 eventos – Alta efectividad ≥ 1 eventos – Baja efectividad

MED_CEI_11_3	Control observacional
OBJETIVOS	Identificar oportunamente signos de inestabilidad incipiente (grietas, asentamientos, erosión) para tomar acciones correctivas inmediatas
META	• Realizar al menos el 90% de inspecciones programadas en el año

	• Atender el 100% de los hallazgos con acciones correctivas					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Jefe de mina / jefe de turno					
LUGAR DE APLICACIÓN	Taludes de explotación, taludes de ADES, cunetas, canales, obras de paso, vías.					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Esta medida consiste en la realización sistemática y documentada de inspecciones visuales y técnicas a todas las obras geotécnicas del proyecto (taludes de explotación, taludes de ADES, cunetas, canales, obras de paso, vías, etc.), con el fin de identificar oportunamente signos de inestabilidad incipiente o deterioro (grietas, asentamientos, erosión, obstrucciones, filtraciones, etc.) y ejecutar las acciones de mantenimiento correctivo o preventivo necesarias para garantizar su funcionalidad y estabilidad a lo largo de la vida útil del proyecto.

El objetivo es prevenir que pequeños problemas se conviertan en fallas mayores que puedan afectar la seguridad de las operaciones, la estabilidad de los taludes o el medio ambiente. Esta medida está alineada con el "control observacional rutinario" mencionado en el numeral 5.2 del documento de Geotecnia ("Seguimiento a la variabilidad geológica y geotécnica natural"), que establece que el personal operativo debe mantener un control visual permanente y reportar cualquier anomalía al área técnica y a la interventoría.

La inspección cubre todas las obras geotécnicas del proyecto, organizadas en las siguientes categorías:

Tabla 10.10 Elementos a inspeccionar

Categoría	Elementos a inspeccionar	Signos de alerta a buscar
Taludes de Explotación (PITs)	Caras de banco, bermas, pisos, coronas	Grietas longitudinales o transversales, desprendimientos de roca, bloques sueltos, erosión en la cara del talud, surcos por escorrentía, filtraciones, cambios en la coloración (humedad), deformaciones del terreno.
Taludes de ADES	Terrazas, caras de talud, coronación, pie del depósito, pedraplén (si aplica)	Asentamientos diferenciales, grietas en la corona o en las bermas, deslizamientos superficiales, erosión en las caras, surcos por agua, obstrucción de drenajes, filtraciones en el pie, deformación del pedraplén.
Obras de Drenaje	Cunetas (tierra, concreto, geomembrana, piedra pegada), zanjas de coronación, canales de descarga, obras de paso (alcantarillas), disipadores de energía, trinchos, sedimentadores	Obstrucción por sedimentos, rocas o vegetación; erosión en el fondo o en las paredes; socavación en las entregas; grietas en el concreto; azolvamiento de sedimentadores; falta de capacidad hidráulica; filtraciones.

Vías Internas	Calzada, cunetas laterales, taludes de corte y terraplén, obras de paso	Baches, surcos, pérdida de rasante, grietas en la banca, erosión en taludes de corte, asentamientos en terraplenes, obstrucción de cunetas, socavación en obras de paso.
Instrumentación Geotécnica	Inclinómetros (PI-01, PI-02, PI-04, PMN02), piezómetros (PI-03, PI-05)	Daño físico en la cabeza del instrumento, obstrucción del tubo, pérdida de la tapa protectora, vandalismo, lecturas anómalas.
Áreas de Retrollenado	Superficie del relleno, taludes, drenajes	Asentamientos, grietas, erosión, filtraciones, obstrucción de drenajes.

Fuente: Mines Solution S.A.S., 2026

La inspecciones se realizan en tres niveles con diferente nivel de detalle y frecuencia:

- Inspección visual diaria (Personal operativo): El Supervisor de Campo, los operadores de maquinaria y el personal de seguridad realizan recorridos diarios por las áreas de intervención al inicio y al final de cada jornada con el fin de realizar una inspección visual rápida y en caso de registrar una anomalía será reportada al jefe de la mina. El jefe de mina evaluará la situación y decide si requiere inspección detallada o una acción correctiva.
- Inspección técnica semanal (Profesional en geología o geotecnia): El profesional en geología o geotecnia realizará recorridos semanales por los frentes de explotación, ADES y vías utilizando una lista de chequeo detallada que cubra los aspectos relacionados en la Tabla 10.10. Se utilizarán instrumentos simples como cinta métrica, nivel de mano, y registro fotográfico. En caso de registrarse alguna anomalía se clasificará en:
  - Leve y/o moderada: ejecutar acción correctiva en un plazo no mayor de 15 días
  - Prioritaria: ejecutar acciones inmediatas y en caso de ser necesario emitir una alerta.
- Inspección detallada semestral (Geotecnista): El Ingeniero Geotecnista realizará inspecciones detalladas que incluyen la verificación de los resultados de la instrumentación (inclinómetros, piezómetros), la revisión de los registros topográficos (dron, RTK) y la evaluación de la efectividad de las medidas correctivas implementadas. En caso de detectar alguna anomalía emitirá un concepto técnico con recomendaciones específicas y tiempo máximo de implementación.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{\text{Nro de inspecciones realizadas en el año}}{\text{Nro de inspecciones programadas en el año}} X100$	Cumplimiento	≥ 95% cumple
No de anomalías presentada	Efectividad	0 eventos – Alta efectividad ≥ 1 eventos – Baja efectividad
CRONOGRAMA		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2		
COSTOS		

Ver detalle en Anexo 10.1.1.1	
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO	**$ 755.000.000**

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

10.1.1.1.6 CEI_15 Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental

En la Tabla 10.11 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CEI_015 Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental.

Tabla 10.11 Medidas de manejo para el impacto CEI_15 Alteración en la calidad del sedimento y del recurso hídrico superficial continental

ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO	**Extracción** ▪ Arranque del material ▪ Disposición de Estériles en ADES y Retrollenado ▪ Acopio de caliza **Cierre** ▪ Rehabilitación biótica de áreas intervenidas **Actividades transversales** ▪ Construcción y Adecuación de vías					
MEDIDAS DE MANEJO						
MED_CEI_15_1	Construcción de obras hidráulicas					
OBJETIVOS	Establecer las medidas necesarias para prevenir los efectos sobre la calidad del recurso hídrico.					
META	Realizar la construcción del 95% de las obras requeridas para el manejo optimo del recurso hídrico					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						
El sistema de gestión del vertimiento las aguas de contacto se centran en el diseño y construcción de las obras hidráulicas: cunetas, canales de descarga, sedimentadores en cada área de minera (PIT, ADES y Retrollenado), zanjones como receptores de descarga de los sedimentadores y puntos de descarga. Las obras hidráulicas mencionadas se detallan a continuación y el detalle de cada una de las obras se presentan en el capítulo 3 numeral 3.3.4.1.1.2.1 y 3.3.4.1.2.2.1 Manejo de aguas de escorrentía (aguas contactadas):						

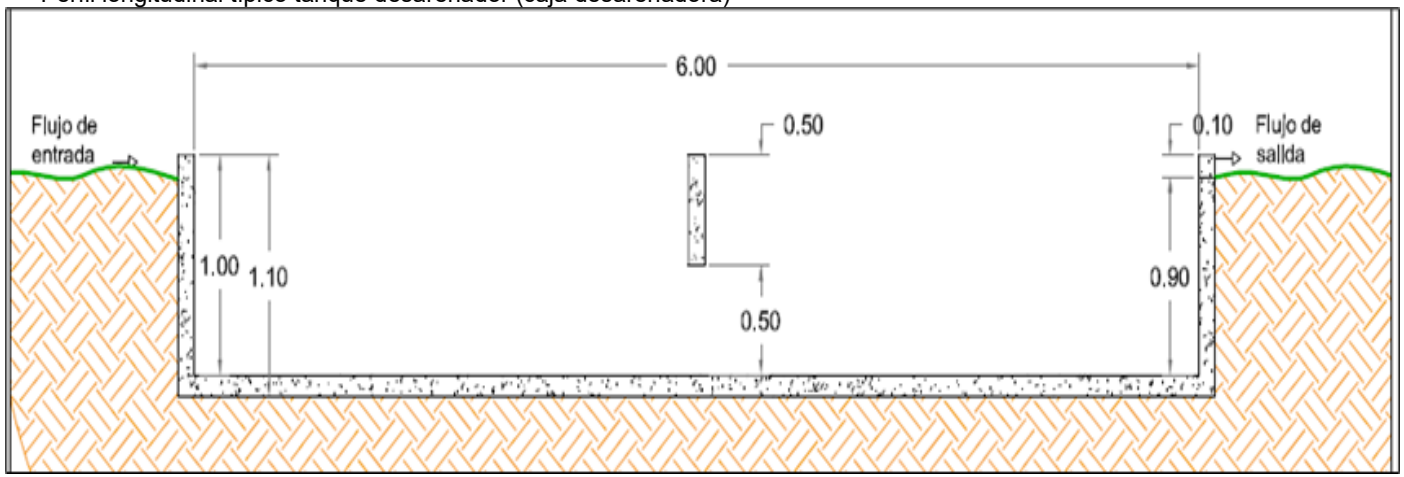
Cunetas y canales de descarga

Se construirán cunetas y canales de descarga alrededor de las áreas de los frentes mineros, áreas de disposición de estériles (ADES y Retrollenado), con el fin de captar las aguas de contacto y conducirlas a los sedimentadores con descole final en los zanjones o sobre las quebrada Chámeza, Belencito y Malsitio.

Sedimentadores

Construcción de sedimentadores para el control de la calidad del agua; allí llegará las aguas de contacto captadas por las cunetas y canales. Los sedimentadores permitirán embalsar el agua para el control de los sedimentos. El control del nivel de agua dentro de los sedimentadores se llevará a cabo mediante un vertedero operacional, que captará el agua en caso que esta sobrepase el nivel de operación del sedimentador y la conducirá aguas abajo hacia el punto de descarga o el dren natural (zanjón). La descarga de los sedimentadores no será permanente, puesto que solo se verterá agua, cuando se presente rebose de los sedimentadores durante eventos de lluvia.

Figura 10.11 Perfil longitudinal típico tanque desarenador (caja desarenadora)

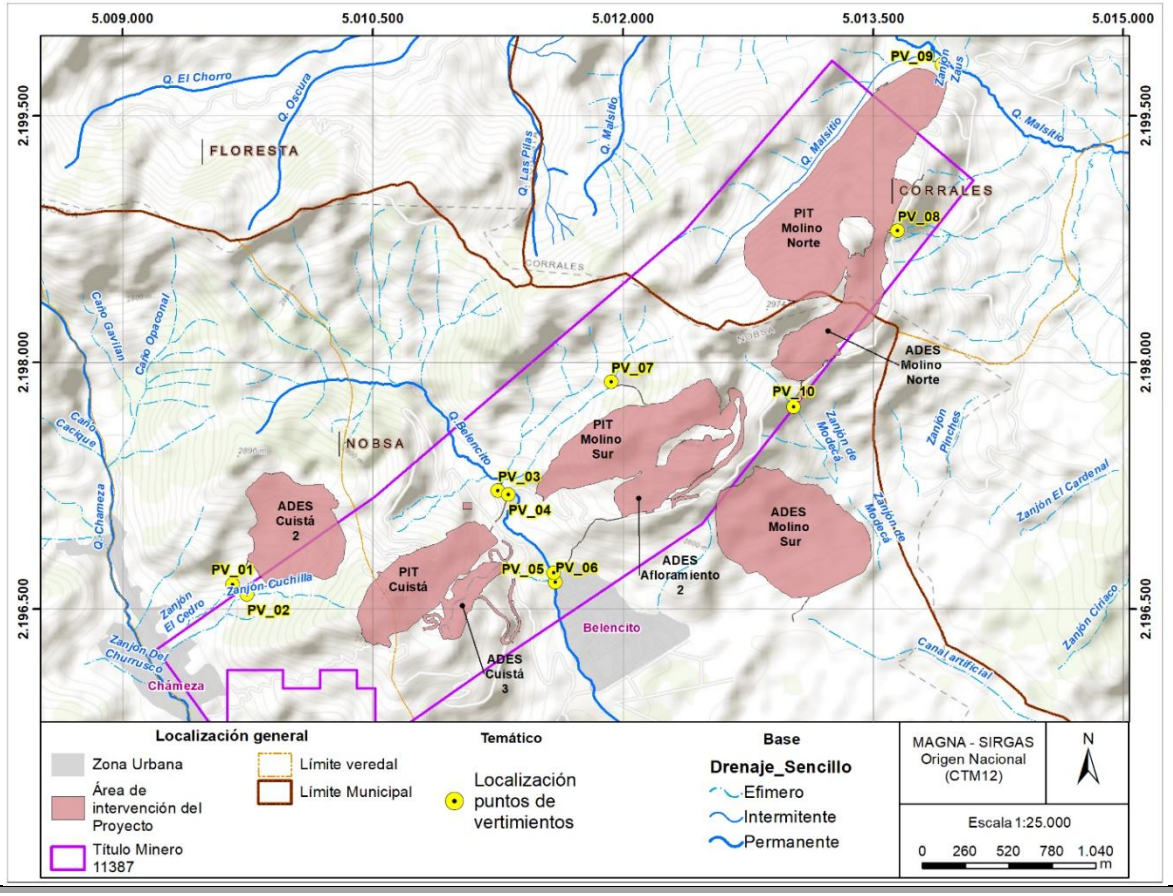


Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

Los puntos de vertimiento asociados a los sedimentadores, son diez (10) tal como se muestra en la

Figura 10.12.

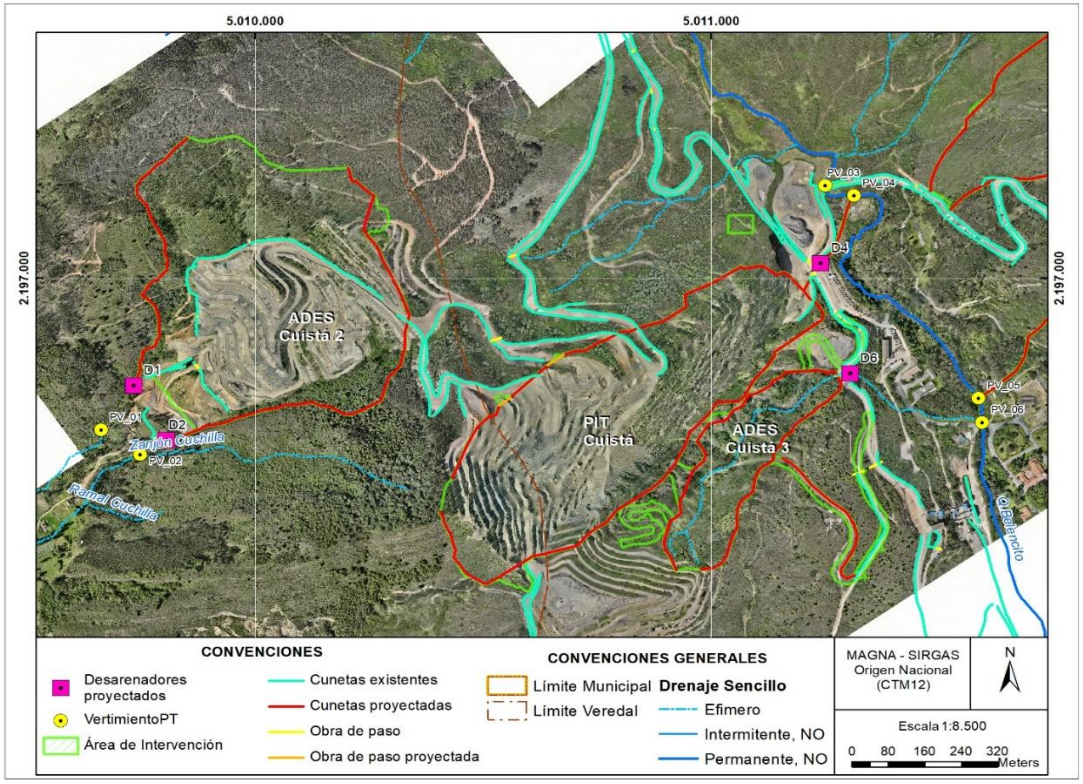
Figura 10.12 Localización de los puntos de vertimiento



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

En la Figura 10.13 se presentan los sedimentadores proyectados para la operación a realizarse en el sector Cuistá.

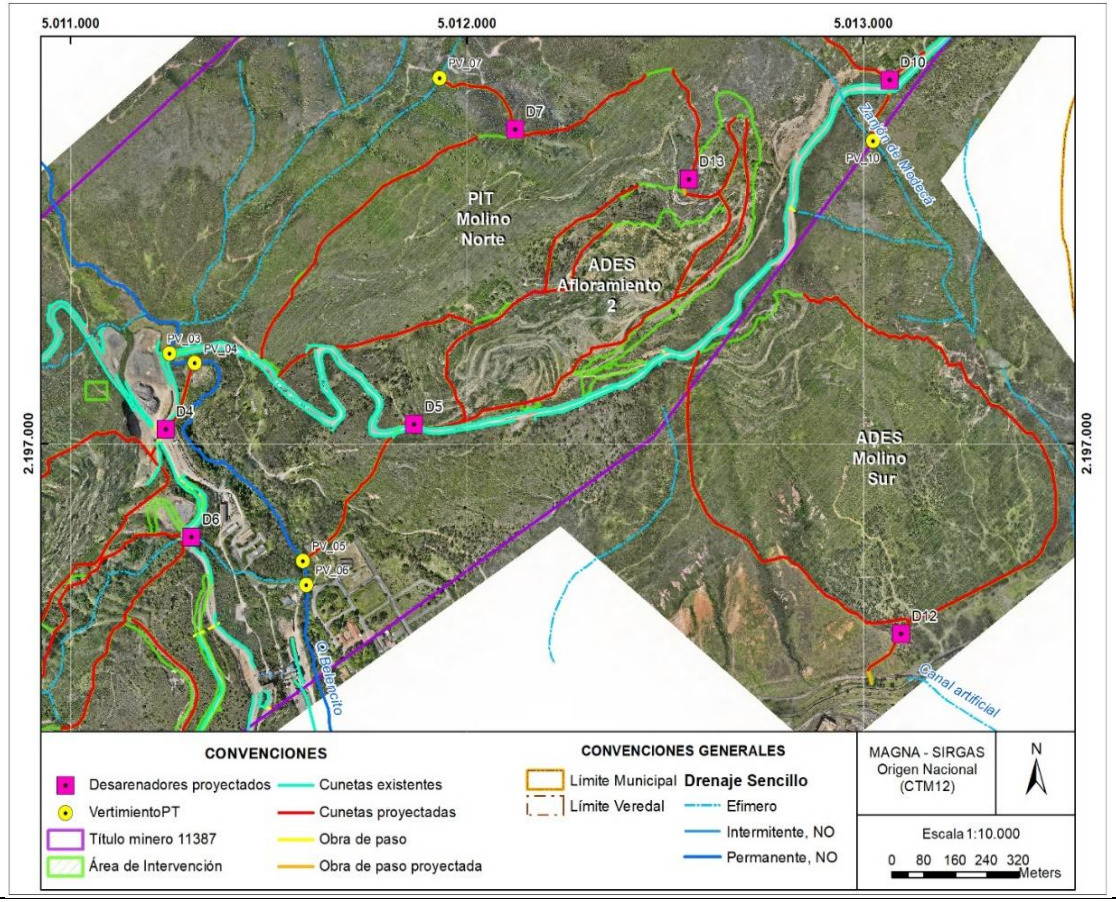
Figura 10.13 Localización sedimentadores proyectados PIT y ADES Cuistá



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

En la Figura 10.14 se presentan los sedimentadores proyectados para la operación a realizarse en el sector Molino Sur.

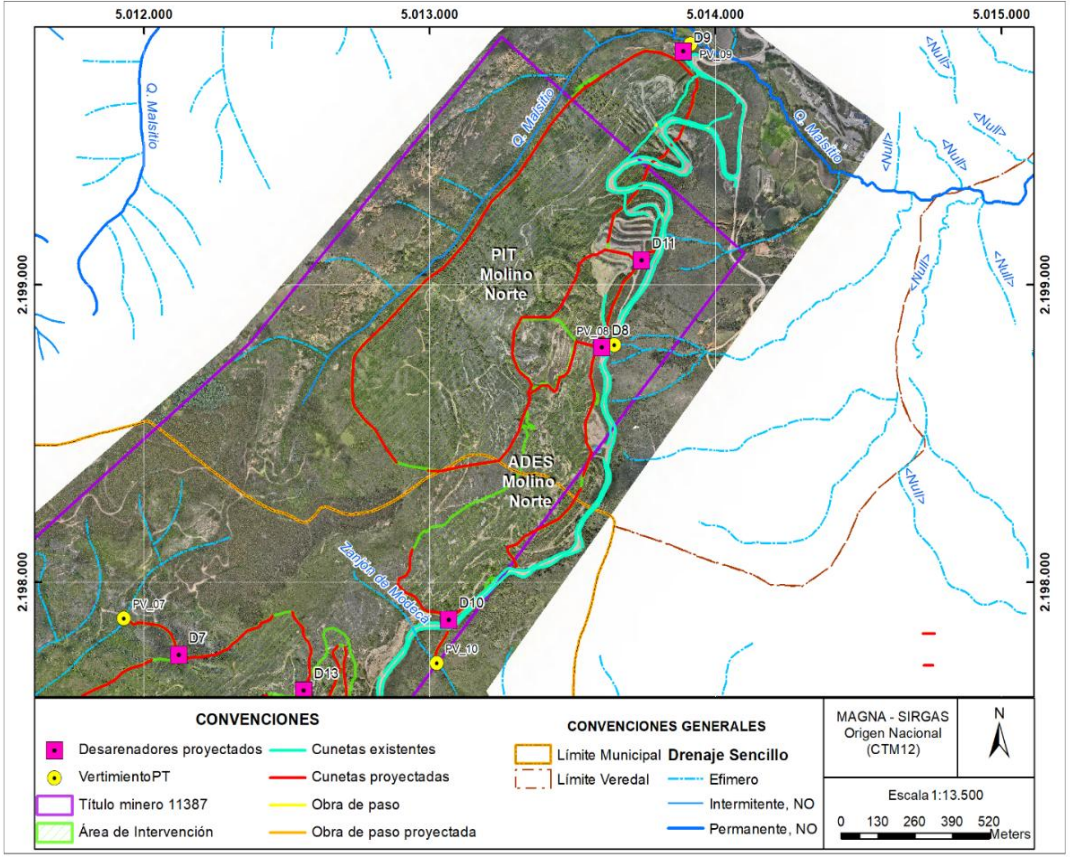
Figura 10.14 Localización sedimentadores proyectados PIT y ADES Molino Sur



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

En la Figura 10.15 se presentan los sedimentadores proyectados para la operación a realizarse en el sector Molino Norte.

Figura 10.15 Localización sedimentadores proyectados PIT y ADES Molino Norte



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{Metros\ (m) lineales\ de\ cunetas\ construidos}{Metros\ (m) lineales\ de\ cunetas\ propuestos} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{No.\ de\ sedimentadores\ construidos}{No.\ de\ sedimentadores\ propuestos} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
Concentración $SST_{año\ i}$ en los puntos de vertimiento de los sedimentadores ≤ Límite máximo permisible Articulo 10. Resolución 0631 de 2015	Efectividad	SST ≤ 50,0 mg/L Alta efectividad SST > 50,0 mg/L Baja efectividad
Concentración $SSED_{año\ i}$ en los puntos de vertimiento de los sedimentadores ≤ Límite máximo permisible Articulo 10. Resolución 0631 de 2015	Efectividad	SSED ≤ 2,0 mg/L Alta efectividad SSED > 2,0 mg/L Baja efectividad

MED_CEI_15_2	Aforo del caudal en cada sedimentador para puntos de vertimientos					
OBJETIVOS	Implementar un sistema confiable para medir y registrar el caudal a la salida de los sedimentadores, mediante la medición de la lámina de agua con sensores de presión y su transformación a caudal a partir de una relación hidráulica previamente establecida para una sección conocida de canaleta.					
META	• Medir y registrar de forma continua el caudal de vertimiento de los sedimentadores con descarga, durante todos los periodos en que exista flujo, manteniendo como mínimo un 80 % de disponibilidad de datos válidos por periodo de reporte. • Verificar que el caudal vertido no supere el caudal autorizado en la licencia ambiental.					
TIPO DE MEDIDA	Preventiva					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Salida de cada sedimentador con solicitud del permiso de vertimiento					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

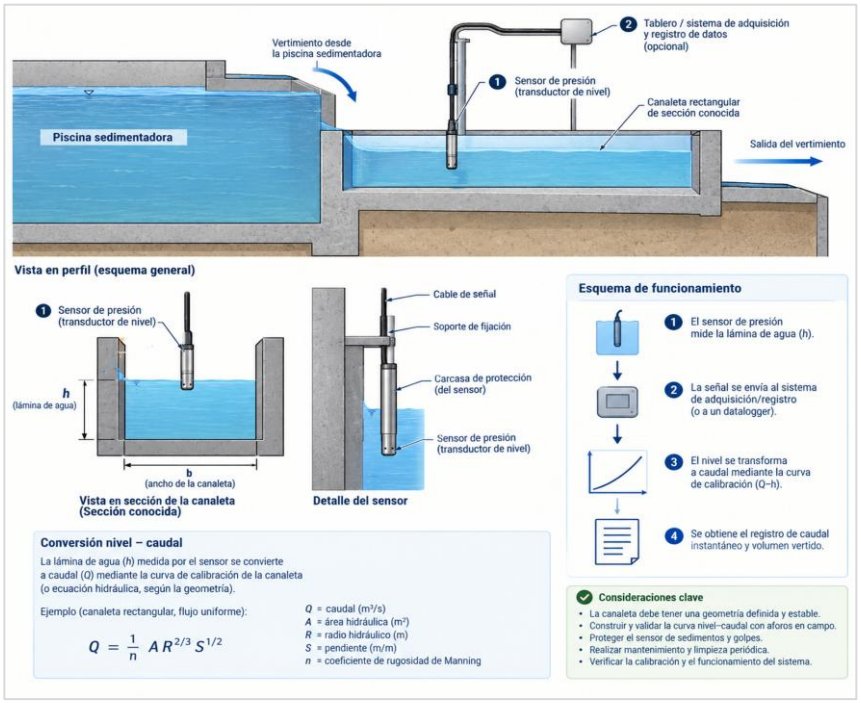
ACCIONES A DESARROLLAR

A la salida de cada sedimentador se dispondrá una canaleta de geometría conocida y estable, diseñada de manera que exista una relación reproducible entre el nivel de agua y el caudal circulante. En la Figura 10.16 y Figura 10.17 se presentan los esquemas de instrumentación para la medición de los caudales de vertimiento a la salida de cada sedimentador.

En un punto definido de la canaleta se instalará un sensor de presión hidrostática/transductor de nivel, protegido frente a sólidos, sedimentos y condiciones propias del agua que rebose de los sedimentadores y vaya a ser conducida en los puntos de vertimientos.

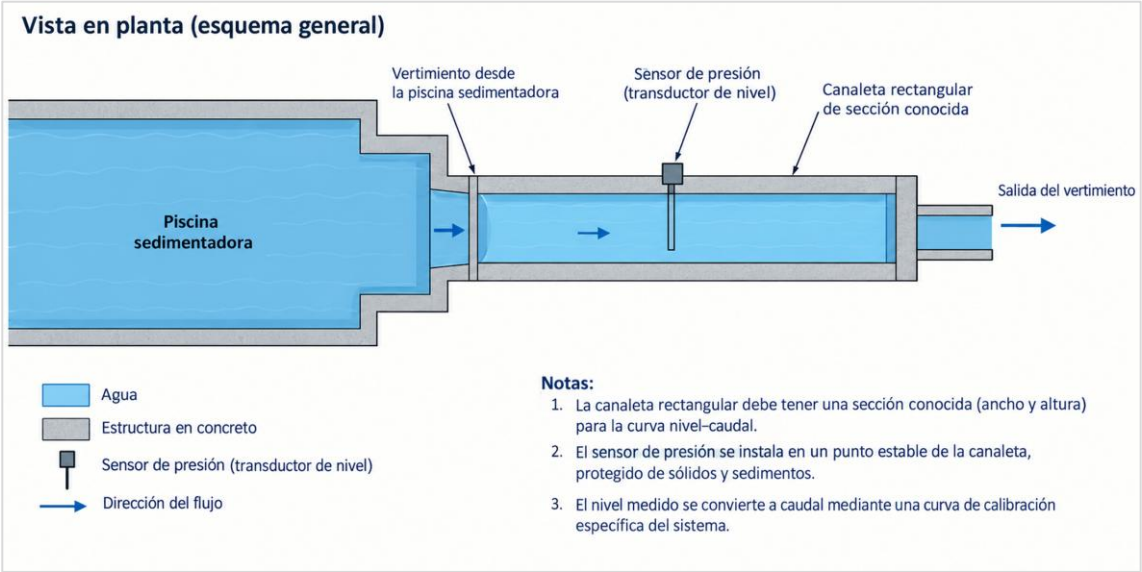
A partir de la geometría de la canaleta y de la condición hidráulica, el nivel registrado será transformado a caudal mediante una ecuación hidráulica o una curva de calibración nivel–caudal. De esta manera, los datos de niveles medidos en cada punto de vertimiento se transforman en caudales, y podrán consolidarse periódicamente como soporte del seguimiento ambiental del proyecto.

Figura 10.16 Esquema del sistema de medición de caudal – sensor de presión hidrostática



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

Figura 10.17 Vista en planta el sistema de medición de caudal – sensor de presión hidrostática



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

La medición se realizará de manera continua durante los periodos en los que exista flujo en la descarga, permitiendo registrar la variación del caudal a lo largo del tiempo. Los datos obtenidos serán almacenados y consolidados periódicamente en un registro que incluya, como mínimo, la fecha y hora, nivel de agua registrado, caudal estimado y periodo de operación o descarga.

Los equipos serán objeto de las actividades de verificación y mantenimiento que correspondan, de acuerdo con las especificaciones del fabricante y las condiciones de operación, con el propósito de garantizar la confiabilidad de los registros.

Los registros de caudal serán consolidados periódicamente y se mantendrán como soporte del seguimiento ambiental del proyecto.

En la Tabla 10.12 se presentan los caudales máximos para un periodo de retorno de 10 años calculados por el método racional, para la salida de los sedimentadores que configuran los respectivos vertimientos.

Tabla 10.12 Caudales máximos estimados por el método racional (Tr = 10 años) para las descargas (vertimientos) sobre las respectivas corrientes superficiales

Punto de Vertimiento	Fuente Receptora	Observaciones	Este (m) - X	Norte (m) - Y	TR 10	
					(m^3/s)	(l/s)
PV_01	Zanjón El Cedro - (Q Chámeza)	Descarga de ARnD del desarenador 1 (D1)	5009662,487	2196644,73	2,10	2099,80
PV_02	Zanjón Cuchilla - (Q Chámeza)	Descarga de ARnD del desarenador 2 (D2)	5009748,891	2196586,825	1,66	1656,91
PV_03	Q. Belencito	Descarga de ARnD del desarenador 3 (D3)	5011250,025	2197217,775	2,56	2558,45
PV_04	Q. Belencito	Descarga de ARnD del desarenador 4 (D4)	5011313,19	2197193,874	3,19	3188,60
PV_05	Obra de paso - (Q. Belencito)	Descarga de ARnD del desarenador 5 (D5)	5011586,616	2196719,085	2,70	2704,62
PV_06	Drenaje efímero N.N - (Q. Belencito)	Descarga de ARnD del desarenador 6 (D6)	5011594,979	2196661,48	0,89	887,81
PV_07	Drenaje efímero N.N - (Q. Belencito)	Descarga de ARnD del desarenador 7 (D7)	5011931,147	2197878,548	0,64	638,63
PV_08	Drenaje efímero N.N - (Q. Malsitio)	Descarga de ARnD del desarenador 8 (D8)	5013646,178	2198798,104	0,62	618,03
PV_09	Obras de descarga - (Q. Malsitio)	Descarga de ARnD del desarenador 9 y 11 (D9 y D11)	5013914,281	2199811,244	12,82	12816,91
PV_10	Zanjón de Modecá	Descarga de ARnD del desarenador 10 (D10)	5013025,012	2197727,626	2,22	2224,908

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{No.\,de\ sedimentadores\ con\ descarga\ aforados}{No.\ de\ sedimentadores\ con\ descarga} \times 100$	Cumplimiento	80% ≥ Cumple
$\frac{No.\,de\ sedimentadores\ por\ debajo\ del\ caudal\ autorizado}{No.\ de\ sedimentadores\ aforados} \times 100$	Cumplimiento	80% ≥ Cumple
$\frac{No.\,de\ registros\ válidos}{No.\ regsitros\ esperados\ durante\ los\ periodos\ de\ descarga} \times 100$	Efectividad	80% ≥ Alta efectividad 50% ≥ Moderada efectividad < 79% 50% < Baja efectividad

MED_CEI_15_3	Mantenimientos a cunetas, canales de descarga y sedimentadores
OBJETIVOS	Desarrollar mantenimientos correctivos a las cunetas, canales de descarga y sedimentadores diseñados para el manejo de las aguas de contacto.
META	Realizar el 95% de los mantenimientos a las cunetas, canales de descarga y sedimentadores diseñados para el manejo de las aguas contacto.
TIPO DE MEDIDA	Correctiva
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387

LUGAR DE APLICACIÓN	Cunetas, canales de descarga y sedimentadores					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						
Se realizará limpieza y/o mantenimiento trimestral (cada 3 meses) o cuando se considere pertinente a las obras hidráulicas (cunetas, canales de descarga y sedimentadores) construidas en cada área minera (PIT y ADES); que consistirá en el retiro de residuos, material depositado o sedimentado de forma manual o con herramientas manuales, con el fin de garantizar la capacidad hidráulica de las obras y el libre flujo del agua, para lograr su correcto funcionamiento.						
DESCRIPCIÓN INDICADOR				**TIPO DE INDICADOR**	**VALOR DE REFERENCIA**	
$\frac{No.\,de\ mantenimientos\ a\ cunetas, canales\ y\ sedimentadores\ desarrollados}{No.\,de\ mantenimientos\ a\ cunetas, canales\ y\ sedimentadores\ programados} \times 100$				Cumplimiento	95% Cumple	
(N.º de obras hidráulicas inspeccionadas sin obstrucciones ni acumulación de sedimentos que comprometan su funcionamiento / N.º total de obras hidráulicas inspeccionadas) × 100				Efectividad	90% ≥ Alta efectividad 50% ≥ Moderada efectividad < 89% 50% < Baja efectividad	

MED_CEI_15_4	Disponer adecuadamente los residuos provenientes de cunetas, sedimentadores y canales de descarga					
OBJETIVOS	Garantizar la adecuada gestión y disposición de los residuos (lodos y sedimentos) provenientes de cunetas, sedimentadores y canales de descarga en las áreas destinadas para estériles (ADES) del proyecto.					
META	Disponer al menos el 95% de los residuos generados en cunetas, sedimentadores y canales de descarga en los ADES del proyecto, garantizando su manejo adecuado.					
TIPO DE MEDIDA	Correctiva					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Cunetas, canales de descarga, sedimentadores y ADES					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						
Debido a que las obras hidráulicas proyectadas permitirán la recolección y conducción de las aguas de contacto provenientes de las diferentes áreas operativas e infraestructura minera (tales como PTI, ADES, zonas de retrollenado y vías de acceso), los sedimentos acumulados en estas estructuras estarán constituidos principalmente por finos y fragmentos de caliza transportados por la escorrentía generada durante las precipitaciones. Por lo anterior, se establece el siguiente manejo para los sólidos extraídos durante las labores periódicas de limpieza y mantenimiento de cunetas, sedimentadores y canales de descarga:						

- Disposición final diferenciada: Una vez retirados los sedimentos de las estructuras hidráulicas, y de ser técnicamente viable conforme a sus características físicas y a la capacidad operativa del proyecto, el material será dispuesto directamente en el ADES. En caso contrario, se coordinará su retiro y disposición final mediante un gestor o tercero autorizado que cuente con los permisos ambientales vigentes para tal fin.
- Frecuencia y mantenimiento operativo: Durante las épocas de mayores precipitaciones, las rutinas de inspección, retiro de sedimentos y mantenimiento de estas obras se intensificarán con el propósito de evitar colmataciones, asegurar una retención eficiente de sólidos sueltos y garantizar el adecuado tratamiento previo de las aguas de escorrentía antes de su vertimiento al cuerpo receptor.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{Cantidad\ [kg]\ de\ sólidos\ dispuesto\ en\ los\ ADES}{Cantidad\ [kg]\ de\ sólidos\ generados\ en\ cunetas, sedimentadores\ y\ canales} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple

MED_CEI_15_5	Construcción y mantenimiento de barreras y/o trinchos					
OBJETIVOS	Construir barreras de sedimentos que prevenga la afectación del recurso hídrico y suelo					
META	▪ Construir el 95% de las barreras de sedimentos para evitar aporte de material sólido a los zanjones y/o cuerpos de agua ▪ Realizar el 95% de las inspecciones visuales a los trinchos y/o barreras ▪ Ejecutar el 95% de las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo de los trinchos y/o barreras					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE FINAL**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Con el fin de reducir la posibilidad de erosión y arrastre de material sólido aguas debajo de los puntos de vertimientos, se propone la construcción de trinchos en guadua o madera dentro de los zanjones por los cuales discurren las descargas de los sedimentadores. Estos se pueden complementar, en donde las pendientes y el área lo permitan, con sedimentadores en serie de modo que mejoren la retención de sólidos.

Los trinchos son barreras o vertederos construidos generalmente con materiales vegetales con el objetivo primario de reducir la erosión en una corriente no permanente. Estas barreras disipan la energía cinética del agua, controlan el arrastre de materiales, estabilizan el terreno y favorecen la recuperación de la vegetación; es de aclarar qué no son obras de contención.

Los trinchos a instalar serán acondicionados como “amortiguador” de las aguas provenientes del vertedero (cuenco disipador) afín de reducir el posible socavamiento de la base del trincho y desplome posterior del mismo. Este amortiguador estará constituido por un colchón de piedra de 10 cm de diámetro en promedio en una longitud de 50 cm o de acuerdo con las condiciones del cauce. En la Figura 10.18 se muestra un esquema general del dimensionamiento de los trinchos a instalar. Los trinchos estarán empotrados en el terreno en la dirección transversal al flujo en una longitud de 50 cm, y dispondrán de un vertedero central

el cual deberá tener una altura máxima por encima del cauce de la cárcava de 10 a 20 cm y la anchura de 80% de la amplitud total del drenaje, de tal forma que permita el paso libre del agua.

Las crestas a lado y lado del vertedero, deben tener una altura a partir del lecho entre 30 a 50 cm. El trincho debe ser enterrado entre 30 a 50 cm por debajo del lecho de la cárcava o drenaje y las crestas del vertedero ir empotradas en el talud del drenaje.

Con estas especificaciones se busca principalmente evitar socavamiento de lecho y estabilización de los taludes de la cárcava o drenaje.

El espaciamiento entre trinchos puede ser estimado con la siguiente fórmula (Anaya et al., 1977, Kirby y Morgan, 1984; Gray y Leiser, 1982).

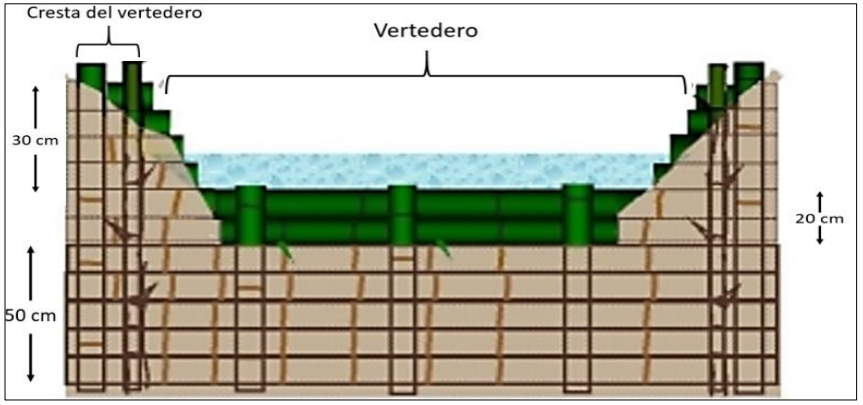
$$E = \frac{H}{S} x\ 100$$

Dónde;

E Distancia entre dos trinchos consecutivos (m).
H Altura efectiva entre trinchos (m).
S Pendiente del canal o zanja (%).

De esta manera, la separación o espaciamiento entre trinchos es variable y depende de la pendiente de cada zona de drenaje.

Figura 10.18 Esquema típico de un trincho de guadua o madera



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

Semestralmente (cada 6 meses) se realizará un (1) recorrido de inspección en las áreas donde se encuentren instalados los trinchos, con el fin de detectar posibles deterioros, afectaciones en su estructura o pérdida de funcionalidad, y programar oportunamente las labores de mantenimiento o reemplazo a las que haya lugar.

Se deberá realizar inspección visual del estado de los trinchos, verificando que se encuentren en buen estado y no existan posibles erosiones en los escalones. En caso de presentarse daños en la estructura de los trinchos, se realizarán de forma inmediata las reparaciones a que haya lugar.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{No.\,de\ trinchos\ o\ barreras\ de\ sedimentos\ construidas}{No.\,de\ trinchos\ o\ barreras\ propuestas} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{No.\,de\ informes\ realizados\ por\ la\ inspección\ de\ trinchos\ o\ barreras\ de\ sedimentos}{No.\,de\ informes\ programados\ por\ la\ inspección\ de\ trinchos\ o\ barreras\ de\ sedumentos} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{No.\,de\ mantenimientos\ realizados\ a\ trinchos\ o\ barreras}{No.\,de\ mentenimientos\ propuesto\ a\ trinchos\ o\ barreras} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
(N.º de sectores intervenidos sin evidencias de erosión progresiva o socavación / N.º total de sectores intervenidos con trinchos o barreras) × 100	Efectividad	90% ≥ Alta efectividad 50% ≥ Moderada efectividad < 89% 50% < Baja efectividad

MED_CEI_15_6	Manejo de aguas residuales domésticas (ARD)					
OBJETIVOS	Realizar el correcto mantenimiento de los sistemas para el manejo de ARD					
META	▪ Ejecutar el 95% de los mantenimientos a los sistemas de tratamiento de ARD ▪ Disponer el 100% de los residuos líquidos provenientes de los sistemas de tratamiento de ARD					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (ARD) existentes dentro del TM 11387 y que continuarán operando de igual manera, se deberá realizar mantenimiento y/o limpieza por lo menos una (1) vez al año, en donde los residuos líquidos deberán ser succionados por medio de un vactor y dispuestos a través de un gestor externo que cuente con los respectivos permisos ambientales para el manejo y disposición de estas aguas residuales domésticas. En cuanto a los lodos que puedan generarse, estos también deberán ser manejados y dispuestos por un gestor autorizado.

El detalle de los dos (2) sistemas de tratamiento existentes se describe a continuación:

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE ARD SECTOR CERRO CUISTÁ Y CERRO MOLINO SUR

Asociado al Comedor del operador Cementos Argos S.A., ubicado contiguo a la trituradora Hazemag y que opera actualmente en el TM 11387 en el marco del PMA Mina Margas (Exp. OOLA-208/99), se cuenta con un Tanque Séptico para el manejo de las Aguas Residuales Domésticas (ARD) generadas durante las actividades de consumo de alimentos y lavado de manos que realizan los trabajadores que actualmente laboran en la explotación del cerro Cuistá (véase Figura 10.19 y Tabla 10.13). Es importante mencionar que, en esta infraestructura de comedor, NO se realiza preparación de alimentos y no se cuenta con lavado de platos; solo se tienen dispuestos dos lavamanos para los trabajadores. El tanque séptico consta de dos (2) tanques de 1000 litros.

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE ARD SECTOR CERRO MOLINO NORTE

Para la operación de las oficinas del cerro Molino Norte, el operador Holcim Colombia S.A.S cuenta actualmente con un sistema de tratamiento establecido para las ARD ya instalado cerca a las oficinas y que servirá para tratar las ARD que allí se sigan generando; dicho sistema consta de tres (3) procesos unitarios, los cuales se enuncian a continuación:

- Tanque de aguas grises tratadas.
- Tanque séptico.
- Tanque filtro anaeróbico.
-

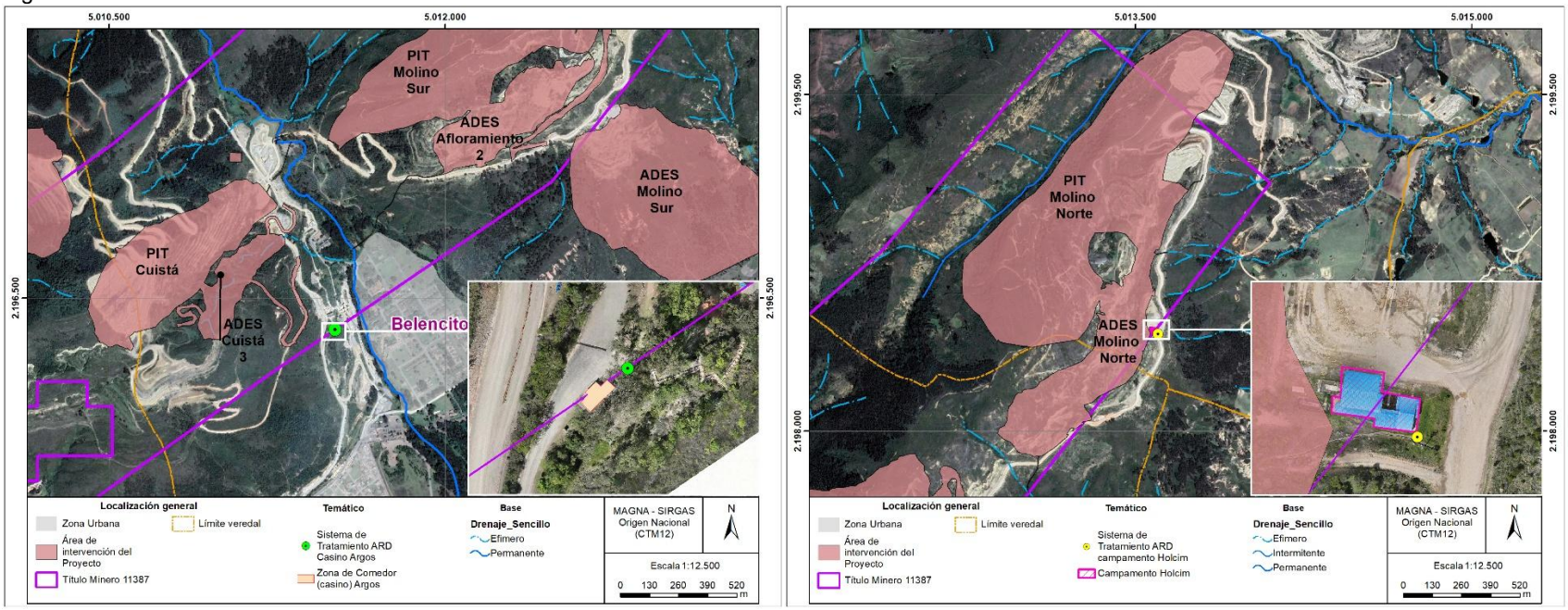
La localización del sistema de tratamiento de ARD oficinas Molino Norte y Casino Argos es la que se muestran en la Tabla 10.13 y Figura 10.19.

Tabla 10.13 Localización sistema tratamiento ARD Oficinas Molino Norte y Casino Argos

Ítem	Coordenadas (Origen Nacional CTM12)	
	X – Este (m)	Y – Norte (m)
Sistema de Tratamiento ARD sector Cerro Cuistá y Cerro Molino Sur	5011507,153	2196358,645
Sistema de tratamiento de ARD sector Molino Norte	5013601,1067	2198432,067

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

Figura 10.19 Localización de los sistemas de tratamiento ARD



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

A través de un equipo váctor se extraerán las aguas residuales domésticas (lodos) de los pozos sépticos para su posterior tratamiento y disposición final. El gestor externo que preste el servicio deberá tener licencia para la ejecución de su operación emitida por la autoridad ambiental competente. Adicionalmente, se solicitará a la empresa gestora encargada del manejo de los residuos (lodos) los soportes y/o certificados del tratamiento o disposición final de estos.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{No.\,de\ mantenimientos\ a\ los\ STARD\ realizados}{No.\,de\ mantenimientos\ a\ los\ STARD\ programados} \times 100$ Donde; $STARD$ Sistema de tratamiento de Agua Residual Domestica	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{Volumen\ [m^3]\ de\ residuos\ líquidos\ dispuestos\ con\ un\ gestor\ autorizado}{Volumen\ [m^3]\ de\ residuos\ líquidos\ generados\ en\ los\ STARD} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{No.\,de\ certificados\ de\ disposición\ de\ residuos\ líquidos\ emitidos}{No.\,de\ mantenimientos\ desarrollados\ al\ STARD} \times 100$	Efectividad	75% ≥ Alta efectividad 25% ≥ Moderada efectividad < 75% 25% < Baja efectividad

MED_CEI_15_7	Manejo de aguas lluvias en PIT Cuistá					
OBJETIVOS	Realizar el correcto manejo de aguas de escorrentía almacenadas al interior del PIT Cuistá durante el año final					
META	Aprovechar el 100% de las aguas almacenadas en el PIT Cuistá					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	PIT Cuistá					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**		**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Durante el año final de explotación del PIT Cuistá, se contempla el almacenamiento temporal de aguas lluvias en el interior del PIT Cuistá, específicamente en el sector comprendido entre las cotas 2550 y 2540 m s. n. m., correspondiente a un área aproximada de 10.148,17 m². Considerando una diferencia altimétrica de 10 m entre dichas cotas, el volumen potencial de almacenamiento corresponde aproximadamente a 101.481,7 m³.

Esta condición se presenta debido a que el manejo de las aguas propuestas opera por gravedad hasta la cota 2550 m s. n. m.; sin embargo, una vez la explotación avanza por debajo de esta elevación, las áreas de escorrentía y acumulación quedan por debajo de la cota de descarga por gravedad, imposibilitando la evacuación natural de las aguas contactadas hacia las estructuras externas de manejo. Como consecuencia, las aguas comienzan a almacenarse temporalmente al interior del PIT.

En tal sentido, el agua contactada acumulada será aprovechada para el riego de vías internas del proyecto para el control de emisiones de material particulado. La captación se realizará mediante succión directa desde el PIT hacia el carro tanque, utilizando sistemas de bombeo o succión acoplados al vehículo de riego, permitiendo así el aprovechamiento continuo del agua almacenada y la reducción del consumo de las aguas almacenadas en los túneles subterráneos. No

obstante, la disponibilidad del recurso almacenado dependerá directamente de las condiciones pluviométricas del área y de la ocurrencia de eventos de precipitación, por lo que los volúmenes disponibles podrán variar temporalmente según la estacionalidad climática y los aportes efectivos de escorrentía al PIT.

Adicionalmente, el fondo del PIT deberá mantenerse impermeabilizado durante esta etapa operativa, garantizando que no se presenten procesos de infiltración hacia el subsuelo ni vertimientos directos al suelo. Esta condición permitirá asegurar el almacenamiento temporal del agua y prevenir potenciales afectaciones sobre el componente suelo. Asimismo, se realizará inspecciones periódicas al sistema de impermeabilización y seguimiento de los niveles de almacenamiento, especialmente posterior a eventos de precipitación intensa, con el fin de verificar la estabilidad y funcionalidad del sistema de almacenamiento.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{Volumen\ de\ agua\ aprovechada\ para\ riego\ de\ vía(m)^3}{Volumen\ total\ de\ agua\ almacenada\ en\ el\ PIT\ de\ Cuistá\ (m)^3} \times 100$	Cumplimiento	100% Cumple
CRONOGRAMA		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2		
COSTOS		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.1		
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO	**$ 167.640.000**	

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

10.1.1.1.7 CEI_29 Alteración en la percepción visual del paisaje

En la Tabla 10.14 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CEI_029 Alteración en la percepción visual del paisaje. Si bien el impacto para la presente solicitud indica una calificación de irrelevante, se incluyen medidas de manejo ambiental que permiten la prevención en la magnitud del impacto y respetando las medidas de manejo ambiental hoy vigentes.

Tabla 10.14 Medidas de manejo para el impacto CEI_29 Alteración en la percepción visual del paisaje

ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO	**Extracción** ▪ Preparación ▪ Arranque del material ▪ Disposición de Estériles en ADES y Retrollenado **Cierre** • Rehabilitación biótica de áreas intervenidas					
MEDIDAS DE MANEJO						
MED_CEI_29_1	Revegetalizar las áreas mineras intervenidas					
OBJETIVOS	Mitigar el impacto visual del proyecto con relación a la percepción visual					
META	Revegetalizar el 75% de los taludes y bermas de las áreas de explotación y de disposición de estériles cuando sean llevadas a conformación final (liberadas)					
TIPO DE MEDIDA	Mitigación					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	
ACCIONES A DESARROLLAR						
A medida que vayan finalizando las actividades de explotación, se procederá a la recuperación de las áreas intervenidas y desprovistas de cobertura, de manera que no se generen focos de erosión por presencia de suelos descubiertos y se minimicen el impacto sobre el paisaje. Los volúmenes de suelo orgánico que se logre recuperar durante las actividades de Preparación, serán utilizados en las diferentes etapas de restauración y revegetalización de taludes. Dichas actividades serán realizadas en todas las áreas mineras intervenidas que vayan siendo liberadas de acuerdo con el secuenciamiento minero.						

Teniendo en cuenta que el suelo removido en el área de intervención del proyecto corresponde a la unidad cartográfica “Complejo MME” los cuales contienen bajos porcentajes de materia orgánica y fertilidad moderada a baja; se deberá adquirir a través de un tercero el suelo orgánico necesario para restaurar y revegetalizar el 100% de los taludes y bermas de las áreas de explotación y de disposición de estériles.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$$\%P_{VR} = \frac{UP_{PVR}}{UP_{IMC}} \times 100$$ Dónde, $\%P_{VR}$ Paisaje visualmente reconformado UP_{PVR} Unidades de paisaje visualmente reconformadas UP_{IMC} Unidades de paisaje visual autorizadas a intervenir	Efectividad	75% ≥ Alta efectividad 25% ≥ Moderada efectividad < 75% 25% < Baja efectividad

NOM	UNIDAD PAISAJE
UG1CT1	Unidades antrópicas de territorios artificializados
UG1CT2	Unidades antrópicas de territorios agrícolas
UG1CT3	Unidades antrópicas de bosques y áreas seminaturales
UG1CT4	Unidades antrópicas de superficies de agua
UG2CT1	Unidades montañosas de territorios artificializados
UG2CT2	Unidades montañosas de territorios agrícolas
UG2CT3	Unidades montañosas de bosques y áreas seminaturales
UG2CT4	Unidades montañosas de superficies de agua
UG3CT1	Unidades planas de territorios artificializados
UG3CT2	Unidades planas de territorios agrícolas
UG3CT3	Unidades planas de bosques y áreas seminaturales
UG3CT4	Unidades planas de superficies de agua

MED_CEI_29_2	Retrollenado de áreas					
OBJETIVOS	Retrollenar el área de explotación (PIT) de Molino Norte con el material estéril generado desde el año 16 al 29 según secuenciamiento minero					
META	Realizar el 95% del retrollenado con material estéril en el área de explotación de Molino Norte de acuerdo con el diseño minero					
TIPO DE MEDIDA	Mitigación					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Pit Cerro Molino Norte					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	

ACCIONES A DESARROLLAR

El retrollenado consiste en depositar los estériles provenientes de las áreas de explotación, en las áreas que se van liberando de la misma, es decir, en los sitios de donde ya se han extraído todos los bancos de mineral de caliza. Esta medida reduce los costos de producción a razón de la disminución en las distancias de acarreo y, además, permite implementar medidas de manejo como la reconformación del terreno de áreas intervenidas.

Las actividades de retrollenado del frente de explotación del Molino Norte se contemplan a partir del año 6. Los estériles resultantes de las actividades de explotación de Molino Norte se almacenarán durante los primeros 5 años de operación del PIT, en la zona de antigua explotación llevada a cabo en el banco B del TM 11387 (Antigua explotación frente VI y VII), esta área se encuentra colindando al área de futura intervención y cuenta con vías de acceso. Por lo anterior, el secuenciamiento minero proyecta el retrollenado en las áreas liberadas progresivamente en el PIT con el fin de almacenar el estéril restante.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{Volumen\ [m^3]\ de\ material\ esteril\ usado\ en\ retrollenada}{Volumen\ [m^3]\ de\ material\ esteril\ generado} \times 100$	Efectividad	95% ≥ Alta efectividad 70% ≥ Moderada efectividad < 94% 69% < Baja efectividad

MED_CEI_29_3	Establecimiento de barreras vivas en sitios específicos del proyecto
OBJETIVOS	Disminuir el deterioro de la calidad visual del paisaje generado por la ejecución del proyecto a fin de integrar los elementos instalados con el paisaje del área
META	Lograr que el 75% del número de individuos establecidos en las barreras vivas sobrevivan durante la ejecución del proyecto con un adecuado mantenimiento.
TIPO DE MEDIDA	Mitigación
RESPONSABLE	Residente Ambiental
LUGAR DE APLICACIÓN	Área de influencia del proyecto

FASE	EXTRACCIÓN	X	CIERRE	X	ACTIVIDADES TRANSVERSALES	X

ACCIONES A DESARROLLAR

Para dar manejo al impacto de deterioro de la calidad visual, se propone el establecimiento de barreras vivas con un total de 10.125 individuos arbóreos en áreas específicas del proyecto, seleccionadas de acuerdo al análisis de visibilidad del proyecto.

De manera general, la siembra de los individuos debe iniciar con la preparación, adecuación del terreno y la limpieza correspondiente, para proceder a abrir los hoyos y establecer las plántulas de las especies definidas, empleando dimensiones que sean un poco mayores al tamaño del material vegetal tanto en ancho como en alto.

ASPECTOS GENERALES

El arreglo vegetal proyectado contempla tres estratos, con distancias y densidades apropiadas para crear una pantalla visual continua, asegurando que las especies propuestas sean nativas del ecosistema:

1. Estrato arbóreo bajo: Para este estrato se proponen especies como *Prunus buxifolia* (uche), con una distancia de siembra de 4 m entre individuos y 6 m entre hileras. Esta especie cumple funciones ecológicas relevantes, como la provisión de sombra, oferta de alimento para aves y aporte de floración blanca traedora de polinizadores. Asimismo, se considera la inclusión de *Hesperomeles goudotiana* (mortiño andino), con una distancia de siembra entre 4 y 5 m. Esta especie contribuye con la oferta de frutos para la fauna silvestre, mantiene follaje perenne y mejora la estructura vertical del estrato arbóreo.
2. Estrato arbustivo alto: Para este estrato se proponen especies como *Croton magdalenensis* (croton del Magdalena), con una distancia de siembra de 2 m entre individuos. Esta especie aporta un follaje denso, floración discreta y una adecuada cobertura visual. Igualmente, se recomienda *Barnadesia spinosa* (chilco espinoso), también con una distancia de siembra de 2 m, la cual ofrece espinas disuasivas, flores rosadas y refugio para aves. Otra especie sugerida es *Dodonaea viscosa* (oje), con una distancia de siembra entre 1 y 2 m, caracterizada por su alta cobertura, persistencia en suelos pobres y rápido crecimiento.
3. Arbustivo cactáceo: Se propone el uso de *Opuntia pittieri* (cardón, nopal), con una distancia de siembra de 2 a 3 m entre individuos. Esta especie presenta una alta adaptación a condiciones de sequía y aporta frutos que sirven como recurso alimenticio para la fauna silvestre.
4. Herbáceo / Cobertura: se propone *Calamagrostis effusa* y *Muhlenbergia sp*, y puya bicolor con una distancia de siembra de 1,5 metros entre individuos

El esquema de siembra se plantea mediante una distribución en franjas paralelas al frente minero visible, conformadas por 3 a 4 hileras en las que se alternan estratos y especies para aumentar la heterogeneidad estructural. En el estrato arbustivo se implementa una disposición en zigzag, con el fin de generar mayor densidad visual y reducir la apariencia lineal o artificial de la intervención. Los taludes y plataformas se siembran con especies de alta resistencia, como *Dodonaea viscosa y Opuntia pittieri*, mientras que los árboles de porte bajo se ubican en la parte posterior para no interferir con el perfil natural del cerro. Finalmente, las herbáceas se establecen en la franja frontal y entre hileras, contribuyendo al control de erosión y a la regulación microclimática dentro del arreglo.

Parámetros generales de diseño espacial (todas las áreas)

- Espesor de barrera: 8 – 10 m (se adopta un promedio de trabajo de 9 m).
- Número de hileras: 3 – 4 hileras, intercaladas por estrato (árboles atrás, arbustos al medio, herbáceas y cactáceas al frente y entre hileras).

Distribución por estratos (en número de individuos):

- Estrato arbóreo bajo: 15–20 %
- Estrato arbustivo alto: 35–40 %
- Estrato arbustivo cactáceo: 10–15 %
- Estrato herbáceo / cobertura: 30–35 %

Densidad de diseño

3.000 – 4.500 individuos/ha lineal. Con un ancho promedio de 9 m, esto equivale a 2,7 – 4,05 individuos por metro lineal de barrera.

Esquema espacial común:

- Barreras siguiendo **curvas de nivel**.
- Estrato arbustivo en **zigzag** para aumentar densidad visual.
- Arbóreo en hilera posterior para no romper el perfil del cerro.
- Herbáceas y cactáceas reforzando taludes más expuestos y controlando erosión.

ESTIMACIÓN DE INDIVIDUOS POR BARRERA VIVA

En la Tabla 10.15 se presenta la estimación de individuos para cada una de las barreras vivas propuestas.

Tabla 10.15 Síntesis por área

Área / Barrera	Longitud (m)	Individuos mínimos (2,7 ind/m)	Individuos máximos (4,05 ind/m)	Individuos medios de diseño*
ADES Cuistá 2	500	1.350	2.025	1.690
ADES Cuistá 3	500	1.350	2.025	1.690
ADES Molino Sur	800	2.160	3.240	2.700
ADES y PIT Molino Norte	1.200	3.240	4.860	4.050
Total, sistema de barreras vivas	3.000	8.100	12.150	10.125

*Los “individuos medios de diseño” corresponden al promedio del rango y sirven como valor de referencia para dimensionar compras de planta y programación de vivero.

Distribución por estratos (para todo el sistema)

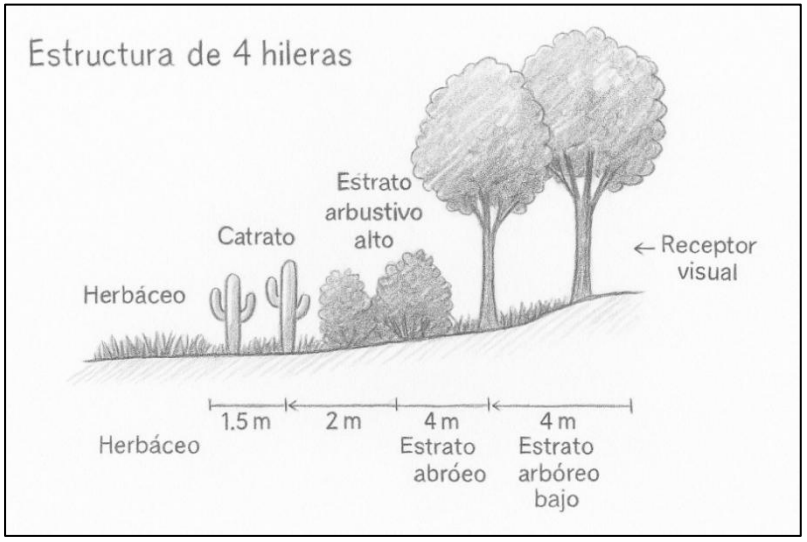
Tomando el valor medio total (**10.125 individuos**) y las proporciones de diseño por estrato:

- **Estrato arbóreo bajo (18 %):**
  1.800–1.900 individuos
  (*Prunus buxifolia, Hesperomeles goudotiana).*
- **Estrato arbustivo alto (37 %):**
  3.700–3.800 individuos
  (*Croton magdalenensis, Barnadesia spinosa, Dodonaea viscosa).*
- **Estrato arbustivo cactáceo (12 %):**
  1.200–1.250 individuos
  (*Opuntia pittieri).*
- **Estrato herbáceo / cobertura (33 %):**
  3.300–3.400 individuos
  (Calamagrostis effusa, Muhlenbergia sp., Puya bicolor).

Estos valores los pueden repartir por área manteniendo las mismas proporciones por estrato, o ajustar ligeramente según micrositio (más cactáceas en taludes secos, más herbáceas en zonas de escorrentía, etc.).

Figura 10.20 Esquema de las barreras vivas a partir de cuatro hileras





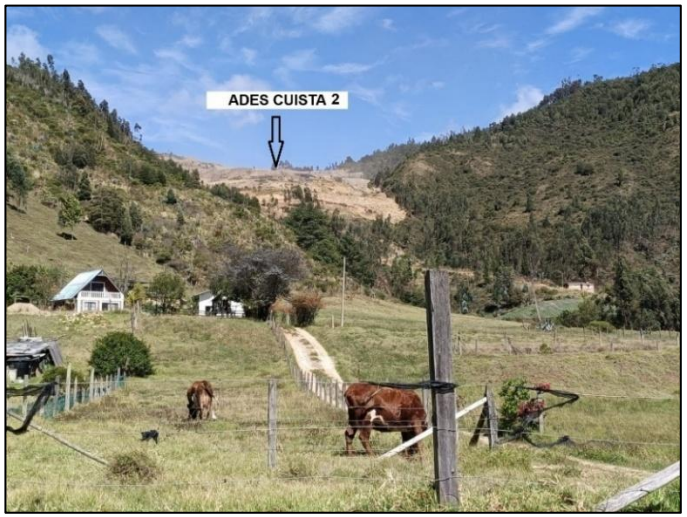
Fuente: EYC GLOBAL S.A.S, 2025

ADES CUISTA 2

En el área denominada Cuistá 2, identificada en la modelación de visibilidad y mostrada en la Figura 10.21 y Figura 10.22 , se propone la implementación de una barrera viva con un desarrollo longitudinal aproximado de 500 metros, ubicada sobre el talud medio de la ladera que enfrenta directamente a los receptores visuales localizados en la vereda Chámeza (principalmente viviendas rurales y vías terciarias). Esta zona corresponde a uno de los puntos de mayor exposición visual del proyecto, razón por la cual su intervención constituye un componente prioritario dentro de la estrategia de mitigación del impacto de deterioro de la calidad paisajística.

Figura 10.21 ADES CUISTA 2



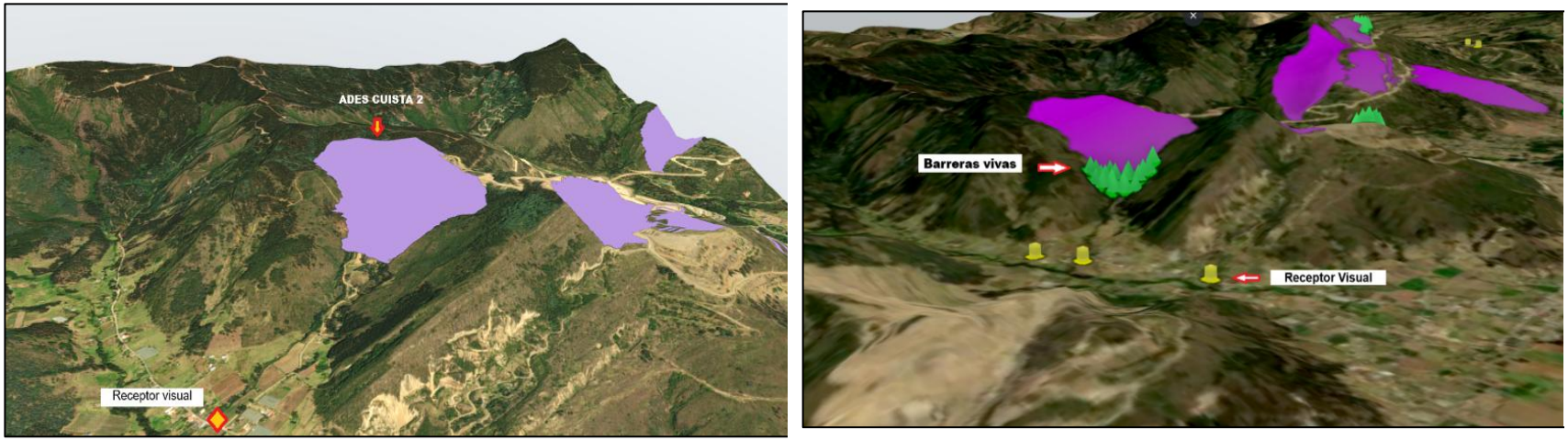


Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

La ubicación precisa de la barrera se definió considerando, los puntos de mayor percepción visual (receptor visual modelado, ver Figura 10.22), así como también la orientación de la ladera expuesta hacia los observadores, y la cota intermedia donde la pantalla vegetal ofrece mayor capacidad de interrumpir la línea de visión hacia el área operativa representada en color morado (Cuistá 2). El objetivo principal de esta intervención es generar una pantalla vegetal continua, con la altura y densidad necesarias para reducir progresivamente la visibilidad del frente minero, especialmente durante las fases iniciales de operación, cuando el contraste de color y texturas es más evidente.

La barrera viva propuesta en Cuistá 2 se establece bajo los mismos principios técnicos descritos para el proyecto, integrando cubiertas en tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo bajo), con alta densidad, resiliencia ecológica y capacidad de crecimiento acelerado en condiciones de bosque seco premontano. Debido a las características topográficas del sector, la disposición de la barrera seguirá la curva de nivel, garantizando estabilidad, minimizando procesos erosivos y maximizando el efecto de ocultamiento.

Figura 10.22 Proyección de las barreras vivas



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

ADES CUISTA 3

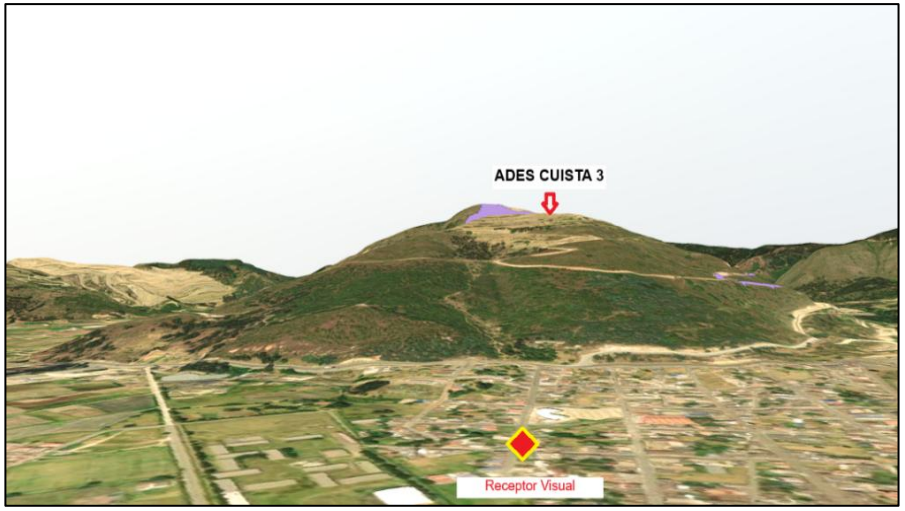
El área denominada Cuistá 3, mostrada en la Figura 10.23, corresponde a uno de los puntos más expuestos del proyecto debido a su posición elevada en la cresta del cerro y a la amplia visibilidad que presenta desde los receptores visuales ubicados en el barrio Nazareth. En la Figura 10.23 se aprecia claramente cómo la plataforma del ADES (color morado) se encuentra directamente alineada con la línea de visión del receptor principal. Por tal motivo, esta zona constituye un sector prioritario para la implementación de medidas de ocultamiento visual mediante barreras vivas.

Para esta área se proyecta el establecimiento de una barrera vegetal longitudinal de aproximadamente 500 metros, localizada estratégicamente sobre el borde superior de la ladera, en el punto donde el contraste visual del depósito es mayor y donde existe una relación directa entre el ángulo de observación del receptor y la superficie expuesta del área operativa.

El propósito central de la barrera en Cuistá 3 es interrumpir la línea de visión que conecta al receptor con la plataforma del depósito, crear un fondo vegetal homogéneo y reducir la percepción de formas rectilíneas o taludes desnudos asociados a las actividades minera

Por tanto, la barrera vegetal se ubicará siguiendo la curva de nivel superior del talud, lo que permitirá maximizar la eficiencia de ocultamiento y, simultáneamente, integrar la pantalla vegetal con la geomorfología existente.

Figura 10.23 Proyección de barreras vivas ADES CUISTA 3





Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

ADES MOLINO SUR

El área denominada ADES Molino Sur, (ver

Figura 10.2 y

Figura 10.24), constituye uno de los frentes operativos con mayor exposición visual debido a su ubicación sobre un talud frontal abierto y directamente orientado hacia los receptores visuales que transitan la vía. Como se observa en la

Figura 10.24, la superficie asociada al depósito (representada en color morado) presenta una alta visibilidad desde el punto de observación principal, lo que genera un contraste marcado con la matriz de vegetación natural existente.

Debido a la fuerte pendiente y al ángulo directo de exposición, esta zona se consolida como un punto crítico dentro del análisis de deterioro de la calidad visual. Para mitigar esta situación se propone la implementación de una barrera viva longitudinal de aproximadamente 800 metros de extensión, diseñada para funcionar como pantalla de ocultamiento progresivo desde los ángulos de visibilidad más sensibles.

El propósito de la barrera en ADES Molino Sur es interrumpir la línea de visión entre el receptor y el talud operativo, disminuir el contraste cromático y textural del depósito, y favorecer una transición visual más natural entre la zona intervenida y el entorno.

Foto 10.1.1 ADES MOLINO SUR

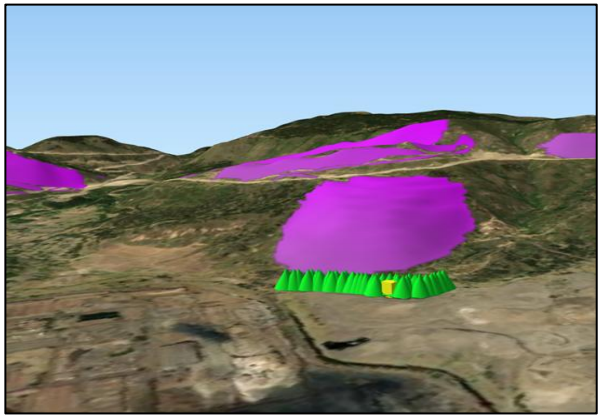




Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

La barrera viva se diseña siguiendo los principios de restauración y manejo paisajístico del proyecto, integrando estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo, con especies adaptadas a condiciones de bosque seco premontano y alta radiación

Figura 10.24 Proyección de barreras vivas ADES MOLINO SUR



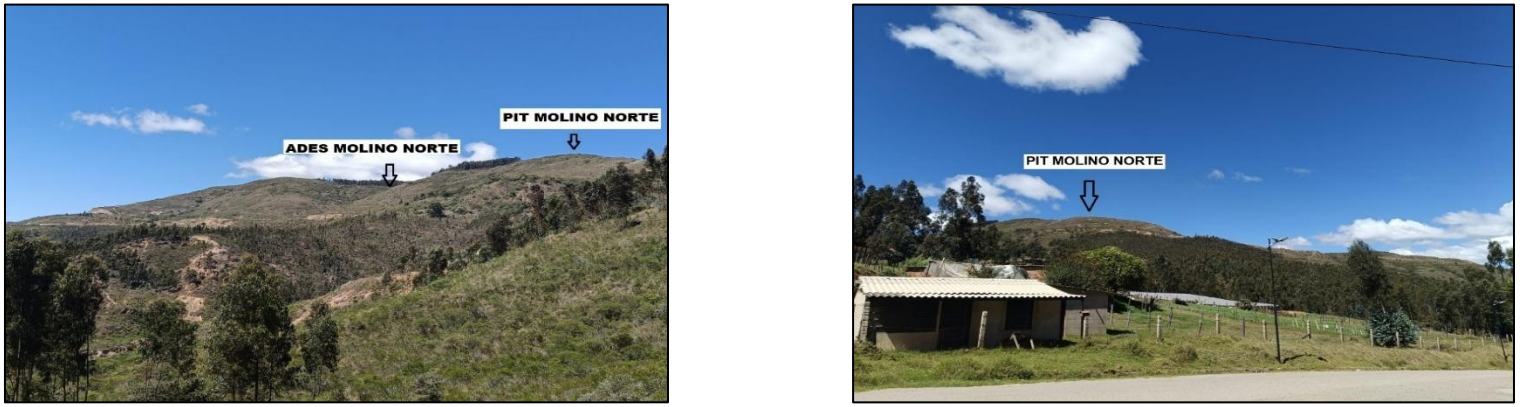
Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

PIT MOLINO NORTE Y ADES MOLINO NORTE

En el sector denominado Molino Norte, el análisis de cuencas visuales y las simulaciones tridimensionales muestran que tanto el Área de Disposición de Estériles (ADES) como el PIT de operación activa presentan altos niveles de exposición hacia los receptores localizados en el sector de portachuelo y hacia las viviendas dispersas de la ladera media. Las superficies representadas en color morado se encuentran directamente orientadas hacia los receptores visuales, destacándose por su visibilidad dominante debido al amplio ángulo y a la amplitud del frente intervenido.

Debido a la magnitud de la exposición visual, se propone la implementación de una barrera viva continua con una extensión aproximada de 1,2 km, la cual constituye la intervención más significativa dentro del programa de manejo paisajístico. Su función será interrumpir la línea de visión principal que conecta la base del valle con los taludes operativos, reducir el contraste entre los materiales del depósito y la matriz de vegetación natural, y generar un gradiente visual más armónico entre el cerro y las actividades mineras.

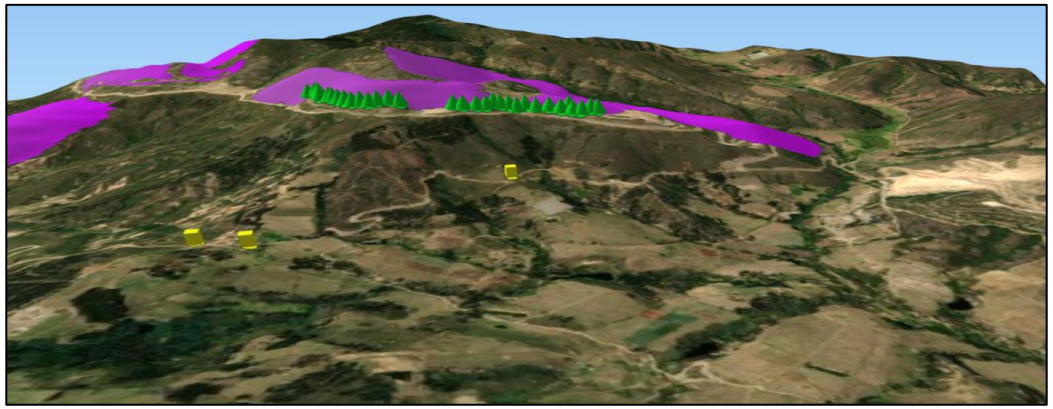
Figura 10.25 ADES MOLINO NORTE Y PIT MOLINO NORTE



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

La barrera se ubicará en el borde superior del talud intermedio, tal como se observa en la Figura 10.26, donde la vegetación proyecta mayor volumen hacia el valle y genera un ocultamiento primario desde los primeros años.

Figura 10.26 Proyección de barreras vivas en el ADES y PIT de MOLINO NORTE



Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{N° \ de \ individuos \ sembrados}{N° \ individuos \ programados} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{Área \ cubierta \ por \ vegetación}{Área \ intervenidad \ que \ requiere \ vegetación} \times 100$	Cumplimiento	70% ≥ Cumple
$\frac{Metros \ lineales \ de \ barreras \ vivas \ construidos}{Metro \ lineales \ de \ barreras \ vivas \ propuestas} \times 100$	Cumplimiento	95% Cumple
$\frac{Individuos \ vivos \ al \ año}{Total \ de \ individuos \ sembrados \ inicialmente} \times 100$	Cumplimiento	80% ≥ Cumple
$\frac{Área \ del \ frente \ minero \ cubierta \ por \ vegetación}{Área \ total \ del \ frente \ minero \ visible} \times 100$	Eficacia	≥ 70% de cobertura visual efectiva del frente minero en Año 3.
CRONOGRAMA		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2		
COSTOS		
Ver detalle en Anexo 10.1.1.1		
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO	**$ 695.850.000**	

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025

10.1.1.1.8 CAI_01 Aumento/disminución del horizonte orgánico

En la Tabla 10.16 se presentan las medidas de manejo ambiental para la atención del impacto CAI_01 Aumento/disminución del horizonte orgánico

Tabla 10.16 Medidas de manejo para el impacto CAI_01 Aumento/disminución del horizonte orgánico

ACTIVIDADES QUE GENERAN EL IMPACTO	**Extracción** ▪ Preparación **Cierre** ▪ Rehabilitación biótica de áreas intervenidas					
MEDIDAS DE MANEJO						
MED_CAI_01_1	Remoción, almacenamiento y aprovechamiento del horizonte A					
OBJETIVOS	Remover y almacenar la capa orgánica de las áreas de intervención (PITs y ADEs) que permitan su posterior aprovechamiento en las zonas donde se requiera.					
META	▪ Aprovechar el 75% del suelo orgánico removido por año en las áreas de intervención ▪ Asegurar que al menos el 75% en las áreas donde se dispuso suelo orgánico presenten establecimiento de coberturas vegetales tipo pastos mediante sucesión natural.					
TIPO DE MEDIDA	Mitigación					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	
ACCIONES A DESARROLLAR						

Remoción

Previo a las intervenciones de remoción de cobertura vegetal (desbroce) y retiro de la capa orgánica en las áreas de intervención.

La remoción de la capa de suelo orgánico será necesaria en aquellas áreas donde se llevará a cabo la adecuación de los frentes mineros, disposición de estériles, construcción y/o adecuación de infraestructuras como polvorines y vías. El volumen de material a remover se presenta Tabla 10.17.

Tabla 10.17 Volumen de suelo orgánico a remover

UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELO		**ESPESOR**	**AREA**	**VOLUMEN**
SIMBOLO	**FASE**	**m**	**m²**	**m³**
MME	MMEd	0,15	350709,29	52606,39

	MMEe		1037333,56	155600,03
	MMEf		293470,79	44020,62
	MMEg		13807,34	2071,10
TOTAL			**1695320,99**	**254298,15**

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2026

Las labores de remoción deberán limitarse solamente en las áreas requeridas. Se pretende el uso de maquinaria especializada para el desbroce de la capa vegetal.

Almacenamiento

Posterior a la remoción del suelo orgánico, este será almacenado en montículos temporales, recubiertos con algún material que impida su posible erosión o lavado por acción del viento o lluvia, de igual manera, estos sitios deberán estar retirados a 30 m de cuerpos de agua y señalizados con estacas y cinta de seguridad. El tiempo de almacenamiento no será superior a un (1) año para garantizar la textura, estructura y propiedades del suelo, con el fin de usarlo posteriormente.

Aprovechamiento

El suelo orgánico removido será utilizado para la revegetalización de taludes en las áreas intervenidas (PIT, ADES e infraestructura de apoyo). En caso que el secuenciamiento minero no permita el uso del suelo removido, este material será utilizado en el mejoramiento de áreas verdes dentro del TM 11387.

Se anota que se hará la entrega de los soportes documentales asociados a los volúmenes material removido y material reutilizado resultantes de la actividad de nivelación como parte del seguimiento del PMA

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{Volumen\ [m^3]\ suelo\ aprovechado}{Volumen\ [m^3]\ de\ suelo\ removido} \times 100$	Cumplimiento	75% ≥ Cumple
(Área efectiva cubierta por vegetación establecida / Área total evaluada donde se reutilizó suelo orgánico) × 100	Efectividad	75% ≥ Alta efectividad 25% ≥ Moderada efectividad < 75% 25% < Baja efectividad

MED_CAI_01_2	Adquisición de suelo orgánico
OBJETIVOS	Adquirir suelo orgánico a través de un tercero para restauración progresiva de áreas intervenidas y liberadas requeridas
META	▪ Adquirir a través de terceros el 100% del suelo orgánico que se requiera para la recuperación de las áreas de intervención de acuerdo con lo planificado en la etapa de cierre ▪ Asegurar el 75% de la conformación de cobertura vegetal en áreas requeridas
TIPO DE MEDIDA	Mitigación

RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**		**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	

ACCIONES A DESARROLLAR

Durante las fases iniciales del proyecto (preparación), el material orgánico o capa superficial removido y acopiado es suficiente para comenzar las primeras actividades de restauración en las áreas liberadas. Esto crea un balance inicial positivo. Sin embargo, a medida que la operación avanza, el frente de explotación se expande y se profundiza. La velocidad con la que se liberan nuevas áreas para restaurar es más rápida que la tasa a la que se puede seguir extrayendo o acopiando suelo orgánico de nuevas áreas a explotar. La capa orgánica original disponible para remoción y acopio se agota, mientras que la demanda de material para restauración aumenta.

Contar únicamente con el suelo orgánico interno (acopiado) crea un desbalance en el plan de cierre y restauración progresiva. Si el stock se acaba, la restauración se detiene, lo que contraviene la normativa ambiental que promueve la restauración continua y la minimización del pasivo ambiental. Por lo anterior, si se realizará la adquisición externa permite asegurar un material que cumpla con los estándares de calidad (propiedades físicas, químicas y biológicas) requeridos para el objetivo final del ecosistema.

Es fundamental y será un proceso de verificación que el tercero provea suelo orgánico de una fuente legal, sostenible y ambientalmente responsable. Idealmente, debe provenir de operaciones autorizadas y no de áreas que se estén degradando ilegalmente. El acuerdo con el tercero debe garantizar un suministro constante y a demanda, con un volumen acorde al cronograma de restauración.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{Volumen\ [m^3]\ de\ suelo\ orgánico\ requerido\ faltante}{Volumen\ [m^3] de\ suelo\ organico\ adquirido\ de\ externos} \times 100$	Cumplimiento	95% ≥ Cumple
$\frac{Área\ [m^2]\ con\ capa\ organica\ de\ terceros}{Areas\ [m^2]\ liberadas\ y\ que\ requieren\ capa\ organica} \times 100$	Efectividad	75% ≥ Alta efectividad 25% ≥ Moderada efectividad < 75% 25% < Baja efectividad

MED_CAI_01_3	Manejo integral de residuos sólidos no peligrosos
OBJETIVOS	Prevenir la contaminación de los recursos naturales por la inadecuada gestión de los residuos generados durante las diferentes fases del proyecto.
META	▪ Realizar la implementación del 100% de medidas para prevenir la contaminación de los recursos naturales por el inadecuado manejo de residuos sólidos no peligrosos ▪ Gestionar el 100% de los residuos aprovechables generados con un tercero autorizado ▪ Gestionar el 100% de los residuos no aprovechables generados con un tercero autorizado

TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X
ACCIONES A DESARROLLAR						

SEPARACIÓN

Los residuos sólidos no peligrosos generados durante la construcción y montaje, operación, actividades transversales y cierre deberán ser separados desde su fuente de acuerdo a su tipología y según el código de colores definido por Resolución 2184 de 2019 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para lo cual, se adecuarán de manera estratégica diferentes puntos dentro del proyecto (ver Figura 10.27).

Figura 10.27 Código de colores según Resolución 2184 de 2019



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible - Resolución 2184 de 2019.

La totalidad de los puntos ecológicos a ser instalados deberá cumplir con:

- Señalizados,
- Aislados del suelo para evitar que los lixiviados se infiltren en este.
- Cubiertos para evitar el contacto con la lluvia.
- Rotulado con información clara (donde se identifique claramente el tipo de residuos que deben disponerse allí) y, fabricarse en materiales resistentes.
- En buen estado (sin fisuras), tener bolsas en su interior acorde con su color.

ALMACENAMIENTO TEMPORAL

Se construirá un acopio para el almacenamiento temporal de los residuos generados en los diferentes puntos ecológicos y que cumplan con las mismas características anteriormente descritas.

- El tiempo de permanencia de los residuos en el sitio de almacenamiento temporal deberá ser el mínimo posible. De manera que se garantice la no descomposición de los residuos o la presencia de vectores.
- Los centros de acopio o de almacenamiento temporal de residuos deben estar ubicados en un sitio dentro del proyecto equidistante de las áreas de generación. Deben estar cubiertos para evitar contacto o exposición a las aguas lluvias y tener una capacidad para almacenar la generación de residuos de una semana para los no peligrosos.
- Es importante que el sitio garantice el no deterioro del material reciclable y debe poderse identificar el tipo de residuo almacenado.
- Se deberá realizar inspecciones periódicas al centro de acopio.

El sitio de acopio para el almacenamiento temporal de los residuos tanto para los operadores mineros como para los contratistas deberá contar con las siguientes características:

- El dimensionamiento del centro de acopio dependerá de la generación por tipo de residuo y la etapa en la que se encuentre el proyecto.
- Deberá permitir el fácil acceso de los vehículos colectores.
- Disponer de una báscula para llevar el registro de la generación de los residuos.
- Ser cubierto para protección de aguas lluvias y servicio de agua y drenajes para lavado.
- Deberá tener iluminación y ventilación adecuadas (rejillas o ventanas por las cuales pueda circular el aire, extractores eólicos o eléctricos, entre otros). Lo anterior es para que se disminuyan los olores generados y la concentración de posibles vapores.
- Deberá ser de uso exclusivo para almacenamiento de residuos y estar señalizado.
- Contar con todos los elementos de seguridad que permitan prevenir y controlar situaciones de riesgo como el equipo de extinción de incendios multipropósito, kit antiderrames, botiquín, entre otros. Estos deben estar señalizados al igual que las rutas de evacuación.
- Las paredes del centro de acopio deberán ser lisas y de fácil limpieza. Los pisos deberán ser duros y lavables.
- Se deberá señalizar las rutas y salidas de evacuación. Así como los equipos contra incendio y cualquier dispositivo o elemento existente para la atención de emergencias.
- Cada que se realice la disposición final de los residuos se deberá realizar la limpieza y desinfección del sitio de acopio. También se deberá establecer una programación de control de plagas y roedores.

DISPOSICIÓN FINAL

Los residuos aprovechables deberán entregarse separados (tal como lo requiere la el Decreto 596 de 2016 de (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016)) a las personas o empresas autorizadas, para que ellos se encarguen de su recolección periódica, transporte y transformación.

Por su parte, los residuos ordinarios que no se puedan aprovecharse deberán entregarse a la empresa de servicio de aseo municipal o un tercero autorizado, quien se encargará de transportarlos y su disposición final

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{No.\,de\,puntos\,ecologicos\,instalados}{No.\,de\,puntos\,requeridos} \times 100$	Cumplimiento	100% Cumple
(Cantidad [kg] de residuos aprovechables entregados a gestores autorizados / Cantidad [kg] total de residuos aprovechables generados) × 100	Cumplimiento	100% Cumple
(Cantidad [kg] de residuos no aprovechables entregados a gestores autorizados / Cantidad [kg] total de residuos no aprovechables generados) × 100	Cumplimiento	100% Cumple

MED_CAI_01_4	Gestión de residuos peligrosos (RESPEL)					
OBJETIVOS	Prevenir la contaminación de los recursos naturales por la inadecuada gestión de los residuos peligrosos generados durante las diferentes fases del proyecto.					
META	Disponer el 100% de los residuos peligrosos generados con un gestor autorizado					
TIPO DE MEDIDA	Prevención					
RESPONSABLE	Residente ambiental del TM 11387					
LUGAR DE APLICACIÓN	Áreas de intervención del proyecto					
FASE	**EXTRACCIÓN**	X	**CIERRE**	X	**ACTIVIDADES TRANSVERSALES**	X

ACCIONES A DESARROLLAR

SEPARACIÓN

Los residuos sólidos peligrosos (de ahora en adelante RESPEL) generados durante la construcción y montaje, operación, actividades transversales y cierre del proyecto deberán ser separados de los demás tipos de residuos, desde su fuente generadora y según su tipología de conformidad con los establecido en la ley en el marco de la gestión integral de residuos peligrosos Decreto 4741 de 2005 adoptado por el DUR 1076 de 2015.

Es de suma importancia realizar una adecuada separación puesto que, la mezcla de un residuo o desecho peligroso con uno que no lo es, les confiere a estas últimas características de peligrosidad y debe ser manejado como residuo o desecho peligroso, para lo cual se dispondrán recipientes a necesidad en los diferentes frentes de trabajo.

Los recipientes para disponer los RESPEL deberán estar:

- Señalizados
- Aislados del suelo para evitar contacto directo con este.
- Cubiertos para evitar el contacto con la lluvia
- Rotularse con información clara (donde se identifique claramente el tipo de residuos que deben disponerse allí) y, fabricarse en materiales resistentes.
- En buen estado (sin fisuras), tener bolsas en su interior acorde con su color.

Figura 10.28 Separación de residuos peligrosos (RESPEL)



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible - Resolución 2184 de 2019.

ALMACENAMIENTO TEMPORAL

De conformidad con lo establecido en la ley, en el marco de la gestión integral de residuos peligrosos (Decreto 4741 de 2005 adoptado por el DUR 1076 de 2015 a través del Artículo 2.2.6.1.3.1, parágrafo 1), el proyecto (entendido como el generador), solamente podrá realizar el almacenamiento temporal de los RESPEL por un término máximo de 12 meses con la posterior entrega de los mismos al gestor externo autorizado para tal fin.

El acopio temporal de residuos peligrosos deberá:

- Ubicarse en un sitio de fácil acceso para el transporte, y para situaciones de emergencia.
- En el caso de residuos peligrosos líquidos, deben tener un sistema de contención.

- El lugar de almacenamiento de residuos peligrosos deberá estar alejado de zonas densamente pobladas, de fuentes de captación de agua y de posibles fuentes externas de peligro.
- El almacenamiento temporal deberá ser diseñado de tal manera que permita la separación de materiales incompatibles por medio de barreras físicas.
- Contará con extintores multipropósito, fichas de seguridad del material almacenado y kit de contención de derrames.

Es importante resaltar que los residuos RESPEL serán gestionados a través de un tercero autorizado de manera periódica, sin embargo, se debe llevar un registro mensual de la cantidad generada de estos.

Además de los criterios generales establecidos para el sitio de acopio de los residuos no peligrosos, se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Los centros de acopio de los residuos peligrosos deberán estar en sitios donde se minimicen los riesgos para la salud y el medio ambiente. Se debe considerar lejanía con fuentes de agua y su posibilidad de inundación.
- Deberá estar localizado al interior del proyecto, de acceso restringido y preferiblemente sin acceso directo al exterior.
- Debe contener diques de contención o rejillas de contención de derrames, cuando se manejen RESPEL líquidos
- Dentro del centro de acopio para el almacenamiento de residuos peligrosos siempre se deberá tener las hojas de seguridad de los productos.
- Los recipientes de los residuos deben inspeccionarse frecuentemente para identificar posibles fugas o derrames.
- Se debe señalizar las áreas de almacenamiento y estanterías con la clase de riesgo según el material almacenado.
- De acuerdo con la clase de peligrosidad y volumen del residuo a disponer, se deberá tener en cuenta la matriz de compatibilidad específica según el tipo de residuo. Con el fin de evitar posibles reacciones entre ellos y almacenarlos de manera adecuada en el proyecto.
- El centro de acopio se deberá diseñar de tal forma que permita la separación de residuos incompatibles. Así como con el espacio suficiente que permita realizar los movimientos necesarios para el manejo seguro de los residuos.
- Los materiales de construcción no deberán ser combustibles y deberán cumplir con el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente (NSR-10).
- El piso deberá ser impermeable y resistente al tipo de residuos que se estén almacenando, deberá ser liso y libre de grietas. Se recomienda que tenga un desnivel mínimo del 1% con dirección a un sistema recolector con el fin que se puedan contener posibles derrames.
- En la puerta del centro de acopio es necesario la construcción de rampas que actúen como diques pero que permitan la circulación de vehículos y de personas.
- Se deberá mantener un registro de los residuos peligrosos almacenados, este registro deberá ser de fácil acceso a todos los trabajadores involucrados con el proceso.
- Se deberá informar mediante señalización, sobre los elementos de protección a utilizar para el acceso al sitio de almacenamiento de residuos peligrosos.

DISPOSICIÓN FINAL

- Para los RESPEL generados se deberá gestionar su recolección, transporte, desactivación y disposición final con una empresa debidamente certificada y autorizada para tales fines, por la autoridad ambiental.
- Los certificados de aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emita el gestor externo deben conservase hasta por un tiempo de cinco (5) años.
- En caso de que el proyecto genere más de 10 kg de RESPEL al mes, se reportará en la página web de la autoridad ambiental respectiva, en el vínculo o link dispuesto para ello.

En la Tabla 10.18 se presentan las alternativas de tratamiento y/o disposición final para residuos sólidos de tipo industrial y/o especiales:

Tabla 10.18 Alternativas de tratamiento y/o disposición final para residuos sólidos

Tipo de residuo	Alternativas de tratamiento y/o disposición final
Los materiales provenientes de empaques, embalajes de equipos, herramientas, repuestos mecánicos que sean de cartón, madera o plástico y que se encuentren libres de sustancias químicas o combustibles.	Estos residuos pueden ser tratados como reciclables y tendrán el mismo tratamiento que los residuos reciclables domésticos.
Papel y cartón de las bolsas y sacos usados como empaque de químicos, cementos.	Serán devueltos al proveedor cuando exista programa posconsumo o entregados a gestores autorizados para su tratamiento y disposición final conforme a la normativa ambiental vigente.
Estopas, guantes, overoles, trapos entre otros textiles.	Se almacenarán en contenedores debidamente identificados y serán entregados a gestores autorizados para su tratamiento y disposición final, que podrá incluir coprocesamiento, incineración u otra alternativa permitida según las características del residuo.
Tambores plásticos, galones, baldes, protectores de rosca, mangueras inservibles, residuos de tubería de PVC, etc.	Serán recolectados y almacenados en la caseta de residuos y posteriormente entregados a gestores autorizados para reciclaje, aprovechamiento o disposición final, según su estado.
Aceites usados, grasas y materiales impregnados con hidrocarburos	Serán almacenados en recipientes herméticos y etiquetados, y entregados a gestores autorizados o programas posconsumo para su aprovechamiento, tratamiento o disposición final, de acuerdo con la normativa ambiental vigente.
Baterías de plomo y secas.	Estos residuos deberán devolverse a los proveedores para el reciclaje y recuperación de estos.
La chatarra que se produce en la fabricación de herramientas adaptadas, elementos, partes, etc.	Estos residuos se deberán apilar a un costado de la caseta de almacenamiento de residuos (ubicada en el campamento). Los materiales que no se reutilicen en la ejecución de las actividades se almacenarán temporalmente y, de ser posible, se entregarán a cooperativas recicladoras para su comercialización.

DESCRIPCIÓN INDICADOR	TIPO DE INDICADOR	VALOR DE REFERENCIA
$\frac{Cantidad\ [kg]\ de\ RESPEL\ dispuestos\ con\ un\ gestor\ autorizado}{Cantidad\ [kg]\ de\ RESPEL\ generados} \times 100$	Cumplimiento	100% ≥ Cumple
$\frac{Cantidad\ reportada\ en\ los\ certificados\ de\ RESPEL\ emitidos}{Cantidad\ de\ disposiciones\ de\ RESPEL\ generadas} \times 100$	Cumplimiento	100% ≥ Cumple

CRONOGRAMA	
Ver detalle en Anexo 10.1.1.2	
COSTOS	
Ver detalle en Anexo 10.1.1.1	
COSTO ANUAL DE MANEJO DEL IMPACTO	**$ 52.392.800**

Fuente: EYC GLOBAL S.A.S., 2025