

AUTO No. 085 DEL 23 DE FEBRERO DE 2026

POR MEDIO DEL CUAL SE ATIENDE UNA QUEJA AMBIENTAL Y SE TOMAN OTRAS DETERMINACIONES

La Directora General de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar CSB, en uso de sus facultades legales y estatutarias especialmente las contenidas en la Ley 99 de 1993 y demás normas concordantes.

CONSIDERANDO

Que un anónimo mediante radicado CSB No 4633 de fecha 16 de diciembre de 2024 coloca en conocimiento de esta CAR queja consistente en: *"(...) me dirijo a ustedes con una inquietud que se presenta en el corregimiento del alto caribona debido a esta emergencia que se presentó hoy esperamos que como entidad tome cartas en el asunto (...)*. El quejoso aporta cuatro (04) videos cortos en los cuales se aprecia una corriente de agua de color oscuro saliendo de las instalaciones de una empresa cerca a OP OIL AND MINING y la cual se dirige hasta una fuente hídrica desconocida ubicada en el corregimiento del Alto Caribona.

Así mismo, mediante radicado CSB No 4634 de fecha 16 de diciembre de 2024, la señora BLANCA VICTORIA SABAGH en calidad de defensora de los Derechos Humanos y Asuntos Ambientales allega queja ante esta Autoridad Ambiental en la cual expresa: *"me dirijo a ustedes en calidad de defensora de los derechos humanos y asuntos ambientales para informarles la extrema preocupación sobre un posible incidente ocurrido recientemente en la Mina Walter, ubicada en el corregimiento de Alto Caribona, municipio de Montecristo, Bolívar.*

Incidente que podría afectar el río caribona y, en consecuencia, al ecosistema y salud de comunidades (...)".

Aunado a lo anterior, la Procuradora Judicial Agraria y Ambiental de Magangué- Bolívar mediante radicado CSB No 4638 de fecha 16 de diciembre de 2024, dio traslado a esta Autoridad Ambiental de la queja interpuesta por la señora BLANCA VICTORIA SABAGH, la cual fue relacionada en el párrafo anterior.

Asociado a lo anterior, el señor ANTONIO SAGBINI FERNÁNDEZ en calidad de Director de Salud Pública de la Gobernación de Bolívar mediante radicado CSB No 4651 de fecha 17 de diciembre de 2024 informa a esta CAR la siguiente situación: *"(...) Me permito informar sobre una situación que podría constituir un riesgo en el municipio de Montecristo, Bolívar, específicamente en el corregimiento de Alto Caribona. Según reportes preliminares recibidos el día 15 de diciembre de 2024, habría ocurrido un accidente en la Mina Walter, ubicada en dicho corregimiento, que presuntamente involucró derramamiento de sustancias peligrosas (mercurio y/o cianuro) hacia el nacedero del río Caribona.*

En este contexto, hacemos un llamado urgente para que esa entidad realice investigaciones correspondientes, con el fin de:

1. *Determinar las causas del posible accidente y confirmar la naturaleza de las sustancias vertidas.*
2. *Implementar medidas inmediatas para mitigar los impactos ambientales y sociales del incidente.*
3. *establecer estrategias para prevenir la repetición de este tipo de situaciones en la región.*

Así mismo, se solicita se informe a esta oficina y a la comunidad afectada sobre las acciones adelantadas y las recomendaciones necesarias para garantizar la seguridad y bienestar de la población ribereña del río Caribona.

"(...)"

Que en virtud de atender la queja interpuesta por los actores antes relacionados, esta Autoridad Ambiental emitió el Auto No. 149 del 21 de febrero de 2025 (EXP 2025-061) y el Auto No 044 del 16 de enero de 2025 (EXP 2025-002) en atención a un traslado de queja anónima por parte de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA en la cual se describen los mismos hechos. En consecuencia, mediante oficio interno SG-INT-515 de 17 de marzo de 2025, esta actuación fue remitida a la Subdirección de Gestión Ambiental para que actuara conforme a sus competencias.

Ave. Colombia No. 10-27. Telefax. 6888339 - web - www.carcsb.gov.co Magangué Bolívar

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

Que la Subdirección de Gestión Ambiental una vez realizada la visita de inspección ocular, se pronunció emitiendo el Concepto Técnico No 170 de 09 de mayo de 2025, en el cual precisa lo siguiente:

"(...)

CONCEPTUALIZACION TECNICA

Una vez realizada la visita y la revisión de los documentos anexados, se conceptúa técnicamente lo siguiente:

- ❖ Que el incidente sucedió en el contrato de operación OP OIL AND MINING S.A.S. en las siguientes coordenadas N 7°52'15" W 74°20'46".
- ❖ Que al ser un contrato de operación (documento privado) la responsabilidad ante la autoridad ambiental en este caso Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar, es para el titular de la licencia ambiental MINECAR GOLD SAS. Identificada con NIT 901149930-4.
- ❖ Que en el informe presentado por OP OIL AND MINING, para el manejo del evento aplican es las directrices incluidas en el Plan de Gestión de Riesgo y Manejo del Vertimiento.
- ❖ Que MINECAR GOLD SAS. Identificada con NIT 901149930-4. A la fecha no ha enviado reporte alguno a la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar
- ❖ Que la relavera donde sucedió el evento está manejada con la acumulación de hidrotubos sin contemplar diseño alguno de acuerdo a lo constatado en la visita.
- ❖ Que en el estudio de impacto ambiental validado para otorgar la Licencia ambiental, no se encuentran diseños de los hidrotubos.
- ❖ Que en el estudio de impacto ambiental validado para otorgar la Licencia ambiental el manejo de los relaves se debe realizar mediante presas de relaves o relaveras.
- ❖ Se requiere que MINECAR GOLD SAS. Identificada con NIT 901149930-4., suspenda de manera inmediata la utilización de Hidrotubos para el manejo de las colas o relaves. Esto hasta que presente Ubicación, descripción de la operación del sistema, memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de hidrotubos y estos sean evaluados y aprobados por Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar.
- ❖ Se requiere que MINECAR GOLD SAS. Identificada con NIT 901149930-4., suspenda de manera inmediata las operaciones en el contrato de operación OP OIL AND MINING. Esto hasta que la utilización de los hidrotubos se avalada por la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar. Por el termino de un (1) mes.
- ❖ Se requiere que MINECAR GOLD SAS. Identificada con NIT 901149930-4, presente un informe detallado del manejo del incidente en donde aplique lo plasmado en el Plan de Gestión del Riesgo incluido en el estudio de impacto ambiental.
- ❖ Se requiere por parte de Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar abrir indagación preliminar para determinar responsabilidad de MINECAR GOLD SAS. Identificada con NIT 901149930-4 en el manejo del evento.
- ❖ Se requiere por parte de Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar realizar visitas de seguimiento para verificar el manejo que se le está dando a las colas o relaves en las plantas de beneficio que operan bajo el amparo de la licencia de MINECAR GOLD SAS. Identificada con NIT 901149930-4."

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

Que mediante Auto No. 322 del 26 de mayo de 2025, esta Autoridad Ambiental acogió el Concepto Técnico No 170 de 09 de mayo de 2025 e impuso a la empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. identificada con el NIT.901.149.930-4

ARTÍCULO PRIMERO: *Requerir a la empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. identificada con el NIT.901.149.930-4 titular de la Licencia Ambiental con Permisos Implícitos para las actividades de explotación minera del Contrato de Concesión No JG4-16531 ubicada en el Municipio de Montecristo-Bolívar, el cumplimiento de las siguientes obligaciones:*

1. *Suspender de manera **INMEDIATA** la utilización de Hidrotubos para el manejo de las colas o relaves, hasta tanto aporten: Ubicación, descripción de la operación del sistema, memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de hidrotubos y estos sean evaluados y aprobados por Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar. Así mismo, cabe aclarar que la empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. contará con el término de un (01) mes para aportar la información correspondiente a los hidrotubos.*
2. *Suspender de manera **INMEDIATA** las operaciones en el contrato de operación OP OIL AND MINING. Esto hasta que la utilización de los hidrotubos se avalada por la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar.*
3. *Presentar un informe detallado del manejo del incidente en donde aplicó lo plasmado en el Plan de Gestión del Riesgo incluido en el Estudio de Impacto Ambiental."*

Acto Administrativo que fue notificado electrónicamente a la empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. previa solicitud del usuario al correo minecar.goldsas@gmail.com.

Que en cumplimiento de los requerimientos antes señalados, el señor ARMANDO SANGUINO MONTEJO en calidad de representante legal de la empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. presentó ante esta Corporación mediante radicado CSB No 2500 de fecha 22 de julio de 2025 respuesta a los requerimientos realizados mediante Auto No 322 del 26 de mayo de 2025 el cual fue proyectado en base al Concepto Técnico No 170 de 09 de mayo de 2025 remitida a la Subdirección de Gestión Ambiental mediante oficio interno OF-INT- SG- 1336 de fecha 22 de julio de 2025.

Así mismo, mediante radicado CSB No 0081 de fecha 13 de enero de 2026, el señor Milton Parrado Velasco en calidad de representante legal de la empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. allega ante esta CAR, ampliación a la información requerida mediante el artículo primero del Auto No 322 del 26 de mayo de 2025, direccionada por competencia a la Subdirección de Gestión Ambiental mediante oficio interno OF- INT- SG- 0140 de fecha 06 de febrero de 2026.

Que la Subdirección de Gestión Ambiental, asigno al Profesional Especializado CARLOS ENRIQUE PRASCA PATERNINA, quien emitió el Concepto Técnico No. 019 de febrero 20 del 2026, mediante en el cual se establece lo siguiente:

"ANTECEDENTES

Que mediante oficio SG-IN: 1336-2025 Secretaría General remite a la Subdirección de Gestión Ambiental los documentos que envía MINEROS DEL CARBONA GOLD S.A.S. como respuesta a los requerimientos realizados mediante AUTO No 322 del 26 de mayo de 2025.

Que mediante oficio SG-IN: 1638-2025 Secretaría General remite a la Subdirección de Gestión Ambiental los documentos que envía MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. como ampliación de la respuesta a los requerimientos realizados mediante AUTO No 322 del 26 de mayo de 2025.

SECRETARÍA GENERAL

SECRETARÍA GENERAL

SECRETARÍA GENERAL

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

Que mediante oficio SG-IN: 1916-2025 Secretaría General remite a la Subdirección de Gestión Ambiental informe de cierre ambiental radicado por MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S.

Que mediante oficio SG-IN: 104-2026 Secretaría General remite a la Subdirección de Gestión Ambiental documentos que envía MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. como respuesta a los requerimientos realizados mediante AUTO No 322 del 26 de mayo de 2025.

Por tanto, la Subdirección de Gestión Ambiental comisiona a un funcionario para realizar visita de inspección ocular y emitir el respectivo concepto técnico.

DOCUMENTACIÓN PRESENTADA.

- INFORME TÉCNICO DE RESPUESTA AL REQUERIMIENTO EMITIDO POR LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR CSB MEDIANTE EL AUTO 0322 DE 2025, ARTÍCULO PRIMERO, NUMERAL 1.
- INFORME TÉCNICO AMBIENTAL SOBRE LA ATENCIÓN Y SEGUIMIENTO A LA CONTINGENCIA PRESENTADA EN LA EMPRESA CONTRATO DE OPERACIÓN OP OIL AND MINING DEL 15 DE DICIEMBRE DE 2024 EN RESPUESTA AL AUTO 0322 DEL 27 DE JUNIO DE 2025 EMITIDO POR LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR-CSB.
- INFORME TÉCNICO DE CIERRE DEL EVENTO AMBIENTAL REPORTADO MEDIANTE RADICADO NO. 4641 DE 2024, EN EL MARCO DE LA LICENCIA AMBIENTAL NO. 0519 DEL 29 DE AGOSTO DEL 2023 DE MINECAR GOLD S.A.S.
- DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN, Y DETALLE SISTEMA DE RELAVERAS.

ANÁLISIS DE LA DOCUMENTACIÓN PRESENTADA.

De acuerdo a la documentación presentada se realizará la evaluación de los diseños para MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S. y el contrato de operación OP OIL AND MINING S.A.S.

MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S.**UBICACIÓN DE LAS RELAVERAS****Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR)**

Ubicación: 7°51'58.51"N - 74°20'54.00"O, predio ubicado en la vereda Mina Walter, zona contigua a la planta de beneficio de MINECAR GOLD S.A.S., municipio de Montecristo, Bolívar.

Sistema implementado: Hidrotubos Geomatrix Hydrotex 150, dispuestos sobre plataforma estabilizada con zanjas de drenaje, cunetas de control y sistema de captación para aguas exudadas.

Soporte técnico: Estudios geotécnicos, hidráulicos y de estabilidad desarrollados por GEOMINAS S.A.S. y ENCIVIL S.A.S.

Objetivo: Contención temporal de relaves generados por procesos de cianuración y flotación. Las aguas exudadas son conducidas a la PTAR no doméstica para su tratamiento.

Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR)

Ubicación: 7°52'10.69"N - 74°20'43.04"O.

Sistema previsto: Plataforma impermeabilizada, canalización de aguas lluvias, control de infiltración y disposición por niveles de hidrotubos.

Soporte técnico: Estudios geotécnicos, hidráulicos y de estabilidad desarrollados por GEOMINAS S.A.S. y ENCIVIL S.A.S., incluidos en este documento.

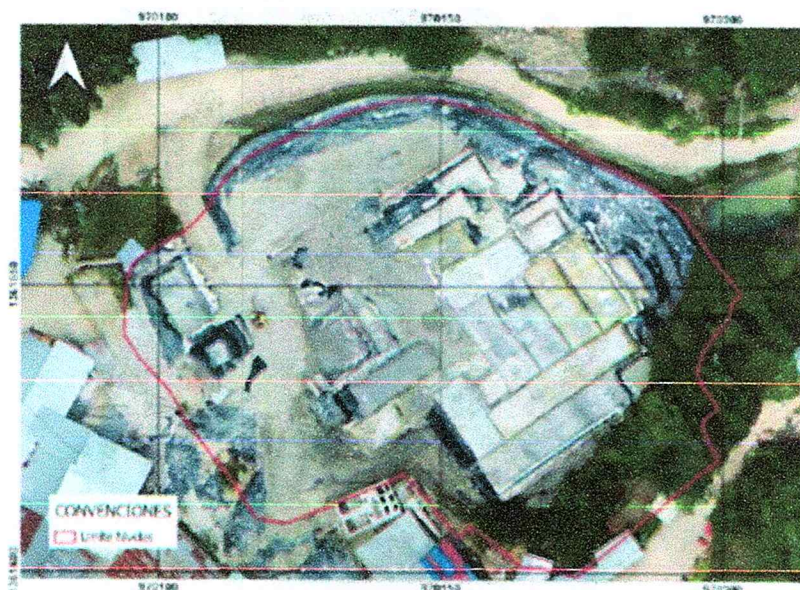
Objetivo: Contención temporal de relaves generados por procesos de cianuración

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende dos áreas generales, el Área 1, ubicada contigua a la planta de beneficio de MINECAR, y el Área 2, ubicada en cercanías al sitio poblado Mina Walter.

Área 1 Depósito de Relaves Actual

El depósito de relaves actual se encuentra ubicada adyacente a la planta de procesamiento de mineral de MINECAR, como se observa en la Figura.



Vista en Planta, Ortofoto del actual depósito de Relaves de la Mina Walter, MINECAR. Sistema de Coordenadas Magna Sirgas Zona Bogotá, EPSG 3116. Fuente Geominas 2024.



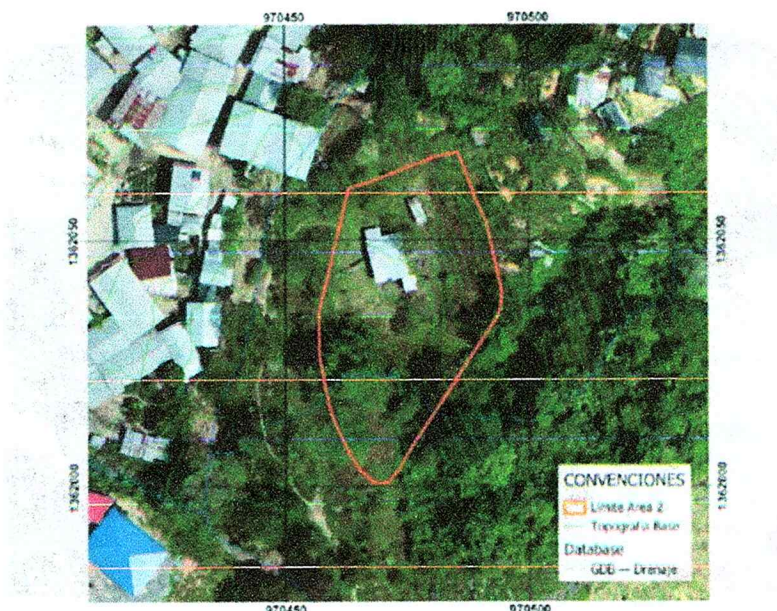
Panorámica Aérea general del actual depósito de Relaves (izquierda) y planta de Beneficio de MINECAR. Fuente Geominas, 2024.

En esta área se disponen actualmente los relaves cianurados de MINECAR por medio del llenado de hidrotubos fabricados en geotextil tejido. Los hidrotubos son dispuestos manualmente en el área, siendo apilados en forma entrelazada, lo que permite elevarlos de manera segura. Los hidrotubos utilizados son de la marca Geomatrix, referencia Hydrotex 150, con tamaños que oscilan entre 14 a 28 metros de largo y un perímetro de 13.5 metros. El Área delimitada de esta alternativa es de aproximadamente 6.282,00 m².

Área 2: Alternativa para nuevo depósito de relaves

El Área 2, que se ha evaluado como alternativa para el depósito de los relaves, es un área de aproximadamente 1693 m², limitando por una ladera y una vía que separa el área de un drenaje en cercanías al centro poblado

Mina Walter. En la Figura se encuentra la vista en planta del área, y en Fotografía se observa una vista panorámica.

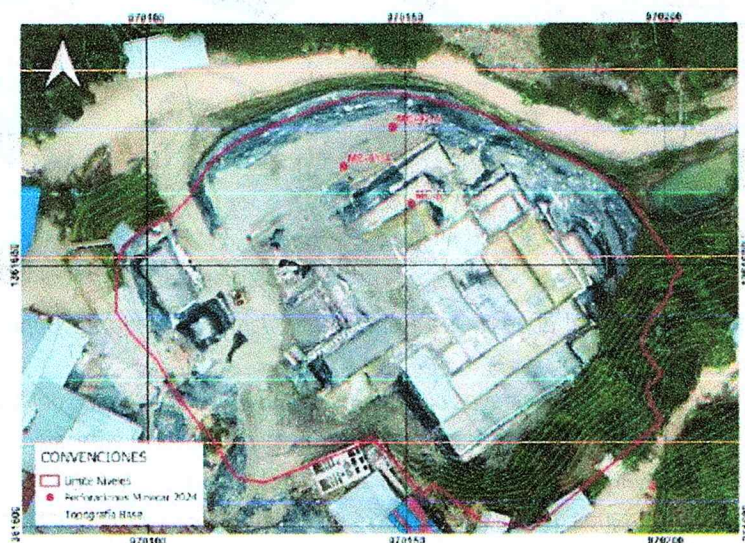


Vista en Planta, Ortofoto del Área 2, nueva alternativa para depósito de Relaves de MINECAR, en cercanías del sitio poblado Mina Walter. Sistema de Coordenadas Magna Sirgas Zona Bogotá, EPSG 3116. Fuente Geominas 2024.

Perforaciones Geotécnicas

Para la caracterización geotécnica de los perfiles de suelo y roca en la zona de estudio, se realizaron cinco (5) perforaciones, de las cuales 3 fueron ejecutadas por rotación con broca diamantina y recuperación de muestras de núcleo, una con auger de tipo manual, y una perforación combinada, la cual se inició utilizando auger manual hasta alcanzar una profundidad máxima de 7 metros, en donde se continuó con perforación diamantina con recuperación de núcleos. En la Tabla se muestran las coordenadas y características generales de las perforaciones, en la Figura su ubicación en el Área 1 de la planta, en la Figura su ubicación en el Área 2 de alternativa para ubicación de relaves.

Datos generales de la campaña de perforación ejecutada en las áreas de depósito de relaves de MINECAR.

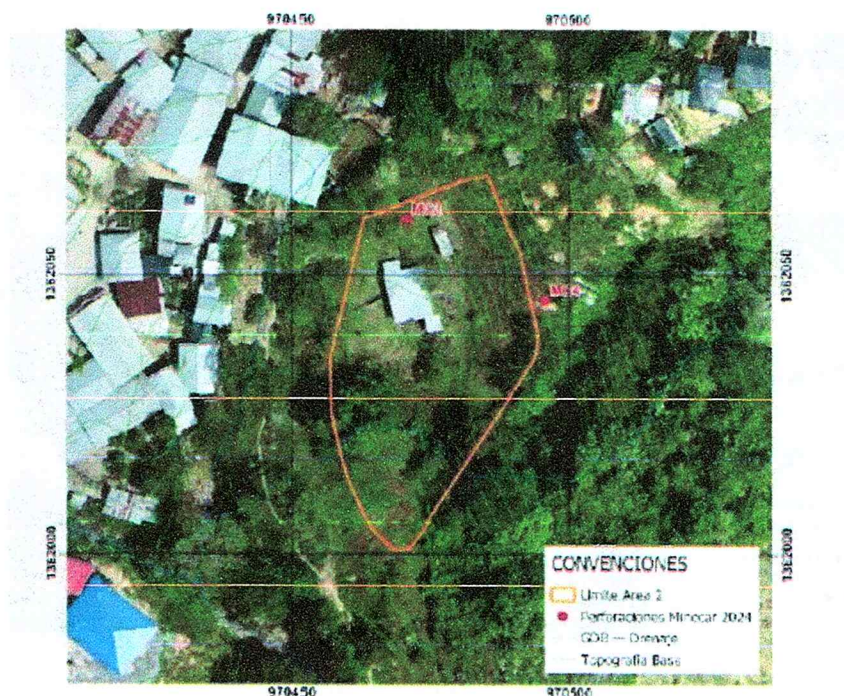


Ubicación de perforaciones ejecutadas en el depósito actual de MINECAR. Los círculos rojos muestran la ubicación de las perforaciones Fuente Geominas 2024.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General



Ubicación de perforaciones ejecutadas en el depósito proyectado de MINECAR. Los círculos rojos muestran la ubicación de las perforaciones. Fuente Geominas 2024.

Datos generales de la campaña de perforación ejecutada en las áreas de depósito de relaves de MINECAR. Fuente Geominas, 2024

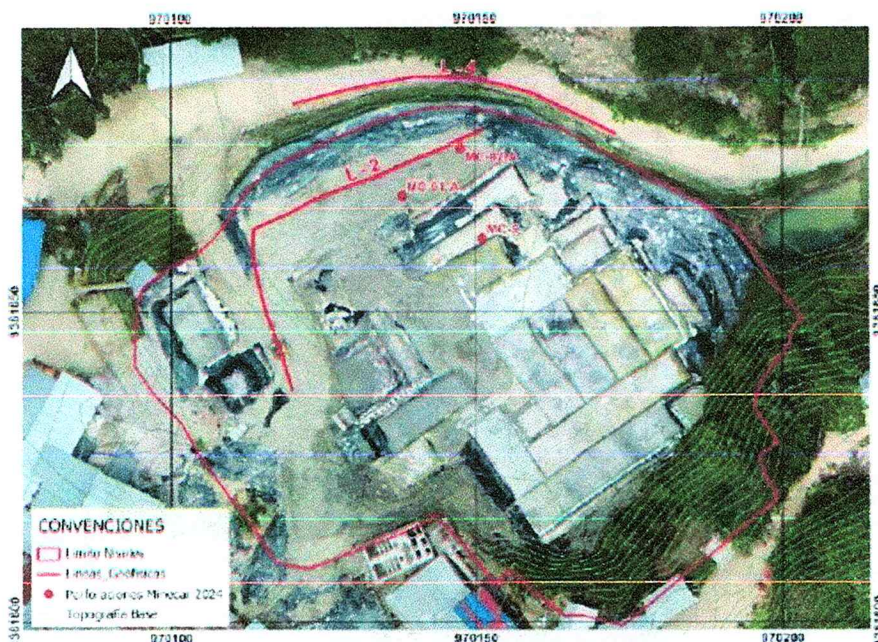
Perforación	Sistema Coordenadas	X	Y	Altura Collar (msnm)	Inclinación	Azmut	Longitud (m)
MC-5	Magna Sirgas / Colombia Zona Bogotá EPSG: 3116	970151,042	1361661,836	1048,991	-90	0	11
MC3	Magna Sirgas / Colombia Zona Bogotá EPSG: 3116	970470,806	1362060,091	1068,664	-90	0	15
MC4	Magna Sirgas / Colombia Zona Bogotá EPSG: 3116	970495,766	1362045,468	1076,687	-90	0	15
MC-01-A	Magna Sirgas / Colombia Zona Bogotá EPSG: 3116	970137,966	1361668,764	1044,975	-90	0	7
MC-02-A	Magna Sirgas / Colombia Zona Bogotá EPSG: 3116	970147,524	1361676,315	1045,308	-90	0	18

Nivel Freático

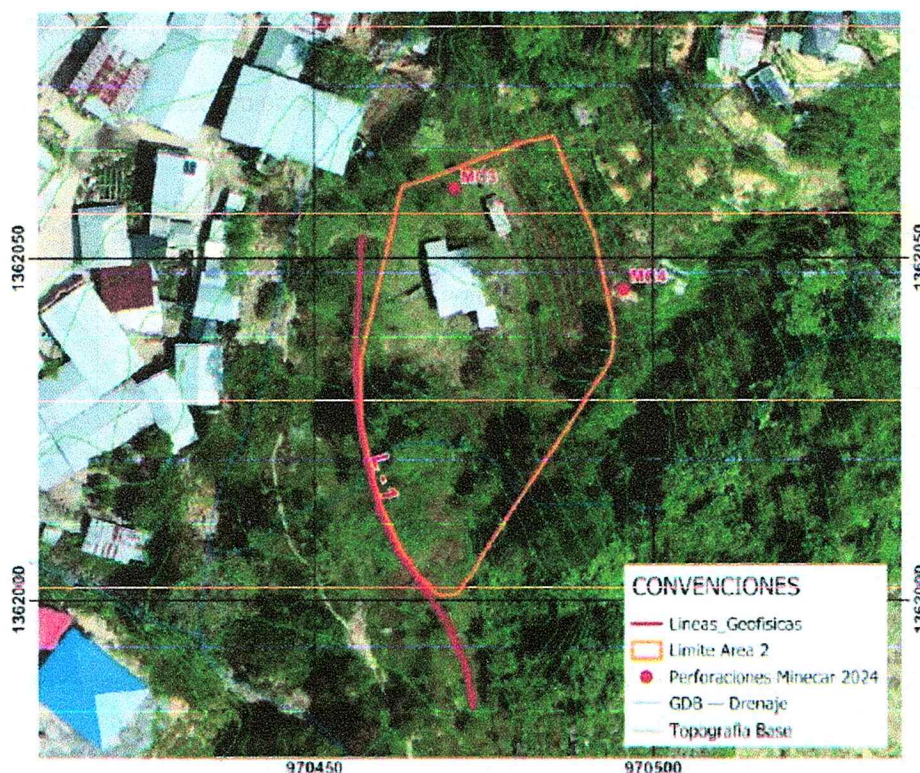
En la campaña de perforaciones, en el Área 2 se encontró el nivel freático a los 12 -14 metros en el pozo MC4. En los recorridos de campo y en los estudios anteriores, no se encontró nivel freático, sin embargo, debido a la historia geológica se estima que en épocas de invierno los niveles freáticos pueden ascender. Por lo tanto, para los análisis de estabilidad y demás cálculos involucrados en el diseño, se asume el nivel freático a una profundidad de 8 m en las zonas más bajas, para propiciar una condición más desfavorable y generar resultados más conservadores, teniendo en cuenta que se desconocen lecturas piezométricas durante la estación lluviosa del año.

Líneas Geofísicas

De forma complementaria a las perforaciones, se ejecutaron tres (3) líneas geofísicas, para obtener una estimación de la estratigrafía sísmica que sirve como base del análisis ingenieril y conceptos geológico-geotécnicos. En las Figuras se observan las ubicaciones de las líneas geofísicas en las áreas de estudio.



Área 1 Ubicación de las líneas geofísicas L2 y L4, depósito actual de relaves

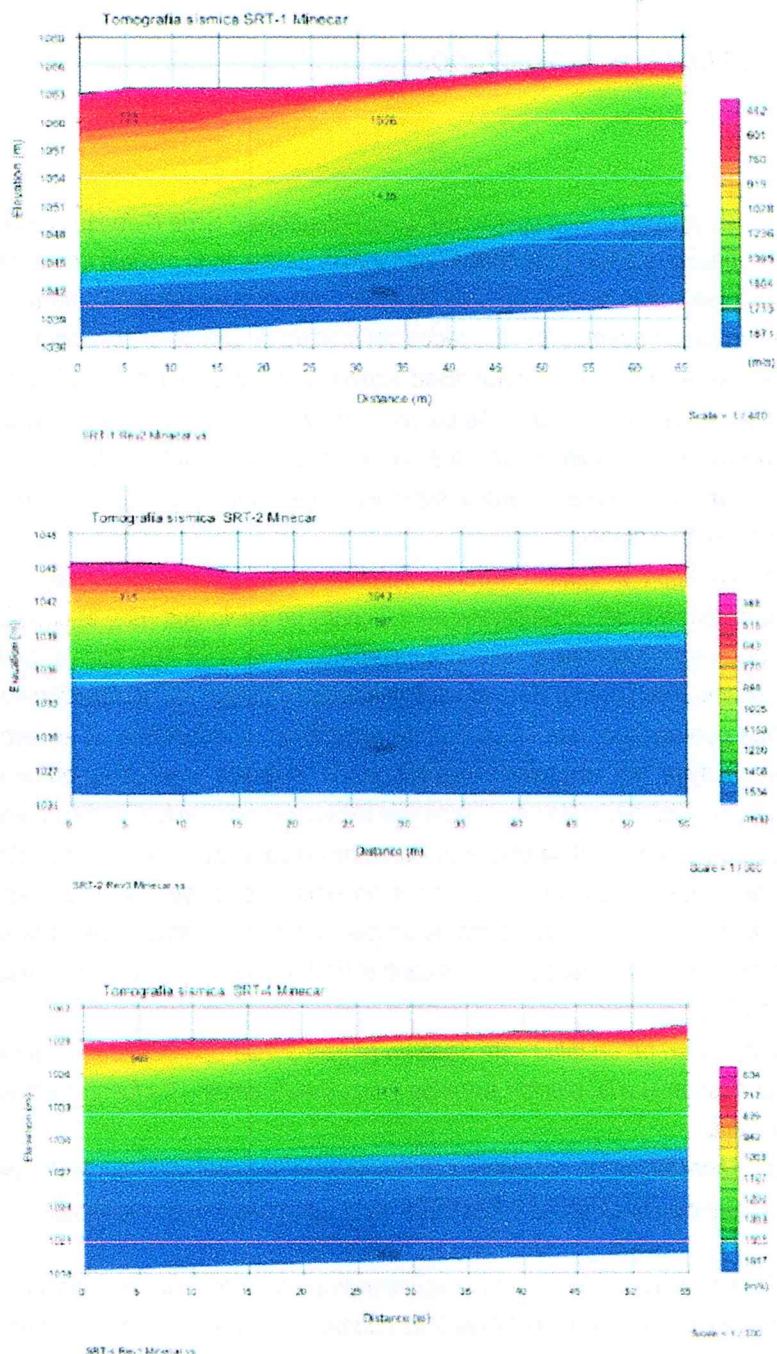


Área 2. Imagen aérea mostrando la ubicación de la línea geofísicas L1. Fuente Geominas 2024.

El ensayo ReMi permite establecer la velocidad de propagación de ondas de corte secundarias (ondas S) de los materiales existentes en la zona de interés. El ensayo MASW aparte de poder determinar las ondas secundarias permite intuir la propagación de las ondas primarias (Ondas P) a lo largo de la línea. La refracción sísmica permite conocer la velocidad de propagación de ondas longitudinales de compresión o primarias de los materiales existentes y los resultados del ensayo, interpretar la estratigrafía del sitio explorado a lo largo de la extensión de los geófonos con una profundidad que puede variar entre 1/3 y 2/3 de la longitud de la línea geofísica.

La exploración geofísica se ejecutó en tres etapas, una de reconocimiento y determinación de los puntos de interés, la ejecución de los ensayos en campo y finalmente la interpretación y elaboración de informe con resultados obtenidos.

En la Figura se observan perfiles de Tomografía Sísmica ejecutados en las áreas de estudio.



Perfiles de Tomografía Sísmica de las Líneas L1 (Área 2), L-2 y L4. (Área 1). Fuente Geominas 2024.

Consideraciones de la CSB.

De acuerdo a lo planteado por MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S, la ubicación de las relaveras área 1 y área 2 y los puntos de las campañas de perforaciones con sus respectivas líneas geofísicas, se puede concluir que estas áreas y puntos en su totalidad se encuentra dentro del área de sustracción definitiva de la reserva forestal del río Magdalena para el desarrollo de actividades de explotación minera otorgada por El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por medio de la Resolución No. 666 del 27 de abril del 2016, a favor del Ave. Colombia No. 10-27. Telefax. 6888339 - web - www.carcsb.gov.co Magangué Bolívar

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

Contrato de Concesión Minera No. JG4-16531. De igual manera se encuentran enunciadas dentro del estudio de impacto ambiental aprobado mediante resolución No. 0519 del 29 de agosto del 2023 expedida por la CSB.

ANÁLISIS DE INGENIERÍA

Aquí se muestra los análisis de ingeniería requeridos para los diseños de las alternativas planteadas.

ESTABILIDAD TALUDES DISEÑOS PROYECTADOS**Criterios de Diseño**

- Para evaluar la estabilidad de los taludes, se utilizó el software Slide 6 de la casa ROCSCIENCE, el cual arroja la superficie de falla más crítica (menor FS), partiendo el modelo en “dovelas” (método del equilibrio límite). Se usó la metodología de Spencer, que es considerado como uno de los métodos “exactos”. Se presentan además los resultados del método de Bishop simplificado.
- El nivel freático se analiza a una profundidad esperada. La posición del nivel freático fue asumida teniendo en cuenta las observaciones de campo y los datos de las perforaciones, puesto que no se identificaron afloramientos o fuentes de agua cercana a los taludes analizados.
- Se dio libertad al programa para generar la superficie de falla más crítica (circular, irregular, superficial o profunda, localizada o global).
- El análisis de estabilidad en condición Seudo-Estática se realizó con una aceleración pico en la roca $Aa=0,15g$, un coeficiente de amplificación de 1,2 (para un suelo tipo “C”), el cual fue definido en el diseño original (correspondiente a un $Kst/Amx=0,80$, de la NSR-10), con lo cual se obtuvo una aceleración horizontal de $0,144g$. Para efectos prácticos se utilizó una aceleración horizontal de 0.15 .
- Los parámetros geotécnicos para el análisis de estabilidad se adoptaron de acuerdo con el tipo de material, los ensayos de laboratorio realizados en estudios previos y en esta campaña de investigaciones, condiciones vistas en campo y la experiencia con este tipo de materiales.
- Para los Geotubos (hidrotubos) se utilizaron los datos de corte directos y otros análisis realizados en el depósito de relaves existente, junto con información de proyectos anteriores, utilizando una combinación del material contenido dentro de un geo sintético de características similares al utilizado en la construcción de los hidrotubos, en este caso el Fortex UX-135 de Geomatrix, mismos fabricantes de estos hidrotubos.
- El grado de estabilidad de un talud está dado en términos del Factor De Seguridad al deslizamiento, “FS”, el cual corresponde a la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes. Si $FS < 1,0$, se presenta la falla.
- Como criterio de aceptación, se considera que los factores de seguridad aceptables para el diseño son $FSe=1,35$; en condiciones estáticas y $FSs=1,05$ en condiciones Seudo - estáticas.

El nivel freático en el Área 1 se ubicó a los 8 metros, asumiendo el contacto de los relaves de hidrotubos inferior con los relaves antiguos. El nivel freático en el Área 2 se asumió en una posición de 8,0 m en promedio en las zonas bajas, esto teniendo en cuenta los registros de perforaciones y recorridos de campo, e interpolando el nivel en forma conservadora, pues en campo el nivel freático se observó a profundidades mayores a 12 m, sin embargo, al no conocer datos durante las estaciones lluviosas se optó por una profundidad menor. Para evitar el ascenso del nivel freático y disminución de los factores de seguridad se deberán realizar las obras de drenaje propuestas en este diseño como cunetas y filtros, las cuales atienden el nivel de agua encontrado.

Resultados del Análisis de Estabilidad

En la Tabla, se presenta el resumen de los factores de seguridad obtenidos en los diferentes modelos y escenarios analizados, y entre la Figura 1 a la Figura 21, se presentan los análisis realizados. Tal como se mencionó, se estableció como lineamiento de cumplimiento que el factor de seguridad estático debe ser mayor a 1,35 y el seudo estático a 1.05.

Resumen Factores de Seguridad Taludes.

Escenario	Superficie de falla	Condición	Factor seguridad
Área 1. Depósito Actual	Talud Relaves	Estática	2.107
	Talud Relaves	Seudo Estático	1.434
	Talud Superior	Estática	1.755
	Talud Superior	Seudo Estático	1.284
Área 1. Depósito Proyectado a cota 1057	Talud Relaves	Estática	1.714
	Talud Relaves	Seudo Estático	1.216
	Global	Exceso P. Poro	1.102
	Talud Superior	Estática	2.467
Área 2. Terreno inicial	Talud Superior	Seudo Estático	2.009
	Global	Estática	1.897
	Global	Seudo Estático	1.435
	Global	Estática	1.233
Área 2. Terreno excavado a cota 1065	Global	Seudo Estático	1.058
	Global	Estática	1.408
Área 2. Alternativa hidrotubos con excavación a 1065 m	Global	Seudo Estático	1.114
	Global	Exceso P. Poro	1.114
	Global	Estática	1.51
Área 2. Alternativa Relaves Compactados, escenario 1 sin excavación	Global	Seudo Estático	1.169
	Global	Estática	1.422
Área 2. Alternativa Relaves Compactados, escenario 2 excavación a 1065	Global	Seudo Estático	1.191
	Global	Exceso P. Poro	1.175

Área 1. Análisis de Estabilidad

Factor de seguridad de construcción para taludes temporales menores a 6 meses: FS 1.2 para condición Estática, y FS 1.0 en condición Seudo – Estática utilizando el 50% del sismo de diseño, aceleración según la NSR-10. Para este caso se utilizó un coeficiente sísmico horizontal de 0.15.

Área 1. Análisis de Estabilidad condiciones iniciales

En la Figura 1, se muestra el resultado obtenido del análisis de estabilidad del área 1 en su condición inicial, con un FS estático=2.107 en el talud de los relaves almacenados en hidrotubos, y en la Figura 2 se muestra el análisis en condición Seudo-Estática, con un FS= 1.434.

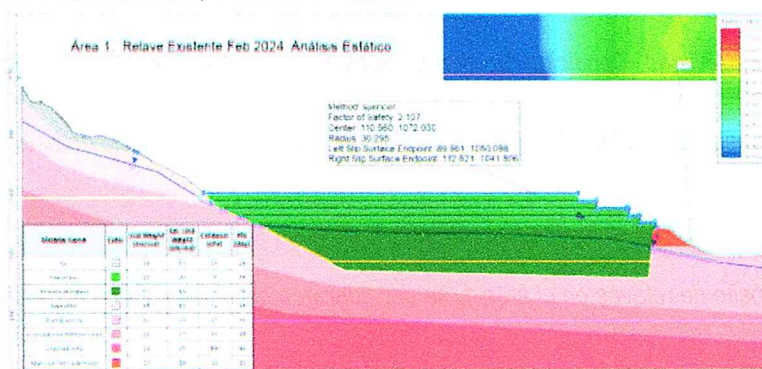


Figura 1. Análisis de Estabilidad. Condición Estática Área 1 – Sección A – A'.

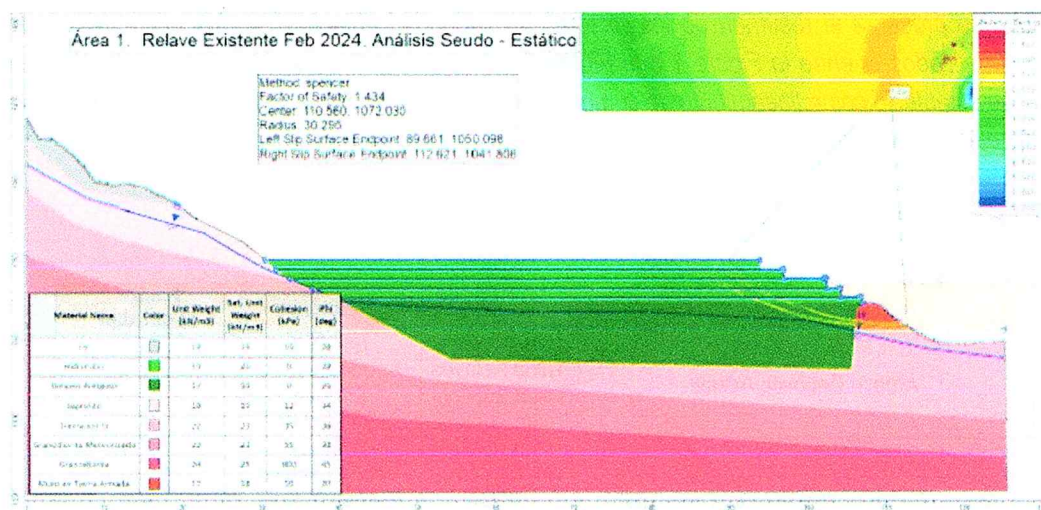


Figura 2. Análisis de Estabilidad. Condición Seudo - Estática Área 1 – Sección A – A'.

En la Figura 3, se muestra el resultado obtenido del análisis de estabilidad del talud superior del área 1, de acuerdo con este se tiene un $FSe=1.755$ en condición estática, y en la Figura 4 se muestra el análisis en condición Seudo- Estática, con un $FSe= 1.284$.

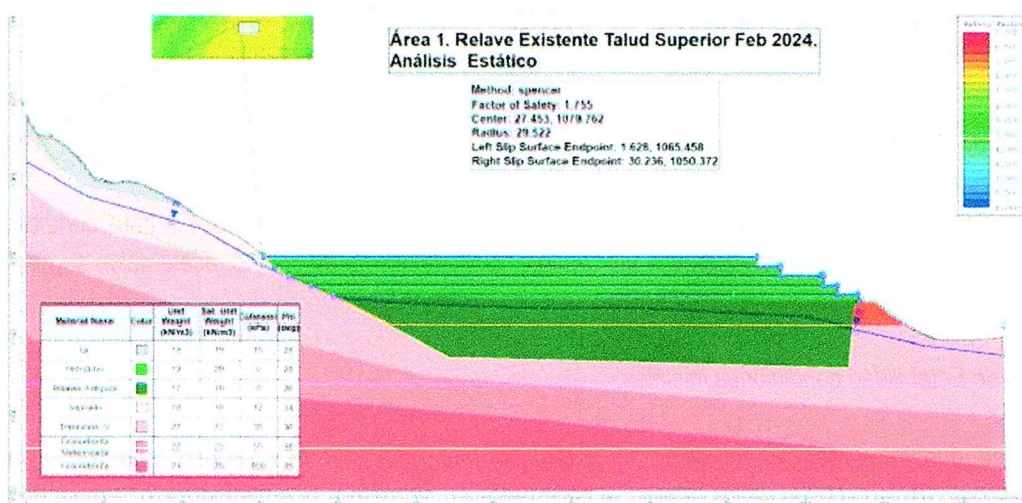


Figura 3. Análisis de Estabilidad. Condición Estática Área 1 Talud Superior – Sección A – A'.

Figura 4. Análisis de Estabilidad. Condición Seudo - Estática Área 1 Talud Superior – Sección A – A'.

Estas condiciones corresponden al emplazamiento de relaves al momento del inicio de este estudio.

Área 1, Relave Proyectado a cota 1057 m

Para continuar el depósito de relaves en el área 1, se consideraron las siguientes características:

- Depósito dentro de hidrotubos, dando continuidad al método de disposición actual.
- Pendiente máxima de taludes de H2:V1 en el talud frontal del depósito.
- Talud interno del depósito utilizará como respaldo la pendiente natural del terreno.
- Perfilado de capa vegetal en las áreas proyectadas de elevación del depósito,
- Infraestructura de la mina MINECAR, Planta de beneficio, oficinas campamentos.

Ave. Colombia No. 10-27. Telefax. 6888339 - web - www.carcsb.gov.co Magangué Bolívar

- Pendiente de superficie aparente de los hidrotubos del 1% hacia el talud interno natural.
- Producción diaria de 80 toneladas de relaves

En la Figura 5 y Figura 6 se observan los análisis estáticos FSe 1.714 y pseudo- estático FSs 1.216 respectivamente, para el talud con hidrotubos hasta la cota 1057.

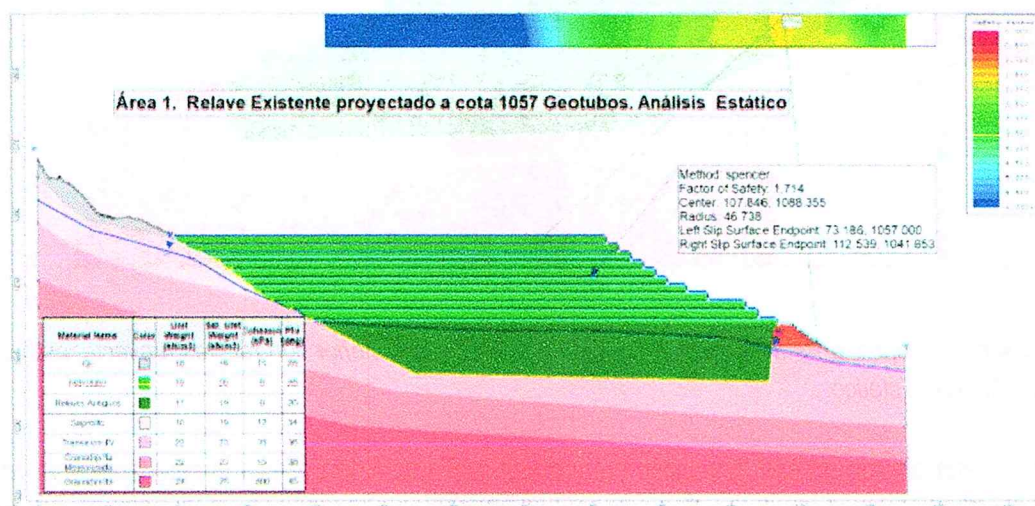


Figura 5. Área 1. Deposito Relaves Actual. Sección A – A' Relaves proyectados hasta la cota 1057, Análisis Estático.

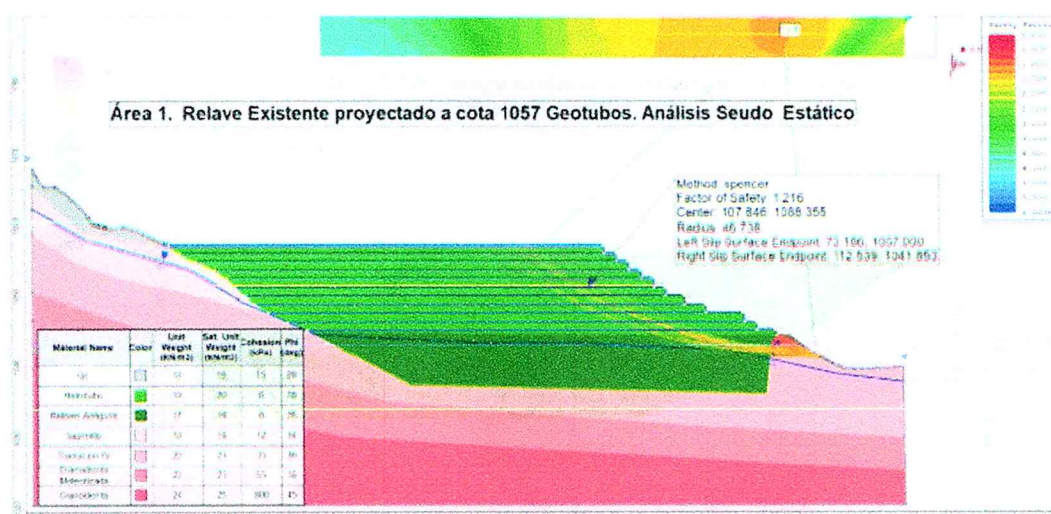


Figura 6. Área 1. Deposito Relaves Actual. Sección A – A' Relaves proyectados hasta la cota 1057, Análisis Seudo – Estático.

En el talud superior, los factores de seguridad cumplen, generando un aumento considerable con FS estático de 2.467 y FS seudo – estático de 2.009.

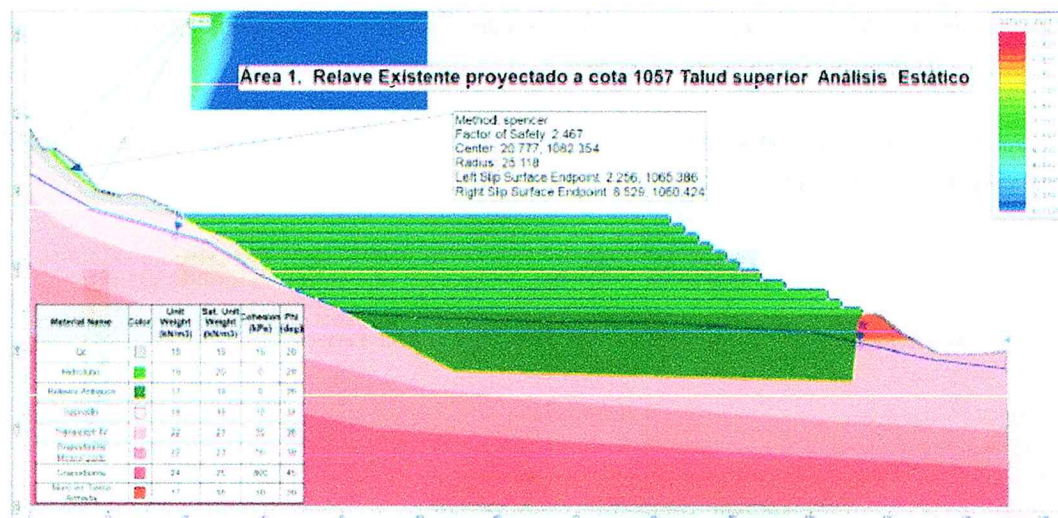


Figura 7. Área 1. Deposito Relaves Actual. Sección A – A' Talud superior con relaves proyectados hasta la cota 1057, Análisis Estático.

En cuanto al análisis con exceso de presión de poro, en la Figura 8 se observa el perfil analizado, el cual requiere modificar el actual relleno en fibra y tierra por una estructura tipo gavión y un suelo de relleno con material tipo Transición IV o de mejor calidad; se escogió el material de relleno tipo Transición IV por ser el que se presenta como fundación en el área. Con estas características se presenta un FSS = 1.102.

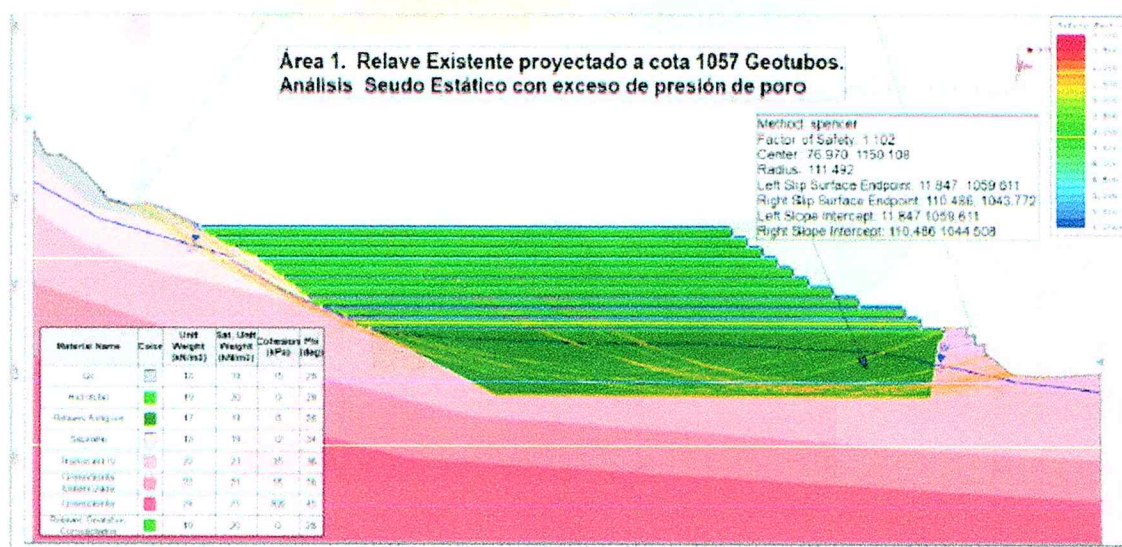


Figura 8 Área 1. Deposito Relaves Actual. Sección A – A' Talud superior con relaves proyectados hasta la cota 1057, Análisis Seudo – Estático con Exceso de presión de poro.

Cabe anotar que este análisis es un tipo de condición extrema, y que al momento de presentar este informe se han ubicado niveles superiores de hidrotubos, los cuales se han ido consolidando a medida que se deshidratan, lo cual mejora las características geotécnicas del perfil.

Área 2. Análisis de Estabilidad.

Para los análisis de estabilidad el Área 2 como depósito de relaves, se consideraron las siguientes restricciones y condicionantes:

Ave. Colombia No. 10-27. Telefax. 6888339 - web - www.carcsb.gov.co Magangué Bolívar

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

- Retiro del Material de corte ubicado en el área.
- Retiro de materia orgánica y material de overburden, hasta una profundidad mínima de 1 metro, para garantizar condiciones óptimas de depósito.
- Producción diaria de 80 toneladas de relaves.
- Infraestructura y distancia desde la mina MINECAR, Planta de beneficio, oficinas campamentos.
- Restricciones Ambientales de retiro mínimo desde los cuerpos de agua presente en el área.
- Área de sustracción autorizada.
- Información topográfica recibida, correspondiente al área permitida para el depósito.

Con estas características, se plantearon las siguientes alternativas de construcción:

Alternativa de construcción 1: Depósito de relave por llenado de hidrotubos, con un perfil excavado y nivelado:

- Llenado y colocación de hidrotubos con el mismo método utilizado actualmente en el depósito de relaves del Área 1.
- Ubicación de hidrotubos con dimensiones de perímetro 13.5 m, y longitudes variables de 12, 18, 24 y 28 m.
- Altura promedio de los geotubos una vez deshidratados de 1.15 m (esta altura se estimó basados en las observaciones de campo y las topografías recibidas del actual depósito de relaves en el Área 1).
- Cota base de nivelación 1065, por encima del nivel freático. Esta cota permite la recolección de las aguas de contacto infiltradas a partir de la deshidratación de los hidrotubos por medio de gravedad, sin requerir sistemas de bombeo adicionales. Inicialmente se había incluido una alternativa de ubicación de los hidrotubos sobre el terreno en pendiente y solo nivelando el material en forma mínima; sin embargo, por el tamaño de los hidrotubos y el esfuerzo a realizar, se prefiere ir directamente a la opción con excavación hasta la cota 1065.
- Pendiente máxima global H1:V1 en la cara externa del talud de los hidrotubos, considerando control constructivo estricto desde el momento de la construcción.

Alternativa de construcción 2: Depósito de relaves deshidratados y compactados debido a que la conformación del depósito se logra por medios constructivos utilizando maquinaria disponible en el área, se plantean dos escenarios, uno (1) ubicación de los relaves deshidratados directamente sobre la superficie nivelada una vez se haya retirado el material de corte y se haya descapotado la materia orgánica, siguiendo la pendiente natural del terreno, y dos (2) ubicación de los relaves deshidratados hasta el corte de la nivelación en la cota 1065, tal como se hace en la alternativa 1, y de esa forma aumentar la capacidad de almacenamiento del depósito.

- Deshidratación previa de los relaves antes de ser transportados hacia el depósito.
- Compactación de los relaves en capas de 50 cm. al 95% de la densidad óptima.
- Reforzamiento con geo - sintético tipo Geomalla cada 2 metros de altura, con longitud de 12 metros desde la cara externa del talud para el escenario (1), y 14 metros para el escenario (2).
- Geomalla uniaxial UX-300 de la casa Geomatrix o similar.
- Humedad de compactación óptima del 12.73 %, la cual fue calculada a partir de ensayos Proctor realizados en los relaves de MINECAR
- Talud frontal externo con pendiente 0.5H:1V.
- Altura del talud máxima con respecto al terreno original: 13.5 m.

Área 2. Condiciones Iniciales

Ave. Colombia No. 10-27. Telefax. 6888339 - web - www.carsb.gov.co Magangué Bolívar

En la Figura 9 y Figura 10 se observan los análisis estáticos y pseudo estáticos respectivamente del terreno en condición inicial, con $FS_e = 1.897$ y $FS_s = 1.435$.

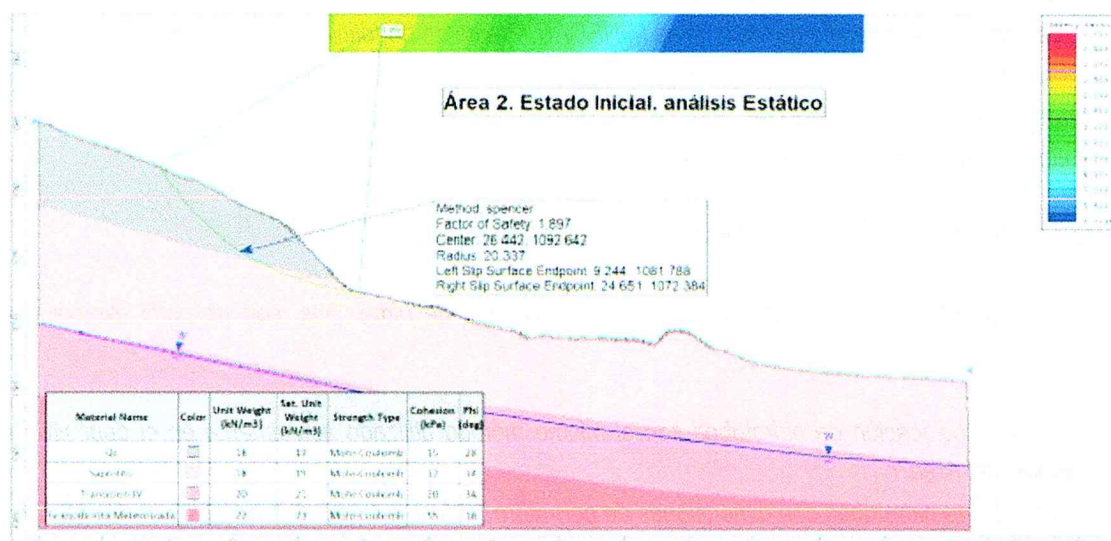


Figura 9. Área 2. Sección B – B' Terreno Actual, Análisis Estático.

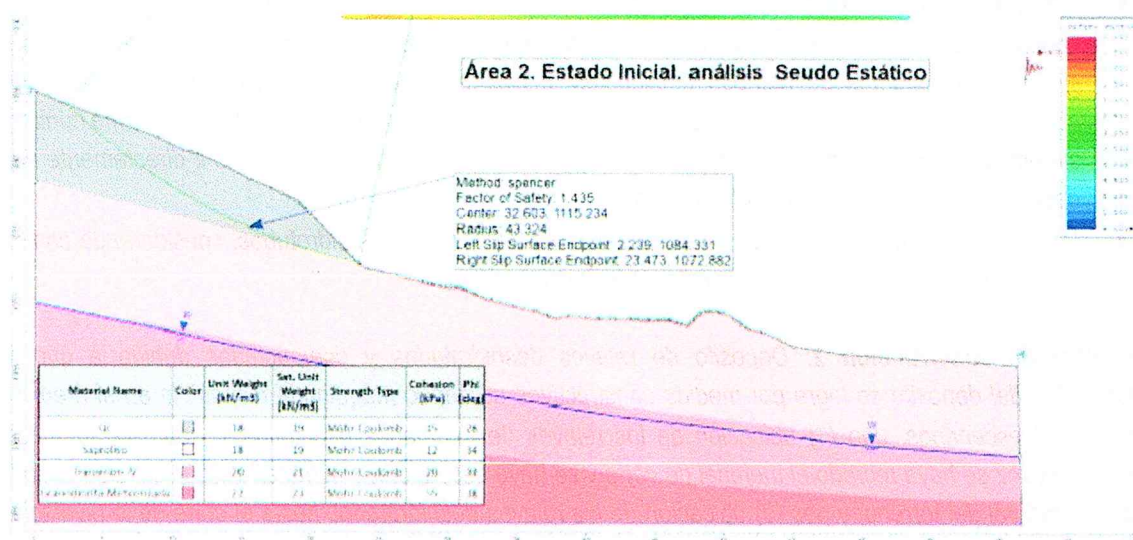


Figura 10. Área 2. Sección B – B' Terreno Actual, Análisis Seudo – Estático.

Área 2 Alternativa 1. Hidrotubos

Para lograr ubicar los hidrotubos a su máxima capacidad, se propone un corte hasta la cota 1065, para lo cual se realizó un análisis de estabilidad de un talud temporal durante el acondicionamiento de esta fundación, con las siguientes características:

- Talud interno de la excavación con pendiente máxima H 0.8: V1, con el sector superior con pendiente H 1: V1 para permitir una mejor ubicación de los geotubos.
- Nivel freático inferior a la cota máxima de excavación, en este caso 1065.

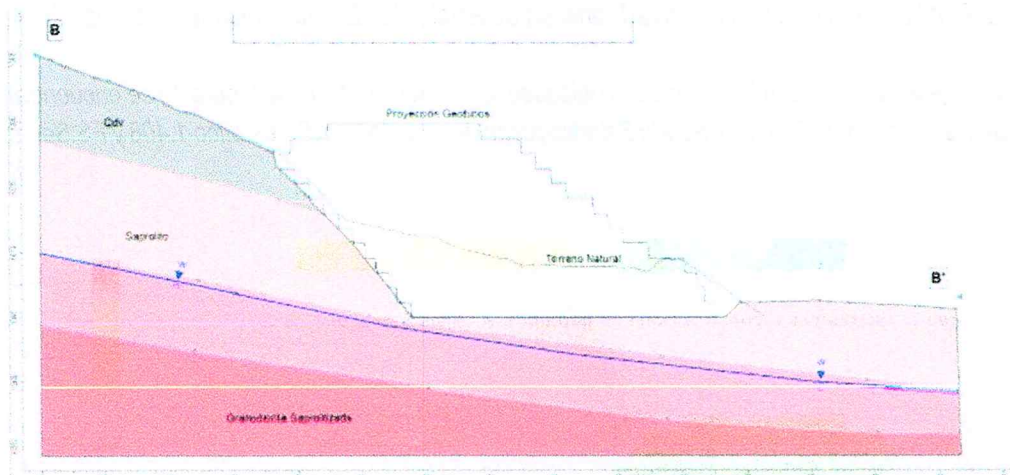


Figura 11. Área 2. Perfil Geotécnico utilizado para los análisis de estabilidad de la excavación temporal para la Alternativa de construcción 1 excavada hasta la cota 1065. Fuente Geominas 2024.

Del análisis de estabilidad se obtuvieron FSe 1.233 y FSs 1.058, como se observa en las Figura 12 y Figura 13 respectivamente.

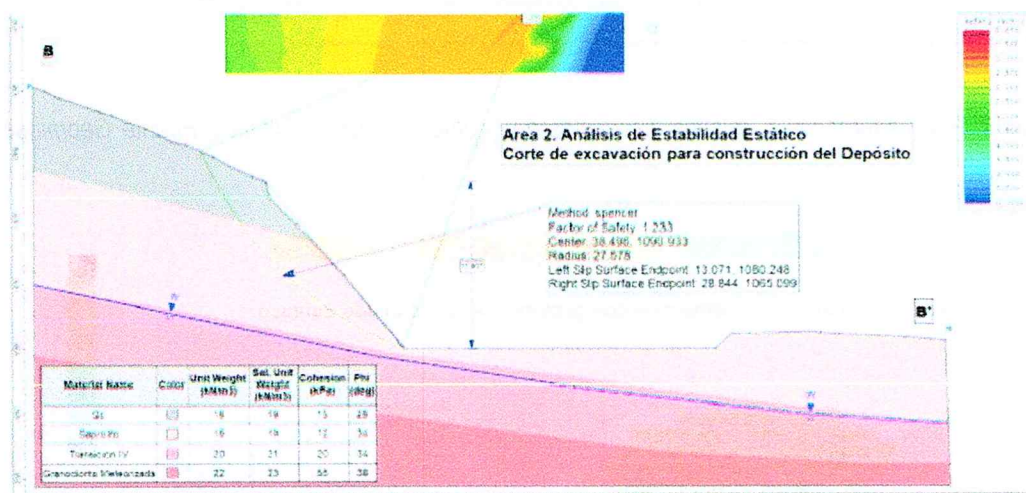


Figura 12. Área 2. Perfil de excavación Alternativa 1, análisis de Estabilidad Estático. Fuente Geominas 2024.

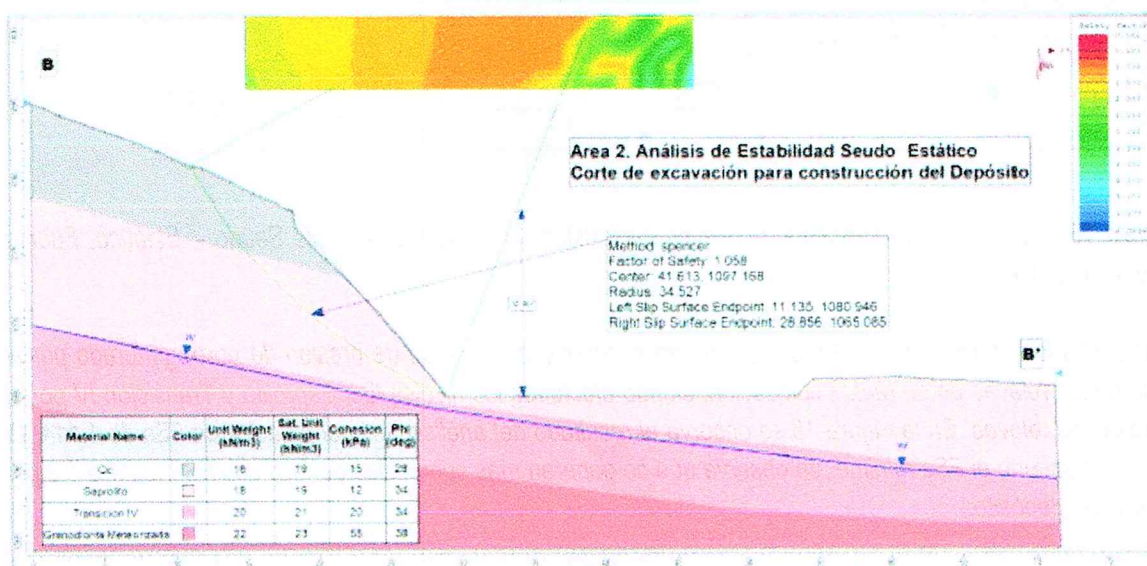


Figura 13. Área 2. Perfil de excavación Alternativa 1, análisis de Estabilidad Estático. Fuente Geominas 2024.

En cuanto al análisis de estabilidad con los hidrotubos ubicados, en la Figura 14 y en la Figura 15 se encuentran los resultados para los escenarios Estático y Seudo Estático respectivamente, con FS estático 1.408 y FS Seudo Estático 1.114.

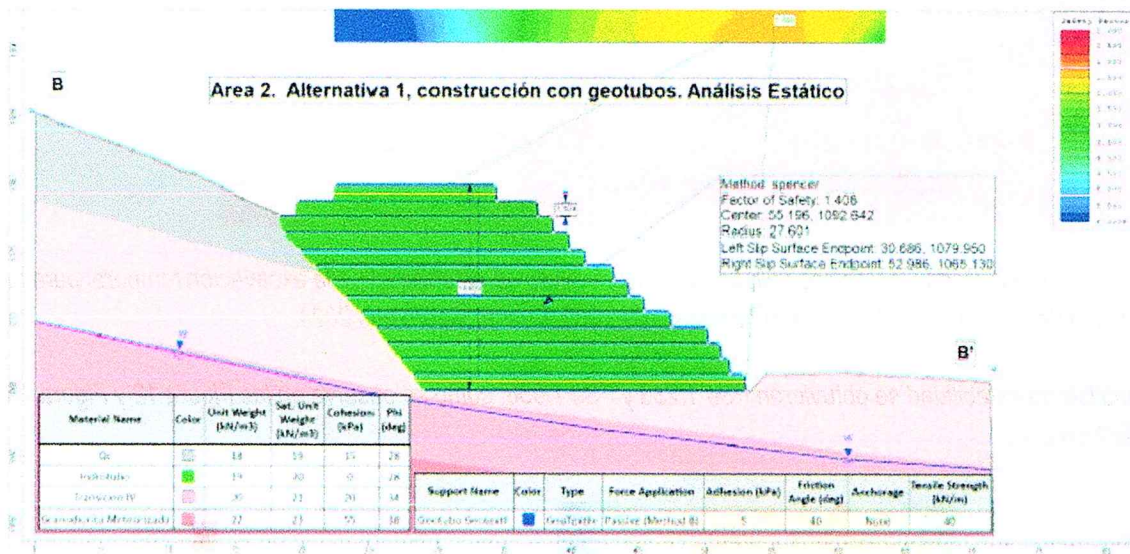


Figura 14. Área 2. Perfil Alternativa 1, relaves dispuestos en geotubos. Análisis Estático, Fuente Geominas 2024.

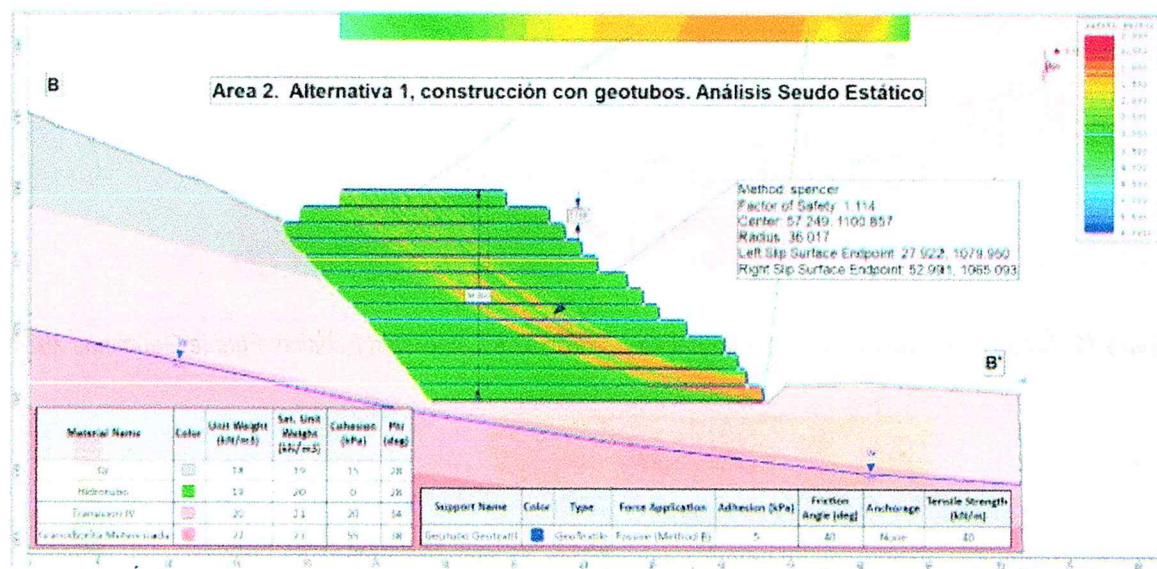


Figura 15. Área 2. Perfil Alternativa 1, relaves dispuestos en geotubos. Análisis Seudo – Estático. Fuente Geominas 2024.

Adicional a los análisis anteriores, se revisó otro escenario con exceso de presión de poro, generado por el peso de los relaves en su rápida colocación, siendo afectados los niveles Qc, Saprolito y Transición IV por el peso de los relaves. En la Figura 16 se observa el resultado del análisis, el cual muestra un FSs de 1.114. Si bien se mantiene el FSs mínimo, se observa que se generan más superficies de falla con FS menor a 1.2 por debajo del depósito.

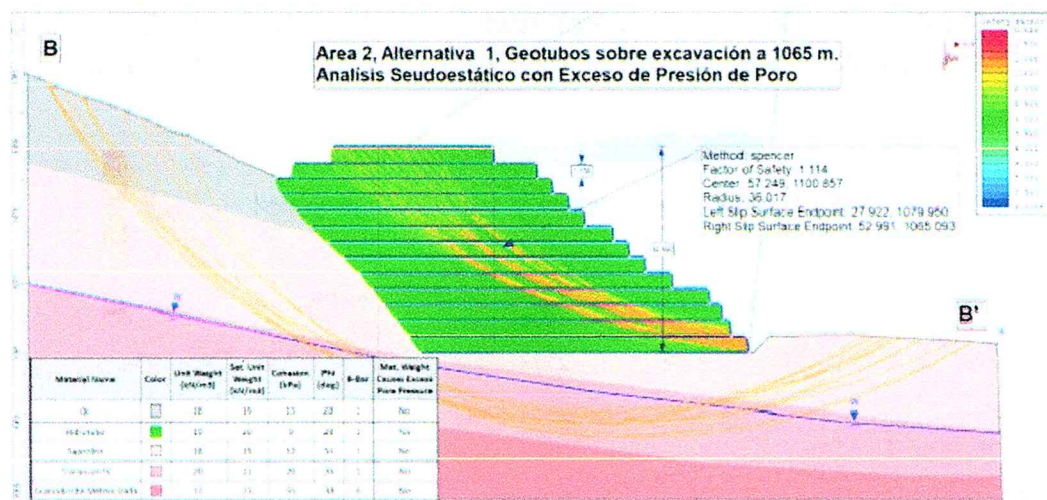


Figura 16. Área 2. Perfil Alternativa 1, relaves dispuestos en geotubos. Análisis Seudo – Estático con exceso de presión de poro. Fuente Geominas 2024.

Área 2 Alternativa 2. Relaves deshidratados reforzados con Geomalla

En la Figura 17 y Figura 18 se observan los análisis estáticos y seudo - estáticos respectivamente para el escenario (1) de la Alternativa 2, con $F_{Se} = 1.511$ y $F_{Ss} = 1.169$ respectivamente.

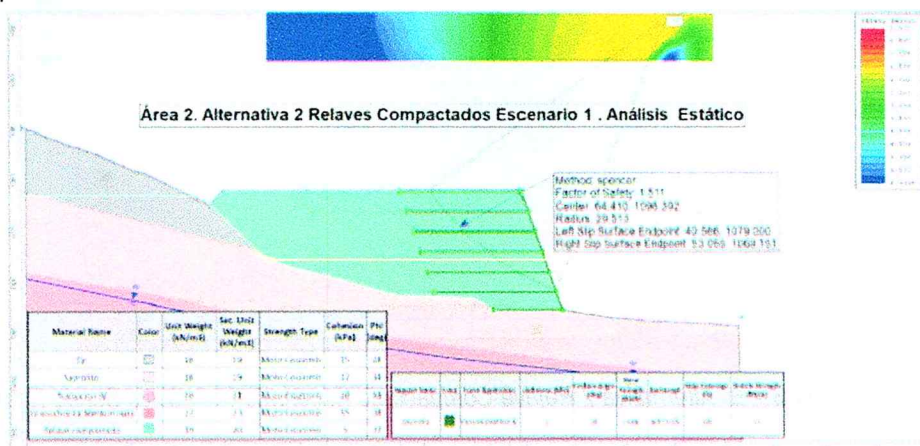


Figura 17. Área 2. Alternativa 2 Relave Compactado Escenario 1, Análisis Estático.

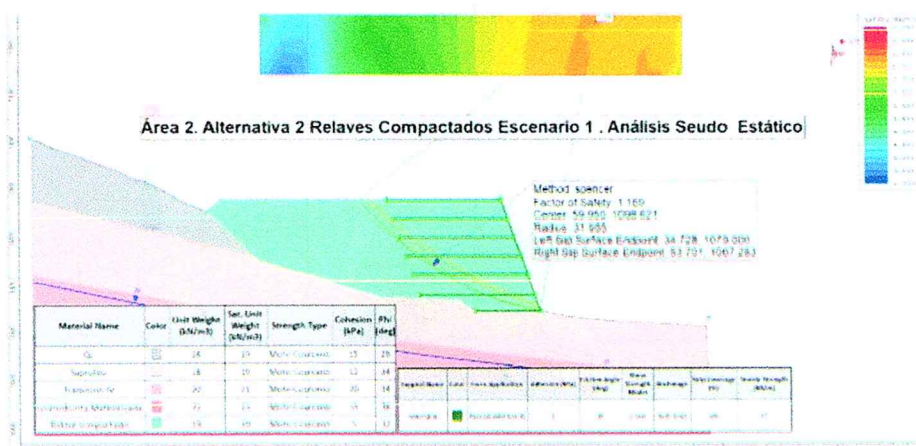


Figura 18. Área 2. Sección B – B Alternativa 2 Relave Compactado Escenario 1, Análisis Seudo Estático.

En la Figura 19 y Figura 20 se observan los análisis estáticos y pseudo - estáticos respectivamente para el escenario (2) de la Alternativa relaves compactados, con $FS_e = 1.422$ y $FS_s = 1.191$ respectivamente.

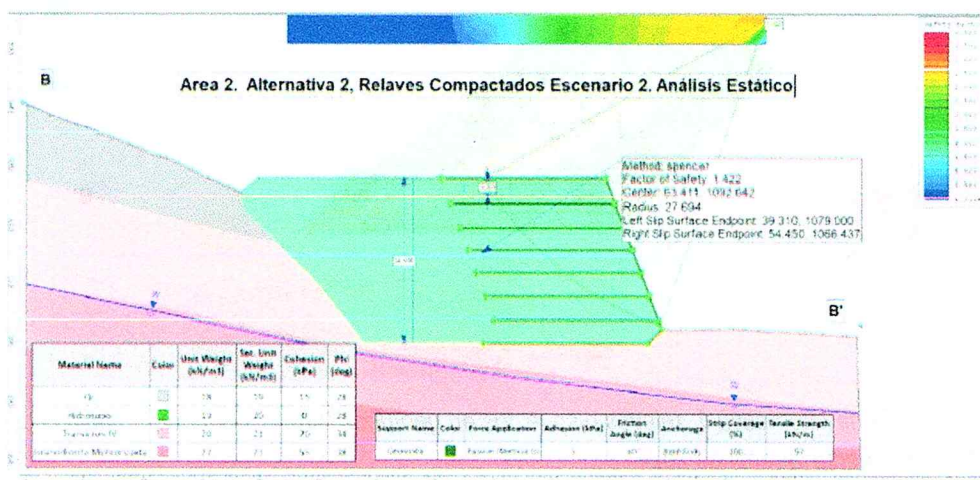


Figura 19. Área 2. Alternativa 2 Relave Compactado Escenario 2, Análisis Estático.

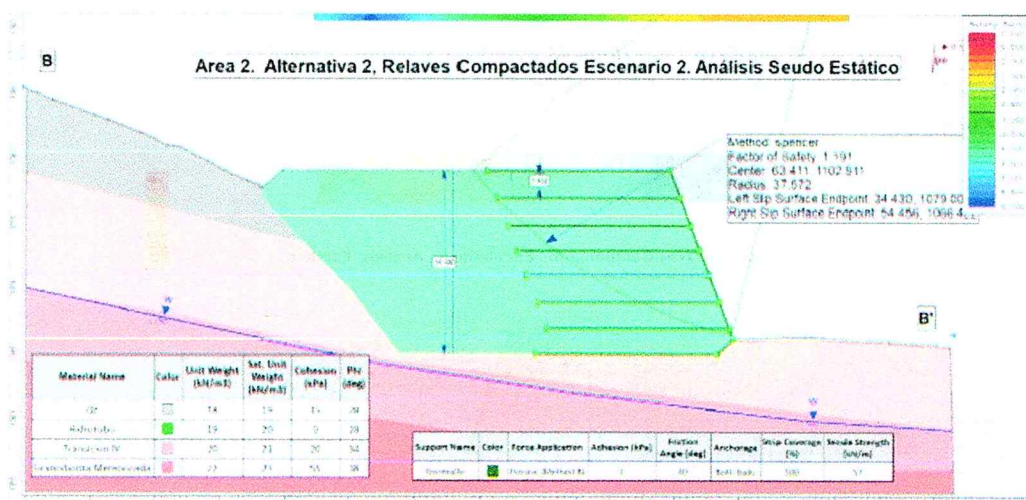


Figura 20. Área 2. Sección B – B' Alternativa 2 Relave Compactado Escenario 2, Análisis Pseudo Estático.

Adicional a los análisis anteriores, se corrió otro escenario con exceso de presión de poro, generado por el peso de los relaves en su rápida colocación, siendo afectados los niveles Qc, Saprolito y Transición IV p. En la Figura 39 se observa el resultado del análisis, con un FS_s de 1.175.

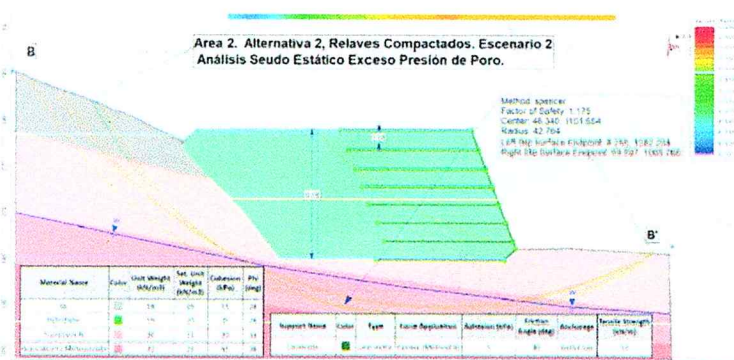


Figura 21. Área 2. Alternativa 2 Relave Compactado Escenario 2, Análisis Seudo Estático con exceso de presión de poro.

Consideraciones de la CSB.

Se analizaron los datos obtenidos en las distintas modelaciones para el análisis de estabilidad de lo cual se sacaron las siguientes conclusiones por área:

Area 1.

- Actualmente es la que están utilizando
- Se estableció como lineamiento de cumplimiento que el factor de seguridad estático debe ser mayor a 1,35 y el seudo estático a 1.05.
- Que analizando los resultados el factor de seguridad estático y el seudo estático para las condiciones iniciales y para el deposito proyectado a cota 1057, cumplieron con los valores establecidos,

Area 2.

Actualmente esta alternativa no se ha desarrollado.

En esta área se proponen dos alternativas.

Alternativa de construcción 1: Depósito de relave por llenado de hidrotubos, con un perfil excavado y nivelado.

Alternativa de construcción 2: Depósito de relaves deshidratados y compactados debido a que la conformación del depósito se logra por medios constructivos utilizando maquinaria disponible en el área, se plantean dos escenarios, uno (1) ubicación de los relaves deshidratados directamente sobre la superficie nivelada una vez se haya retirado el material de corte y se haya descapotado la materia orgánica, siguiendo la pendiente natural del terreno, y dos (2) ubicación de los relaves deshidratados hasta el corte de la nivelación en la cota 1065, tal como se hace en la alternativa 1, y de esa forma aumentar la capacidad de almacenamiento del depósito.

SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN POR GEOMEMBRANA.

La base de fundación y taludes que entren en contacto con el terreno natural se deben impermeabilizar de las aguas de infiltración provenientes de la deshidratación de los relaves depositados. En la industria minera se ha generalizado el uso de geo sintéticos tipo geomembrana, los cuáles permiten el fácil moldeado a cualquier tipo de superficie y su instalación en taludes con alta inclinación. El termino geomembrana utilizado en este informe es el provisto en el documento ASTM D 4439, el cual la define como un geo sintético esencialmente impermeable compuesto de una o más láminas sintéticas.

La geomembrana cubre toda el área donde los relaves pueden entrar en contacto con el terreno natural. La geomembrana debe tener un espesor mínimo de 1.5 mm, 60 mills, construida en polietileno de alta densidad (HDPE). En la siguiente Tabla se encuentran las especificaciones técnicas de la geomembrana:

Tabla Especificaciones Técnicas de la geomembrana.

	Nombre	Norma	Unidad	Valor
Propiedades Mecánicas	Resistencia a la rotura	ASTM D6603 Tipo IV	N/mm	40
	Elongación a la rotura	ASTM D6603 Tipo IV	%	600
	Resistencia al rasgado	ASTM D1004	N	150
	Resistencia al punzonamiento	ASTM D4833	N	370
Propiedades Físicas	Espesor Nominal	-	mm	1.5
	Espesor promedio mínimo	ASTM D5199	mm	1.35
	Densidad	ASTM D1505 / D792	g/cm ³	>0.939
	Contenido negro de humo	ASTM D1603 / D4218	%	2.0 - 3.0
	Tiempo de inducción a la oxidación	ASTM D3895, 200 °C	Minutos	>100
	Envejecimiento al horno 85 °C 90 días	ASTM D5721	%	>35/60
	Retención OIT (ASTM D3895 o D5885)	ASTM D5721	%	>35/60
	Envejecimiento UltraVioleta 1600 hrs OIT retenido	ASTM D5885	%	>60

La superficie 3D calculada a ser cubierta por la geomembrana equivale a 1970 m².

Ave. Colombia No. 10-27. Telefax. 6888339 - web - www.carcsb.gov.co Magangué Bolívar

Modelación Hidrotubos, Máxima Capacidad

Conocido el máximo sólido posible, se generaron capas vectoriales de los distintos niveles de construcción, para encajar hidrotubos y así modelar una distribución más precisa. Esta distribución contó con los siguientes parámetros:

- Hidrotubos de largo variable y ancho/circunferencia fija: 28 x 6 m, 14 x 6 m y 10 x 6 m. Los hidrotubos utilizados son de la casa Geomatrix, tipo Hydrotex 150. El ancho de 6 metros equivale a un perímetro de 13.5 m. De los datos observados en campo la altura final promedio, una vez alcanzada la deshidratación del hidrotubo es de 1.15 m.
- Once (11) Niveles de Hidrotubos, arrancando el nivel 01 en la cota 1043.35, hasta el Nivel 11 en la cota base 1055.85 (con altura del hidrotubo llega hasta la cota 1057).
- Llenado de vacíos dejados durante la colocación de los hidrotubos por medio de geobags de 1 m X 1 m x 1.15 m (largo, ancho y alto) y costales de 25 litros o similares.
- Hidrotubos distribuidos preferiblemente paralelos al perfil más crítico, en este caso en dirección N 35-45 W, Los hidrotubos se pueden ubicar a 90 grados de esta dirección para facilitar el ascenso de los niveles, en aquellas zonas donde por su longitud no sea posible su ubicación.

Con los niveles ocupados, se generó un nuevo DEM, con nombre "Relave_proyeccion_1057m_geotubos.tiff" para el cálculo volumétrico, y se utilizó nuevamente como base el DEM "topo_febrero_2024_DEM.tiff". El cálculo volumétrico fue de 28945 m3.

Volume Calculator

Input Layers

Areas (Polygon Layer)

Limite Niveles

DEM Height Layer

Relave_proyeccion_1057m_geotubos

Band:

1

Optional Output Options

☒ Add/Update Volume As Field

Above Name:

Below Name:

Log

23.28.29

Polygon Layer: Limite Niveles

Height Layer:

Relave_proyeccion_1057m_geotubos

Base Line Option: Use a SECOND DEM layer as a base

Counting Option: Count both, above and below (cut/fill)

Step Size X: 0.2

Step Size Y: 0.2

DEM Base Layer

topo_febrero_2024_DEM

Band:

1

0.00 Base Level (m)

Type of Volume Calculation

Simple Mean Value (test, but problematic at cut/fill)

Accurate Approximation (slower, but more options)

Counting Method

Count both, above and below (cut/fill)

Sampling Step Size

X 0.20 Y 0.20

Decimal Places in Output

1

Run 100% Cancel

Save Log Clear Log

Help About Close

Polygon Id: 0

Above Volume (m3): 28945.1

Below Volume (m3): 638.4

Figura 22. Detalle de cálculo volumétrico del Área 1 por medio de niveles ocupados por hidrotubos, utilizando el Software QGIS 3.36. Fuente Geominas, 2024.

Este volumen equivale a una capacidad de 57890 toneladas. En la Figura 23 se observa los detalles en planta y 3D de la proyección de hidrotubos hasta la cota 1057.

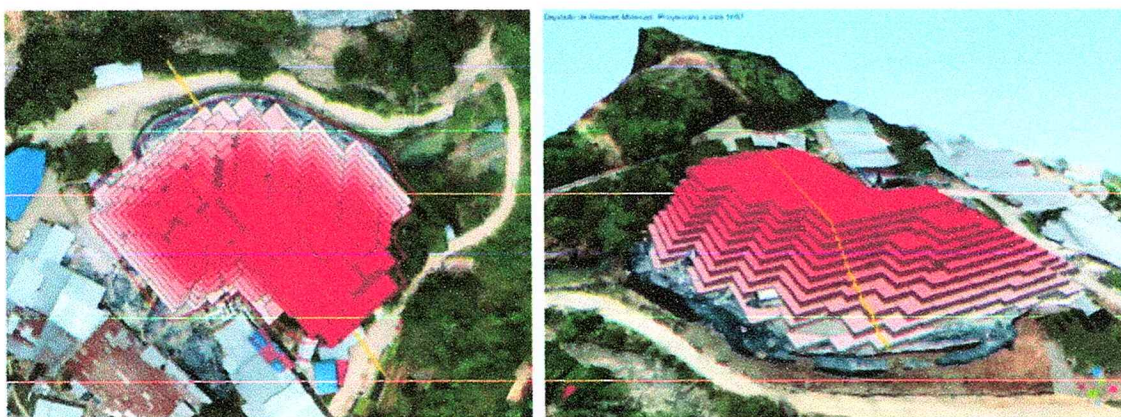


Figura 23. Detalle en planta y 3D de distribución de hidrotubos con altura máxima de 1057 m, utilizado en la alternativa de relaves proyectados en el Área 1. La línea amarilla corresponde al perfil utilizado en los análisis de estabilidad. Fuente Geominas, 2024.

Se debe mencionar que esta proyección al ocupar el máximo del área definida requiere un relleno adicional en la base hacia el lado oeste, nivel 01 cota 1044.35. Para esto se sugiere una estructura tipo gavión, por la facilidad de construcción y la menor utilización de espacio durante su construcción.

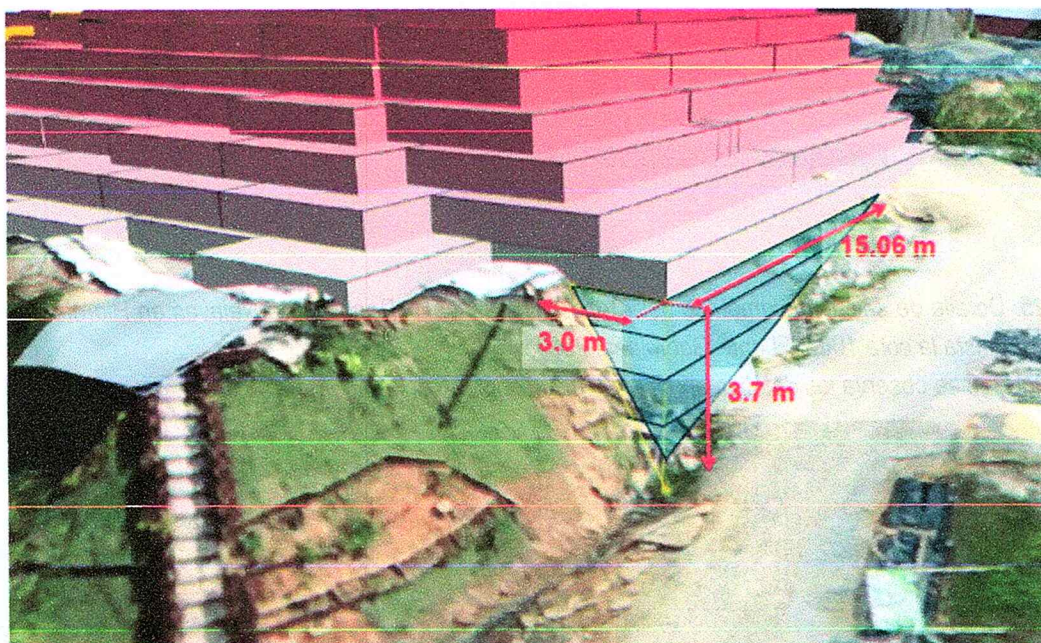


Figura 24. Detalle de Relleno requerido en la base del nivel 01, cota 1044.35, para alternativa de llenado máximo con hidrotubos. Fuente Geominas, 2024.

Volumen Calculado Área 2, Alternativa 1 (2-1)

El volumen del depósito de relaves proyectado en el área 2 para la alternativa 1, que de ahora en adelante llamaremos Alternativa 2-1, depósito por medio de hidrotubos hasta la cota 1065, se calculó utilizando modelos digitales de elevación (DEM) generados a partir de las topografías recibidas de MINECAR, y el DEM generado a partir del modelo planteado. Los softwares utilizados para estos cálculos fueron QGIS 3.36 y Civil 3D.

Para maximizar el volumen de relaves a depositar, se plantea una excavación hasta la cota 1065, respetando los parámetros de diseño, factores de seguridad para taludes temporales y el nivel freático estimado en el área.

Con esta alternativa el volumen llega a 9850 m³, lo que equivale a 19700 ton para una producción de 246 días.
En la Figura 72 se puede observar el detalle de los cálculos volumétricos

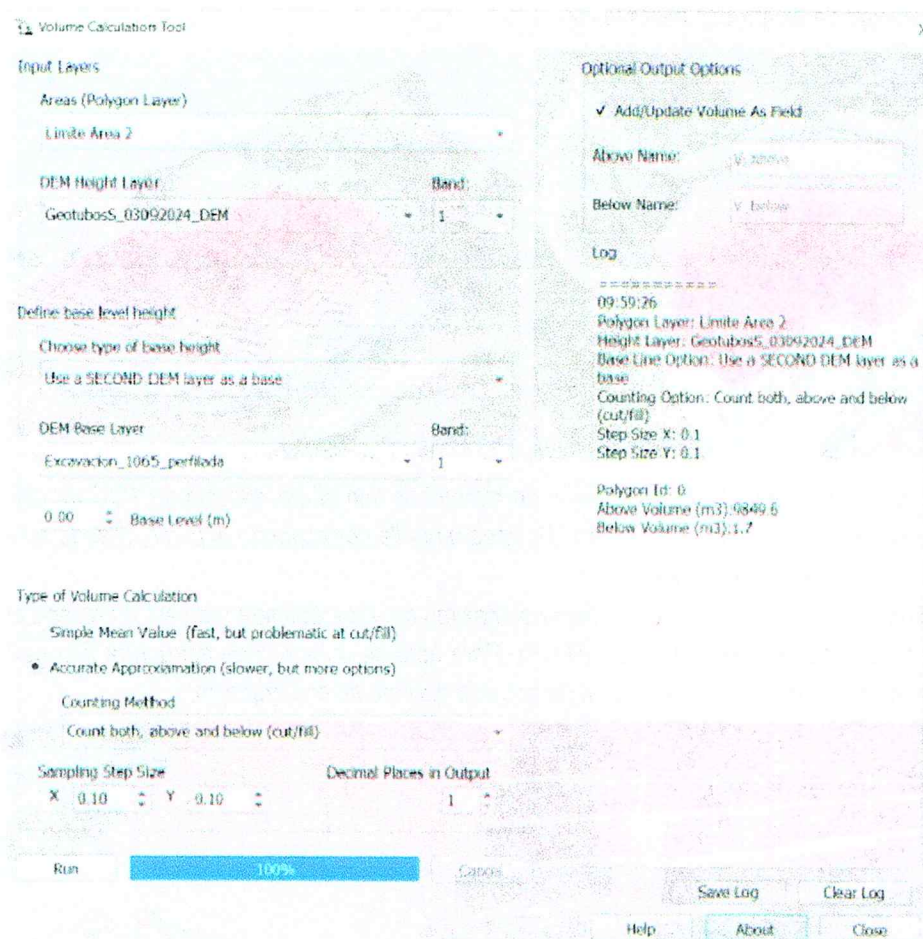


Figura 25. Detalle de cálculo volumétrico del Área 2, Alternativa 1, Deposito de Relaves en Hidrotubos., con excavación hasta la cota 1065. Fuente Geominas, 2024.

En la Figura 26 se observa los detalles en planta y 3D del diseño de la Alternativa 2-1



Figura 26. Detalle en planta y 3D del Área 2, alternativa 1, Depósito de relaves en Hidrotubos. La línea amarilla corresponde al perfil utilizado en los análisis de estabilidad. Fuente Geominas, 2024.

Esta alternativa, utilizando geotubos en un área excavada hasta la cota 1065, es la recomendada para el área 2 de estudio.

Volumen Calculado Área 2, Alternativa 2 (2-2)

El volumen del depósito de relaves proyectado en el área 2 para la alternativa 2, depósito de relaves deshidratados y compactados, que desde ahora llamaremos Alternativa 2 -2, se calculó utilizando modelos digitales de elevación (DEM) generados a partir de las topografías recibidas de MINECAR, y el DEM generado a partir del modelo planteado. El software utilizado para estos cálculos fue QGIS 3.36 y Civil 3D.

Excavando el terreno hasta la cota 1065, esta alternativa aumenta su capacidad hasta un volumen de 15850 m³, llegando hasta la cota 1079, lo que equivale a 31701 ton, para un tiempo para depósito de 396 días. En la Figura 27 se encuentra los detalles del cálculo volumétrico de esta alternativa. y en la Figura 28 se observa los detalles en planta y 3D del diseño de la Alternativa 2-2.

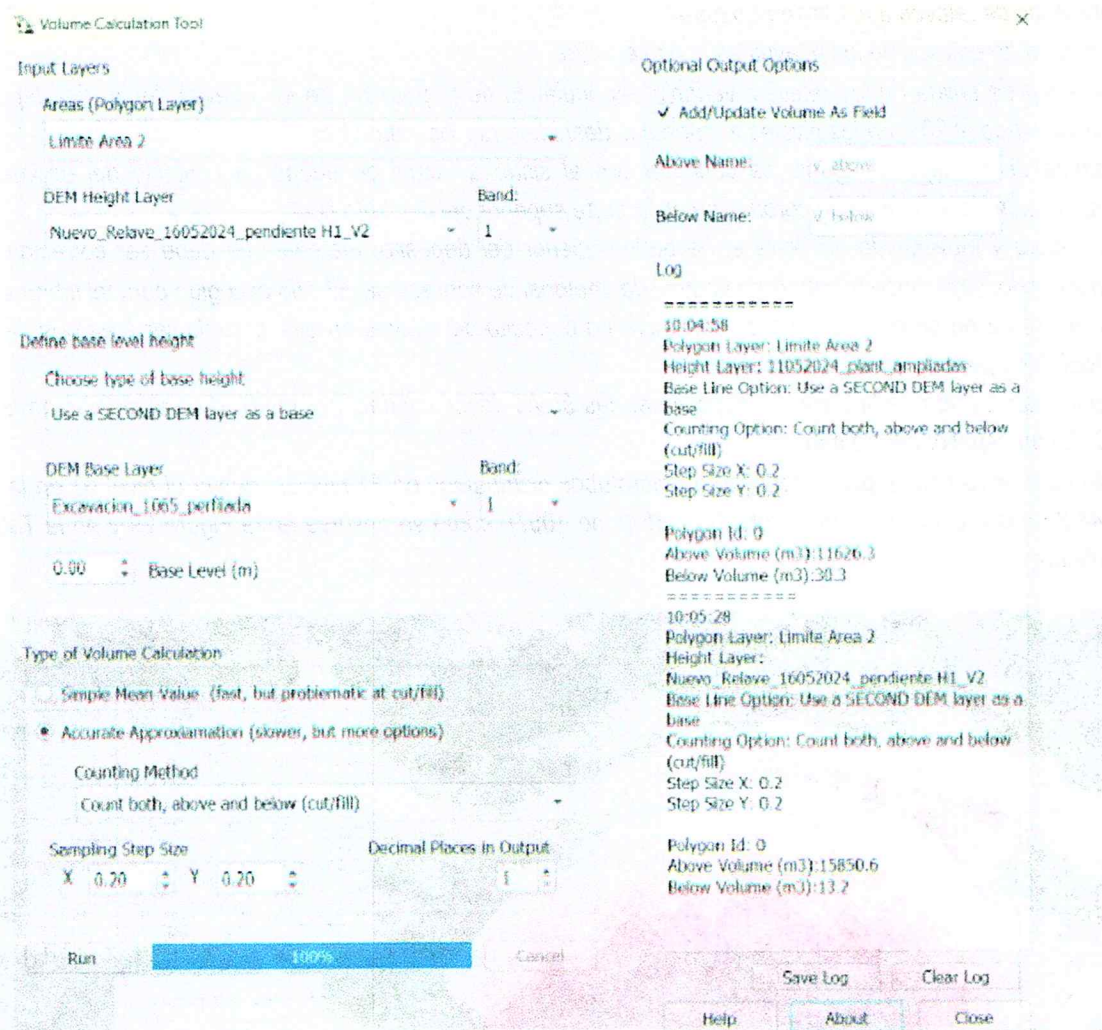


Figura 27. Detalle de cálculo volumétrico del Área 2, Alternativa 2, Deposito de Relaves deshidratados y compactados, con excavación hasta la cota 1065. Fuente Geominas, 2024.



Figura 28. Detalle en planta y 3D del Área 2, alternativa 2, Depósito de relaves deshidratados y compactados, sin excavación. La línea amarilla corresponde al perfil utilizado en los análisis de estabilidad. Fuente Geominas, 2024.

ORIENTACIONES EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO

Área 1. Alternativa 1-1 Depósito de Relaves Actual

La alternativa 1 -1 presenta las siguientes características:

Método de Construcción: se continua con el método actual, depósito de relaves dentro de hidrotubos de diferentes dimensiones, siendo apilados en el área continua a la planta de beneficio de MINECAR.

Toneladas de relaves a almacenar: 57890.

Humedad de entrada de los relaves estimada en 70%.

Humedad de salida de los relaves: variable dependiendo de la posición de los relaves dentro del depósito, disminuyendo al 20% en los niveles inferiores al deshidratarse los hidrotubos.

Sistema de manejo de aguas: se continua con al sistema actual de aguas de contacto del depósito, y construcción de una zanja de coronación en la parte superior del depósito final.

Descapote y movimiento de tierra en la parte superior del depósito, material que debe ser correctamente almacenado, separando la cobertura vegetal del material de sobrecarga. El sitio escogido para tal labor podría ser el Área 2 en caso de que no se construya un depósito de relaves en ella, o cualquier área que indique MINECAR y permita el almacenamiento.

Impermeabilización de la base del depósito en las áreas descapotadas, por medio de Geomembrana 60 mil HDPE con espesor de 1.5 mm

Esta alternativa contempla el depósito de hidrotubos distribuidos en 11 niveles, desde el nivel 01 en la cota 1044.35 hasta el nivel 11 en la cota 1055.85 (tope 1057), como se observa en la Figura 29 y en la Tabla a continuación.

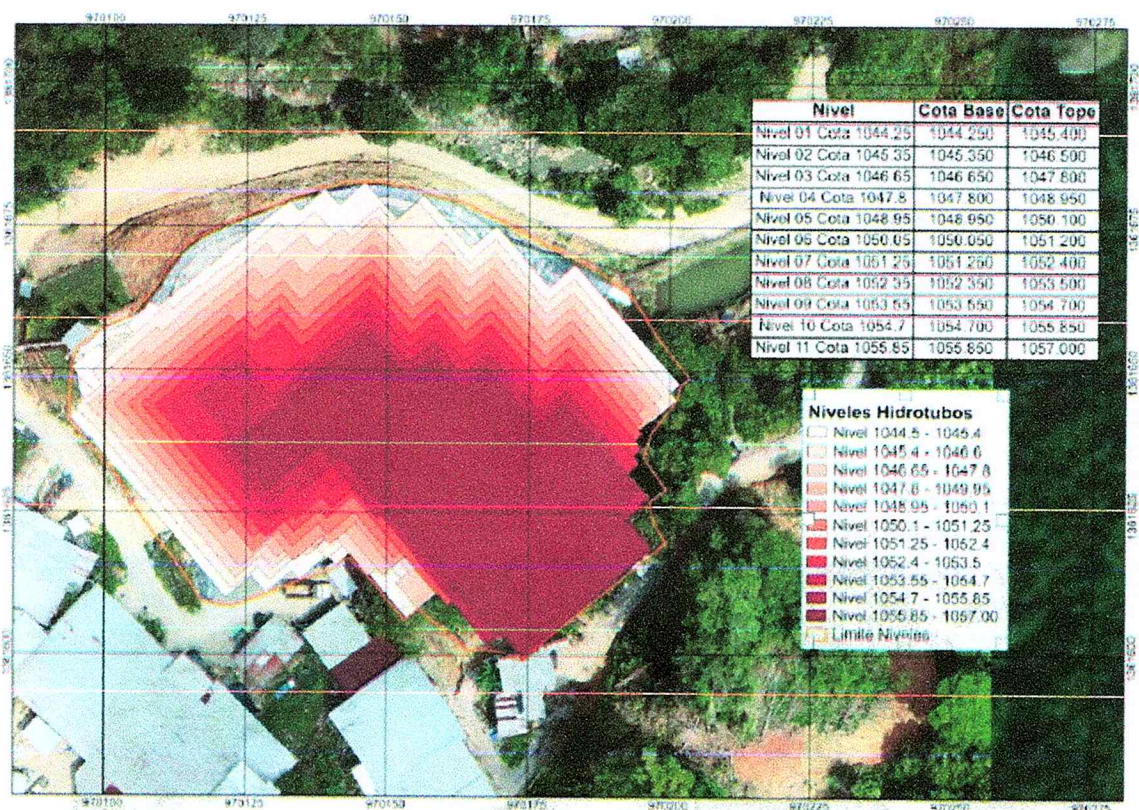


Figura 29. Detalle de niveles de hidrotubos a ubicar en el Área 1, depósito actual de relaves. Fuente Geominas 2024.

Tabla. Detalle de elementos de almacenamiento por niveles en el Área 1.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

Nivel	Cota Inferior	Cota Superior	Tipo de Almacenamiento	Suma de Cantidad Entera
01	1044,35	1045,5		2510
			Costal	2392
			Geobag 1 X 1.15	85
			Geotubo 10 X 6	3
			Geotubo 14 X 6	8
			Geotubo 28 X 6	22
02	1045,5	1046,65		1421
			Costal	1222
			Geobag 1 X 1.15	166
			Geotubo 10 X 6	11
			Geotubo 14 X 6	4
			Geotubo 28 X 6	18
03	1046,65	1047,8		1897

Nivel	Cota Inferior	Cota Superior	Tipo de Almacenamiento	Suma de Cantidad Entera
			Costal	1723
			Geobag 1 X 1.15	144
			Geotubo 10 X 6	8
			Geotubo 14 X 6	6
			Geotubo 28 X 6	16
04	1047,8	1048,95		2453
			Costal	2245
			Geobag 1 X 1.15	181
			Geotubo 10 X 6	5
			Geotubo 14 X 6	9
			Geotubo 28 X 6	13
05	1048,95	1050,1		4150
			Costal	4090
			Geobag 1 X 1.15	126
			Geotubo 10 X 6	8
			Geotubo 14 X 6	4
			Geotubo 28 X 6	12
06	1050,1	1051,25		1443
			Costal	1285
			Geobag 1 X 1.15	133
			Geotubo 10 X 6	9
			Geotubo 14 X 6	6
			Geotubo 28 X 6	8
07	1051,25	1052,4		1638
			Costal	1449
			Geobag 1 X 1.15	163
			Geotubo 10 X 6	11
			Geotubo 14 X 6	10
			Geotubo 28 X 6	5
08	1052,4	1053,55		1831
			Costal	1670
			Geobag 1 X 1.15	128
			Geotubo 10 X 6	24
			Geotubo 14 X 6	9
09	1053,55	1054,7		3711
			Costal	3543
			Geobag 1 X 1.15	150
			Geotubo 10 X 6	6
			Geotubo 14 X 6	7
			Geotubo 28 X 6	5
10	1054,7	1055,85		1979
			Costal	1814
			Geobag 1 X 1.15	144

Nivel	Cota Inferior	Cota Superior	Tipo de Almacenamiento	Suma de Cantidad Entera
			Geotubo 10 X 6	10
			Geotubo 14 X 6	7
			Geotubo 28 X 6	4
11	1055,85	1057,00		1598
			Costal	1536
			Geobag 1 X 1.15	46
			Geotubo 10 X 6	5
			Geotubo 14 X 6	4
			Geotubo 28 X 6	7

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaria General

Para aprovechar el máximo de área, se deberá ampliar el 'área por medio de una estructura de retención tipo relleno en tierra armada o gavión.

Consideraciones de la CSB.

MINEROS DEL CARBONA GOLD S.A.S, presento ubicación, descripción de la operación del sistema, memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de hidrotubos.

Los parámetros utilizados para los diseños están debidamente soportados por medio de análisis y la literatura pertinente.

La modelación y calculo de los diseños fue realizada para las dos áreas (Area 1 y Area 2 está ultima se corrió el modelo para dos opciones).

Se presenta los diseños de la impermeabilización del terreno para las dos áreas y los diseños hidráulicos para manejar el recurso hídrico generado por la deshidratación de los hidrotubos y escorrentía.

En la actualidad se está utilizando los hidrotubos en el área 1.

CONTRATO DE OPERACIÓN OP OIL AND MINING S.A.S.

La empresa OP OIL AND MINING S.A.S. cuenta con dos presas de relaves operativas como parte de su infraestructura para el manejo de residuos del proceso de beneficio del mineral.

Las cuales se describen a continuación y se encuentran alinderadas por las siguientes coordenadas

Cuadro de Coordenadas Poza de Relaves 1:

COORDENADAS POZA DE RELAVES 1		
AREA: 700 m ²		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	2427919.489	4851661.168
2	2427912.721	4851672.22
3	2427906.981	4851669.405
4	2427887.525	4851657.249
5	2427880.081	4851653.502
6	2427888.389	4851638.527
7	2427888.389	4851638.527
8	2427894.602	4851639.852
9	2427904.657	4851645.475
10	2427913.123	4851650.105
11	2427918.084	4851654.735

Cuadro de Coordenadas Poza de Relaves 2:

COORDENADAS POZA DE RELAVES 2		
AREA: 1395 m ²		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	2428012,713	4851683,284
2	2427999,536	4851687,041
3	2427993,028	4851689,687
4	2427994,092	4851693,257
5	2427978,767	4851696,46
6	2427975,83	4851696,883
7	2427970,459	4851696,354
8	2427966,675	4851692,571
9	2427961,172	4851685,321

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaria General

10	2427955,748	4851677,066
11	2427959,654	4851674,397
12	2427960,537	4851671,113
13	2427962,759	4851669,129
14	2427965,22	4851668,679
15	2427971,469	4851665,801
16	2427977,338	4851662,726
17	2427985,054	4851662,078
18	2427988,929	4851662,21
19	2428008,665	4851664,022

Localización Presas de Relave



La Relavera 1, ubicada en las coordenadas antes descritas, se encuentra en labor de extracción de los relaves depositados en ella, los cuales están siendo transportados a una planta que se encuentra en el casco urbano del municipio de Santa Rosa del Sur, en esta relavera se proyecta presentar un proyecto para acopio de material de relaves Secos

La Relavera 2, ubicada en las coordenadas antes descritas tiene su pozo de achique localizado en la cara oeste de la relavera, específicamente en el área de ingreso de la unidad operativa OP2. Este pozo también está conectado a una bomba automática, que impulsa el agua captada hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) utilizando una manguera de 3 pulgadas. Esta presa aun cuenta con espacio para llenado y el sistema que se emplea para tal proceso es el método de llenado de tubos en geotextil.

Análisis Multitemporal

Con el objetivo de presentar el estado actual del sistema de relaves, se procedió hacer un análisis multitemporal, basándose en estudios previos realizados, así como imágenes satelitales y nuevas imágenes captadas por drone. Se busca por medio de este análisis conocer el avance de las obras y así proponer si es necesario alternativas que permitan un mejor manejo de los relaves producidos por la planta.

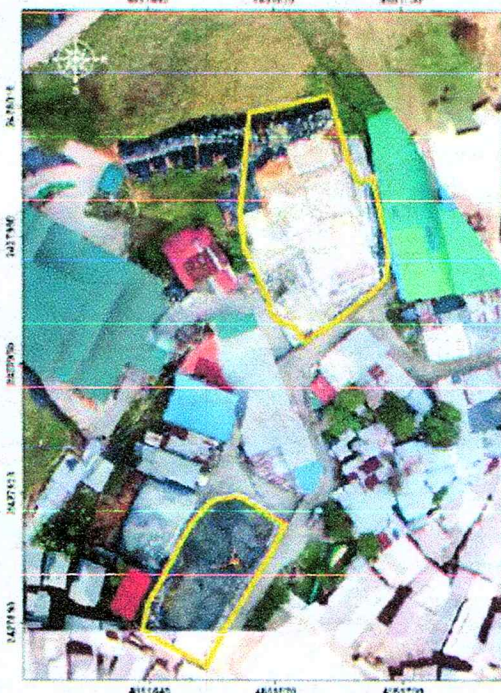
Localización Pozas de Relave Año 2020



Vuelo Drone inicio montaje planta



Vuelo Drone estado actual relaveras año 2025



Resultados Obtenidos

Según los datos obtenidos y la información suministrada, la poza de relave 1, cuenta con unas dimensiones físicas de la estructura: 37 metros de largo, 19 metros de ancho, con una profundidad promedio de 7 metros. Adicionalmente, la poza de relaves 2, cuenta con dimensiones son de 26 metros de largo por 14 metros de ancho, con una profundidad promedio de 7,30 metros, medidas tomadas desde la cota rasante con respecto al nivel de la vía, pero en su totalidad cubre un área de 1395 m² con unas dimensiones 51 m x 33 m y alcanzando una altura desde la rasante de 12 m hasta el nivel de llenado existente, proyectando un aumento en 8 m de altura

Esta estructura dispone de un pozo de achique de 40 m³, que cumple con la función de recolectar y canalizar el excedente de agua y lodos, contribuyendo a la seguridad y eficiencia del sistema de disposición final.

GEOTECNIA

Una vez obtenida la topografía e identificada las áreas a intervenir, se procedió a realizar el estudio de geotécnico en los sectores donde se depositaran los relaves; este estudio fue realizado previamente por la empresa OP OIL AND MINING SAS, y en base a estos resultados se desarrolló el modelo actual de sistema de relaves; como complemento a dicho trabajo y tomando en cuenta que ya existe una intervención en dichas áreas, se realizó unos apiques en terreno a fin de determinar unos factores que indiquen la estabilidad del mismo y la proyección futura de estas presas de relave.

A continuación, se presentan los resultados iniciales obtenidos por los estudios geotécnicos y geofísicos realizados en el área, y los datos actuales de los laboratorios realizados en el sector de la presa de relaves 2, la cual se proyecta continuar con el llenado de la misma con el sistema actual, la presa de relaves 1 se proyecta mejorar el sistema de relaves a Seco, pero igual cumple con las condiciones para continuar con su almacenamiento por el método de existente.

Estado actual sistema de relaves Poza 1



Estado actual sistema de relaves Poza 2



Estudio Geotécnico

Coordenadas Localización Apiques

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

COORDENADAS PUNTOS DE APIQUES Y SONDEOS			
PUNTO	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
POZADE RELAVES 1			
1	2427878.747	4851718.301	Sondeo y Apique 1 Margen derecha Rio Caribona.
2	2427888.806	4851693.340	Sondeo y Apique 2 Afluente del Rio Caribona junto a la cancha de micro.
3	2427934.946	4851629.493	Sondeo y Apique 3 Cabeza Talud. Terraza 1 de la Planta.
4	2427924.915	4851643.460	Sondeo y Apique 4 Pie del Talud junto a la Terraza de Lodos secos.
5	2427913.851	4851670.417	Sondeo y Apique 5 Junto a la Relavera 1 y Puerta 1.
6	2427906.853	4851671.398	Sondeo y Apique 5 Junto a la Relavera 1 y Puerta 1
POZADE RELAVES 2			
7	2428059.837	4851645.806	Sondeo y Apique 1 Cabeza Talud.
8	2428044.853	4851642.769	Sondeo y Apique 2 Cara del Talud.
9	2427973.850	4851658.578	Sondeo y Apique 3 Pie del Talud borde de la relavera 2.
10	2427964.844	4851662.552	Sondeo y Apique 4 Pie del Talud borde de la relavera 2
11	2427940.814	4851679.481	Sondeo y Apique 5 Junto al Cacino Op Oil Mining.
12	2427941.811	4851680.483	Sondeo y Apique 6 Junto al Cacino Op Oil Mining.



EXPLORACIÓN DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO
PRUEBAS DE CAMPO

La exploración del sub-suelo con el objeto de conocer las características geo-mecánicas se llevó a cabo mediante la ejecución un programa de exploración por medio de la realización de 12 apiques para toma de muestras y 12 Perforaciones en Suelos (A percusión) SPT, 3 tomas de líneas geofísicas con la realización de una exploración del subsuelo mediante el método de refracción sísmica de 92 metros, masw1D e interpretación perfil sísmico 2D y ensayos de laboratorio en los sectores intervenidos. De ellos fueron extraídas muestras alteradas e inalteradas para realizar ensayos de granulometría, límites de consistencia, corte directo, peso unitario y humedad natural. Los sondeos se efectuaron con equipo de perforación a percusión con toma de muestras estándar, donde se sacaron muestras semi-alteradas en el área de estudio. Se hizo la descripción e identificación de los materiales superficiales en muestras alteradas. En los alrededores se hace descripción e identificación de los materiales superficiales, Análisis de Geología regional y local y características geomorfológicas.

Exploración Sector Relavera 1.	Localización (coordenadas planas)	Localización (coordenadas Geograficas)
Sondeo y Apique 1 Margen derecha Rio Caribona.	E970438: N1362064.	74° 20,733'O: 7° 52,207'N.
Sondeo y Apique 2 Afluente del Rio Caribona junto a la cancha de micro.	E970413: N1362074.	74° 20,749'O: 7° 52,213'N.
Sondeo y Apique 3 Cabeza Talud, Terraza 1 de la Planta.	E970349: N1362120.	74° 20,787'O: 7° 52,240'N.
Sondeo y Apique 4 Pie del Talud junto a la Terraza de Lodos secos.	E970363: N1362110.	74° 20,774'O: 7° 52,232'N.
Sondeo y Apique 5 Junto a la Relavera 1 y Puerta 1.	E970390: N1362099.	74° 20,762'O: 7° 52,227'N.
Sondeo y Apique 6 Borde Via externa Puerta 1 de Op Oil Mining.	E970391: N1362092.	74° 20,759'O: 7° 52,222'N.

Exploración Sector Relavera 2.	Localización (coordenadas planas)	Localización (coordenadas Geograficas)
Sondeo y Apique 1 Cabeza Talud.	E970365: N1362245.	74° 20,772'O: 7° 52,305'N.
Sondeo y Apique 2 Cara del Talud.	E970362: N1362230.	74° 20,774'O: 7° 52,297'N.
Sondeo y Apique 3 Pie del Talud borde de la relavera 2.	E970378: N1362159.	74° 20,764'O: 7° 52,259'N.
Sondeo y Apique 4 Pie del Talud borde de la relavera 2.	E970382: N1362150.	74° 20,764'O: 7° 52,253'N.
Sondeo y Apique 5 Junto al Cacino Op Oil Mining.	E970399: N1362126.	74° 20,755'O: 7° 52,240'N.
Sondeo y Apique 6 Junto al Cacino Op Oil Mining.	E970400: N1362127.	74° 20,754'O: 7° 52,241'N.

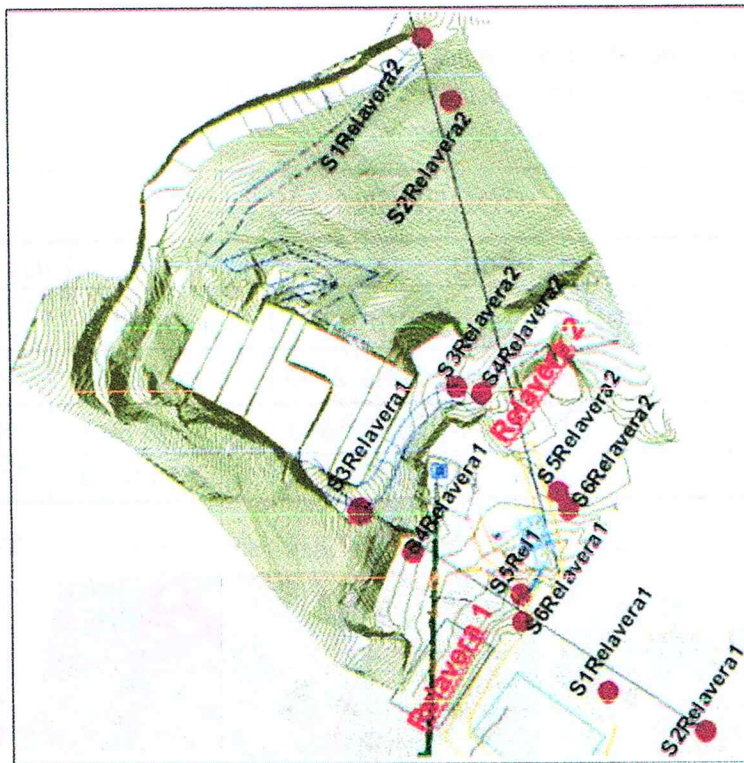


Figura 1: Localización de los sondeos y apiques en predio de la empresa OP Oil and Mining SAS.

NIVEL FREÁTICO Y DRENAJES.

Se midió niveles freáticos y humedades desde la superficie del terreno durante la investigación de campo a través de las perforaciones y se encontró en el predio niveles de humedad. Las humedades naturales que se midieron en el área estudiada corresponden a las laderas aferentes a las relaveras 1 y 2. En los alrededores de los taludes hacia los bajos del valle se presentan pendientes que permite el drenaje de aguas de escorrentía con la implementación de rondas de coronación para el drenaje de aguas lluvias entregadas adecuadamente con disipación al pie de los taludes al Río Caribona. Ver las siguientes Tablas:

Sector Relavera 1 Humedad natural para perfil de sondeos.			
LOCALIZACIÓN	S1 M1P0-1	S2 M1P0-1	S3 M1P0-6
TARA	26	98	20
W. TARA	8.30	8.10	8.40
W. MUESTRA HUMEDA + TARA	126.50	123.80	128.90
W. MUESTRA SECA + TARA	108.20	107.30	115.40
W. MUESTRA SECA	99.90	99.20	107.00
W. AGUA	18.30	16.50	17.68
HUMEDAD	18.32	16.63	16.52
LOCALIZACIÓN	S4 M1P0-5.0m	S5 M1P0-6.0m	S6 M1P0-3.0m
TARA	30	47	32
W. TARA	8.50	8.30	8.40
W. MUESTRA HUMEDA + TARA	124.60	129.10	130.90
W. MUESTRA SECA + TARA	113.20	111.20	116.70
W. MUESTRA SECA	104.70	102.90	108.30
W. AGUA	11.40	17.90	13.80
HUMEDAD	10.89	17.40	12.74
Sector Relavera 2 Humedad natural para perfil de sondeos.			
LOCALIZACIÓN	S1 M1P0-6m	S2 M1P0-6m	S3 M1P0-6m
TARA	70	12	63
W. TARA	8.50	8.20	8.30
W. MUESTRA HUMEDA + TARA	122.80	127.30	121.60
W. MUESTRA SECA + TARA	112.40	113.90	107.20
W. MUESTRA SECA	103.90	105.70	98.90
W. AGUA	10.40	13.40	14.40
HUMEDAD	10.01	12.68	14.56
LOCALIZACIÓN	S4 M1P0-5m	S5 M1P0-3.0m	S6 M1P0-3.0m
TARA	35	5	62
W. TARA	8.40	8.60	8.50
W. MUESTRA HUMEDA + TARA	120.80	125.80	123.10
W. MUESTRA SECA + TARA	107.20	112.40	110.50
W. MUESTRA SECA	98.80	103.80	102.00
W. AGUA	13.60	13.40	12.60
HUMEDAD	13.77	12.91	12.35

Humedad natural para perfil de los sondeos de las laderas aferentes a las relaveras 1 y 2.

Ave. Colombia No. 10-27. Telefax. 6888339 - web - www.carcsb.gov.co Magangué Bolívar

EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

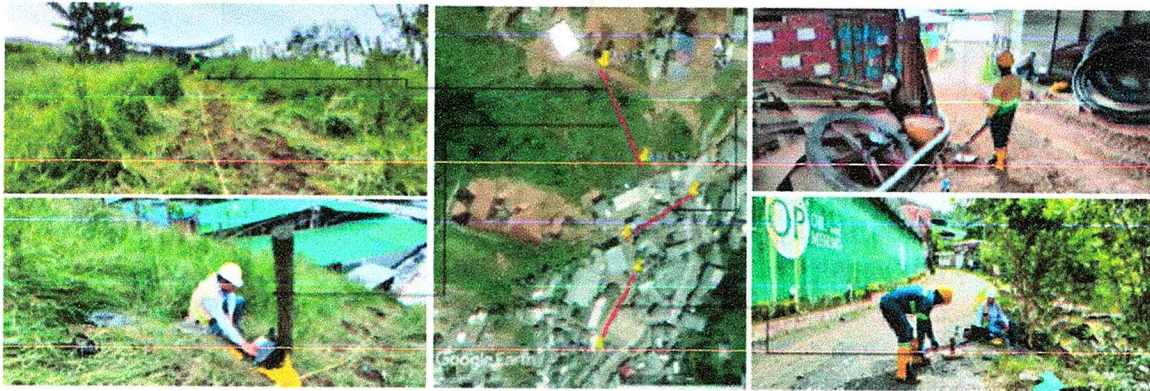
Localización de las líneas de refracción sísmica

Las coordenadas de las líneas de refracción sísmica se presentan en la tabla 1, en coordenadas geográficas.

Tabla Coordenadas de inicio y fin de la línea de refracción

COORDENADAS				
Lineas	Inicio		Fin	
	latitud	longitud	latitud	longitud
LRS 1	7°52'11.84"N	74°20'46.21"O	7°52'13.84"N	74°20'45.22"O
LRS 2	7°52'14.75"N	74°20'45.56"O	7°52'15.80"N	74°20'43.94"O
LRS 3	7°52'18.29"N	74°20'46.21"O	7°52'16.55"N	74°20'45.20"O

Figura 2: Localización de la unidad central en los diferentes puntos de la línea de refracción sísmica.



Exploración mediante ensayos geofísicos líneas de refracción sísmica

El ensayo de refracción se basa en el registro de los frentes de onda, generados por una fuente artificial de energía, leyendo en los registros los tiempos de los primeros arribos. Estos pueden deberse a la onda directa o bien a aquellas ondas que se refractan en el subsuelo con ángulo crítico, viajan por la interfaz con la velocidad del medio infrayacente y retornan hacia la superficie como ondas frontales (head waves).

El instrumental necesario para emplear este método consiste básicamente en alguna fuente de energía (martillo, explosivo, vibrador, cañón de aire, etc.), receptores o sismómetros (geófonos en tierra) y un sismógrafo donde acondiciona, graba y gráfica la información. Los registros tienen información de los movimientos del terreno en función del tiempo y son conocidos como sismogramas. El objetivo es determinar espesores de las capas del subsuelo, sus buzamientos y las velocidades de propagación de las ondas sísmicas en cada una de ellas.

La sísmica se utiliza generalmente para encontrar la profundidad de la roca y para estimar el proceso de excavación de suelos y rocas.

Entre las limitaciones de este método se destaca el contraste entre la facilidad para determinar la velocidad de ondas primarias o de compresión (V_p) en relación con la dificultad para evaluar la velocidad de ondas secundarias o de corte (V_s), además, sólo es posible detectar con confiabilidad estratos con rigidez progresivamente mayores con la profundidad que tengan un contraste de velocidad bien definido.

Adicionalmente para el caso de investigaciones urbanas, el método está limitado por la disponibilidad de zonas descubiertas con suficiente extensión y las limitaciones que producen vibraciones ambientales (ruido) para la adecuada identificación del tiempo de arribo de las señales. La longitud del tendido en superficie está directamente relacionada con el alcance de la exploración en profundidad.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 - 7

Secretaría General

Parámetros de registro y muestreo de la refracción sísmica

El ensayo de refracción sísmica método de fuente activa, es un método de campo desarrollado para investigación del subsuelo somero lo cual para la fase de adquisición de campo se trabajó con los siguientes parámetros:

Parámetros	Descripción
Mediciones	Vp
Tamaño de arreglo	69 metros
Arreglo geométrico	Lineal
Número total canales	24
Intervalo entre geófonos	3 m
Tipo de geófono	10 HZ
Ganancia de preamplificación	24 db
Filtros	No
tiempo de muestreo	0.125 ms
tiempo de registro	0.5 s
Fuente	Activa
fuelle de energía	porra de 18 lb
Formato de grabación	Archivo .dat - SEG 2

De acuerdo con las observaciones de campo y la interpretación de la línea de refracción sísmicas se obtuvo los siguientes resultados.

De los resultados de los ensayos de masw 1D de las líneas de refracción se calculó la onda de corte promedio para cada una, donde se representa en la siguiente tabla:

ID línea	Onda VS = 30 (m/s)	Tipo de perfil NSR10.	Descripción y definición
LRS 1	297.2	D	Perfiles el suelo como perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda cortante $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ para un (perfil tipo C).
LRS 2	349.5	D	Perfiles el suelo como perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda cortante $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ para un (perfil tipo C).
LRS 3	250.1	D	Perfiles el suelo como perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda cortante $360 \text{ m/s} > V_s \geq 180 \text{ m/s}$ para un (perfil tipo C).

De los ensayos de refracción sísmica se obtuvieron modelos detallados calculados por elementos finitos, los cuales permite observar más de 10 capas que muestran la variación de las velocidades Vp en profundidad como se puede observar en la siguiente tabla:

LÍNEA	SONDEO	CAPA	VELOCIDADES (m/s)	ESPESOR (metros)	POSIBLE CORRELACIÓN GEOLOGICA DEL SITIO DE ESTUDIO
LRS 1	Lrs 1	1	396 - 457	0 - 2.6	suelo antrópico y residual arcillo limoso
		2	508 - 884	2.3 - 8.5	puede corresponder a un suelo medio denso con transición de suelo residual a saprolito.
		3	> 914		Roca blanda parcialmente meteorizada

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

LRS 2	Lrs 2	1	283 - 481	0 - 1.3	suelo antrópico y residual arcillo limoso
		2	545 - 884	15 - 21	puede corresponder a un suelo medio denso con transición de suelo residual a saprolito.
		3	> 1025		Roca blanda parcialmente meteorizada

LRS 3	Lrs 3	1	136 - 354	1.47 - 4.79	Suelo blando arcillo limoso blando de coloración rojizo.
		2	406 - 663	2.14 - 10.83	puede corresponder a un suelo medianamente denso.
		3	> 727		Puede obedecer transmisión de suelos medianamente denso a denso.

Estudio Geotécnico y de Relaves Complementario

COORDENADAS APIQUES		
PUNTO	NORTE	ESTE
AP01	2427940.750	4851680.240
AP02	2427996.760	4851639.700
AP03	2428043.980	4851660.980



Figura 3: Ubicación nuevos apiques

CONSIDERACIONES DE LA CSB.

De acuerdo a lo planteado por MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S, para la ubicación de las relaveras 1 y 2 contrato de operación OP OIL AND MINING SAS y los puntos de las campañas de perforaciones con sus respectivas líneas geofísicas, se puede concluir que estas áreas y puntos en su totalidad se encuentra dentro del área de sustracción definitiva de la reserva forestal del río Magdalena para el desarrollo de actividades de explotación minera otorgada por El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por medio de la Resolución No. 666 del 27 de abril del 2016, a favor del Contrato de Concesión Minera No. JG4-16531. De igual manera se encuentran dentro del área licenciada aprobada mediante resolución No. 0519 del 29 de agosto del 2023 expedida por la CSB.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTECNICA DE LA LADERA NATURAL EN EL PREDIO DE INFLUENCIA DE LA RELAVERA 1 Y RELAVERA 2. Empresa OP Oil and Mining SAS.

Se modelo en el software Slide V5.0 de la firma Rocscience para realizar una evaluación de estabilidad de la ladera natural en el predio de influencia de la relavera 1 y relavera 2 de la empresa OP Oil and Mining SAS, para determinar las condiciones de estabilidad en que se encuentra; el análisis se realiza en condiciones con o sin sismo, es decir se muestra el comportamiento de estabilidad tal como se encuentran actualmente.

El análisis presentado a continuación se basa en métodos determinísticos por los cuales varios autores determinan y evalúan la probabilidad de falla de un corte o talud a partir de propiedades plenamente conocidas como son los valores mecánicos del suelo, la evaluación que realiza el software se basa en un modelo matemático donde interviene las fuerzas y cargas que pueden generar inestabilidad y estabilidad dando a conocer un dato cuantitativo expresado como un factor de seguridad (Fuerzas resistentes sobre fuerzas actuantes) en los cuales dicha relación mantiene el equilibrio si el valor arrojado es igual a 1.0.

Los factores de seguridad básicos directos aplicados a la estabilidad del talud no deben ser inferiores a los factores de seguridad básicos Mínimos FSBM FSBUM de la tabla H.24-1, del código NSR10 en su título H; En ningún caso el factor de seguridad básicos Mínimos FSBM podrá ser inferior a 1.0.

Tabla H.2.4-1
Factores de Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	FSBM		FSBUM	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga Muerta + Carga Viva Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Carga Muerta + Carga Viva Máxima	1.25	1.10	1.40	1.15
Carga Muerta + Carga Viva Normal + Sismo de Diseño Seudo estático	1.10	1.00 (*)	No se permite	No se permite
Taludes – Condición Estática y Agua Subterránea Normal	1.50	1.25	1.80	1.40
Taludes – Condición Seudo-estática con Agua Subterránea Normal y Coeficiente Sísmico de Diseño	1.05	1.00 (*)	No se permite	No se permite

Escenarios Estático y Seudoestático de la evaluación de estabilidad de la ladera natural en el predio de la empresa OP Oil and Mining SAS. Resultados de la modelación en Slide de acuerdo a las características halladas en el terreno:

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTECNICA DE LA LADERA NATURAL EN EL PREDIO DE INFLUENCIA DE LA RELAVERA 1. ESTÁTICO.			
METODO	FS Determinístico	FS Referencia	Categorización de la Amenaza
ORDINARY / FELLENIUS	4.407	1.5	BAJA
BISHOP SIMPLIFIED	4.408	1.50	BAJA
JANBU CORRECTED	4.491	1.50	BAJA
SPENCER	4.411	1.50	BAJA
GLE/ MORGENSTERN-PRICE	4.411	1.5	BAJA

Resultados del análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural estático en el predio de influencia de la Relavera 1 OP Oil and Mining SAS.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA DE LA LADERA NATURAL EN EL PREDIO DE INFLUENCIA DE LA RELAVERA 1. SEUDOESTÁTICO.			
METODO	FS Determinístico	FS Referencia	Categorización de la Amenaza
ORDINARY / FELLENIUS	3.241	1.05	BAJA
BISHOP SIMPLIFIED	3.243	1.05	BAJA
JANBU CORRECTED	3.291	1.05	BAJA
SPENCER	3.274	1.05	BAJA
GLE/ MÖRGENSTERN-PRICE	3.358	1.05	BAJA

Resultados del análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural Seudoestático en el predio de influencia de la Relavera 1 de la empresa OP Oil and Mining SAS.

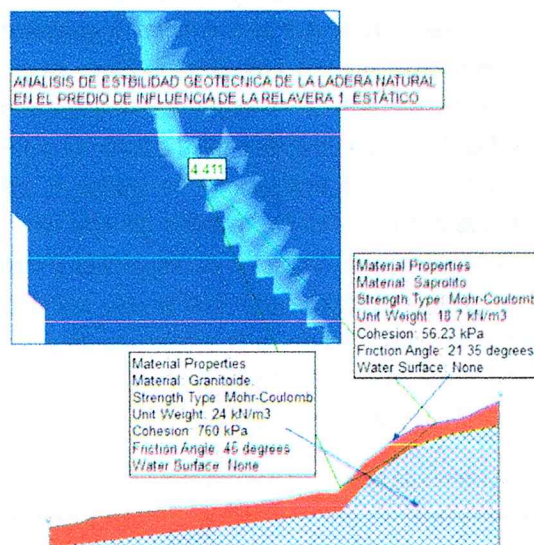


Figura 4. Análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural estático en el predio de influencia de la Relavera 1 de la empresa OP Oil and Mining SAS.

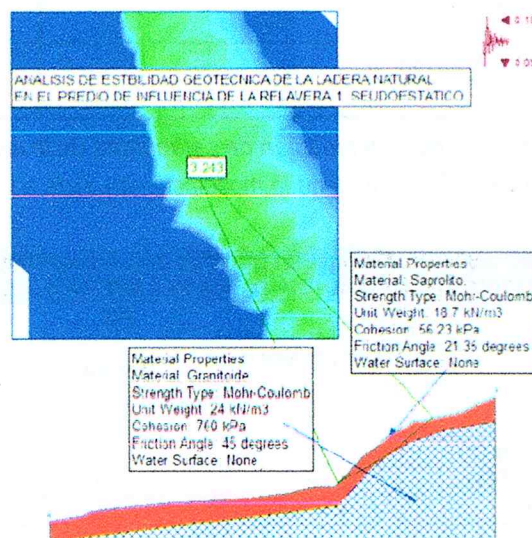


Figura 5. Análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural Seudoestático en el predio de influencia de la Relavera 1 de la empresa OP Oil and Mining SAS.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTECNICA DE LA LADERA NATURAL EN EL PREDIO DE INFLUENCIA DE LA RELAVERA 2. ESTÁTICO.			
METODO	FS Determinístico	FS Referencia	Categorización de la Amenaza
ORDINARY / FELLENIUS	1.678	1.5	BAJA
BISHOP SIMPLIFIED	1.697	1.50	BAJA
JANBU CORRECTED	1.723	1.50	BAJA
SPENCER	1.696	1.50	BAJA
GLE/ MORGENSTERN-PRICE	1.693	1.5	BAJA

Resultados del análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural estático en el predio de influencia de la Relavera 2 OP Oil and Mining SAS.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTECNICA DE LA LADERA NATURAL EN EL PREDIO DE INFLUENCIA DE LA RELAVERA 2. SEUDOESTÁTICO.			
METODO	FS Determinístico	FS Referencia	Categorización de la Amenaza
ORDINARY / FELLENIUS	1.201	1.05	BAJA
BISHOP SIMPLIFIED	1.218	1.05	BAJA
JANBU CORRECTED	1.230	1.05	BAJA
SPENCER	1.213	1.05	BAJA
GLE/ MORGENSTERN-PRICE	1.215	1.05	BAJA

Resultados del análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural Seudoestático en el predio de influencia de la Relavera 2 de la empresa OP Oil and Mining SAS.

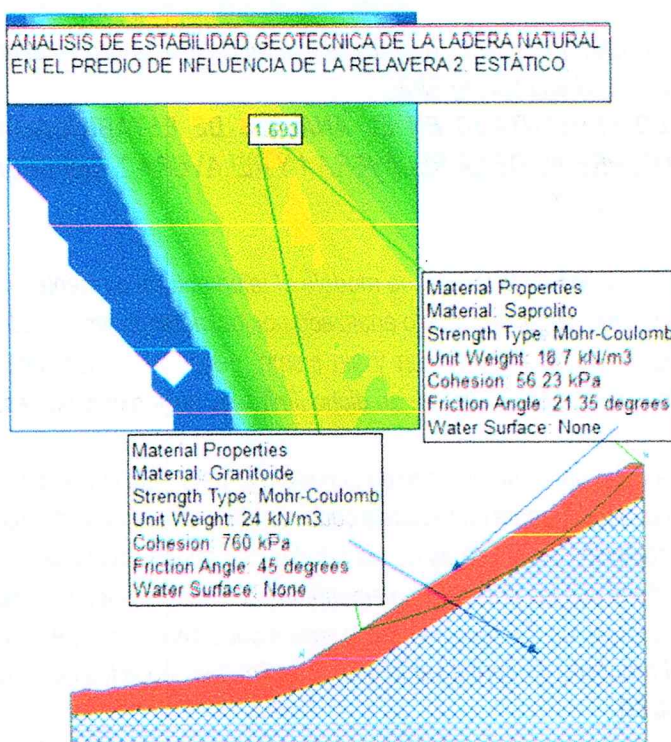


Figura 6. Análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural estático en el predio de influencia de la Relavera 2 de la empresa OP Oil and Mining SAS.

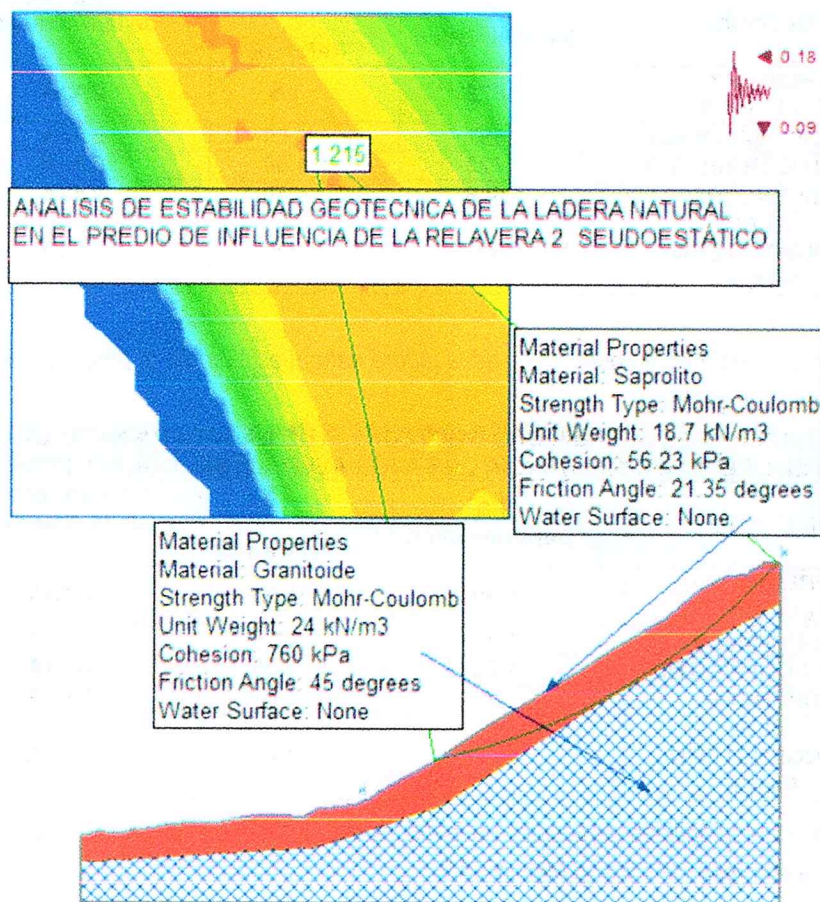


Figura 7. Análisis de estabilidad geotécnica de la ladera natural Seudoestático en el predio de influencia de la Relavera 2 de la empresa OP Oil and Mining SAS.

ANÁLISIS DEL MODELO PRESENTADO EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD GEOTÉCNICA DE LA LADERA NATURAL EN EL PREDIO DE LA RELAVERA 1 Y RELAVERA 2. EMPRESA OP OIL AND MINING SAS EN LAS FIGURAS 4, 5, 6 Y 7.

El escenario analizado corresponde a la ladera, se modela el talud natural existente sin ninguna clase de obra dentro del predio con y sin sismo, según el modelo analizado por los métodos presentados, en estas condiciones el talud es estable el corte en dicho límite, con y sin sismo, según el modelo analizado por los métodos presentados, el predio natural es estable al corte en dicho límite, es decir existe una estabilidad definitiva.

RECOMENDACION

Se recomienda se lleve a cabo obras de prevención con manejo de aguas lluvias con rondas o cunetas en la cabeza, cara y pie del talud, debidamente entregado a cauces naturales interconectados a través de disipadores de energía y la debida protección en las caras de los taludes con coberturas vegetales y forestales y junto al manejo del drenaje superficial con las cunetas implementadas se controle adecuadamente la posible actividad erosiva en los sectores intervenidos. Se recomienda se lleve a cabo obras de impermeabilización adecuada en las relaveras 1 y 2 con el propósito de garantizar la estabilidad de los depósitos contenedores.

Consideraciones de la CSB.

Se analizaron los datos obtenidos en las distintas modelaciones para el análisis de estabilidad de lo cual se sacaron las siguientes conclusiones por relavera:

Que analizando los resultados el factor de seguridad estático y el seudo estático para las dos alternativas cumple, siendo que los de la relavera 1 arrojaron resultados más altos, como se observaron en las tablas y figuras.

ALMACENAMIENTO DE RELAVES POR SISTEMA DE HIDROTUBOS (HYDROTUBES)

A continuación, se describe el sistema implementado y a implementar durante el almacenamiento de los relaves.

Requerimientos para el geotextil de fabricación de los Hydrotubes

El uso de la tecnología de deshidratación de relaves mineros mediante Hydrotubes consiste en disminuir el contenido de humedad de los relaves mediante proceso de filtrado a través de una capa de textil y obtener un efluente con propiedades físicas aceptables para el siguiente proceso bien sea de recirculación y/o tratamiento. En la operación, el sistema, Hydrotube y su material base, el geotextil; se enfrentan a los retos técnicos listados a continuación:

- Exposición a metales en transición.
- Exposición a ambientes químicos agresivos.
- Esfuerzos de tensión durante el proceso de llenado y durante el
- recrecimiento.
- Exposición a rayos UV; toda vez que, los Hydrotubes de los paramentos
- permanecerán expuestos hasta el inicio del cierre.
- Retención de partículas “finas” y paso de efluente a través del plano.

Para dar alcance a esos requerimientos es necesario caracterizar el esfuerzo o la condición ambiental a la que se va a someter el sistema y garantizar que la respuesta bien sea el textil o del Hydrotube frente a cada condición operativa suple el requerimiento técnico.

Selección de la materia prima

Sobre la exposición a metales en transición como Manganeseo, Hierro, Cobre típicamente contenidos en relaves pueden reaccionar con algunos polímeros según su estructura molecular, se debe garantizar que la materia prima del geotextil sea “neutra” y no reaccione a la exposición de estos metales, el Poliéster de Alta.

Tenacidad se puede entender como neutro toda vez que no cuenta con carbonos terciarios que puedan reaccionar con los metales y en consecuencia generar radicales libres como si ocurre con el Polipropileno, lo cual genera una degradación acelerada de los materiales.

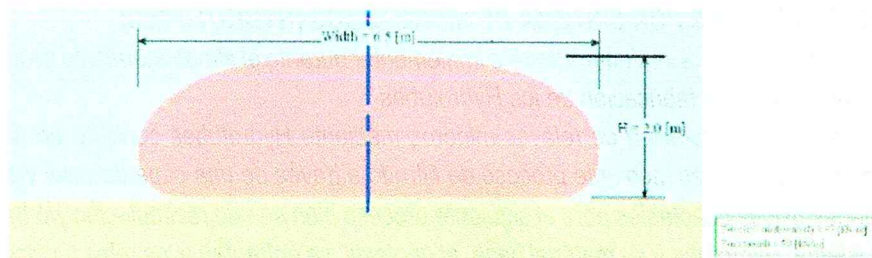
Con relación a la exposición a rayos UV los geosintéticos de Poliéster de Alta Tenacidad (PET) presentan una mejor respuesta, dado que en su estructura molecular los anillos de benceno funcionan como amortiguadores frente a este estímulo y en contrapartida para el Polipropileno (PP) es susceptible a perder su estructura molecular una vez la energía rompa el enlace de los carbonos terciarios.

Dando alcance a la exposición a los ambientes químicos agresivos (pH ácidos y básicos), el PP es estable toda vez que al ser una poliolefina sus enlaces son “no polares” y en consecuencia no reaccionan con iones ácidos (H+) o básicos (OH-) por otra parte el Poliéster si podría reaccionar al tener enlaces polares que reaccionarían en ácidos (<2) y básicos (>9.5) en el rango intermedio ambas estructuras son estables y en caso de salirse de ese intervalo es necesario que el PET tenga un peso molecular (Mn) > 25,000 y Grupos Carboxilos Finales (CEG) < 30 esto garantiza que la materia prima es robusta y que la tasa de hidrólisis es baja.

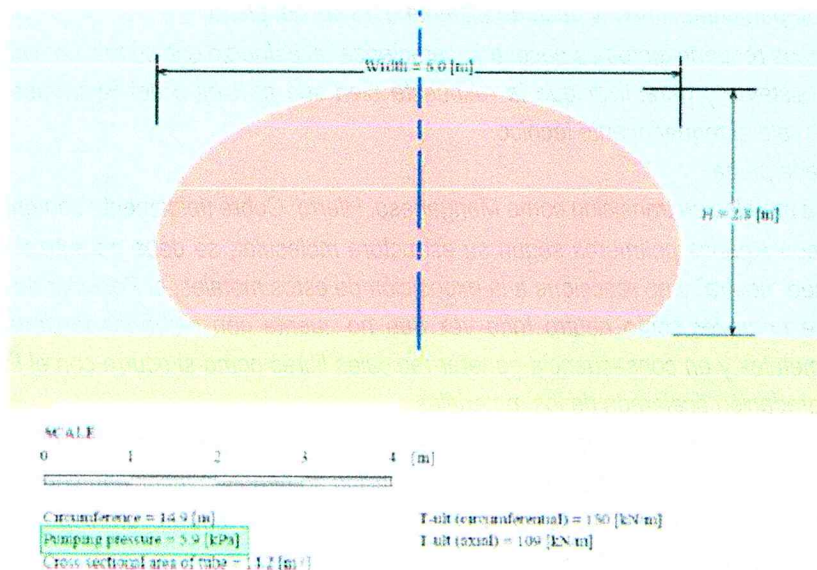
En consideración de lo expuesto, se recomienda que el geotextil debe ser 100% de Poliéster de Alta Tenacidad PET con peso molecular (Mn) > 25,000 y CEG<30.

Recomendación de propiedades mecánicas

La resistencia a la tensión última de la textil requerida se determina a partir de varios criterios e intervienen variables como perímetro, presión de llenado, altura final y entre otros. Para el sector de minero es ampliamente utilizado el perímetro de 13.5m y como factor de seguridad es prudente definir los requerimientos para un perímetro un poco mayor toda vez que responde a una condición más exigente, en razón a ello en la siguiente imagen, se muestra la resistencia última requerida en sentido axial y circunferencial, considerando una presión de llenado típica de un proceso minera [1 kPa]; es decir, una presión baja.



En la imagen previa se muestra que la resistencia última de la solución debe ser de 63 kN/m; no obstante, es muy probable que durante el proceso de llenado el Hydrotube sea objeto de sobrepresiones y en ese sentido es necesario validar que la solución sea capaz de soportar esfuerzos críticos así sea en momento específicos; por lo cual, se debe utilizar un geotextil que sea capaz de soportar presiones altas como las mostradas en la siguiente imagen, que le permita a la operación minera un tiempo de reacción prudente para aliviar las presiones.



Se recomienda entonces un geotextil con resistencia última de 150 kN/m resistencia suficiente para soportar sobrepresiones en las operaciones y que permitan a los operadores tener tiempo de reacción para operar las bombas y las bocas de alivio.

Recomendación de propiedades hidráulicas

Si bien los criterios de selección se deben realizar de acuerdo con cada material de relave a deshidratar, se recomienda a modo preliminar que el geotextil tenga definida la Distribución de Tamaño de Poro mediante el ensayo ASTM D6767 lo cual permite determinar los tamaños de poro máximo, medio y mínimo.

Tamaño Máximo de Poro (FBP): 13.18 micras, se debe garantizar que el poro más grande es menor que el tamaño de partícula típico del relave. Esto garantiza una retención mecánica inmediata de la carga sólida sin depender excesivamente de la floculación química en los casos en los que se haga. Asimismo, controla de mejor modo el riesgo de colmatación; toda vez que las partículas de relave no penetrarían la estructura del textil; sino que quedarían bloqueadas superficialmente.

Tamaño de Poro Medio (MFP): 7.93 micras, Asegura una formación rápida de la torta de filtración sobre la superficie del tubo, entregando un efluente clarificado en tiempos reducidos.

Distribución Homogénea: El rango estrecho entre el poro máximo y medio indica una manufactura de precisión que evita puntos de fuga localizados.

Se destaca que estos criterios pueden variar según la caracterización del relave de cada proceso minero, para ello es necesario caracterizar el material a confinar y el efluente.

Resumen de criterios para la selección del textil

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

El geotextil debe ser tejido de alto módulo de fibras de multifilamentos de poliéster G5, caracterizado por alto desempeño mecánico e hidráulico. Su estructura debe ser de tecnología de tejeduría plana para garantizar mayor rapidez en la respuesta en tensión ante deformaciones del relave confinado y del suelo circundante, cumpliendo con los requerimientos de la Tabla tipo Hydrotex.

Propiedades mecánicas, hidráulicas y de durabilidad del geotextil HYDROTEX 1500.

Propiedad	Norma de Ensayo	Unidad	Valor Especificado
Polímero Base	Poliéster (PET) Alta Tenacidad		
Estructura del Tejido	Tejido Plano de Alto Módulo		
Peso Molecular Promedio (Mn)	GRI-GG8	g/mol	>25,000
Grupos Carboxílicos Finales (CEG)	GRI-GG7	mmol/kg	< 30
Resistencia a tensión método GRAB	ASTM D-4632	N	5,175.1
Resistencia al punzonamiento CBR	ASTM D-6241	N	14,394.0
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	N	1,705.5
Resistencia a la Tensión tira ancha (MD/CD)	ASTM D4595	kN/m	153
Deformación a la Rotura		%	17.1
Tamaño de abertura aparente	ASTM D-4751	mm	< 0.075
Tamaño de Poro Máximo (FBP)	ASTM D6767	micras	13.3
Tamaño de Poro Medio (MFP)		micras	8
Permeabilidad	ASTM D4491	cm/s	0.003
Permitividad		s ⁻¹	0.052
Tasa de flujo		L/min/m ²	151.4

En la empresa OP OIL AND MINING S.A.S., el uso de tubos en geotextil se implementó desde la primera puesta en marcha de la Planta de Beneficio, iniciando su utilización a partir del mes de junio del año 2024. Desde entonces, los hydrotubes han sido empleados como una solución técnica, eficiente y ambientalmente responsable para la disposición de los relaves generados en el proceso minero.

Los hidrotubos, también conocidos como tubos geotextiles Hydrotube, son fundas tubulares de gran tamaño fabricadas con geotextil tejido de alta resistencia tipo Hydrotex. Estos se llenan mediante métodos hidráulicos o mecánicos con una mezcla de agua y sólidos (como lodos, arenas o relaves), permitiendo la separación progresiva del líquido a través del geotextil y el confinamiento controlado del material sólido en su interior.

El geotextil utilizado está compuesto por fibras sintéticas con alta resistencia mecánica a la tracción y a la perforación, es capaz de resistir una carga a roturas entre 5000 – 5160 N, así como con propiedades drenantes por su capacidad de filtración con una tela rígida con poros permeables de $6,1 \times 10^{-3} \text{ mm}$, lo que lo convierte en un material ideal para aplicaciones mineras debido a su capacidad de separar la fase líquida de la sólida de los relaves mineros permitiendo una mejor disposición del material residual del proceso de beneficio. Su capacidad para reducir el volumen de pulpas que ya no contienen minerales de interés mejora la eficiencia en la gestión de residuos ya que se comprende que los porcentajes de sólidos para calidad de recepción en hidrotubos expuestos en él garantizando a su vez un mayor tiempo de vida útil en los depósitos de relaves mineros precisamente por las propiedades antes mencionadas, estas propiedades son acordes al procedimiento

de descarga de relaves en el cual se exige calidad de relave a disponer, aceptando una pulpa con porcentajes de lodos mínimo de 55% y hasta un 80% por propiedades mecánicas del sistema de bombeo. Esta tecnología ha sido adaptada a las necesidades específicas de la empresa., mediante el uso de hidrotubos diseñados a medida, lo cual facilita su instalación y operación según las características del terreno.

El principio de funcionamiento de los hidrotubos se basa en tres etapas principales: llenado, deshidratación y compactación del material contenido. Desde el punto de vista ambiental ofrece la ventaja por la disposición en los depósitos de relaves permitiendo que después de un determinado tiempo tengamos estos sistemas constituidos y logrando un porcentaje de humedad final entre un 20 – 23%. Esto permite una consolidación más rápida y segura de los residuos sólidos, reduciendo riesgos de derrames y facilitando su disposición final.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

En el contexto de la minería en Colombia, el uso de hidrotubos representa una alternativa innovadora y rentable frente a métodos tradicionales como relaveras húmedas, ya que permite aprovechar materiales disponibles en el sitio, disminuyendo significativamente los costos de transporte y logística además de los riesgos asociados a transporte de relaves teniendo en cuenta que el título minero se encuentra en una zona protegida por Ley 2da.

Adicionalmente, su diseño modular y la posibilidad de fabricar hidrotubos en diferentes dimensiones les otorgan gran versatilidad, permitiendo una geometría y forma deseada para los espacios disponibles en depósitos rígidos como los son los de OP OIL AND MINING S.A.S., adaptándose a las necesidades operativas. Su composición de alto peso molecular y bajo contenido de grupos carboxilo les proporciona alta resistencia frente a condiciones ambientales agresivas, garantizando una vida útil prolongada y una operación segura.

La implementación de esta tecnología en OP OIL AND MINING S.A.S. ha optimizado de manera significativa la gestión de los relaves, garantizando el cumplimiento de los lineamientos ambientales establecidos en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) y contribuyendo a minimizar los impactos sobre el entorno natural en las áreas operativas de la compañía, aparte de optimizar y aprovechar de mejor manera los espacios con que se cuenta en la operación, otorgando a su vez una continuidad para el proceso de Beneficio de la compañía.

DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROTUBOS

El presente proyecto contempla el diseño, construcción e instalación de estructuras de acopio de relaves en dos zonas específicas dentro de la operación minera de la empresa OP OIL AND MINING S.A.S., ubicada en el corregimiento de Alto Caribona. Las estructuras se localizan en Relavera 1 (OP1): ubicada en la entrada 1 y Relavera 2 (OP2): ubicada en la entrada 2.

Cuadro de Coordenadas Poza de Relaves 1:

COORDENADAS POZA DE RELAVES 1		
AREA: 700 m ²		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	2427919.489	4851661.168
2	2427912.721	4851672.22
3	2427906.981	4851669.405
4	2427887.525	4851657.249
5	2427880.081	4851653.502
6	2427888.389	4851638.527
7	2427888.389	4851638.527
8	2427894.602	4851639.852
9	2427904.657	4851645.475
10	2427913.123	4851650.105
11	2427918.084	4851654.735

Cuadro de Coordenadas Poza de Relaves 2:

COORDENADAS POZA DE RELAVES 2		
AREA: 1395 m ²		
PUNTO	NORTE	ESTE
1	2428012,713	4851683,284
2	2427999,536	4851687,041
3	2427993,028	4851689,687
4	2427994,092	4851693,257
5	2427978,767	4851696,46

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

6	2427975,83	4851696,883
7	2427970,459	4851696,354
8	2427966,675	4851692,571
9	2427961,172	4851685,321
10	2427955,748	4851677,066
11	2427959,654	4851674,397
12	2427960,537	4851671,113
13	2427962,759	4851669,129
14	2427965,22	4851668,679
15	2427971,469	4851665,801
16	2427977,338	4851662,726
17	2427985,054	4851662,078
18	2427988,929	4851662,21
19	2428008,665	4851664,022

Con la ejecución de este proyecto se busca optimizar la disposición final de los relaves generados durante el proceso de beneficio del mineral, mediante la implementación de sistemas de Hidrotubos, estructuras flexibles en forma de tubo fabricadas con tejido geotextil de alta resistencia. Su sección transversal presenta forma oval, y sus dimensiones se ajustan a las necesidades técnicas del proyecto.

Estas geoestructuras ofrecen propiedades especializadas de filtración, retención y drenaje, lo que permite almacenar, conformar, deshidratar y consolidar los relaves de forma segura y eficiente, minimizando los impactos ambientales y optimizando el uso del espacio dentro de la operación minera.

Tiempo de vida útil de relaveras

Este tiempo es calculado a partir de la capacidad del sitio de disposición de relaves o relavera y la producción de planta Beneficio en relación a la cantidad de material procesado.

Una vez la capacidad calculada sea superada se mejoran las medidas de control para descarga de relaves mitigando los riesgos en la operación de la misma con el fin de poder alargar el tiempo de vida útil de los sistemas de disposición de Hidrotubos.

Se complementa los planes de contingencia y emergencia en caso de fallas en la operación garantizando que desde la instalación hasta el riesgo de un derrame puedan ser lo más mínimo posible el impacto ambiental y de seguridad asociados a la actividad.

Se calcula que la relavera 1 puede contener un promedio de 9.800 m³ de material de relaves y la relavera 2 un promedio de 16.000 m³

Ventajas ambientales

- **Reducción del riesgo de contaminación:** Los hidrotubos están diseñados para contener los relaves de manera segura, lo que minimiza el riesgo de filtraciones de relaves y contaminación del agua y del suelo. Esta medida va acompañada de la adecuada disposición del agua filtrada por estos sistemas dentro de un sitio de acopio técnicamente viable para los hidrotubo.
- **Minimización del impacto visual:** Los hidrotubos pueden ser diseñados para minimizar el impacto visual y paisajístico en la zona, lo que es especialmente importante en áreas sensibles o protegidas como lo es el proyecto de minería de OP Oil And Mining el cual se encuentra en la Zona de reserva forestal de a cuenca del río Magdalena protegido bajo ley segunda en Colombia.
- **Recuperación de agua:** Los hidrotubos pueden ayudar a recuperar agua contenida en los relaves, lo que puede ser reutilizada en el proceso minero, reduciendo así la demanda de agua fresca. Estas aguas con contenidos de químicos aplicados en el proceso de beneficio son tratadas a través de la planta de tratamiento de agua residual no doméstica (PTARnD) para su correcta disposición en el cuerpo de agua o recirculación al proceso.

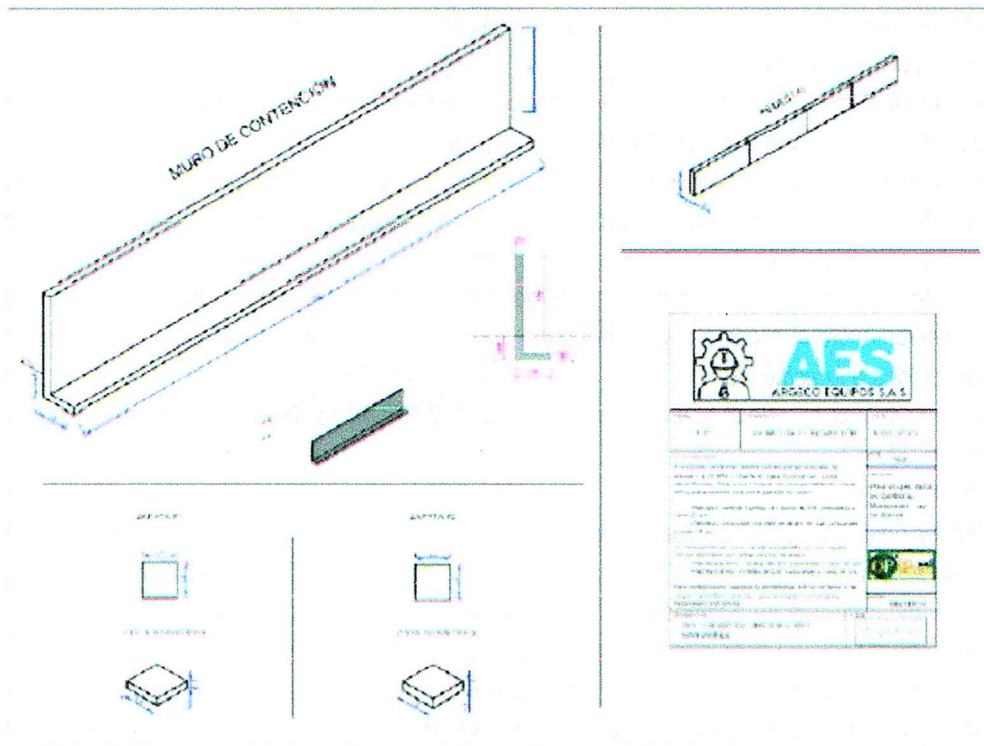
- *Reducción de la huella de carbono: La implementación de hidrotubos puede ayudar a reducir la huella de carbono de la operación minera, ya que se reduce la necesidad de transportar los relaves mitigando la emisión de gases de efecto invernadero por la reducción de uso de vehículos los cuales son fuentes móviles, al mismo tiempo la tecnología de descarga también mitiga el impacto de huella de carbono ya que la disposición se hace a través de un sistema de bombeo que no tiene los mismos requerimientos eléctricos tales como otras tecnologías usadas en minería que al tiempo conllevan al uso de maquinaria amarilla para la correcta disposición de relaves en los puntos de disposición.*

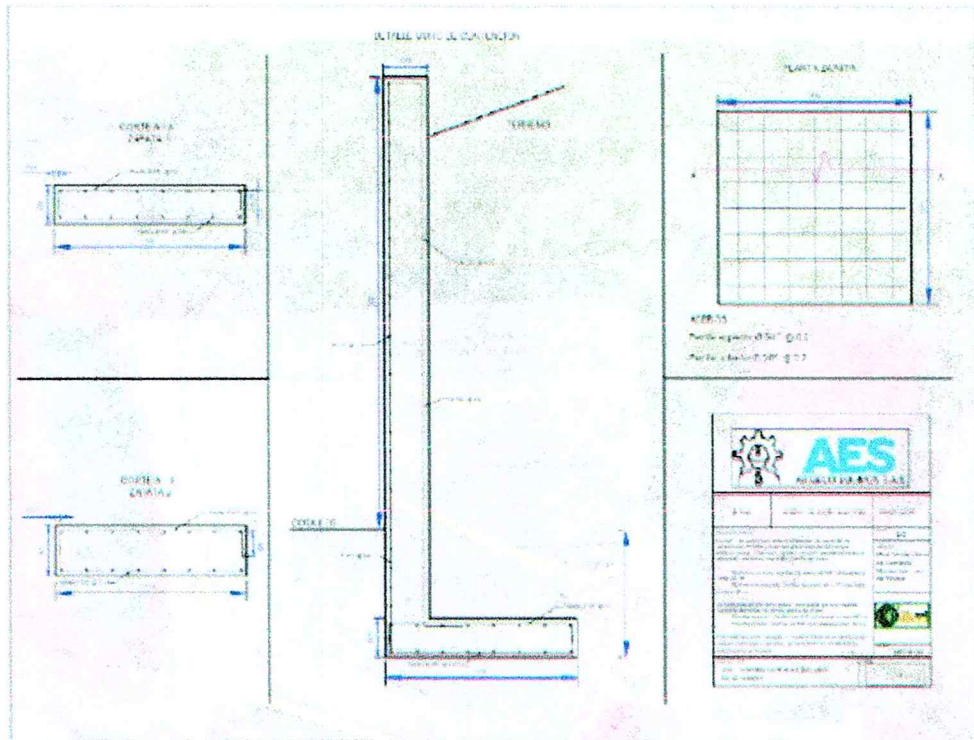
DISEÑO PRESAS DE RELAVE

En el marco del proyecto de manejo y disposición de relaves, se ejecutaron obras civiles en las relaveras con el propósito de mitigar los procesos de remoción del suelo y garantizar la estabilidad de las estructuras de almacenamiento. Para ello, se llevó a cabo un estudio geotécnico detallado que consideró aspectos fundamentales como la geomorfología y la geología local del área de influencia, ubicada en el municipio de Montecristo, sur de Bolívar.

Este análisis permitió identificar las características del terreno y diseñar las medidas constructivas adecuadas para prevenir deslizamientos, erosión y otras afectaciones asociadas a la dinámica natural del suelo en la zona. Las intervenciones incluyeron adecuación de taludes, compactación del terreno, implementación de drenajes superficiales y subterráneos, así como la instalación de sistemas de control de escorrentía, todo esto orientado a fortalecer la seguridad estructural de las relaveras y su entorno.

Detalle muro de contención construido



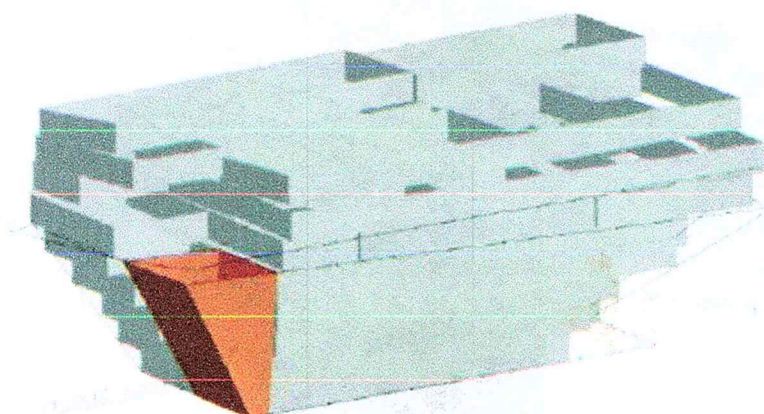


Cabe resaltar que las decisiones técnicas adoptadas están sustentadas en las respectivas memorias de cálculo, las cuales incluyen el análisis de cargas, factores de seguridad, pendientes máximas permitidas, capacidad portante del suelo y comportamiento hidráulico de las estructuras. Estas memorias hacen parte integral de los documentos del proyecto y garantizan el cumplimiento de los estándares de ingeniería civil aplicables a este tipo de obras en zonas mineras.

La empresa OP OIL AND MINING S.A.S. cuenta con dos relaveras operativas como parte de su infraestructura para el manejo de residuos del proceso de beneficio del mineral.

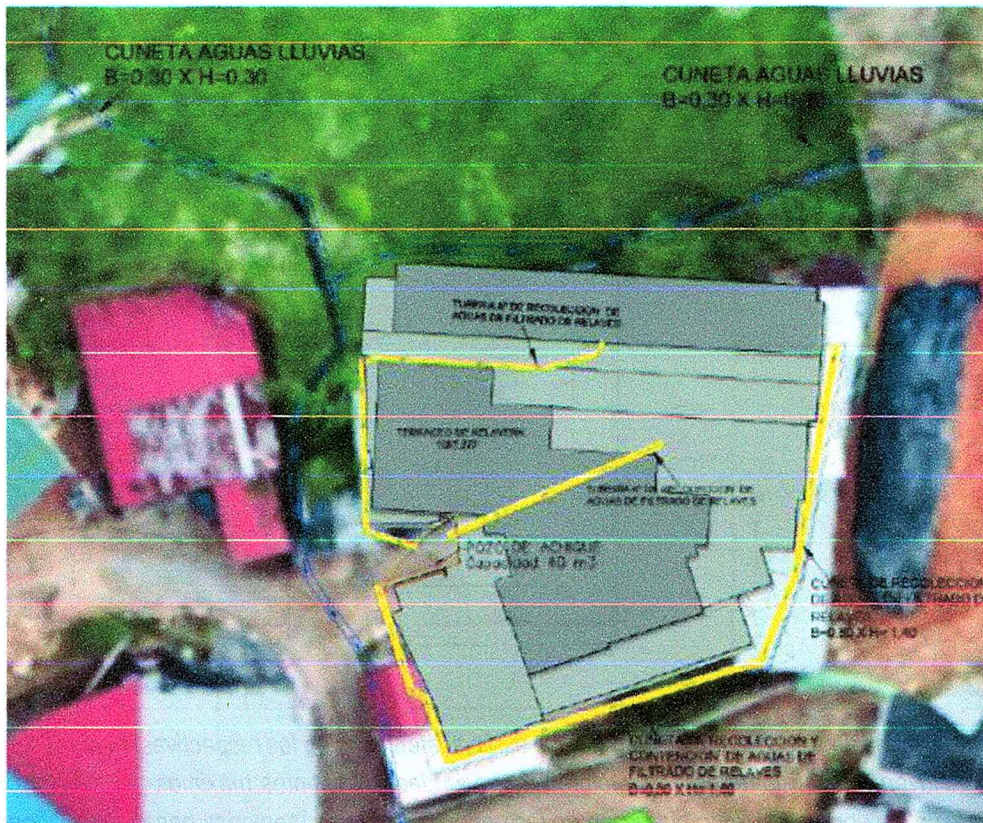
La Relavera 1, está equipada con hidrotubos dispuestos en forma ascendente. En el costado sur, a la entrada de la unidad operativa OP1, se encuentra instalado un pozo de achique, el cual dispone de una bomba automática que permite la succión de las aguas lluvias acumuladas.

Distribución Hidrotubos en la presa de relaves 1



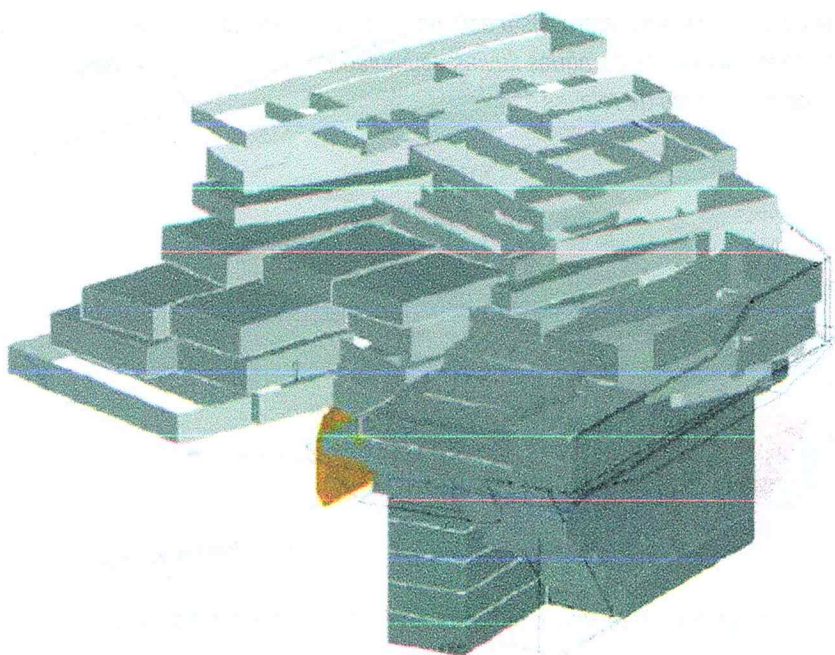
Estas aguas son conducidas mediante una tubería de PVC de 3 pulgadas hacia la cámara de entrada del sistema de tratamiento.

Sistema de manejo de aguas lluvias

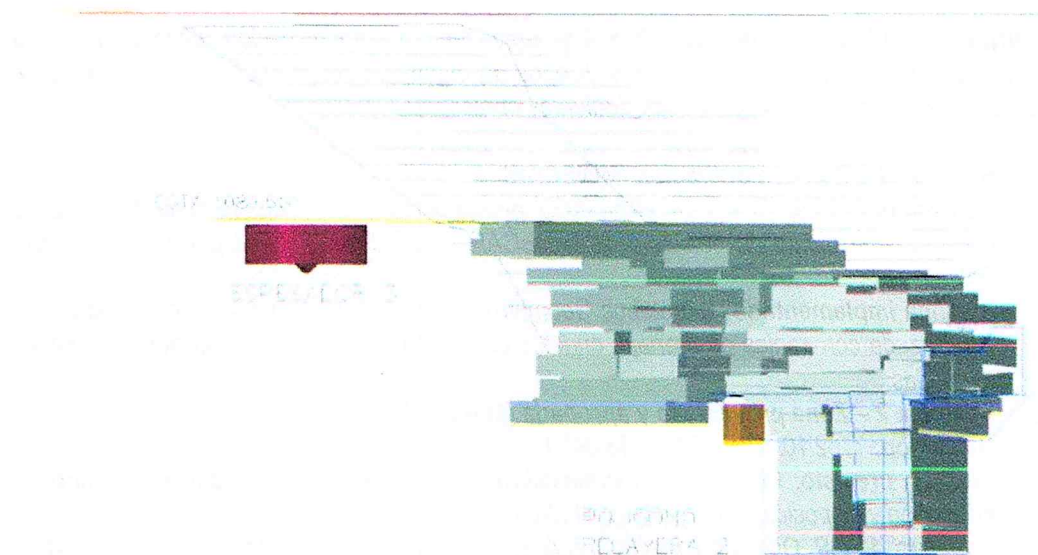


Por su parte, la Relavera 2 tiene su pozo de achique localizado en la cara oeste de la relavera, específicamente en el área de ingreso de la unidad operativa OP2. Este pozo también está conectado a una bomba automática, que impulsa el agua captada hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) utilizando una manguera de 3 pulgadas.

Distribución Hidrotubos en la presa de relaves 2



Proyección llenado relavera presa de relave 2



Adicionalmente, el agua generada durante el proceso de extracción del mineral, una vez pasa por el espesador, es direccionada hacia la cámara de entrada y posteriormente tratada en la PTAR, garantizando así una gestión adecuada y responsable de las aguas residuales industriales, conforme a las exigencias ambientales y operativas.

Procedimiento implementado para el manejo de relaves

Se realiza el siguiente documento de procedimiento de descarga de relaves el cual está diseñado para establecer las etapas necesarias que garanticen el adecuado funcionamiento y vida útil de las relaveras de la empresa OP OIL AND MINING S.A.S.

Estructura básica del procedimiento que será implementado:

- Conectar la tubería de llenado al puerto de llenado del hidrotubo.
- Verificar la calidad de la pulpa corroborando su densidad y porcentaje de sólidos la cual debe estar entre (densidad 1530 - % de sólidos 55 hasta densidad 2010 - % de sólidos 80)
- Iniciar el bombeo del material (lodo, arena, etc.) al hidrotubo.
- Los relaves se bombean desde la planta de procesamiento hasta el área de almacenamiento (hidrotubos).
- Se utilizan tuberías o mangueras para transportar los relaves hasta los hidrotubos.
- Monitorear la velocidad de llenado para asegurar una expansión uniforme del hidrotubo y evitar sobrecargas
- Una vez lleno, cerrar y sellar el puerto de llenado para evitar fugas.
- Se debe esperar a que el agua salga del hidrotubo a través de los poros del geotextil, mientras que los sólidos se quedan retenidos.

Consideraciones de la CSB.

- MINEROS DEL CARBONA GOLD S.A.S, presento ubicación, descripción de la operación del sistema, memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de hidrotubos. Para el contrato de operación OP OIL AND MINING S.A.S.
- Los parámetros utilizados para los diseños están debidamente soportados por medio de análisis y la literatura pertinente.
- La modelación y cálculo de los diseños fue realizada para las dos relaveras (Relavera 1 y Relavera 2).
- Se presenta los diseños hidráulicos para manejar el recurso hídrico generado por la deshidratación de los hidrotubos y escorrentía.

CONCEPTUALIZACION TECNICA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

Una vez realizada la revisión de los documentos anexados, se conceptúa técnicamente lo siguiente:

- ❖ Que **MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S.** presento presentó ubicación, descripción de la operación del sistema, memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de hidrotubos, para las siguientes obras:
 - **Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR)**
Ubicación: 7°51'58.51"N - 74°20'54.00"O, predio ubicado en la vereda Mina Walter, zona contigua a la planta de beneficio de MINECAR GOLD S.A.S., municipio de Montecristo, Bolívar.
Sistema implementado: Hidrotubos Geomatrix Hydrotex 150, dispuestos sobre plataforma estabilizada con zanjas de drenaje, cunetas de control y sistema de captación para aguas exudadas.
 - **Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR)**
Ubicación: 7°52'10.69"N - 74°20'43.04"O.
Sistema previsto: Plataforma impermeabilizada, canalización de aguas lluvias, control de infiltración y disposición por niveles de hidrotubos.
 - **Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S.** ubicada en las coordenadas 2427919.489N 4851661.168E, se encuentra en labor de extracción de los relaves depositados en ella, los cuales están siendo transportados a una planta que se encuentra en el casco urbano del municipio de Santa Rosa del Sur.
 - **Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S.** ubicada en las coordenadas 2428012.713N 4851683.284E, tiene su pozo de achique localizado en la cara oeste de la relavera, específicamente en el área de ingreso de la unidad operativa OP2. Este pozo también está conectado a una bomba automática, que impulsa el agua captada hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) utilizando una manguera de 3 pulgadas.
- ❖ Que **MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S.**, presentó informe técnico de cierre del evento ambiental reportado mediante radicado no. 4641 de 2024, en el marco de la licencia ambiental No. 0519 del 29 de agosto del 2023 de MINECAR GOLD S.A.S. De acuerdo a la Plan de Gestión de Riesgo aprobado en Estudio de Impacto ambiental.
- ❖ Que de acuerdo a las coordenadas de ubicación: Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR), Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR), Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S y Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S, estas se encuentra dentro del área de sustracción definitiva de la reserva forestal del río Magdalena para el desarrollo de actividades de explotación minera otorgada por El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible por medio de la Resolución No. 666 del 27 de abril del 2016, a favor del Contrato de Concesión Minera No. JG4-16531. De igual manera se encuentran dentro del área licenciada aprobada mediante resolución No. 0519 del 29 de agosto del 2023 expedida por la CSB.
- ❖ Que analizando los resultados del factor de seguridad estático y el seudo estático para las dos alternativas Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR), Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR), estos cumplen de acuerdo a los valores predeterminados (factor de seguridad estático debe ser mayor a 1,35 y el seudo estático a 1.05.).
- ❖ Que analizando los resultados el factor de seguridad estático y el seudo estático para Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S y Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S estos cumplen, de acuerdo al predeterminado de acuerdo a la modelación utilizada que no deben ser inferior a uno (1).
- ❖ Que los parámetros utilizados para los diseños de los hidrotubos están debidamente soportados por medio de análisis y la literatura pertinente. Para Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR), Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR), Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S y Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

- ❖ Que se presentaron los diseños hidráulicos para manejar el recurso hídrico generado por la deshidratación de los hidrotubos y escorrentía. Para Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR), Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR), Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S y Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S.
- ❖ Es procedente validar técnicamente los documentos técnicos que incluye la información referente a: Ubicación, descripción de la operación del sistema, memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de hidrotubos para la Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR), Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR), Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S y Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S.
- ❖ Se requiere levantar la suspensión de utilización de hidrotubos impuesta a **MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S** mediante Auto No. 0322 del 26 de mayo de 2025, teniendo en cuenta que los documentos técnicos cumplen con lo exigido en el concepto técnico 170 de mayo 09 del 2025.
- ❖ Los hidrotubos se podrán utilizar en los siguientes sistemas: Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR) coordenadas 7°51'58.51"N - 74°20'54.00"O, Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR) coordenadas 7°52'10.69"N - 74°20'43.04"O, Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S coordenadas 2427919.489N 4851661.168E y Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S coordenadas 2428012.713N 4851683.284E.
- ❖ Se requiere por parte de Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar realizar visitas de seguimiento para verificar que los sitios autorizados para la utilización de hidrotubos a **MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S** identificado con NIT 901149930-4, sea donde está tecnología (hidrotubos) se esté utilizando."

FUNDAMENTOS JURIDICOS

Que la Ley 99 de 1993 en su artículo 23 define las Corporaciones Autónomas Regionales bajo los siguientes términos:

"Artículo 23º- Naturaleza Jurídica. Las Corporaciones Autónomas Regionales son entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente".

Así mismo, la norma ibidem establece en su artículo 31 una serie de funciones a cargo de estas Entidades, entre las cuales podemos destacar:

"Artículo 31º. - Funciones. Las Corporaciones Autónomas Regionales ejercerán las siguientes funciones:
(...)

2. Ejercerla función de máxima autoridad ambiental en el área de su jurisdicción, de acuerdo con las normas de carácter superior y conforme a los criterios y directrices trazadas por el Ministerio del Medio Ambiente; (...)

9. Otorgar concesiones, permisos, autorizaciones y licencias ambientales requeridas por la ley para el uso, aprovechamiento o movilización de los recursos naturales renovables o para el desarrollo de actividades que afecten o puedan afectar el medio ambiente. Otorgar permisos y concesiones para aprovechamientos forestales, concesiones para el uso de aguas superficiales y subterráneas y establecer vedas para la caza y pesca deportiva; (...)"

Que la Constitución Política en su artículo 79, establece:

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

"Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectar/o. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines."

El artículo 80, de la norma ibidem dispone:

"El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Asimismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas"

Que la Ley 1333 de 2009 establece la potestad sancionatoria de las CAR, de la siguiente manera:

"Artículo 1: Titularidad de la potestad sancionatoria en materia ambiental. El Estado es el titular de la potestad sancionatoria en materia ambiental y la ejerce sin perjuicio de las competencias legales de otras autoridades a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, las Corporaciones Autónomas Regionales, las de Desarrollo Sostenible, las Unidades Ambientales de los grandes centros urbanos a que se refiere el artículo 66 de la Ley 99 de 1993, los establecimientos públicos ambientales a que se refiere el artículo 13 de la Ley 768 de 2002 y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales, Uaesppn, de conformidad con las competencias establecidas por la ley y los reglamentos.(...)"

Que la norma ibidem establece las infracciones en el artículo 5, de la siguiente manera:

"Artículo 5: Infracciones. Se considera infracción en materia ambiental toda acción u omisión que constituya violación de las normas contenidas en el Código de Recursos Naturales Renovables, Decreto-ley 2811 de 1974, en la Ley 99 de 1993, en la Ley 165 de 1994 y en las demás disposiciones ambientales vigentes en que las sustituyan o modifiquen y en los actos administrativos emanados de la autoridad ambiental competente. Será también constitutivo de infracción ambiental la comisión de un daño al medio ambiente, con las mismas condiciones que para configurar la responsabilidad civil extracontractual establece el Código Civil y la legislación complementaria, a saber: El daño, el hecho generador con culpa o dolo y el vínculo causal entre los dos. Cuando estos elementos se configuren darán lugar a una sanción administrativa ambiental, sin perjuicio de la responsabilidad que para terceros pueda generar el hecho en materia civil."

Que la Ley 1333 de 2009 establece la iniciación del procedimiento sancionatorio en el artículo 18, de la siguiente manera:

"Artículo 18: Iniciación del procedimiento sancionatorio. El procedimiento sancionatorio se adelantará de oficio, a petición de parte o como consecuencia de haberse impuesto una medida preventiva mediante acto administrativo motivado, que se notificará personalmente conforme a lo dispuesto en el Código Contencioso Administrativo, el cual dispondrá el inicio del procedimiento sancionatorio para verificar los hechos u omisiones constitutivos de infracción a las normas ambientales. En casos de flagrancia o confesión se procederá a recibir descargos. (...)"

De conformidad a lo anterior la Directora General de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar CSB,

DISPONE

ARTÍCULO PRIMERO: ATENDER la queja ambiental, presentada ante esta Corporación por la señora BLANCA VICTORIA SABAGH en calidad de defensora de los Derechos Humanos y Asuntos Ambientales, por la Procuradora Judicial Agraria y Ambiental de Magangué y por el señor ANTONIO SAGBINI FERNÁNDEZ en calidad de Director de Salud Pública de la Gobernación de Bolívar, consistente en *"un accidente en la Mina Walter, ubicada en dicho corregimiento, que presuntamente involucró derramamiento de sustancias peligrosas (mercurio y/o cianuro) hacia el nacedero del río Caribona"*, en el sentido de que la empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S identificada con el NIT.901.149.930-4 atendió en su totalidad las obligaciones

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL SUR DE BOLÍVAR - CSB

NIT. 806.000.327 – 7

Secretaría General

impuestas mediante el Auto No. 0322 del 26 de mayo de 2025, teniendo en cuenta que los documentos técnicos aportados por la persona jurídica que nos ocupa, cumplen con lo exigido en el concepto técnico 170 de mayo 09 del 2025.

ARTÍCULO SEGUNDO: LEVANTAR la suspensión de utilización de hidrotubos impuesta a MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S mediante el Auto No. 0322 del 26 de mayo de 2025, debido a que los documentos técnicos aportados cumplen con lo exigido en el Concepto Técnico 170 de mayo 09 del 2025.

ARTÍCULO TERCERO: La empresa MINEROS DEL CARIBONA GOLD S.A.S identificada con el NIT.901.149.930-4, podrá utilizar los hidrotubos en los siguientes sistemas: Relavera 1 – Zona en operación (MINECAR) coordenadas 7°51'58.51"N - 74°20'54.00"O, Relavera 2 – Zona proyectada y aprobada (MINECAR) coordenadas 7°52'10.69"N - 74°20'43.04"O, Relavera 1, OP OIL AND MINING S.A.S coordenadas 2427919.489N 4851661.168E y Relavera 2, OP OIL AND MINING S.A.S coordenadas 2428012.713N 4851683.284E.

ARTÍCULO CUARTO: El incumplimiento de los requerimientos hechos en el presente Acto Administrativo podrá dar lugar a la apertura de Proceso Administrativo Sancionatorio de que trata la Ley 1333 de 2009 modificada y adicionada por la Ley 2387 de 2024.

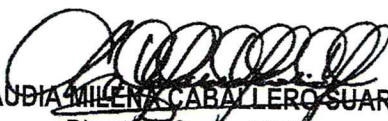
ARTICULO QUINTO: La Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar CSB, supervisará y/o verificará semestralmente y/o cuando estime conveniente el cumplimiento de las obligaciones señaladas en el presente Acto Administrativo.

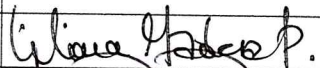
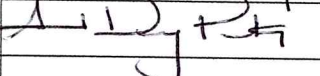
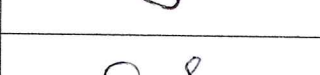
ARTICULO SEXTO: Comuníquese el presente Acto Administrativo a los siguientes actores: Denunciante anónimo, a la señora BLANCA VICTORIA SABAGH, al señor ANTONIO SAGBINI FERNÁNDEZ y a la Procuradora Judicial Agraria y Ambiental de Magangué- Bolívar, para su conocimiento y fines pertinentes.

ARTÍCULO SÉPTIMO: Contra el presente proveído no procede recurso alguno por tratarse de un acto de trámite de acuerdo a lo previsto en el Artículo 75 de la Ley 1437 de 2011.

ARTÍCULO OCTAVO: Publicar el presente Acto Administrativo, de conformidad en el Artículo 71 de la Ley 99 de 1993.

COMUNÍQUESE, PUBLÍQUESE Y CÚMPLASE


CLAUDIA MILENA CABALLERO SUAREZ
Directora General CSB

Atributo	Nombres y apellido	cargo	firma
Proyectó	Liliana Madera Paredes	Asesor Jurídico-CSB	
Revisó	Sandra Diaz Pineda	Secretaria General	
Conceptualizó	Carlos Prasca Paternina	Profesional Especializado CSB	
Aprobó	Roviro Menco Menco	Subdirector de Gestión Ambiental	
EXP	2025-061		