

# MINERA PANAMÁ, S.A.

## Preservación y Gestión Segura

# Estabilización Química de los Depósitos de Almacenamiento de Roca Estéril (DARE)

### **MINA COBRE PANAMÁ**

Distrito de Donoso, Provincia de Colón

Preparado para:

MINISTERIO DE COMERCIO E INDUSTRIAS (MICI)

 **COBRE PANAMÁ**

21 de febrero de 2024

Copia de la propuesta presentada por MINERA PANAMÁ, S.A.

Preparado por:

D. Arauz	Superintendente de Planeamiento Operativo, Minera Panama S.A.
C. Barrantes	Superintendente Ambiental, Minera Panama S.A.
I Farje	Superintendente Operaciones Mina, Minera Panama S.A.
J. Garcia	Ingeniero de Planeamiento Operativo, Minera Panama S.A.
J. Gonzales	Jefe de Ingeniería de Minas, Minera Panama S.A.

## Tabla de Contenidos

1.	Introducción .....	3
1.1.	Definiciones y abreviaturas .....	3
2.	Alcance de Trabajo .....	4
3.	Equipo Requerido .....	8
3.1	Etapa 1 Estabilización Química .....	8
3.2	Etapa 2 Estabilización Química .....	8
3.3	Etapa 3 Estabilización Química .....	9
4.	Estimación de Costos – Etapa 1 .....	9
4.1	Depósito de Roca Estéril Rio Del Medio .....	9
4.2	Depósito de Roca Estéril Botija Sur .....	11
5.	Plan de Trabajo .....	12
6.	Evaluación de Riesgos .....	12
6.1	Riesgos asociados al Medio Ambiente .....	12
6.2	Riesgos a la Salud y Seguridad .....	14
7.	Conclusiones y Recomendaciones .....	15
8.	Referencias .....	15

Copia de la propuesta presentada por MINERA PANAMÁ, S.A.

## 1. Introducción

La Sección 3.1.3 del Plan de Preservación y Manejo Seguro remitido al Ministerio de Comercio e Industrias con fecha 16 de enero del 2024 (240116-PGS-MPSA), específicamente indica que el material *saprock* existente en el Depósito de Almacenamiento de Roca Estéril de Colina debe ser encapsulado con saprolita, o de no ser posible, procesado para reducir la lixiviación de metales.

Este documento explica las tareas relacionadas con dicho encapsulamiento y provee una estimación del equipo y recursos necesarios para alcanzar la estabilización química recomendada en la carta MICI-DM-N-No-1114-2023 del 29 de diciembre del 2023, y reproducida en la **Tabla 1**.

**Tabla 1 – Acciones Recomendadas para la Preservación y Manejo Seguro (MICI)**

Factores de Riesgo	Riesgo	Acciones específicas
<b>Estabilidad química</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de drenaje ácido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sellar el piso con material saprolítico -arcilla</li> <li>• Proceder al encapsulamiento de los botaderos para evitar infiltraciones a las fuentes subterráneas.</li> </ul>

### 1.1. Definiciones y abreviaturas

Cierre Progresivo	Consiste en la implementación de actividades de cierre durante la fase operacional [2].
Cierre No Planeado	<p>Cierre temporal, repentino o inesperado de una mina en operación debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Razones económicas (bajo precio de metales, altos costos)</li> <li>- Razones geológicas (disminución inesperada de la ley de mineral)</li> <li>- Razones técnicas (condiciones geotécnicas adversas)</li> <li>- Cumplimiento regulatorio (faltas graves de seguridad o ambientales)</li> <li>- Presión social o comunitaria</li> <li>- Inundación imprevista de la mina [2, 3].</li> </ul>
Cierre Permanente	“Se tomarán todas las medidas necesarias para restaurar la superficie del terreno de manera que este quede en las mismas condiciones que existían antes del comienzo de las operaciones. Lo mismo se hará para eliminar condiciones peligrosas que resulten de las operaciones. Ninguna operación minera podrá darse por

	concluida ni abandonarse hasta tanto no se esta disposición” (Art 115 Código de Recursos Minerales de Panamá).
DARE	Depósito de Almacenamiento de Roca Estéril
MPSA	Minera Panama, S.A.
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental
PGS	Preservación y Gestión Segura
ARD	Drenaje Ácido de Roca
PAG	Potencial Generador de Ácido
LM	Lixiviación de Metales

## 2. Alcance de Trabajo

El alcance de trabajo considera tres etapas de estabilización química, para manejar la incertidumbre de la duración del periodo de PMS:

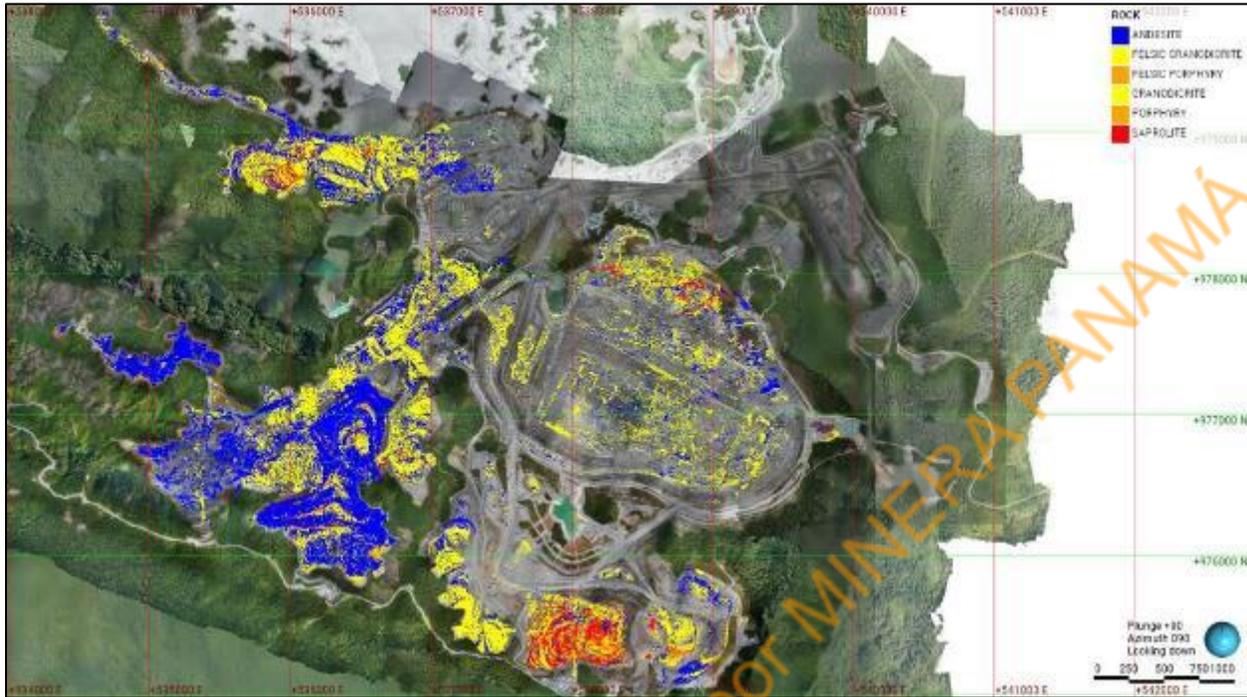
- Etapa 1 incluye únicamente los taludes expuestos en Rio del Medio y Botija Sur que ya se encuentran en límite final y que estaban programados para rehabilitación si Cobre Panama hubiese sido autorizada a continuar operando.
- Etapa 2 incluye las áreas expuestas de *saprock* en estos DARE que debido al largo periodo de exposición (más de 2 meses) han comenzado a generar agua en condición ácida y lixiviar metales.
- Etapa 3 sigue los lineamientos del Cierre No Planeado remitido por Cobre Panamá como parte de los compromisos del EsIA.

De acuerdo con un estudio de Drenaje Ácido de Roca del 2018 [1], todo el *saprock* con un contenido de azufre mayor a 0.1% presenta un riesgo significativo de ARD, el cual debería ser encapsulado con material saprolítico. El EsIA del 2010 [5] indicaba un espesor de saprolita de 2.5 m para la rehabilitación de los acopios de mineral y de estéril, mientras que para el embalse de relaves el espesor era de 20 centímetros. Para este estudio y luego de la firma de la Carta de Entendimiento con Mi Ambiente, se ha adoptado un espesor único de 1.0 m en todas las etapas de la estabilización química.

La Figura 1 muestra el tipo de roca expuesto en los acopios de material estéril: mayormente andesita en Rio del Medio, una mezcla de saprolita y granodiorita en Botija Sur, y predominio de granodiorita con algo de andesita en el Refuerzo Sur de la presa de relaves (Noroeste del tajo Botija).

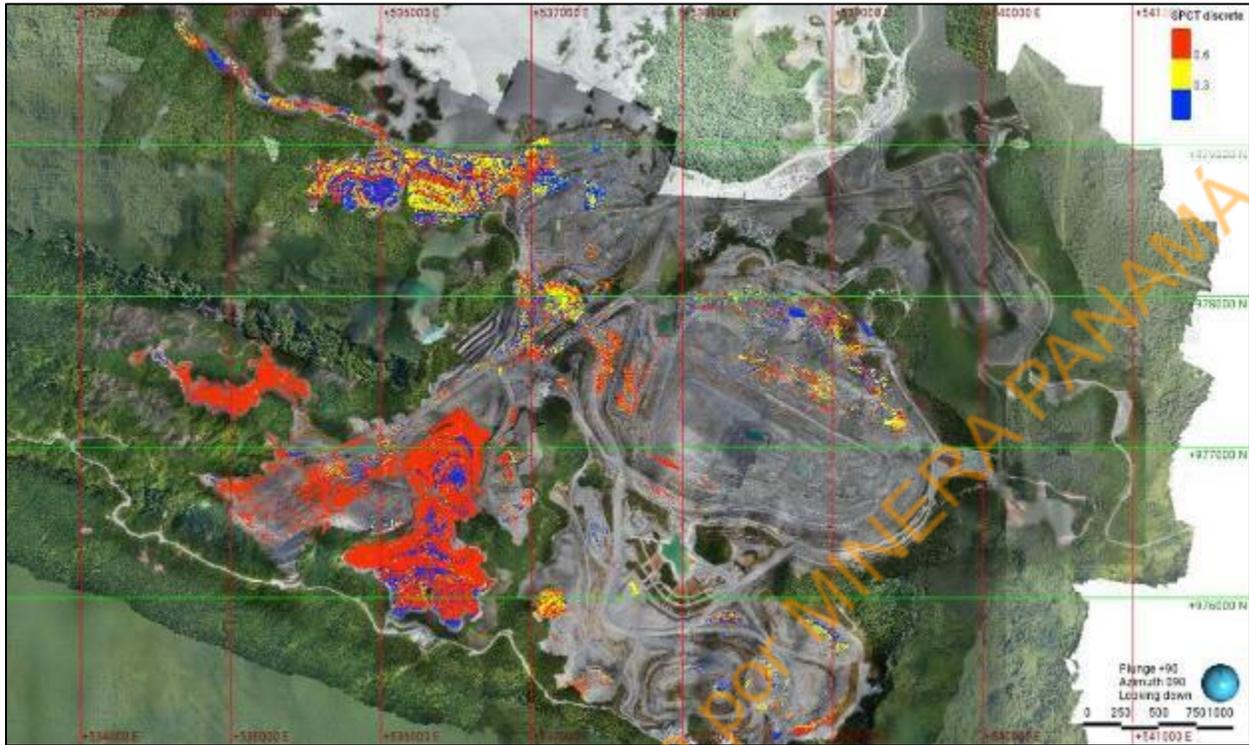
Este documento está sujeto a modificaciones, cambios y/o revisiones por parte de las Entidades del Estado, acorde al Artículo 2 de la Resolución de Gabinete 19 de 27 de febrero de 2024.

Figura 1 Tipo de Roca expuesta en tajos y acopios de material estéril (c



La Figura 2 muestra el contenido promedio de azufre de cada viaje acarreado durante el 2023 hacia el acopio de material estéril, clasificado en 3 rangos: [0.1% - 0.3%], [0.3% - 0.6%] y > 0.6%. La concentración más alta de azufre ocurre en Rio del Medio, pero como el tipo de roca no es *saprock*, su tiempo de reacción es mayor a dos meses.

Figura 2 Contenido de Azufre en los acopios de material estéril (a fii



La Figura 3 muestra las áreas de material PAG (*saprock* con  $S > 0.1\%$  y roca fresca con  $S > 1\%$ ) que se incluyen en la Etapa 2 de la estabilización química. Estas áreas se resumen en la **Tabla 2**.

**Tabla 2 – Áreas expuestas de PAG (a fines del 2023)**

DARE	Área total ocupada, m <sup>2</sup>	Área de PAG expuesta, m <sup>2</sup>	Volumen requerido de saprolita, m <sup>3</sup>
Rio del Medio	1,100,895	476,667	476,667
Botija South	1,925,625	45,875	45,875
Taludes debajo de la banda transportadora	473,541	31,017	0
Norte (MSA + Refuerzo Sur)	1,675,771	588,190	0
<b>Total</b>	<b>5,175,832</b>	<b>1,141,749</b>	<b>522,542</b>

Notas:

1. Los DARE debajo de la banda transportadora y del Norte se excluyen de la Etapa 2 ya que estos reportan a la Poza de Sedimentación #2, la cual no descarga al ambiente.
2. El material PAG incluye PAG estéril en roca competente y en roca transicional (*saprock*).



### 3. Equipo Requerido

El equipo requerido dependerá del volumen de trabajo en cada etapa de estabilización, ya que la cantidad de saprolita requerida y las áreas expuestas a cubrir se incrementan con cada etapa.

#### 3.1 Etapa 1 Estabilización Química

Para la primera etapa se requerirá el siguiente equipo (Figura 5):

- 01 excavadora Liebherr R9100, con capacidad de balde de 7.5 m<sup>3</sup> y longitud de brazo de 7.6 m
- 04 camiones articulados CAT740, con capacidad de tolva de 24 m<sup>3</sup>
- 01 tractor de orugas CAT D8
- 01 motoniveladora CAT 16M

Personal requerido:

- 07 operadores por turno x 3 turnos = 21 operadores
- 01 supervisor por turno x 3 turnos = 3 supervisores
- 02 topógrafos de mina
- 01 cuadrilla de hidrosiembra

Figura 5 Equipo requerido Etapa 1

(Izquierda: camión articulado; Derecha: excavadora)



Fuente: Página web del fabricante (Caterpillar y Liebherr, respectivamente)

#### 3.2 Etapa 2 Estabilización Química

Equipo:

- 01 excavadora Liebherr R9350, con capacidad de balde de 18.7 m<sup>3</sup>
- 04 camiones mineros CAT 777G, con carga útil de 83 t en saprolita
- 04 tractores de oruga CAT D11T
- 02 motoniveladoras CAT 16M
- 01 excavadora CAT 320 con aditamento tipo gancho
- 01 camión cisterna
- 01 camión lubricador
- 01 rodillo CAT CS74

Personal requerido:

- 15 operadores por turno x 3 turnos = 45 operadores

- 01 supervisor por turno x 3 turnos = 3 supervisores
- 02 topógrafos de mina
- 01 geólogo de producción por turno = 3 geólogos
- 01 cuadrilla de hidrosiembra

### 3.3 Etapa 3 Estabilización Química

#### Equipo:

- 02 excavadoras Liebherr R9350
- 08 camiones mineros CAT 777G
- 04 tractores de oruga CAT D11T
- 02 motoniveladoras CAT 16M
- 01 excavadora CAT 320 con aditamento tipo gancho
- 01 camión cisterna
- 01 camión lubricador
- 01 rodillo CAT CS74

#### Personal requerido:

- 20 operadores por turno x 3 turnos = 60 operadores
- 01 supervisor por turno x 3 turnos = 3 supervisores
- 02 topógrafos de mina
- 01 geólogo de producción por turno = 3 geólogos
- 02 cuadrillas de hidrosiembra

## 4. Estimación de Costos – Etapa 1

### 4.1 Depósito de Roca Estéril Rio Del Medio

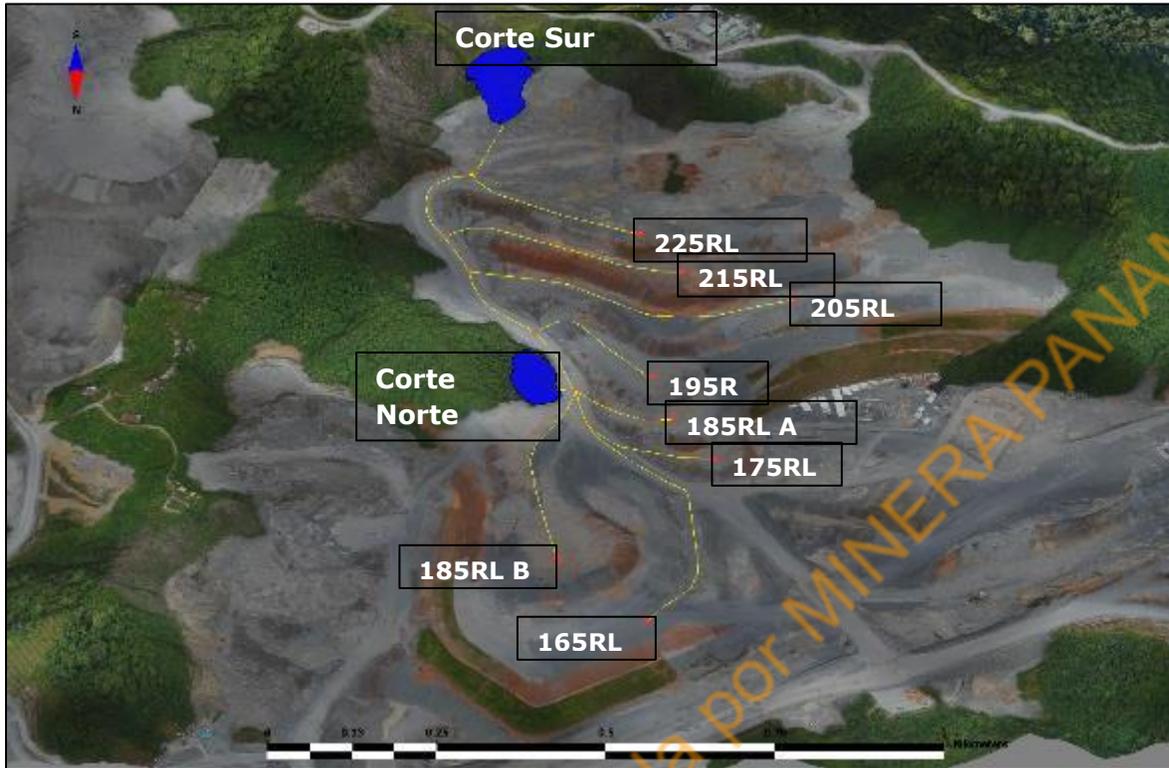
El total de saprolita requerida en la Etapa 1 de Rio del Medio es 66,903 m<sup>3</sup>, y hay dos fuentes de saprolita para este fin, Corte Norte y Corte Sur (Figura 6). Los tiempos de ciclo a cada banco se muestran en la Tabla 3. Asumiendo un costo promedio de \$3.50 por metro cúbico, el costo operativo de esta etapa asciende a **\$234,000**.

**Tabla 3 – Tiempos de ciclo para camiones articulados (en minutos)**

Banco	Corte Norte	Corte Sur
225 RL	5.6	2.2
215 RL	4.7	3.8
205 RL	4.6	5.0
195 RL	2.3	4.8
185 RL A	1.1	5.1
185 RL B	2.2	6.3
175 RL	1.8	5.8
165 RL	3.7	7.7

Este documento está sujeto a modificaciones, cambios y/o revisiones por parte de las Entidades del Estado, acorde al Artículo 2 de la Resolución de Gabinete 19 de 27 de febrero de 2024.

Figura 6 Zonas de saprolita y rutas de acarreo - DARE Rio del Medio



#### 4.2 Depósito de Roca Estéril Botija Sur

El total de saprolita requerida en la Etapa 1 de Botija Sur es 33,463 m<sup>3</sup>, y hay tres fuentes de saprolita para este fin: Cerro Norte, Cerro Sur, y Área de Tendido (Figura 7). Los tiempos de ciclo a los distintos destinos se resumen en la **Tabla 4**. Asumiendo el mismo costo unitario que el de Río del Medio, la Etapa 1 de la estabilización química de Botija Sur costaría **\$117,000**.

**Tabla 4 – Tiempos de ciclo para camiones articulados (en minutos)**

Destino	Cerro Norte	Cerro Sur	Área de Tendido
Rehabilitación Norte	1.3		7.7
Rehabilitación Sur		2.9	9.2
Poza 2			5.3

**Figura 7 Zonas de saprolita y rutas de acarreo – DARE Botija Sur**



## 5. Plan de Trabajo

Área de PAG/ <i>saprock</i> expuesta	Etapa 1: Sólo taludes finales	Etapa 2: Más de 2 meses de exposición	Etapa 3: Cierre No Planeado
DARE Rio del Medio	12	79	102
DARE Botija Sur	6	8	100
Taludes debajo de la banda transportadora	0	0	5
DARE Norte (MSA + Refuerzo Sur)	0	0	39
Demoras operativas, contingencia	3	6	12
<b>Total, días laborables requeridos</b>	<b>21</b>	<b>93</b>	<b>258</b>

## 6. Evaluación de Riesgos

### 6.1 Riesgos asociados al Medio Ambiente

Aunque 90% del total de material a ser minado durante el desarrollo de los tajos Botija y Colina puede clasificarse como potencialmente generador de ácido (según el límite de 0.3% S en vigencia de acuerdo con los estudios geoquímicos del ESIA y aplicados por MPSA), la andesita competente e intrusiva continúa mostrando baja reactividad y puede, en el peor de los casos, ser clasificada como PAG sujeta a un tiempo de reacción extremadamente largo. Lo contrario ocurre con el *saprock*, en el cual los sulfuros residuales (y particularmente la calcopirita) son de rápida reacción y producen agua de contacto con niveles de pH de al menos 2 siguiendo periodos de exposición atmosférica de unas pocas semanas. El manejo prudente de *saprock* permanece así como requerimiento de primer orden para el control de ARD y lixiviación de metales durante el periodo de Preservación y Gestión Segura.

El agua de contacto del DARE Botija Sur donde se tiene *saprock*, reporta a la Poza 2A. Los datos de calidad de agua de los últimos 6 meses muestran evidencia de la intensificación de ARD/LM. Los niveles de pH ácido disminuyeron por debajo de 4 y la concentración de Cu varió entre 16 a 48 mg/L y SO<sub>4</sub> alcanzaron niveles de hasta 3,162 mg/L (considerando que usualmente el pH natural del agua superficial es alrededor de 7, la concentración de cobre es menor de 0.1 mg/L y la de SO<sub>4</sub> por debajo de 100 mg/L), ver gráficos a continuación. Estos hechos impulsaron a MPSA a instalar un sistema de dosificación de cal, el cual tras mucho esfuerzo fue transportado a fines de diciembre 2023 y su instalación completada en la primera semana de febrero 2024, quedando pendiente su puesta en marcha y primeros ensayos.

La estrategia actual de manejo de los 15 Mm<sup>3</sup> de *saprock* minado durante la etapa de producción de la mina, incluye la colocación de *saprock* en "celdas" en la huella del DARE de Botija como la opción más práctica y eficiente para el control de riesgo de ARD a largo plazo. Esta estrategia también se hubiera aplicado a futuro en Colina. La implementación del concepto de celdas de *saprock* empezó bajo la guía del área de Mina de MPSA en enero 2019. Para noviembre 2023, nueve celdas dentro de la huella del DARE

de Botija habían sido llenadas y selladas, mientras dos celdas estaban en preparación de *saprock* antes del PGS. Las celdas construidas a la fecha se han puesto directamente sobre la superficie topográfica natural ya que la capa de saprolita tenía más de 1 metro de espesor y era competente para recibir el material.

Para cerrar apropiadamente un total de 265 Ha de *saprock* en los depósitos de roca estéril se requiere completar la celda, transportar, colocar y compactar las paredes y cubrir la celda con saprolita. Actualmente el material saprolita se encuentra disponible solamente en el área de Colina. Esto se agrava ya que las predicciones actuales de ARD/LM y valores de monitoreo se están elevando bajo la exposición al agua y oxígeno sin un enfoque correcto y de largo plazo al manejo de este material.

Figura 8. pH reportado de la filtración del DARE Botija Sur (incluye *saprock* expuesto)

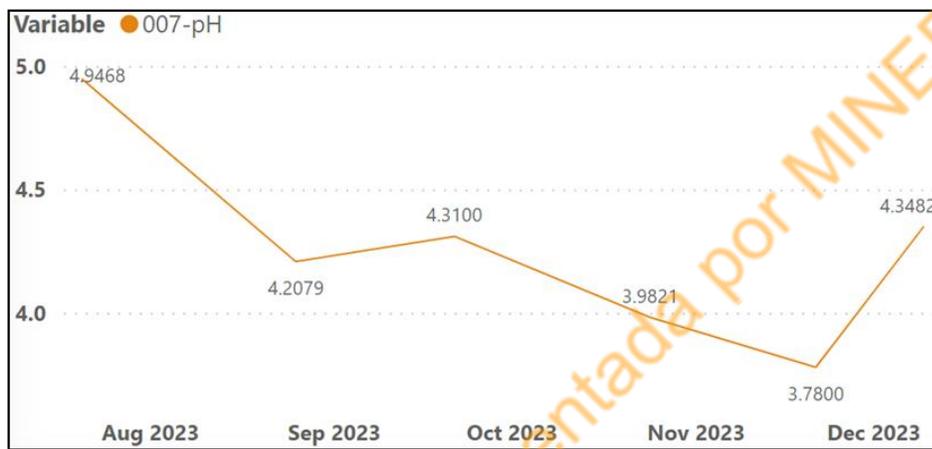


Figura 9. SO<sub>4</sub> reportado de la filtración del DARE Botija Sur (incluye saprock expu

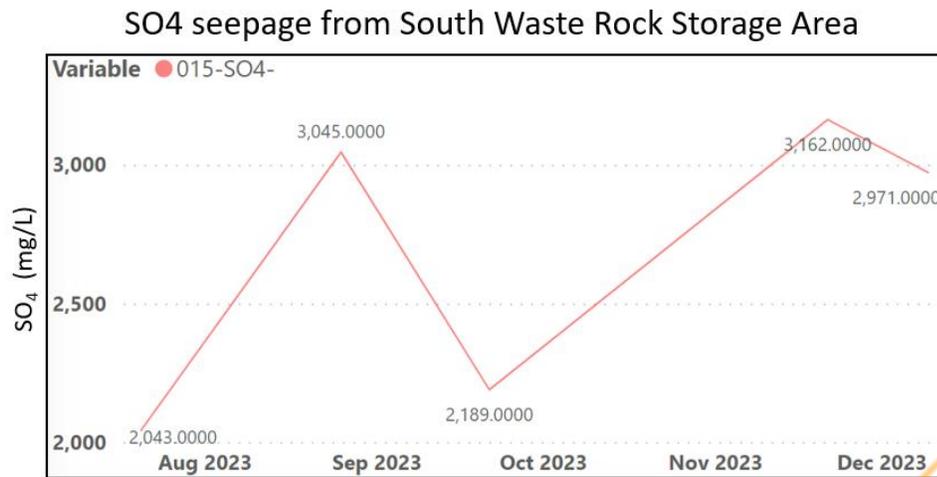
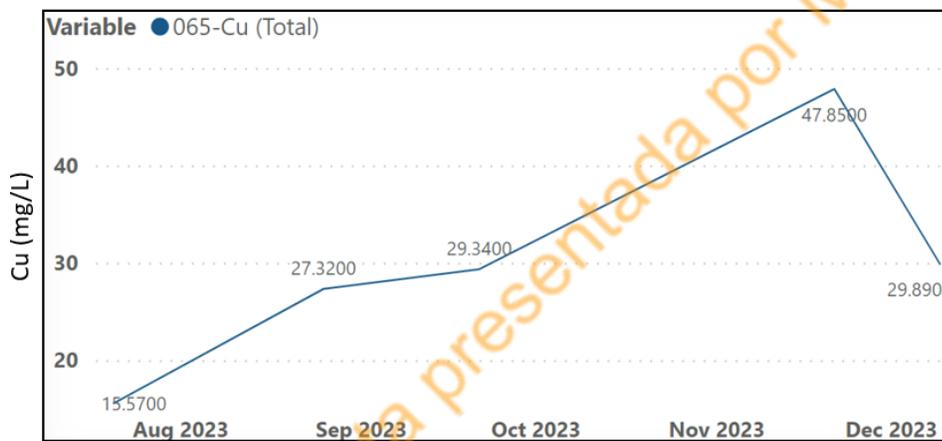


Figura 10. Cu reportado de la filtración del DARE Botija Sur (incluye saprock expuesto)



## 6.2 Riesgos a la Salud y Seguridad

- La escorrentía de un evento de lluvia de 150 mm en 24 horas sobre los DARE podría erosionar los taludes de roca, y la revegetación inconclusa sería arrasada, generando condiciones inseguras para personas y equipo.
- El drenaje ácido de roca generado a lo largo del tiempo podría impactar la subsistencia de la fauna y flora nativa del área disturbada.
- Agua de bajo pH podría infiltrarse en los acuíferos del tajo Colina y terminar aguas abajo, creando un riesgo significativo a la salud y seguridad de las comunidades cercanas.

## 7. Conclusiones y Recomendaciones

- Proceder inmediatamente con la Etapa 1 de la estabilización química para concluir la rehabilitación de los taludes de los depósitos de roca estéril.
- Durante la ejecución de la Etapa 1 de estabilización, conducir investigación geológica de las áreas de minado de saprolita propuestas para las Etapas 2 y 3, de modo que se incremente el nivel de confianza del espesor inferido de dicha saprolita y ajustar la huella de la excavación si fuera necesario.
- Ya que la Etapa 3 se basa en el documento de Cierre No Planeado, se recomienda realizar estudios botánicos para asegurar que la capa de 1.0 m de saprolita es suficiente para proveer un medio de enraizamiento de largo plazo para un bosque tropical secundario [5]. Si los estudios resultan en una capa de saprolita más gruesa, los volúmenes de saprolita a minar se tendrán que ajustar en consecuencia.

## 8. Referencias

- [1] Piteau Associates South Africa – Update of Acid Rock Drainage Risks and Management Strategy, Cobre Panama – Feb 2018
- [2] International Council on Mining and Metals – Integrated Mine Closure. Good Practice Guide, 2<sup>nd</sup> Edition – Feb 2019
- [3] Australian Government – Mine Closure: Leading Practice Sustainable Development Program for the Mining Industry – Sep 2016
- [4] Código de Recursos Minerales de la República de Panamá - Decreto Ley 23 de 22 de agosto de 1963
- [5] Golder Associates – Environmental and Social Impact Assessment Project Mina de Cobre Panama – Sep 2010

Copia de la propuesta presentada por MINERA PANAMÁ, S.A.