

Soporte Hidrológico e Hidrogeológico a la X MEIASd de la UM La Zanja

Proyecto Rampa Olga Isabel



Minera La Zanja S.R.L.



Fecha: Junio 2022

Revisión: 3

636_20-ITE-002


MIGUEL ANGEL
MENDOZA TINOCO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 115525

Resumen Ejecutivo

Introducción

Minera La Zanja S.R.L. (MLZ) solicitó los servicios de Amphos 21 para realizar la evaluación del plan de minado subterráneo del proyecto Rampa Olga Isabel desde el punto de vista hidrogeológico y geoquímico.

El proyecto contempla la evaluación de construcción de rampas, galerías y chimeneas que se emplazan principalmente en la parte del Norte y Sur de la Rampa Olga Isabel. Para dicha evaluación se planteó un programa corto de perforaciones, toma de muestra geoquímica, caracterización hidráulica y geoquímica del medio y culminando con una fase cuantitativa mediante la implementación y desarrollo de modelos numéricos tanto hidrogeológicos como hidrogeoquímico, todo ello con la finalidad de tener el mejor estimado de flujos de drenaje y calidades.

Los trabajos desarrollados en los antecedentes han permitido complementar la red de monitoreo existente mediante la construcción de piezómetros en sitios aledaños al laboreo propuesto permitiendo conocer el comportamiento subterráneo principalmente poco profundo (menor a 50 m profundidad) y también ha permitido establecer unidades hidrogeológicas asociadas siempre a los primeros 50 m de profundidad. Solo cuatro perforaciones relativamente profundas (entre 150 y 250 m) fueron ejecutadas para los sectores Sur y Norte de la Rampa Olga Isabel, así como el sector central de la Rampa Olga Isabel.

De acuerdo al análisis de los taladros exploratorios ejecutados en la formación Llama y los Domos dacíticos podemos deducir que, el movimiento del flujo subterráneo preferentemente se da dentro de los primeros 25 metros, debido a que las fracturas en formación Llama disminuye a profundidad, mientras que los domos andesíticos muestran un mayor grado de fracturamiento, pero rellenas de arcilla (caolinita y/o alunita) haciendo que, en ambas litologías el movimiento del flujo subterráneo se muestre limitado a profundidad, y por ende se espera que la permeabilidad sea muy baja.

Se realizó la caracterización geoquímica de los materiales que a futuro serán extraídos o expuestos por la rampa 873. El objetivo de esta caracterización fue determinar el potencial de generación de drenaje ácido y lixiviación de metales en los futuros drenajes asociados al manejo de los componentes de mina. Asimismo, se realizó el modelamiento hidrogeoquímico predictivo para estimar la calidad de agua de los flujos de labores subterráneas para los sectores Rampa Olga Isabel y sector Macarena, por un período de 32 meses.

Objetivos

El objetivo general del presente estudio es el de brindar el soporte hidrogeológico y geoquímico a la ingeniería del laboreo propuesto como parte de la Rampa de Exploraciones Olga - Isabel. Para ello, se desprenden una serie de objetivos particulares lo cuales se describen a continuación:

- Ampliar el inventario de fuentes de agua superficial y subterránea y la caracterización hidrológica hacia la confluencia entre la quebrada Alcaparosa y El Cedro.
- Ampliar el dominio del modelo hidrológico, para estimar flujos medios y desarrollar balances de microcuencas en escenarios sin proyecto y con proyecto.
- Ampliar el dominio de estudio hidrogeológico mediante información secundaria.
- Complementar la red piezométrica para mejorar la caracterización hidrogeológica en el sector de la Rampa de Exploraciones Olga - Isabel mediante la instalación de piezómetros y la ejecución de ensayos hidráulicos.
- Actualizar el modelo numérico hidrogeológico con el diseño actualizado de la Rampa de Exploraciones Olga Isabel para estimar flujos de drenaje.
- Caracterizar geoquímicamente la Rampa Olga Isabel para determinar la calidad de agua resultante del drenaje de las labores para los sectores Rampa 3311 (norte) y Rampa 873 (sur).
- Actualizar el balance de agua de la operación para determinar la capacidad de la planta de tratamiento.
- Desarrollar modelo de mezclas para evaluar el efecto en el cuerpo receptor.

Metodología

El programa de investigaciones de campo fue diseñado partiendo del conocimiento que Amphos 21 tiene en La Zanja. En ese sentido el estudio parte de los resultados obtenidos en evaluaciones hidrogeológicas previas desarrolladas también por Amphos 21 (2016a, 2016b, 2017, 2018, 2019a, 2019b y 2020). Estas investigaciones permitieron complementar y actualizar la información antecedente mediante una campaña de perforación e instalación de 2 piezómetros tipos Casagrande uno ubicado en el sector Sur y Norte de la Rampa Olga Isabel, y tres piezómetros tipo cuerda vibrante, dos multiniveles en el sector Sur y uno en el norte de la Rampa Olga Isabel, con la finalidad que caracterizar estructuras principales que estén comprometidas durante el laboreo de la Rampa Olga Isabel. Asimismo, se incluyó la ejecución de ensayos hidráulicos para determinar la permeabilidad.

La caracterización climática ha sido establecida en Amphos 21 (2016a) considerando data regional administrada por SENAMHI además de la data de las estaciones locales administradas por MLZ. Para efectos del presente estudio, se integró la data regional ya procesada con la información meteorológica de las 04 estaciones locales Planta, Zanja

(Almacén), Turmalina y Pampa Verde actualizadas al 2020. Como resultado de esta integración la precipitación promedio anual asociada al proyecto es de 1271 mm/año.

Con la integración de la información previa y la generada en el presente estudio se validaron los modelos conceptuales hidrodinámico y geoquímico en los que se describen los procesos y se establecen unidades hidrogeológicas y geo-ambientales los cuales a su vez fundamentan las tareas de modelación numérica para la predicción de flujo y calidad del efluente a generarse por el proceso de drenaje de la Rampa Olga Isabel propuesta.

En el aspecto hidrogeológico se desarrolló un modelo numérico el cual fue calibrado para representar el funcionamiento actual del sistema de flujo subterráneo basado en el modelo conceptual. Calibrado el modelo se implementó el laboreo propuesto por MLZ para la Rampa Olga Isabel con el fin de determinar los flujos de aporte subterráneo que deberán ser drenados. Asimismo, y de manera preliminar se incluyó una simulación del diseño de rampa Olga Isabel proporcionado por MLZ.

Para la evaluación geoquímica, personal de Amphos 21 recolectó un total de 39 muestras de taladros distribuidas en los sectores Rampa 3311 (norte y central) y Rampa 873 (sur), las cuales se muestrearon de acuerdo al tipo de alteración según la siguiente distribución: argílica (22), silícica (06), fílica (08) y propilítica (03). Los análisis geoquímicos desarrollados a las muestras fueron el balance acido-base (ABA), pH pasta, análisis químico de roca total (WRA), generación neta de ácido (NAG), pH NAG, lixiviación a corto plazo por precipitación sintética (SPLP) y análisis mineralógico de sección delgada pulida.

El modelamiento hidrogeoquímico se realizó usando el software PhreeqC, diseñado por el USGS de los Estados Unidos de América. Este modelo consideró como información de ingreso la data geoquímica, con información geológica de los tres sectores de estudio. En total se usó la información integral respecto a las tipologías de material y a su representatividad en cada uno de los sectores de evaluación, en donde se tuvo en cuenta el descriptor de alteración en el yacimiento (argílica, argílica avanzada, fílica, silicificación y propilítica).

Resultados

De los registros litológicos y los valores de permeabilidad obtenidos en los ensayos hidráulicos ejecutados en los taladros, se pudo complementar la información existente, determinando que la formación Llama donde se emplaza la Rampa Olga Isabel propuesta, presentan una secuencia de toba de cristales los primeros metros 90 m, seguido de tobas líticas 100 m aprox., así como también de brechas hidrotermales, fallas y fracturas rellenas de arcilla que condicionan el movimiento del flujo subterráneo.

Los elementos de mayor aporte al drenaje total son la profundización de la Rampa 873 y la Rampa 3311 hasta la cota 3218 msnm y el desarrollo de la profundización del último periodo de la Rampa 873.

Las simulaciones permitieron determinar el flujo esperable a drenar de las Rampas propuestas y considerarlo como flujo diseño para el dimensionamiento del tratamiento del efluente. Es así como, el diseño del tratamiento puede establecerse de manera modular para tratar 30 l/s (Ver Figura 5.33).

Tabla R.1.1: Aporte de flujo subterráneo al laboreo de la Rampa Olga Isabel

Desarrollo de componente	Aporte subterráneo (l/s)	Drenaje Acumulado (l/s)
Rpa. 3311 hasta la cota 3300 y 873 hasta la cota 3366 msnm	1.2	1.2
Rpa. 3311 hasta la cota 3272 y 873 hasta la cota 3335 msnm	3.47	4.67
Rpa. 3311 hasta la cota 3256 y 873 hasta la cota 3307 msnm	2.19	6.86
Rpa. 3311 hasta la cota 3244 y 873 hasta la cota 3285 msnm	3.38	10.24
Rpa. 3311 y 873 hasta la cota 3218 msnm	6.19	16.43
Rpa. 873 hasta la cota 3199 msnm	4.25	20.68
Rpa. 873 hasta la cota 3193 msnm	8.35	29.03

Respecto a la caracterización geoquímica:

Rampa Olga Isabel - Sector Norte (Rampa 3311):

El análisis composicional determinó que todas las muestras evaluadas reportaron contenidos importantes de azufre como sulfuro (>2.4%), evidenciando un comportamiento de potencial de generación de acidez.

El ensayo de lixiviación en condiciones ambientales evidenció que solo se tuvo excedencias en cobre y manganeso para muestras argílicas y argílica avanzada.

Rampa Olga Isabel - Sector Central:

El análisis composicional determinó que, en general, no contiene minerales que aporten potencial de neutralización a los materiales propios del yacimiento. Por otro lado, se reportaron contenidos importantes de pirita (>1%) como potencial generador de acidez, así como otros sulfuros (calcopirita, esfalerita).

Respecto al potencial de drenaje ácido de roca (DAR), se identificó que materiales con contenidos de sulfuro menor a 0.1% no tienen potencial de generación de drenaje ácido; las demás muestras, en general fueron determinadas como potenciales generadores de acidez.

Respecto al ensayo de Lixiviación a corto plazo en condiciones ambientales se identificaron excedencias en las muestras de alteración argílica moderada, argílica débil, fílica moderada y silícica débil, respecto a los valores de referencia ECA 3 y LMP en cobre, manganeso y cadmio.

Rampa Olga Isabel - Sector Sur (Rampa 873):

Se evidenció que las muestras de alteración argílica avanzada presentaron valores más altos de azufre total, con promedios de 3.35%, mientras que la muestra de alteración argílica moderada presento valores de 0.24%.

Respecto al potencial de generación de acidez, las muestras de alteración argílica avanzada presentaron un comportamiento de potencial generador de acidez; mientras que las muestras de argílica débil y moderada presentaron un comportamiento incierto.

Respecto a la Predicción de Calidad de Agua (labores subterráneas):

De acuerdo con la distribución de alteraciones en los distintos sectores y su composición, las aguas de contacto a generarse en ambas bocaminas se estiman con la misma tendencia y en el mismo rango de concentraciones químicas. Al respecto, se estima una tendencia descendiente de las concentraciones de pH, desde valores próximos a la neutralidad en el primer año, hacia valores marcadamente ácidos (entre 2-3) en el segundo año, cuya progresión no disminuye de pH 2 en el quinto año de explotación.

Asociado a lo anterior, la lixiviación de aniones y cationes aumenta considerablemente con la acidez, de forma que se esperan concentraciones químicas que excedan:

- En LMP respecto de arsénico, cadmio, cobre, plomo y zinc.
- En ECA 3-D1, respecto de conductividad eléctrica, sulfato, aluminio, arsénico, cadmio, cobalto, cobre, hierro, manganeso, níquel, plomo y zinc.
- Dichas concentraciones estimadas se encuentran en el orden de magnitud de aguas de contacto actuales en la UM.

Por lo mencionado, el agua de contacto de las labores debería integrarse en los sistemas de tratamiento durante la etapa de operación.

1. Introducción

1.1 Generalidades

Amphos 21 Consulting Perú S.A.C. (en adelante Amphos 21) ha sido contratado por Minera La Zanja S.R.L. (en adelante MLZ) para desarrollar los estudios hidrogeológicos y geoquímicos en el ámbito del laboreo subterráneo denominado Rampa Olga Isabel con la finalidad de sustentar la ingeniería en sus fases iniciales.

La UM La Zanja se encuentra ubicada en el distrito de Pulán, Provincia de Santa Cruz de Succhabamba, Región de Cajamarca, específicamente en el caserío La Zanja. La UM se encuentra en la parte alta del distrito en mención a una altura promedio de 3,460 msnm (ver Figura 1.1). La operación actual consiste en la explotación de Au mediante excavación de 02 tajos abiertos en los sectores denominados como San Pedro Sur (SPS) y Pampa Verde (PV). Asimismo, se dispone de una pila de lixiviación para la extracción de mineral y de dos depósitos de material estéril (DME) ubicados también en los sectores de SPS y PV. Adicionalmente y como fuente de agua superficial se dispone del embalse Bramadero ubicado en la quebrada del mismo nombre. La Figura 1.2 muestra la ubicación del laboreo propuesto Rampa Olga Isabel, en contexto del resto de componentes y de las microcuencas implicadas.

1.2 Antecedentes

Amphos 21 ha desarrollado investigaciones hidrogeológicas en UM La Zanja desde el año 2014 con los estudios Hidrológico e hidrogeológico de soporte a la 4ta Modificatoria de Estudio de Impacto Ambiental (Amphos 21, 2016a) y Geoquímico (Amphos 21, 2017). En dicho proyecto se implementaron 05 piezómetros (2015) alcanzando profundidades de 150 m (siendo el más profundo el instalado en el sector Alejandra).

Posteriormente como parte de los estudios de Diagnóstico Situacional de la UM La Zanja (Amphos 21, 2018a), en el 2017 se construyeron 08 piezómetros complementarios alcanzando profundidades de hasta 60 m. Asimismo, como parte de los estudios hidrogeológicos para diseñar las estrategias de cierre del tajo San Pedro Sur (Amphos 21, 2019), se han implementado 7 piezómetros (2018) alcanzado profundidades de hasta 100 m. por último se ejecutaron dos sondajes en el sector de Emperatriz (2020 a), con la finalidad de caracterizar la Falla el Cedro, donde se llegaron a instalar dos piezómetros de cuerda vibrante multinivel, alcanzando profundidades de 150 y 250 m.

En los antecedentes descritos se desarrollaron tareas de modelamiento tanto hidrogeológico como geoquímico para atender objetivos específicos. Dichos modelos han permitido sentar las bases de conocimiento de la hidrodinámica e hidroquímica del entorno de la UM La Zanja, sin embargo, este ha sido explorado principalmente sobre los primeros 50 m de profundidad. Es por ello que para objeto del presente estudio se han planteado una serie de objetivos y mejorar el conocimiento a mayor profundidad que es donde se propone emplazar el laboreo del proyecto Rampa Olga Isabel.

1.3 Objetivos

El objetivo general del presente estudio es el de brindar el soporte hidrogeológico y geoquímico a la ingeniería del laboreo propuesto como parte de la Rampa Olga Isabel. Para ello, se desprenden una serie de objetivos particulares lo cuales se describen a continuación:

- Ampliar el inventario de fuentes de agua superficial y subterránea y la caracterización hidrológica hacia la confluencia entre la quebrada Alcaparosa y El Cedro.
- Ampliar el dominio del modelo hidrológico, para estimar flujos medios y desarrollar balances de microcuencas en escenarios sin proyecto y con proyecto.
- Ampliar el dominio de estudio hidrogeológico mediante información secundaria.
- Complementar la red piezométrica para mejorar la caracterización hidrogeológica en el sector de la Rampa Olga Isabel, mediante la instalación de piezómetros y la ejecución de ensayos hidráulicos.
- Actualizar el modelo numérico hidrogeológico con el diseño actualizado de la rampa Olga Isabel para estimar flujos de drenaje.
- Caracterizar geoquímicamente el sector Rampa Olga Isabel para determinar la calidad de agua resultante del drenaje de las labores.
- Actualizar el balance de agua de la operación para determinar la capacidad de la planta de tratamiento.
- Desarrollar modelo de mezclas para evaluar el efecto en el cuerpo receptor.

1.4 Metodología

El estudio inicia con la integración y actualización de base de datos de niveles piezómetros, ensayos hidráulicos y registros de taladros de exploración. Con dichos resultados se plantearon tareas relacionadas a la caracterización en campo tanto en el aspecto hidráulico y geoquímico. Estos trabajos consistieron inventario de fuentes de agua superficial y subterránea, muestreo geoquímico, perforación e instalación de piezómetros de tipo cuerda vibrante y Casagrande a diferentes profundidades, ensayos hidráulicos los mismos que fueron ubicados en sectores estratégicos y al mismo tiempo viables para su ejecución.

Posterior a la integración de información se procede con la validación del modelo conceptual hidrodinámico y geoquímico que fundamentan la base de las tareas de modelación numérica para la predicción de flujos y calidad del efluente a generarse por el proceso de drenaje de las labores propuestas.

En el aspecto de cantidad se diferencian los aportes de los diferentes componentes de la Rampa propuesta y su evolución temporal que permitirán establecer los criterios de diseño para el dimensionamiento del tratamiento

Por otro lado, el aspecto cualitativo del efluente complementa los criterios de diseño con la calidad estimada del efluente. Esta toma como marco de referencia las siguientes normativas medioambientales:

- Los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes minero-metalúrgicos, normados mediante el DS-010-2010-MINAM.
- Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aguas de cuerpos receptores, normados mediante el DS-004-2017-MINAM, respecto a la Categoría 3-D1, que considera las aguas para riego de vegetales.

1.5 Declaración de Responsabilidad

El presente informe, ha sido elaborado por Amphos 21, para uso exclusivo de MLZ. El uso de la información, opiniones o conclusiones contenidas en el presente documento, por parte de terceros distintos a MLZ, es responsabilidad exclusiva de dichas partes. La información y los análisis contenidos en el presente documento han sido realizados bajo el alcance solicitado por MLZ, a un nivel de detalle acorde con los tiempos requeridos y los objetivos de la labor asignada, y sobre la base del conocimiento adquirido a través de estudios antecedentes realizados por Amphos 21 y otros proporcionados por MLZ para la elaboración de este informe.

Los resultados presentados en este informe son consistentes con las metodologías de cálculo y simulaciones aplicadas para la información puesta a disposición por MLZ a Amphos 21. Estos han sido revisados y validados bajo el rigor técnico del equipo de trabajo de Amphos 21, con amplia experiencia en estudios similares y estos a su vez han sido aceptados por MLZ. Al mejor saber y entender de Amphos 21, la información presentada en este informe es correcta dentro de las limitaciones especificadas en el mismo.