

---

**ANEXO HG-3**  
**SUSTENTO HIDROGEOLOGICO**

**CONCEPTOS HIDROGEOLÓGICOS FUNDAMENTALES**

***Acuífero***

Se define como acuífero a la roca o suelo permeable que se encuentra saturado de agua que se recarga permanentemente, que tiene capacidad para transmitir y aprovechar el agua subterránea contenida en cantidades económicas hacia manantiales o pozos de producción, y que a través del tiempo mantienen un nivel freático bien definido.

La roca o suelo correspondiente generalmente están conformados por gravas aluviales y coluviales, arenas de playa o de dunas, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, además de algunas rocas volcánicas e intrusivas fracturadas.

En los acuíferos, el flujo del agua subterránea, es función de las propiedades del subsuelo que lo constituye, las cuales básicamente son la porosidad y la permeabilidad.

***Acuitardo***

Este término se refiere a estratos de rocas o sedimentos de formaciones geológicas con permeabilidades bajas, que conteniendo cierta cantidad de agua, la transmiten muy lentamente, por lo que no son aptos para el emplazamiento de captaciones de agua y por tanto, no ofrecen la posibilidad de aprovecharla.

***Acuicludo***

Este término se refiere al material o formación geológica que, conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y es incapaz de transmitir cantidades significativas de agua bajo gradientes hidráulicos normales, por lo tanto no es posible su explotación, tal es el caso de las arcillas. Este término generalmente es aplicable al basamento del sistema acuífero.

***Modelo Hidrogeológico Conceptual***

El modelo hidrogeológico conceptual se realiza con el fin de entender el comportamiento del flujo de agua subterránea dentro del área de estudio, así como para identificar las condiciones de recarga y descarga de agua, las características de la roca permeable de la mina, las unidades estratigráficas y las respectivas condiciones hidrogeológicas locales (límites del acuicludo,

direcciones de flujo del agua subterránea, gradientes hidráulicos, transmisividad y capacidad de almacenamiento, etc).

### **SISTEMA DE RECARGA Y DESCARGA DEL SUBSUELO**

Los sistemas de recarga que facilitan el aporte de lluvias al subsuelo, están conformados fundamentalmente por el conjunto de rocas fracturadas que rodean al proyecto. Desde estas zonas, que son las cimas de los cerros El Portillo, Capilla y Minas, entre otros, el agua subterránea se infiltra y se mueve a través de fracturas hacia las depresiones y hacia la quebrada Campanayoc. Parte de la precipitación se infiltra y se convierte en flujo de agua subterránea, parte se escurre por la superficie del terreno como agua superficial (durante inusuales eventos de precipitación), parte es consumida por la escasa vegetación de la quebrada y el resto de la humedad se evapora desde la superficie del suelo.

El flujo de aguas subterráneas es lento y principalmente se restringe al área de la mina subterránea. Durante la ocurrencia de tormentas el agua suele discurrir rápidamente por superficie, perdiendo su capacidad de infiltración,

Los sistemas de descarga que permiten la salida del agua subterránea hacia el medio ambiente, están conformados por las fracturas ubicadas en el lecho de las quebradas, por donde el agua descarga directamente al exterior en caudales muy pequeños (del orden de 1.3 l/s) para luego perderse por evaporación. La ausencia de manantiales en el lecho de la quebrada, indica que no hay flujo permanente de aguas subterráneas.

### **EL SISTEMA HIDROGRÁFICO SUPERFICIAL**

El sistema hidrológico local se muestra en el mapa hidrológico adjunto, donde se indica que dentro del área de estudio no existen cursos permanentes de agua superficial.

Sin embargo, la quebrada más importante cercana a la mina es la quebrada Chapi, ubicada a unos 2.5 km al Este, a una altitud media de 2150 msnm y a unos 350 m más abajo de la mina. Debido a este desnivel, es presumible que el drenaje subterráneo, regionalmente descargue hacia la quebrada Chapi, lo cual podría estar expresado en zonas de humedad o manantiales en el fondo de la quebrada.

### **COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA HIDROGEOLÓGICO LOCAL**

No existen acuíferos regionales dentro del área de la mina Chapi, solo existe un área local, coincidente con la mina, que se comporta como un acuitardo.

En la mina Cuprita el acuitardo es evidenciado porque se encuentra inundada. Es decir, la lenta infiltración del agua de lluvias a permitido la acumulación del agua dentro de la mina debido a su mayor permeabilidad, pero que no permite su rápida descarga debido a la situación impermeable de la roca basamento (acuicludo). El flujo artesiano (manantial) encontrado dentro de la rampa de la mina Cuprita indican en esta zona el laboreo de la mina facilita la recarga desde el lecho de la quebrada Campanayoc.

Puesto que la mina Atahualpa no está siendo drenada, y en ausencia de datos de nivel freático, se asume que el laboreo de la mina ha drenado al acuitardo, por lo que el nivel freático local, también se encuentra por debajo de la galería principal.

Tal como se muestra en la Figura HG-3 (sección hidrogeológica longitudinal) a lo largo de la quebrada Campanayoc la napa freática se encuentra cerca de la superficie del terreno. En la sección hidrogeológica transversal, la napa freática en la mina Atahualpa, se encuentra debajo del nivel inferior de minado (Galería 2450) y en la mina Cuprita, se encuentra cerca del nivel principal de extracción de mineral (Galería 2502).

#### ***Condiciones Naturales (Pre-Minado)***

Antes del desarrollo de la minería subterránea, es probable que el nivel freático en la mina Cuprita estuvo más elevado que el actual, donde el flujo del agua subterránea descargaba en forma lateral hacia las quebradas vecinas.

En los cerros colindantes a la mina, se estima que la superficie freática estuvo aproximadamente a 100 m por debajo de la superficie del terreno y dentro de las quebradas vecinas como, la quebrada Campanayoc, la superficie se encontraba muy cerca de la superficie del terreno.

Debido al fracturamiento y a la alteración natural de la roca en la mina, el acuitardo tiene baja permeabilidad y baja a moderada capacidad de almacenamiento. Se estima que localmente la permeabilidad de la roca es de  $10^{-7}$  a  $10^{-8}$  cm/s.

#### ***Condiciones Actuales (con Mina Abandonada e Inundada)***

Durante la etapa de explotación de la unidad minera Chapi (minas Cuprita y Atahualpa) el laboreo subterráneo en la fue realizado en condiciones de roca seca con ausencia de agua (no usaron sistema de drenaje alguno). Aparentemente no se manifestó la presencia de una napa freática local.

Debido a la paralización de la mina en el año 1983, y a fin de mantener activo el campamento de la unidad minera, se mantuvo fluyendo el agua de abastecimiento a través de una tubería de más de 30 km de longitud que conduce el agua a la mina Chapi, desde las cabeceras de Puquina. Este

aporte descontrolado de agua, durante 15 años descargó a un reservorio agrietado de 2000 m<sup>3</sup> de capacidad, que causó una infiltración artificial al subsuelo durante 15 años, hasta el año 1998.

Por esta razón y con el aporte adicional de las lluvias anuales, la mina se inundó. Actualmente, debido a la reparación del reservorio agrietado y al manejo controlado del agua de abastecimiento, el nivel freático actual ha descendido ligeramente.

En la mina Cuprita, el nivel freático se ubica ligeramente debajo de una rampa de la galería principal 2502, aproximadamente en la cota 2503.8 msnm. En su interior aún se mantiene fluyendo un manantial asociado a la falla Cuprita1, el cual se ubica en la cota 2514 y es interceptado en la galería principal aproximadamente a 500 m de la bocamina (Socavón N° 3). Su aporte, que a pesar de ser un flujo muy pequeño de agua de aproximadamente 0.6 l/s de caudal, aún mantiene inundada a la mina.

En la mina Atahualpa la situación es ligeramente diferente. La superficie freática se encuentra por debajo de la galería inferior 2450 lo cual representa una diferencia de aproximadamente 60 m con el nivel freático de la mina Cuprita.

Esta diferencia de niveles entre las dos minas estaría indicando que un pequeño flujo de agua menor al que aporta el manantial de la falla Cuprita 1, estaría descargando lentamente hacia la quebrada Campanayoc por donde finalmente el agua se pierde a la atmósfera por evapotranspiración, sin ocasionar escurrimiento.

#### ***Condiciones Futuras (Implementación del Proyecto Chapi)***

Debido a la implementación del Proyecto Chapi, el cual incluye la reactivación y profundización de la mina subterránea, es previsible que ocurra lo siguiente:

- Los niveles de aguas subterráneas disminuirán adicionalmente a medida que avancen las operaciones mineras hasta los niveles más profundos.
- Previa a la reapertura de las actividades de minado subterráneo, las aguas ácidas depositadas en el interior de la mina Cuprita, serán extraídas por bombeo para ser tratadas por neutralización y luego ser dispuestas para su reutilización.
- Debido a la baja conductividad hidráulica de la roca basamento, es de esperarse que el agua que actualmente se encuentra acumulada dentro de la mina, pueda ser extraída rápidamente por bombeo.
- El aporte o recarga de agua hacia el interior de la mina subterránea será muy limitado (casi nulo) y ocurrirá sólo a través de las fallas y zonas de fracturamiento intenso. Asumiendo 6 mm de lluvia como promedio anual, se estima que la recarga promedio anual por infiltración hacia el interior de la mina, será de aproximadamente 1.3 l/s.
- El respectivo cono de depresión se expandirá más hacia el Oeste a medida que las labores de minado de la mina Atahualpa avancen.