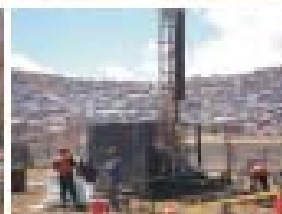




Investigación Hidrogeológica de la Mina Subterránea y de las Facilidades Superficiales de la Unidad Minera Cerro de Pasco

Informe Preliminar



RESULTADOS FINALES DEL ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN HIDROGEOLÓGICA

1 Tajo Abierto

Un excedente hídrico promedio anual de 329 mm ha sido calculado para el tajo, utilizando un espesor de suelo reservorio de 25 mm. Esto equivale a un total aproximado de 454,300 m³ en el área del tajo (138 ha). La mayoría de la cuenca del tajo está conformada por área urbana pavimentada. Por lo tanto, se asume en los cálculos del balance hídrico que la escorrentía generada en la cuenca del es capturada por las estructuras de control de drenaje ubicadas fuera del tajo, y consideradas en el calculo del balance hídrico hecho en el área urbana. Un factor de filtración de 1 ha sido aplicado a toda el área del tajo, ya que todo el exceso de agua finalmente llega al piso del tajo y se infiltra en las labores subterráneas. Entendemos que no existen instalaciones significativas para el bombeo de agua dentro del tajo.

2 Botaderos y Stockpiles

Un espesor de suelo reservorio de 25 mm fue aplicado en las zonas del botadero y stockpile para producir un excedente de 326 mm. En consideración a la similitud general en la forma y características superficiales, se aplicaron factores uniformes a todos los botaderos y stockpiles respecto a la topografía, suelos y condiciones de la vegetación, obteniendo un factor de escorrentía de 0.3, resultando en un volumen de recarga estimado de 228 mm. Los resultados para cada botadero y stockpile se resumen en las siguientes secciones y son presentados gráficamente en la Figura 3.

2.1 Botadero Rumiallana

El Botadero Rumiallana cubre un área de aproximadamente 41 ha, y se estima que posee un excedente de aproximadamente 133,000m³. Se estima que aproximadamente el 70% o 93,000 m³ de este volumen se filtra en el botadero, mientras que el 30% restante es descargado en forma de escorrentía. Se estima que el 28% del exceso de volumen, equivalente a 56,000 m³ o 1.8 l/s, descarga desde el pie del botadero y es capturado por los drenes de derivación.

Se estima que el 42% restante del excedente, equivale a cerca de 37,000m³ o 1.2 l/s, se filtra en la formación infrayacente, la cuál está conformada por suelo, aglomerado, monzonita, filita y caliza. Esta infiltración reporta a dos cuencas: río Tingo Maria al norte y río San Juan al sur (ver Memo Técnico 1, GWI). En base a la proporción del

área, se estima que aproximadamente 26,000m³ o 0.8 l/s de la recarga de los cimientos del botadero se dirige hacia la cuenca del Río San Juan, y es llevada hacia la mina como resultado del descenso de nivel ocasionado por el drenaje de la mina. Los niveles moderados de contaminación del agua subterránea obtenidos en el muestreo del pozo PM06-2 probablemente se deben a esta fuente de contaminación. La Figura 4 muestra la sección transversal que se extiende de norte a sur a través de los botaderos, incluyendo el Botadero Rumiallana.

Se estima que los 11,000 m³ o 0.4 l/s restantes se dirigen a la cuenca del Río Tingo Maria hacia el norte. Una parte importante de esta filtración es probablemente capturada en la red de drenajes que se extiende a través del valle, a unos 50 m al norte del borde del botadero. Esta red de drenaje recolecta hasta 0.5 l/s en una poza no impermeabilizada al lado este del valle. El agua de esta poza es bombeada hacia las instalaciones de tratamiento, ubicadas también al lado este del valle. El pozo de monitoreo Rumiallana (409) ubicado a 500 m al norte de la red de drenaje, no muestra indicios contaminación, pero si un elevado contenido de zinc y cobre. Por esta razón se considera que el agua subterránea poco profunda no ha sido significativamente afectada a la fecha por esta filtración.

El Botadero Rumiallana sigue activo, por lo que el balance hídrico cambiara con la presencia del stockpile.

2.2 Botadero Miraflores

El botadero Miraflores cubre un área de aproximadamente 10.9 Ha y se estima que posee un excedente de 36,000 m³. Se estima que aproximadamente el 70% o 25,000 m³ de este volumen se infiltra en el botadero, mientras que el 30% es descargado como escorrentía. Se estima que aproximadamente el 21% de este excedente, equivalente a aproximadamente 7,500 m³ o 0.2 L/s, se infiltra a la formación infrayacente, la cuál está conformada por suelo, aglomerados y monzonita. El agua subterránea muestreada del monitoreo del pozo PM06-5, a 49.6 m de profundidad y a aproximadamente 45 m por debajo de la superficie freática, presenta un pH de 2.9 y concentraciones elevadas de SDT, cadmio, cobre, hierro, plomo, magnesio, manganeso y zinc en Julio del 2006. Los gradientes regionales del agua subterránea indican que una parte del agua subterránea que proviene del Botadero Miraflores podría fluir hacia el sur, sin embargo, gran parte de esta agua subterránea podría ir hacia la mina, incluyendo los viejos trabajos del Pique Excelsior, como resultado del drenaje asociado con las operaciones de la mina. El grado y profundidad de

contaminación sugiere que la contaminación del agua subterránea podría extenderse hasta los 100 m o más, y podría llegar a estas profundidades en parte debido al drenaje de la mina.

Se estima que el 49% restante del excedente, equivale en a 17,000 m³ o 0.6 l/s, descarga al pie del botadero y es capturada por drenes de derivación.

2.3 Botadero Hanancocha

El botadero de Hanancocha tiene un área aproximada de 9.4 ha y tiene un excedente de 31,000 m³. Aproximadamente el 70% o 21,000 m³ de este volumen se infiltra en el botadero, mientras que el 30% restante es descargado como escorrentía. Se estima que el 21% excedente que equivale a 76,000 m³ o 0.2 l/s, se infiltra a la formación infrayacente, la cuál está conformada por suelo, aglomerado y monzonita. El 49% restante del exceso de volumen, equivalente a 15,000 m³ o 0.5 l/s, descarga al pie del botadero.

2.4 Botadero Excelsior

El Botadero Excelsior tiene un área aproximada de 77.3 ha y se estima un excedente de 251,000 m³. Se estima que aproximadamente el 70% o 176,000 m³ del volumen se infiltra al botadero, mientras que el 30% restante es descargado como escorrentía. Una parte significativa de esta escorrentía es descargada gradiente abajo de la cancha de relaves Quiulococha.

Aunque el material de los cimientos por debajo del botadero esta conformado filita, monzonita y suelo, se estima que aproximadamente la mitad del Botadero Excelsior esta construido sobre el lado norte de la cancha de relaves Quiulococha. La infiltración en los cimientos de esta área del botadero recargará el relave Quiulococha. Por lo tanto, el factor de infiltración a través de los cimientos de esta zona del botadero ha tenido un incremento de 0.3 a 0.43 reflejando el alto factor de filtración del material de los relaves de Quiulacocha bajo el botadero. Esto incrementa el volumen de infiltración desde el botadero hacia los materiales de cimiento, de aprox. 14% del excedente hídrico promedio anual a aprox. el 30%, equivalente a un volumen de 76,000m³, o 2.4 l/s.

Una fuerte gradiente hidráulica hacia aguas abajo es aparente al norte del área del botadero Excelsior, promoviendo la infiltración y recarga de los lixiviados al agua subterránea desde el botadero. El análisis de las muestras de agua subterránea colectadas desde los piezómetros PM06-9a y 9b indican que el agua subterránea es

fuertemente acida y que contiene concentraciones muy elevadas de metales pesados. También es posible que la calidad del agua cerca al Botadero Excelsior pueda estar influenciada por la contaminación del Botadero

Miraflores; bajos valores de pH y concentraciones elevadas de metales pesados fueron identificados en los piezómetros PM-06-6, PM06-8a y 8b.

Se estima que el 56% restante del exceso de volumen, equivalente a 141,000 m³ o 4.5 l/s, descarga desde el pie del botadero y es capturada por drenes de derivación.

2.5 Stockpile de Pampa Seca

El stockpile de Pampa Seca cubre un área de aproximadamente 66.5 ha y se estima un excedente de aprox. 217,000 m³. Aproximadamente el 70% o 152,000 m³ de este volumen se infiltra en el stockpile, mientras que el 30% restante es descargado como escorrentía. Se estima que el 14% del excedente, equivalente a cerca de 30,000 m³ o 1.0 l/s, se infiltra en la formación infrayacente que esta conformada por suelo, aglomerado y monzonita. El agua subterránea en el pozo PM06-7 y en el Piezómetro Pampa Seca (410) indican altos niveles de contaminación del agua subterránea (muy bajo pH, muy alto SDT, elevados metales pesados, sulfatos y fluoruros) asociado con operaciones de lixiviado de cobre en esta área.

Se estima que el 56% restante del exceso de volumen, equivalente a 121,000 m³ o 3.8 l/s, descarga desde el pie del stockpile y es capturada por drenes de derivación o pozas antes utilizadas para recuperar la solución lixiviada.

2.6 Stockpiles Paragsha Este

Los stockpiles remanentes, descritos como stockpile Paragsha Este cubre un área aproximada de 37.4 Ha y se calcula que tiene un excedente de 122,000 m³.

Aproximadamente el 70% o 85,000 m³ de este volumen se infiltra al stockpile, mientras que el 30% restante es descargado como escorrentía. Se estima que el 49% del volumen en exceso, equivalente a 60,000 m³ o 1.9 l/s, es descargado desde el stockpile hacia los drenes de derivación.

Se estima que el 21% restante del excedente, equivalente a aprox. 26,000 m³ o 0.8 l/s, se infiltrará en la formación infrayacente conformada por suelo, aglomerado y monzonita. El agua subterránea en el pozo PM06-6 gradiente abajo de una parte de estos stockpiles esta fuertemente afectada al igual que el PM06-7.

Estos stockpiles se encuentran activos, recibiendo nuevos volúmenes, perdiendo volúmenes al ser utilizados como fundentes o al ser enviados fuera del stockpile para

ser procesados, de modo que el balance hídrico de esta instalación cambiara en el futuro.

3 Depósitos de Relaves

Un espesor de suelo reservorio de 150mm fue aplicado en las áreas de los relaves Quiulococha y Ocroyoc, con el cuál se obtuvo un excedente de 293 mm.

Estos relaves también contienen cuencas que contribuyen con agua a cada depósito, pues el excedente total es mayor que el excedente de los botaderos y stockpiles. Los botaderos y stockpiles generalmente no tienen una cuenca fuera de sus bases, ya que son características topográficas positivas y porque las zanjas de derivación han sido instaladas gradiente arriba de cada uno de ellos.

Además, el factor de escurrimiento para los relaves es mayor a otras minas ya que este incluye el decantado desde los depósitos de relaves. El factor de escurrimiento aplicado en los relaves está estimada de 0,42.

Los resultados en los relaves se resumen en las siguientes secciones, y son presentadas gráficamente en la Figura 5.

3.1 Depósito de Relaves Ocroyoc

El excedente total de los relaves Ocroyoc se estima en 4,639,000 m³, incluyendo 4,284,000 m³ desde la cuenca que tiene un área de aproximadamente 1379 ha. La cancha de relaves cubre un área de aproximadamente 121 ha. El relave Ocroyoc está actualmente operativo y recibe la descarga de relaves de la planta concentradora. Los balances hídricos incluyen la recarga hacia las instalaciones del agua contenida en los relaves. Aproximadamente el 70% del agua descargada con los relaves retorna a la planta y equivale a un bombeo de 125 l/s (Golder, 2000).

Un estimado de 2,089,000 m³ este depósito de relaves es removido como escorrentía o decantado de la superficie de los relaves. Los 2, 551,000 m³ restantes del excedente se infiltran en el relave como recarga.

Aproximadamente el 30% de este volumen, equivalente a 765,000 m³ o 24 l/s se infiltra en la cimentación, la cuál está conformada por filita, arenisca y conglomerado. El 70% restante del volumen de recarga, equivalente a aproximadamente 1,786,000 m³ o 57 l/s, es descargado hacia el sistema de drenaje la pie del relave.

Los pozos de monitoreo 2A-M y 2B-M, así como el rebose de Ocroyoc, yacen aguas abajo de la presa de relaves, y monitorean las filtraciones del depósito de relaves.

Los datos químicos para 2A-M y 2B-M indican que estos pozos están ligeramente afectados por las filtraciones desde el depósito de relaves, dando una relativa consistencia a los valores anómalos de hierro, plomo y zinc encontrados en el agua subterránea en estas ubicaciones. Sin embargo, deberán tomarse en cuenta que los análisis de metales totales, para algunos metales, son altamente influenciados por los sedimentos contenidos en la muestra de agua. Consideramos que el contenido de metales disueltos será un indicador más confiable de la contaminación del agua.

3.2 Depósito de Relaves Quiulacocha

El volumen total anual del excedente hídrico promedio del depósito de relaves de Quiulacocha es 560,000 m³. Este total incluye 163,000 m³ de la cuenca que tiene un área aproximada de 53 ha, ubicándose en gran parte en el Botadero Excelsior. Las zanjas del perímetro (ver Figura 1) limitan la escorrentía hacia el depósito de relaves desde el este, oeste y sur. La cancha de relaves cubre un área de aproximadamente 135 ha.

Un estimado de 252,000 m³ es removido de este depósito de relaves como escorrentía o decantado desde la superficie del relave. Los 308,000 m³ restantes del excedente se infiltran en el relave. Adicionalmente, se calcula que aproximadamente 38,000 m³, o 1.2 l/s, son recargados directamente en el material de relave desde la sección del Botadero Excelsior que se ubica directamente sobre el área norte del relave.

Se estima que aproximadamente el 19% del volumen infiltrado en el relave, equivalente a 69,000 m³ o 2.2 l/s se infiltra en el material de los cimientos por debajo del relave, el cuál está conformado por filita, arenisca y conglomerado.

Se estima que el 79% restante de la recarga, equivalente a aproximadamente 276,000 m³ o 8.7 l/s descargará hacia el sistema de drenaje al pie del relave. Quiulacocha es un pasivo ambiental de Centromin, y los estimados de recarga hacia los cimientos son sólo estimados groseros. La revisión de los datos de flujo correspondientes a la zanja de drenaje Quiulacocha darán la oportunidad de mejorar los estimados de recarga profunda. Cabe mencionar que Quiulacocha esta gradiente abajo de la mayor parte de las instalaciones de la mina Cerro de Paso, y existe la posibilidad de que el agua subterránea sea afectada por las instalaciones ubicadas al norte descargando hacia la base de este depósito, particularmente durante el cierre de mina.

4 Receptores de Efluentes

El factor de espesor de la zona no saturada es removido de la ecuación del balance hídrico para los cálculos a realizar en las lagunas, pues la superficie freática se encuentra sobre la superficie del suelo. El excedente hídrico (aparte del que va de la cuenca al lago) es equivalente a la precipitación menos la evaporación real, y todo este volumen está disponible para descarga o recarga.

Las lagunas evaluadas en el área de la mina Cerro de Pasco son cuencas que drenan internamente en terrenos de roca caliza/cársticos. La ecuación del balance hídrico considera que el 100% del excedente se infiltra hacia el material de cimentación como recarga del agua subterránea.

El excedente de las lagunas es calculado en 280 mm, mientras que el excedente para la cuenca es 311mm. El total del excedente considera necesariamente el tamaño de la cuenca.

Los resultados de las lagunas relevantes son resumidos en las siguientes secciones, y son presentadas gráficamente en la Figura 5.

4.1 Laguna Yanamate

El excedente total de 3,921,000 m³ va hacia la Laguna Yanamate , incluyendo 1,709,000 m³ de la cuenca cuya área estimada es de aproximadamente 550 ha. La laguna Yanamate cubre un área de aproximadamente 180 ha. El total excedente se infiltra hacia los cimientos como recarga de agua subterránea, estimada en 124 l/s.

Históricamente la laguna Yanamate ha sido utilizada como depósito de agua de mina y del efluente de la planta SX-EW. El actual pH de la laguna varía entre 1.9 y 2.5. El pH del lago se incrementará con el tiempo, por la dilución ocasionada por el escurrimiento desde la cuenca y por la precipitación directa sobre el lago, que tiene un pH combinado de aproximadamente

Cálculos preliminares indican que el pH de la laguna se recuperara hasta el 90% del pH del agua de recarga luego de aproximadamente 50 años. Es probable que el pH de la laguna Yanamate se eleve eventualmente por encima del pH del agua de recarga, pues la esorrentía de la cuenca proviene de terreno de roca caliza, el cuál tiene una capacidad significativa de amortiguación. Sin embargo, acidez residual podría estar presente en los sedimentos circundantes y por debajo del lago, lo que podría afectar los tiempos de recuperación. La Figura 6 muestra la sección transversal que se extiende de oeste a este a través de las lagunas, incluyendo la

Laguna Yanamate. El pronóstico de la tendencia a la recuperación del pH con el tiempo en el lago se presenta en la Figura 7.

Este lago podría ser afectado por el descenso del nivel freático asociado con las operaciones mineras (Memo Técnico 1). De ser así se espera que la actual recarga desde el lago podría ser mayor a los 124 l/s, y que la calidad del lago podría mejorar en un rango más alto que el calculado.

Laguna Huayhuacocha

El excedente total de la Laguna Huayhuacocha se estima en 797,000 m³, incluyendo 360,000 m³ desde la cuenca que tiene un área estimada de 116 ha.

La laguna Huayhuacocha cubre un área de aproximadamente 27 ha. El volumen total anual promedio del excedente se infiltra hacia el cimiento como recarga, y equivale a aproximadamente 27 l/s.

4.2 Laguna Patarcocha

El volumen anual promedio del excedente hacia la Laguna Patarcocha es de 967,000 m³, incluyendo 947,000 m³ desde la cuenca que tiene un área de aproximadamente 305 ha. La Laguna Patarcocha cubre un área de aproximadamente 6.9 ha. El volumen anual promedio del excedente se infiltra hacia el cimiento como recarga de aguas subterránea, y es equivalente a aproximadamente 31 l/s.

El poblado de Cerro de Pasco mantiene un sistema de bombeo para reducir el nivel de la Laguna Patarcocha en el caso de una inundación. El bombeo desde el lago durante una inundación reducirá la recarga promedio hacia el agua subterránea. Además, el drenaje municipal del área alrededor de la Laguna Patarcocha podría afectar los volúmenes de flujo actual hacia la laguna redirigiendo la escorrentía alrededor del lago, o incrementando la recarga directa del lago. La filtración del agua de abastecimiento que suministra la municipalidad podría incrementar también el caudal que va hacia el lago. Es difícil el calcular la recarga real desde el lago causada por los trabajos de drenaje municipal y por las filtraciones del sistema de abastecimiento de agua.

4.3 Lagunas Huicra, Antaloma y Cuchis

Una pequeña cantidad de otras lagunas más pequeñas están ubicadas en la región de Cerro de Pasco, sin embargo, se considera que dichas lagunas no contribuyen significativamente con el balance hídrico de las operaciones de la mina.

5 CONCLUSIONES

En base a nuestra investigación, podemos concluir lo siguiente:

5.1 Mina Subterránea

- En base a las medidas de Volcán, se estima ingresos promedios de 372 l/s para el período mayo-agosto del 2006. De este monto, se estima que 14 l/s fue agua que reportó al tajo abierto y fluyó hacia la mina subterránea. Los ingresos fueron calculados mayormente en base a las horas de bombeo y a la capacidad de cada bomba. Hay discrepancias entre los volúmenes tratados en el 2006 (163 l/s hasta mayo del 2006), que incluyen volúmenes de aguas superficiales tratados y volúmenes de aguas acidas bombeadas (210 l/s), por lo tanto los volúmenes bombeados pueden ser 25-35% más bajo que lo documentado. En julio del 2006, Volcán empezó mediciones con flujómetro, y es probable que las medidas puedan ser más precisas.

- Las aguas que reportan hacia los niveles de 1200 al 1800 fluyen mayormente desde calizas fracturadas de la Fm Chambará. Se estima que las lagunas Yanamate/Huayhuacocha y Patarcocha contribuyen aproximadamente 35 l/s y 160 l/s, respectivamente. Actualmente, calculamos por “mejor estimación” que los ingresos desde las instalaciones superficiales (los stockpiles y botaderos Miraflores y Rumialliana) hacia la mina son aproximadamente 6-8 l/s. Los ingresos hacia la mina desde el Botadero Excelsior y el Depósito de Relaves Quiulacocha se estima en 1-2 l/s. La precisión de estas estimaciones no es alta, y las estimaciones pueden variar 100%. En base de los datos diarios de bombeo, y las observaciones en superficie, no hay una fuerte conexión hidráulica con la superficie y la mina subterránea, por lo tanto hasta ahora no hay potencial de ingresos fuertes a la mina subterránea debido a eventos de precipitación.

- Se estima que un promedio de 235 l/s se reportó hacia la mina hasta el nivel 2100. En nuestra investigación de la mina, observamos ingresos de un total estimado de 179 l/s, o aproximadamente 50% de los ingresos hacia la mina. No pudimos acceder

a las otras áreas en la mina. Del total de ingresos observados, solo 2% tuvo un pH por debajo de 6. Observamos flujos dentro de la mina circulando sobre sulfuros en zanjas de drenaje. Por lo tanto, es probable que una porción significativa de las aguas ácidas que se reportan en el nivel 2100 ingresen hacia la mina como aguas neutras y como resultado hay un potencial para reducir las cantidades de aguas ácidas con el manejo adicional de aguas neutras con el entubamiento de aguas y/o construcción de zanjas cementadas.

- En base al plan de desarrollo de la mina hasta a fines del 2008, que incluye el desarrollo hasta 800 m dentro de la caliza Chambará, se estima que los ingresos pueden incrementarse gradualmente hasta 550 – 1150 l/s para a fines del 2008, con una mejor estimación de 900 l/s. En base al plan de desarrollo, los ingresos más fuertes pueden ocurrir en los niveles 1600 y 1200, pero depende significativamente en la secuencia de desarrollo. La caliza Chambará alcanza zonas fuertemente fracturadas y localmente cársticas, por lo tanto se puede esperar ingresos repentinos. Se requiere más datos piezométricos, de porosidad e hidráulicos para mejorar las estimaciones.

- La mejor estimación de la inundación de la mina, usando el caso de la mina desde a fines del 2008, es 15-16 años, sin incorporación de agua adicional, o drenaje de la mina por pozos de abastecimiento o por una galería de drenaje. Se espera que el sistema estará en un estado “steady-state” después de este período. Se espera que la napa freática llegue hacia el fondo del tajo después de aproximadamente 2.5 años. Se estima el nivel estático del tajo en 4325 msnm.

- Se considera que las mejores opciones para controlar los ingresos hacia la mina son:

- a. Uso de pozos horizontales de drenaje para controlar los ingresos en las galerías más occidentales de la mina;
- b. Uso de un sistema de pozos pilotos en estas galerías, para permitir cimentación de fallas y fracturas importantes durante el avance de la excavación;
- c. Consideración del avance de un nivel inferior para drenar los niveles superiores;
- d. Consideración de una galería de drenaje para que drene la mina hacia el este.

Instalaciones de Superficie

a. Actualmente, se estima que un total de 25 l/s se infiltra a través de las instalaciones (botaderos y stockpiles) y de este monto, 75% drena al pie de cada instalación. Se estima que 6-8 l/s se infiltra a la napa freática más profunda, y actualmente la mayoría de estas filtraciones fluyen hacia a la mina subterránea.

b. La escorrentía y agua subterránea debajo y adyacente de los botaderos y stockpiles se encuentran fuertemente afectados por drenaje ácido de rocas (DAR), y la calidad de esta agua es típicamente ácida (pH entre 0 y 6), altamente mineralizado (contenido de sólidos disueltos totales hasta 260.000 mg/l) y con contenidos de sulfato, fluoruro, amoníaco, arsénico, cadmio, hierro, plomo, manganeso, níquel y zinc muy elevados, los que generalmente exceden substancialmente los estándares de descarga. Hasta esta investigación, hemos identificado contaminación hasta una profundidad de 60 m, pero es probable que se extienda hasta una profundidad de 100 m, en parte debido a la influencia hidráulica de la mina. Se requiere más investigación para determinar el exento lateral y volumen de agua contaminada existente.

c. En este momento, parece que algunas filtraciones del norte del Botadero Excelsior fluyen hacia la mina subterránea. Es posible que algunas filtraciones desde Pampa Seca puedan descargar hacia la base de Excelsior y al Depósito de Relaves de Quiulacocha.

d. En base a datos limitados, no parece que exista un efecto significativo en el agua subterránea del Depósito de Relaves Ocroyoc, sólo se observaron niveles de sulfatos elevados. No investigamos la calidad del agua subterránea y escorrentía en los alrededores del Depósito de Relaves Quiulacocha, pero esperamos que existan niveles de contaminación moderadas en las aguas subterráneas debajo y aguas abajo de esta relavera.

e. La calidad superficial de las Lagunas Yanamate y Huayhuacocha están mejorando lentamente, pero actualmente es ácido a altamente ácido (pH entre 1.9 y 2.2), con niveles de arsénico, cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc que substancialmente exceden la Ley General de Agua (agua para bebida de animales). Los niveles de amonio, bismuto, cromo, fósforo, manganeso, talio y vanadio se encuentran también elevados. Los datos de calidad de agua subterránea alrededor de las lagunas son limitados, pero indican que la caliza del Pucará neutraliza las pérdidas por infiltración de las lagunas, que están-localizadas dentro de las cuencas cerradas. Las aguas

subterráneas aguas abajo de las lagunas, muestran un pH neutro a ligeramente ácido, salobres con un SDT en el rango de 2.000 mg/l, y contiene concentraciones de sulfatos, amoníaco, sobrepasan los límites de descarga de agua (efluentes). Un análisis básico, con un balance hídrico, indica que sin otras medidas remediables, las lagunas pueden alcanzar un pH de 6 dentro de 60 años.

6 Con el cierre de la mina, se esperan los siguientes cambios en el régimen de flujo de agua subterránea con respecto a la mina y las instalaciones de superficie:

- Mientras el tajo abierto tenga un excedente hídrico, sería un “sumidero”, porque el agua profunda va a salir por medio de la Falla de Cerro de Pasco al suroeste y por medio de las calizas fracturadas. El tajo va a captar filtraciones desde el sector sur de Botadero Rumiallana, las filtraciones del Botadero Miraflores y la parte este de los Stockpiles Paragsha. Estos flujos se dirigirán al valle Quiulacocha por medio de la Falla de Cerro de Pasco y las calizas de Chambará. Es probable que una parte o todo este flujo pueda ser neutralizada en la ruta;
- Las filtraciones desde el resto de los Stockpiles Paragsha y Pampa Seca, Botadero Excelsior y del Depósito de Relaves Quiulacocha llegarán al fondo de Quiulacocha;
- El régimen de flujo actual del depósito de relaves Ocroyoc no cambiará de una manera significativa;
- Los regímenes de flujo de Yanamate pueden cambiar ligeramente, con una reducción de pérdidas de filtraciones (est. reducción de 15%), y niveles estáticos más altos. Se espera que sin otros cambios, el pH de las lagunas se pueda recuperar hasta 6 después 60 años.

7 Las medidas disponibles más prácticas para minimizar los impactos ambientales incluyen:

- Procesamiento de todo o una porción de los stockpiles existentes;
- Contorneamiento de los stockpiles y botaderos;
- Instalación de coberturas sobre las instalaciones;
- Transferencia de desechos al tajo abierto;
- Captación y tratamiento de aguas al fondo del depósito de relaves Quiulacocha;
- Captación de aguas al límite sur de los botaderos y stockpiles;
- Captación y tratamiento de aguas al fondo del depósito de relaves Ocroyoc;
- Renovación de los sedimentos (Lagunas Huayhuacocha y Yanamate); y
- Descarga de agua neutra (Lagunas Yanamate y Huayhuacocha).

Las investigaciones de sitio y modelación numérica indica que hay aguas subterráneas residuales extensivas, y es posible que tratamiento de esta agua puede

requerir cientos de años, dependiendo en el nivel de atenuación natural en la subsuperficie. Por eso, es probable que coberturas y un sistema de captación al borde sur de los botaderos y stockpiles sería la opción más práctica para dejar los materiales in-situ. Volcan puede considerar el procesamiento de una porción de los stockpiles o la transferencia de los desechos más reactivos al fondo del tajo, si esta factible.

Figura 5: Balances Hidricos de Lagunas, Relaveras y Tajo Abierto

