



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
 PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA FASE 2**

**CAPÍTULO 3.2.8
 “LÍNEA DE BASE DE HIDROGEOLOGÍA”**

TQB14016-REP-MA-0255

INDICE

3	LÍNEA DE BASE	3.2.8-1
3.2	MEDIO FÍSICO	3.2.8-1
3.2.8	HIDROGEOLOGÍA.....	3.2.8-1
3.2.8.1	Introducción	3.2.8-1
3.2.8.2	Objetivos	3.2.8-4
3.2.8.2.1	Objetivo General	3.2.8-4
3.2.8.2.2	Objetivos Específicos	3.2.8-4
3.2.8.3	Determinación y Justificación del Área de Influencia.....	3.2.8-4
3.2.8.3.1	Generalidades	3.2.8-4
3.2.8.3.2	Definición Área de Influencia	3.2.8-4
3.2.8.4	Metodología	3.2.8-7
3.2.8.5	Resultados	3.2.8-8
3.2.8.5.1	Contexto Regional.....	3.2.8-8
3.2.8.5.2	Meteorología y Precipitación	3.2.8-11
3.2.8.5.3	Geología Regional y Local.....	3.2.8-19
3.2.8.5.4	Caracterización Hidrogeológica	3.2.8-40
3.2.8.6	Síntesis	3.2.8-116
3.2.8.7	Bibliografía	3.2.8-118
3.2.8.7.1	Información CMTQB.....	3.2.8-118
3.2.8.7.2	Información de Organismos Oficiales	3.2.8-118
3.2.8.7.3	Otras Fuentes de Información	3.2.8-119

TABLAS

Tabla 3.2.8-1.	Estaciones meteorológicas disponibles a nivel regional y en el Área de Influencia.	3.2.8-12
----------------	---	----------

Tabla 3.2.8-2.	Resumen de unidades estratigráficas.	3.2.8-30
Tabla 3.2.8-3.	Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.	3.2.8-42
Tabla 3.2.8-4.	Características geomorfológicas cuencas de Área de Influencia.	3.2.8-57
Tabla 3.2.8-5.	Características geomorfológicas sub cuencas de Área de Influencia. ...	3.2.8-57
Tabla 3.2.8-6.	Estaciones fluviométricas en el Área de Influencia.	3.2.8-59
Tabla 3.2.8-7.	Puntos de monitoreo con registros de caudal en el Área de Influencia. .	3.2.8-60
Tabla 3.2.8-8.	Caudales medios mensuales y anual en “Río Huatacondo en Copaquire”.	3.2.8-62
Tabla 3.2.8-9.	Caudales medios mensuales y anual en “QDH-2”	3.2.8-63
Tabla 3.2.8-10.	Caudales medios, mínimos y máximo de monitoreo.	3.2.8-64
Tabla 3.2.8-11.	Flujos modelo hidrológico para balance superficial Área de Influencia.	3.2.8-67
Tabla 3.2.8-12.	Flujos modelo hidrológico para balance subterráneo Área de Influencia.	3.2.8-67
Tabla 3.2.8-13.	Flujos modelo hidrológico para balance superficial quebrada Blanca.	3.2.8-67
Tabla 3.2.8-14.	Flujos modelo hidrológico para balance subterráneo quebrada Blanca. .	3.2.8-68
Tabla 3.2.8-15.	Resumen de valores de conductividad hidráulica interpretados a partir de ensayos de hidráulicos.	3.2.8-77
Tabla 3.2.8-16.	Rango de conductividades hidráulicas y porosidad de drenaje (Sy) bibliográficas.	3.2.8-80
Tabla 3.2.8-17.	Resumen de parámetros hidráulicos estimados.	3.2.8-90
Tabla 3.2.8-18.	Niveles de agua subterránea condición pre-minado (1993).	3.2.8-100
Tabla 3.2.8-19.	Niveles de agua subterránea año 2015.	3.2.8-104
Tabla 3.2.8-20.	Flujos de salida en balance hídrico por cuenca.	3.2.8-111
Tabla 3.2.8-21.	Balance hídrico subterráneo Área de Influencia pre-minado.	3.2.8-113
Tabla 3.2.8-22.	Balance hídrico subterráneo Área de Influencia año 2015.	3.2.8-113
Tabla 3.2.8-23.	Derechos de aguas (DGA) otorgados dentro del Área de Influencia	3.2.8-114

FIGURAS

Figura 3.2.8-1.	Ubicación Regional del Proyecto.	3.2.8-3
Figura 3.2.8-2.	Área de Influencia de la componente Hidrogeología.	3.2.8-6
Figura 3.2.8-3.	Cuencas hidrográficas e instalaciones mineras.	3.2.8-10
Figura 3.2.8-4.	Ubicación de estaciones meteorológicas.	3.2.8-13
Figura 3.2.8-5.	Precipitaciones mensuales promedio estaciones sobre los 2.000 m s.n.m.	3.2.8-14
Figura 3.2.8-6.	Precipitaciones mensuales promedio estaciones bajo los 1.000 m s.n.m.	3.2.8-15
Figura 3.2.8-7.	Correlación Precipitación media anual – Elevación.	3.2.8-16
Figura 3.2.8-8.	Temperatura media mensual en estaciones con información disponible.	3.2.8-17

Figura 3.2.8-9.	Curva regional de temperatura media anual vs elevación.	3.2.8-17
Figura 3.2.8-10.	Evaporación de bandeja media mensual.....	3.2.8-18
Figura 3.2.8-11.	Curva regional de evaporación de bandeja vs elevación.....	3.2.8-19
Figura 3.2.8-12.	Mapa geológico del Área de Influencia.....	3.2.8-25
Figura 3.2.8-13.	Ubicación de pozos con información litológica y perfiles geofísicos en el Área de Influencia.....	3.2.8-26
Figura 3.2.8-14.	Perfil geológico regional conceptual SO – NE (Figura 4.11 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).	3.2.8-33
Figura 3.2.8-15.	Perfil geológico A - A' (Figura 4.12 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).	3.2.8-34
Figura 3.2.8-16.	Perfil geológico B - B' (Figura 4.13 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).	3.2.8-35
Figura 3.2.8-17.	Perfil geológico C - C' (Figura 4.14 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).	3.2.8-36
Figura 3.2.8-18.	Perfil geológico D - D' (Figura 4.15 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).	3.2.8-37
Figura 3.2.8-19.	Perfil geológico E - E' (Figura 4.16 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo)..	3.2.8-38
Figura 3.2.8-20.	Perfil geológico F - F' (Figura 4.17 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).	3.2.8-39
Figura 3.2.8-21a.	Ubicación Pozos en Área de Influencia Hidrogeológica, Sector Huiniquintipa.	3.2.8-52
Figura 3.2.8-22.	Cuencas, subcuencas y sub-subcuencas principales en el Área de Influencia.	3.2.8-58
Figura 3.2.8-23.	Puntos de monitoreo con registro de caudales.....	3.2.8-61
Figura 3.2.8-24.	Serie de caudales medios mensuales en estación DGA “Río Huatacondo en Copaquire”.	3.2.8-62
Figura 3.2.8-25.	Serie de caudales medios mensuales en “QDH-2”.....	3.2.8-63
Figura 3.2.8-26.	Rango de variación y promedios de caudal en puntos de monitoreo.....	3.2.8-65
Figura 3.2.8-27.	Modelo conceptual simplificado de balance hídrico.....	3.2.8-66
Figura 3.2.8-28.	Variación de niveles piezométricos en el Sector Huiniquintipa.....	3.2.8-71
Figura 3.2.8-29.	Variación de niveles piezométricos en el Sector Mina-Planta (zona del rajo).	3.2.8-72
Figura 3.2.8-30.	Variación de niveles piezométricos en el Sector Mina-Planta (aguas arriba del rajo QB).	3.2.8-73
Figura 3.2.8-31.	Variación de niveles piezométricos en el Sector Aguas Abajo.	3.2.8-74
Figura 3.2.8-32.	Variación de niveles piezométricos en el Sector Ramucho-Choja.....	3.2.8-75
Figura 3.2.8-33.	Rango de permeabilidades como resultado de los ensayos realizados en distintas unidades.	3.2.8-79
Figura 3.2.8-34.	Variación de la permeabilidad con la profundidad en rocas ígneas.	3.2.8-87

Figura 3.2.8-35. Rangos de permeabilidad para las rocas ígneas a distinta profundidad. 3.2.8-88

Figura 3.2.8-36. Variación de la permeabilidad de las fallas regionales en profundidad según ensayos de recuperación de niveles, slug test y Lugeon. 3.2.8-89

Figura 3.2.8-37. Rangos de permeabilidad en profundidad para las fallas regionales. 3.2.8-89

Figura 3.2.8-38. Rangos de permeabilidad como resultado de los ensayos realizados en distintas unidades hidrogeológicas. 3.2.8-90

Figura 3.2.8-39. Mapa hidrogeológico del Área de Influencia. 3.2.8-91

Figura 3.2.8-40. Perfil hidrogeológico regional conceptual SO – NE (Figura 5.7 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo). 3.2.8-92

Figura 3.2.8-41. Perfil hidrogeológico A - A' (Figura 5.8 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo). 3.2.8-93

Figura 3.2.8-42. Perfil hidrogeológico B - B' (Figura 5.9 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo). 3.2.8-94

Figura 3.2.8-43. Perfil hidrogeológico C - C' (Figura 5.10 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo). 3.2.8-95

Figura 3.2.8-44. Perfil hidrogeológico D - D' (Figura 5.11 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo). 3.2.8-96

Figura 3.2.8-45. Perfil hidrogeológico E - E' (Figura 5.12 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo). 3.2.8-97

Figura 3.2.8-46. Perfil hidrogeológico F - F' (Figura 5.13 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo). 3.2.8-98

Figura 3.2.8-47. Mapa piezométrico condición pre-minado (1993). 3.2.8-103

Figura 3.2.8-48. Mapa piezométrico año 2015. 3.2.8-107

Figura 3.2.8-49. Mapa de descenso de nivel entre los años 1993 y 2015. 3.2.8-108

Figura 3.2.8-50. Esquema conceptual sistema hidrogeológico. 3.2.8-110

Figura 3.2.8-51. Derecho de aguas otorgados (DGA) dentro del Área de Influencia. 3.2.8-115

ANEXOS

Anexo 3.2.8-1 Modelo Hidrogeológico Regional del Área Mina y Evaluación de Efectos sobre el Sistema de Agua Subterránea.



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO MINERO QUEBRADA BLANCA FASE 2

CAPÍTULO 3.2.8 “LÍNEA BASE HIDROGEOLOGÍA”

TQB14016-REP-MA-0255

3 LÍNEA DE BASE

3.2 MEDIO FÍSICO

3.2.8 Hidrogeología

3.2.8.1 Introducción

El Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2, de Compañía Minera Teck Quebrada Blanca S.A. (CMTQB), está ubicado en la Región de Tarapacá de Chile, en el borde occidental del altiplano chileno, a una altura aproximada de 4.200 m s.n.m., a 21° de latitud sur, 68° 48' de longitud oeste y aproximadamente a 240 km al sureste de la ciudad costera de Iquique.

La actual faena minera Quebrada Blanca opera el yacimiento desde el año 1994. El proyecto opera como una mina a rajo abierto, con un proceso metalúrgico que incluye el chancado, lixiviación en pilas y botaderos, extracción por solvente (SX) y electro obtención (EW), generando como producto final cátodos de cobre de alta pureza, correspondiente a la Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca.

En el depósito se ha identificado la presencia de mineralización hipógena que se extiende bajo la superficie del rajo existente. El resultado de dicha exploración permite poner en marcha un plan de expansión de la mina, con un rajo extendido, un proceso por chancado, recuperación por flotación y un depósito de relaves, el cual corresponde al Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2 (desde ahora el Proyecto o QB2).

Para el desarrollo de la presente Línea de Base de la componente Hidrogeología, se utilizó como base la información presentada en el EIA “Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca” (en adelante QB1), además de estudios realizados por Schlumberger Water Services (en adelante SWS) para Compañía Minera Teck Quebrada Blanca (en adelante CMTQB). Dicha información corresponde a los estudios nombrados a continuación:

- Capítulo 3.2.8 – Línea de Base Hidrogeología, Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca (Teck, 2014).
- Modelo Hidrogeológico Regional del Área Mina y Evaluación de Efectos sobre el Sistema de Agua Subterránea (Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).

Adicionalmente a lo indicado en los párrafos precedentes, cabe señalar que se utilizó información de estudios realizados por terceros que fueron usados por SWS en sus estudios, y que en este informe se especifican en el acápite 3.2.8.7.

De acuerdo a las partes, obras y/o acciones contempladas en el presente EIA, el Proyecto emplazará sus obras en cuatro áreas principales que corresponden al Área Puerto, Área Obras Lineales, Área Pampa y Área Mina (que incluye las sub-áreas Mina y Depósito de Relaves), cuya extensión se muestra de forma referencial en la Figura 3.2.8-1.

Figura 3.2.8-1. Ubicación Regional del Proyecto



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.8.2 Objetivos

3.2.8.2.1 Objetivo General

Este estudio tiene como objetivo la caracterización de las condiciones de línea de base, en el Área de Influencia Hidrogeológica, para apoyar en la evaluación de los impactos potenciales generados por el Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2 sobre el sistema de recursos hídricos subterráneos.

3.2.8.2.2 Objetivos Específicos

A nivel más particular, los objetivos específicos que permitirán desarrollar el objetivo principal corresponden a:

- Revisión de antecedentes y estudios anteriores enfocados en la Hidrogeología, tanto a nivel regional como del Área de Influencia.
- Identificación de las principales características hidrogeológicas del Área de Influencia de la componente Hidrogeología.
- Desarrollo de un balance hídrico en el Área de Influencia de la componente Hidrogeología.

3.2.8.3 Determinación y Justificación del Área de Influencia

3.2.8.3.1 Generalidades

La determinación del Área de Influencia de la componente de Hidrogeología ha tomado en consideración los impactos ambientales potencialmente significativos sobre dicha componente, así como el espacio geográfico en el cual se emplazan las partes, obras y/o acciones del Proyecto, según lo definido en la letra d) del Artículo 18 del D.S. N° 40/2012 del MMA (RSEIA). Para efectos de limitar dicho espacio geográfico, se ha considerado como unidad base la cuenca hidrográfica.

El detalle y justificación se presenta en el acápite 2.3.1.7 del Capítulo 2 Determinación y Justificación del Área de Influencia del presente EIA.

3.2.8.3.2 Definición Área de Influencia

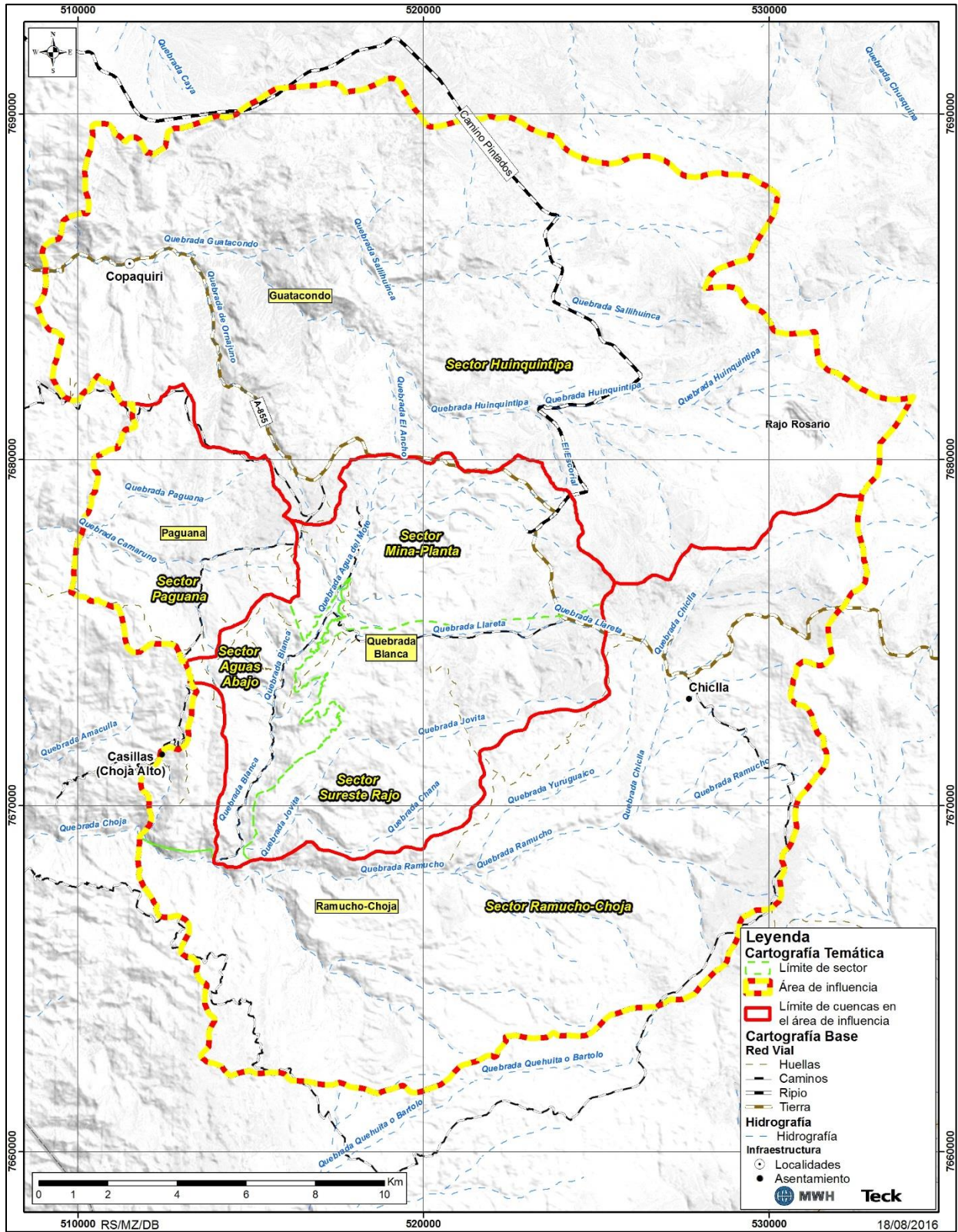
El Proyecto está ubicado en el norte de Chile, aproximadamente a 240 km al sureste de la ciudad de Iquique, en la Región de Tarapacá. Se encuentra cerca del límite con la Región de Antofagasta y la frontera entre Bolivia y Chile. La ubicación exacta del Proyecto se muestra en la Figura 3.2.8-1.

Tal como se mostró en la Figura 3.2.8-1 el Proyecto emplazará sus obras en cuatro áreas principales que corresponden al Área Puerto, Área Obras Lineales, Área Pampa y Área Mina (que incluye las sub-áreas Mina y Depósito de Relaves). No obstante lo anterior, la presente Línea

Base Hidrogeológica hace referencia al Área Mina y su entorno cercano, entendiéndose como el Área de Influencia que podría verse afectada por las partes, obras y/o acciones del Proyecto.

El Área de Influencia (Figura 3.2.8-2) de la componente de Hidrogeología ha sido determinada en función de un Área de Estudio, que permite dar contexto al componente para la delimitación final del Área de Influencia en función de las características hidrogeológicas del sistema subterráneo, considerando a su vez, la ocurrencia potencial de impactos sobre los niveles, balance hídrico subterráneo o bien sobre los flujos pasantes. Además, este espacio mayor permite descartar efectos previsibles en sectores que no están directamente relacionados con las partes, obras y acciones del Proyecto y cuya delimitación comprende las cuencas de quebrada Choja, Guatacondo y Paguana. A su vez, para efectos del desarrollo de la presente línea base, el Área de Influencia ha sido dividida en seis sectores presentados en la Figura 3.2.8-2: Huinquentipa, Paguana, Mina-Planta, Aguas Abajo, Sureste Rajo y Ramucho-Choja. El detalle de la definición del Área de Influencia para la componente Hidrogeología se presenta en el acápite 2.3.1.7 del Capítulo 2 del presente EIA.

Figura 3.2.8-2. Área de Influencia de la componente Hidrogeológica.



Nota: Cuencas definidas a partir del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Fuente: Modificado de Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

3.2.8.4 Metodología

En el presente acápite se describe de manera general la metodología utilizada para la descripción hidrogeológica que se detalla en el acápite 0.

Tal como se mencionó en el acápite 3.2.8.1, la línea base hidrogeológica se elaboró a partir del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo. Dicho trabajo contiene los informes técnicos que incluyen tanto la información básica disponible, así como el análisis de dicha información para describir adecuadamente la interacción entre diversas componentes de importancia para la caracterización hidrogeológica.

Para esta caracterización se desarrollaron las siguientes actividades:

- Recopilación de los datos disponibles y resumen de éstos en formato de tabla, mostrando disponibilidad de acuerdo a ubicación espacial y en el tiempo.
- Desarrollo de bases de datos con información básica organizada según punto de monitoreo y a través del tiempo.
- Integración de la información técnica disponible.
- Desarrollo de descripciones detalladas de la evolución de los principales temas clave identificados.

Dentro de los aspectos cubiertos en el trabajo presentado en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo se encuentra una revisión exhaustiva de información hidrológica, geológica, hidrogeoquímica e hidrogeológica, basada en las fuentes generales que se indican a continuación:

- Trabajos técnicos desarrollados al interior de CMTQB.
- Información de Organismos Oficiales.
- Información de terceros.

La información generada en los estudios que fueron usados como base, ha sido integrada de manera armónica para generar un documento que describe las condiciones hidrogeológicas en el Área de Influencia de la componente Hidrogeología.

Al final de este capítulo, en el acápite 3.2.8.7 se detallan los documentos revisados, los que se ordenan de acuerdo a las tres fuentes de información general antes mencionadas.

3.2.8.5 Resultados

3.2.8.5.1 Contexto Regional

En este acápite se presenta de manera resumida los aspectos más relevantes que permiten caracterizar la componente hidrogeología, también denominada componente de recursos hídricos subterráneos, en su Área de Influencia. Mayores detalles sobre la información básica utilizada, las metodologías de análisis y los resultados obtenidos se presentan en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

El Área de Influencia de la componente Hidrogeología se encuentra ubicada a una altitud por sobre los 3.000 m s.n.m. en la zona altiplánica de la Primera Región de Tarapacá, en el extremo Norte de Chile, cerca de la frontera con Bolivia. Geográficamente corresponde a un desierto seco, de gran altitud, con precipitaciones infrecuentes pero ocasionalmente intensas, temperaturas frías y muy poca vegetación.

El área presenta una superficie de 529 km² y para efectos del análisis hidrogeológico se compone de las cuencas de la quebrada Guatacondo en el sector Norte, quebrada Paguana en el sector Oeste y quebrada Choja, incluyendo las quebradas Blanca y Ramucho, en el sector central y Sur (Figura 3.2.8-3). Estas quebradas continúan más allá del límite Oeste del Área de Influencia, drenando hacia el salar de Llamara y la pampa del Tamarugal. La elevación topográfica del Área de Influencia varía entre 3.270 m s.n.m. (lecho de la quebrada Choja en su límite Oeste) y 5.000 m s.n.m. (cabecera de la quebrada Ramucho). La elevación topográfica del terreno original en la zona del rajo estaba en torno a los 3.400 m s.n.m.

Las quebradas del área presentan en general un escurrimiento superficial asociado a eventos de precipitación intensos. Las observaciones y registros de circulación de agua superficial más importantes se producen en los meses de diciembre a marzo, coincidiendo con las épocas de mayor concentración de precipitaciones. Por otro lado, los sedimentos detríticos acumulados en el fondo de las quebradas presentan estratos con potencias variables, que pueden superar en algunos sectores los 20 m. Estos sedimentos permiten la rápida infiltración de la escorrentía superficial y resultan ser zonas preferenciales de recarga del sistema de agua subterránea. Este sistema incluye también el relativamente bajo flujo que ocurre a través de las rocas, originando descargas de agua en superficie en forma de afloramientos, que sustentan algunos flujos base y la vegetación asociada.

Las instalaciones mineras de CMTQB en el Área de Influencia se asocian a la operación de una mina a rajo abierto en la cuenca de Quebrada Blanca, y específicamente en el sector denominado Mina-Planta (Figura 3.2.8-3). La mina produce mineral de alta ley, que se envía a chancado, aglomeración y lixiviación en pilas. El mineral de baja ley se envía a lixiviación en botaderos; el resto del material extraído se deposita en botaderos de estéril. Las soluciones recuperadas de la lixiviación en pilas y botaderos son tratadas en una planta de extracción por solvente y posteriormente en una planta de electro deposición. Cabe destacar que la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi (CMDIC) opera una mina a rajo abierto (Rosario) dentro del Área de

Influencia. Dicha instalación se ubica en el límite este del área, en la cuenca de quebrada Guatacondo (Figura 3.2.8-3).

3.2.8.5.2 Meteorología y Precipitación

En este apartado se describe el contexto climático en que se encuentra el Área de Influencia y el comportamiento de las variables meteorológicas precipitación, temperatura y evaporación, caracterizando la variación de sus magnitudes medias anuales con la altitud y su variación estacional, de manera que se pueda entender el contexto hidrológico dominante. Las estaciones utilizadas para tal propósito se presentan en la Tabla 3.2.8-1 y Figura 3.2.8-4 las que incluyen estaciones fuera del Área de Influencia que se utilizan para contextualizar la meteorología a nivel regional, y en particular para la identificación de gradientes altitudinales de las variables meteorológicas consideradas. El detalle de la descripción se presenta en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo y en la Línea Base Clima y Meteorología (Capítulo 3.2.1 del EIA Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2) desarrollada para el Área de Influencia.

a) Clima

La Región de Tarapacá se caracteriza por una marcada aridez. La temperatura y la precipitación están fuertemente influenciadas por la altura y las tres unidades de relieve predominantes en la región: la Cordillera de Los Andes, la Pampa del Tamarugal y la Cordillera de la Costa, tal como se indica en el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA. En este sentido, esta extensa región presenta cuatro subtipos climáticos de acuerdo a la clasificación de Köppen, localizados en franjas longitudinales, con variaciones que van de mar a cordillera. Estos subtipos climáticos se resumen a continuación:

- **Árido con Nublados Abundantes (BWn):** Se localiza a lo largo de la costa y sus efectos se manifiestan hasta 20 km hacia el interior, donde la sequedad atmosférica es mayor, debido a que la influencia marítima es retenida en los cerros de la Cordillera de la Costa. Las temperaturas son moderadas y están influenciadas por la corriente fría de Humboldt, la presencia de abundante humedad, neblinas matinales y la ausencia de precipitaciones. Las lluvias son bajas, apenas superando las centenas de milímetros al año, y registran un leve aumento hacia el sur del litoral.
- **Árido Desértico Normal (BWk):** Se desarrolla en la franja Norte-Sur intermedia de la región y corresponde al clima desértico propiamente tal, con muy baja humedad (inferior al 25%) y una gran amplitud térmica entre el día y la noche. Las temperaturas diurnas extremas superan los 30°C y en la noche descienden a 1°C o menos. Las precipitaciones son muy escasas.
- **Árido Muy Frío (BWk’):** Este subtipo climático se presenta al interior de la región, por sobre los 2.000 m s.n.m. Las temperaturas son más atenuadas, con una media anual de 10°C, y precipitaciones medias anuales que fluctúan entre 50 y 100 mm, con ocurrencia en los meses de verano producto del Invierno Altiplánico.
- **Frío de Tundra por Altura (ETH):** Este subtipo predomina en el altiplano, por sobre los 3.500 m s.n.m. La temperatura presenta grandes amplitudes diarias y anuales, y se observa un aumento de las precipitaciones anuales que pueden llegar a más 200 mm producto del Invierno Altiplánico. La intensidad de estas precipitaciones está influenciada por fenómenos de macro escala como La Niña.

Tabla 3.2.8-1. Estaciones meteorológicas disponibles a nivel regional y en el Área de Influencia.

Estación	Origen	Código BNA	Datum WGS84		Elevación (m s.n.m.)	Datos disponibles	Periodo registro ¹	Ubicación
			UTM Norte	UTM Este				
Ujina	DGA	01080001-3	7.680.944	538.722	4.300	Pp, T°, Evap.	1973-2015	Fuera Área Influencia
Collahuasi	DGA	01080002-1	7.678.240	520.585	4.250	Pp	1971-1991	Área Influencia
Coyacagua	DGA	01050007-9	7.782.608	520.130	4.013	T°, Evap.	1961-2013	Fuera Área Influencia
Salar del Huasco	DGA	01051003-1	7.757.931	511.892	3.800	T°, Evap.	1980-1982	Fuera Área Influencia
Coposa	DGA	01700009-8	7.710.041	531.847	3.760	Pp	1982-2015	Fuera Área Influencia
Ollagüe	DGA	02000001-5	7.652.920	577.892	3.700	T°, Evap.	1973-2011	Fuera Área Influencia
Copaquire	DGA	01770001-4	7.685.535	511.206	3.540	Pp	1977-2011	Área Influencia
Guatacondo	DGA	02113005-2	7.685.876	495.262	2.460	Pp, T°	1977-2015	Fuera Área Influencia
Esmeralda	DGA	01700008-K	7.734.864	460.226	1.115	Pp, T°, Evap.	1966-1973	Fuera Área Influencia
Quillagua	DGA	02112008-1	7.604.648	444.557	802	Pp, T°, Evap.	1969-2015	Fuera Área Influencia
Tocopilla	DGA	02210002-5	7.557.838	377.253	150	Pp	1994-2015	Fuera Área Influencia
Iquique	DGA	01820001-5	7.764.260	381.308	50	Pp	1984-2015	Fuera Área Influencia
Diego Aracena (Iquique)	DMC	-	7.729.430	378.020	52	Pp, T°, HR	1987-2015	Fuera Área Influencia
Chiclla	CMTQB	-	7.674.176	527.742	4.522	Pp, T°, HR, RS, Evap.	Mar-Sep 2015	Área Influencia
Quebrada Blanca	CMTQB	-	7.677.548	521.512	4.375	Pp, T°, HR, RS, Evap.	1992 a 2015	Área Influencia
Choja	CMTQB	-	7.671.515	512.516	3.991	Pp, T°, HR, RS, Evap.	2014-2015	Área Influencia
Copaquiri	CMTQB	-	7.685.543	511.315	3.518	Pp, T°, HR, RS, Evap.	Mar-Sep 2015	Fuera Área Influencia
Huatacondo	CMTQB	-	7.685.975	494.600	2.280	Pp, T°, HR, RS	2010-2014	Fuera Área Influencia
Choja Sur Oriente	CMTQB	-	7.667.019	486.650	2.061	Pp, T°, HR, RS, Evap.	2014-2015	Fuera Área Influencia
Choja Sur	CMTQB	-	7.663.750	478.783	1.810	Pp, T°, HR, RS	2010-2011	Fuera Área Influencia
Tamentica	CMTQB	-	7.681.639	481.559	1.719	Pp, T°, HR, RS, Evap.	Mar-Sep 2015	Fuera Área Influencia
Colonia Pintados	CMTQB	-	7.718.882	440.525	992	Pp, T°, HR, RS, Evap.	2014-2015	Fuera Área Influencia
Victoria	CMTQB	-	7.706.335	431.429	960	Pp, T°, HR, RS, Evap.	Mar-Sep 2015	Fuera Área Influencia
Cáñamo	CMTQB	-	7.699.690	376.810	12	T°, HR, RS	2013-2015	Fuera Área Influencia
Chanavayita	CMTQB	-	7.709.606	375.877	4	T°, HR, RS	2011-2015	Fuera Área Influencia

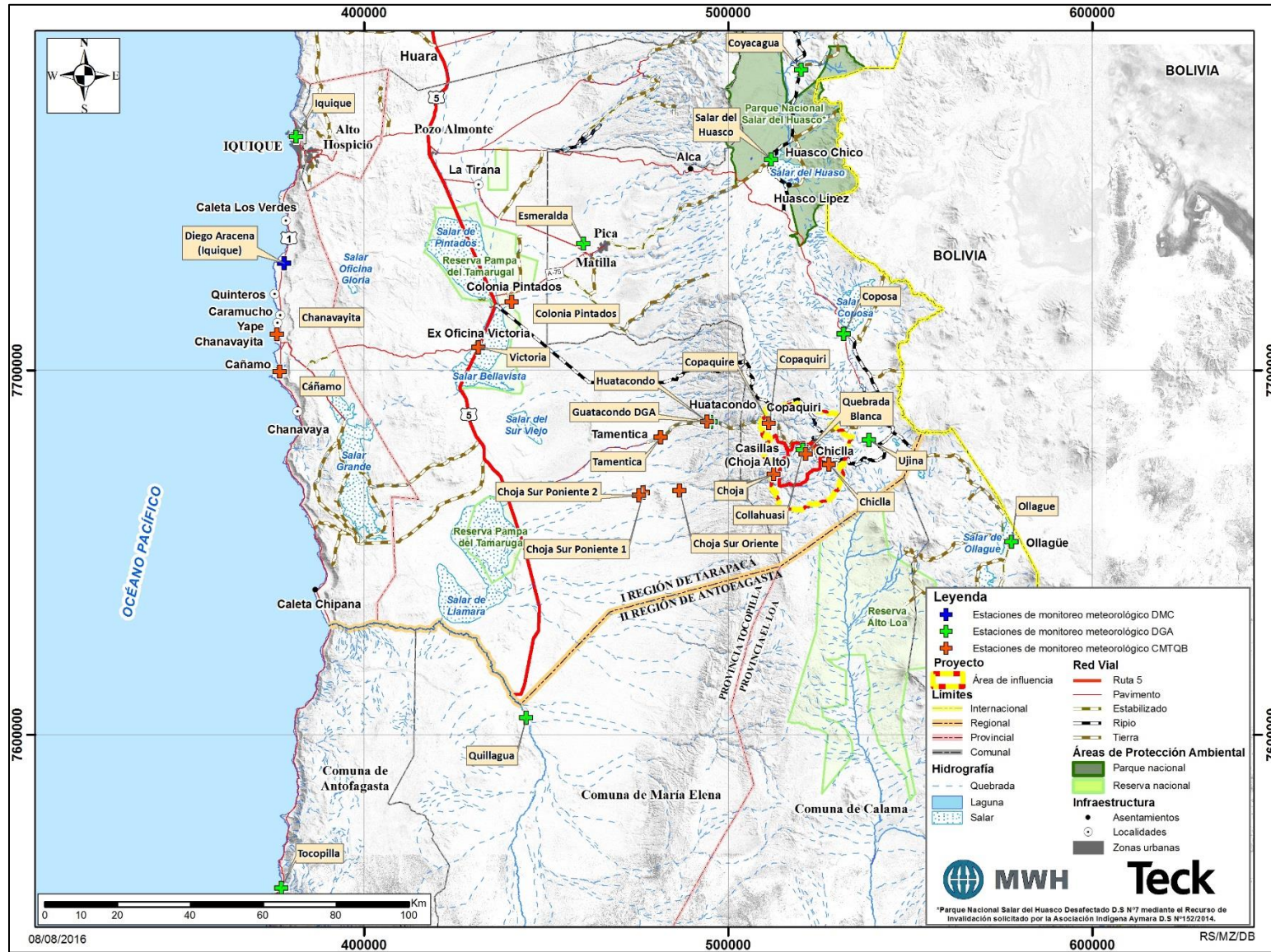
Pp: Precipitación; T°: Temperatura; Evap: Evaporación, HR: Humedad relativa, RS: Radiación Solar.

DMC: Dirección Meteorológica de Chile, DGA: Dirección General de Aguas, CMTQB: Compañía Minera Teck Quebrada Blanca

¹Periodo de registro considerando todas las variables meteorológicas. Detalle por variable en Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-4. Ubicación de estaciones meteorológicas.



Fuente: Elaboración Propia.

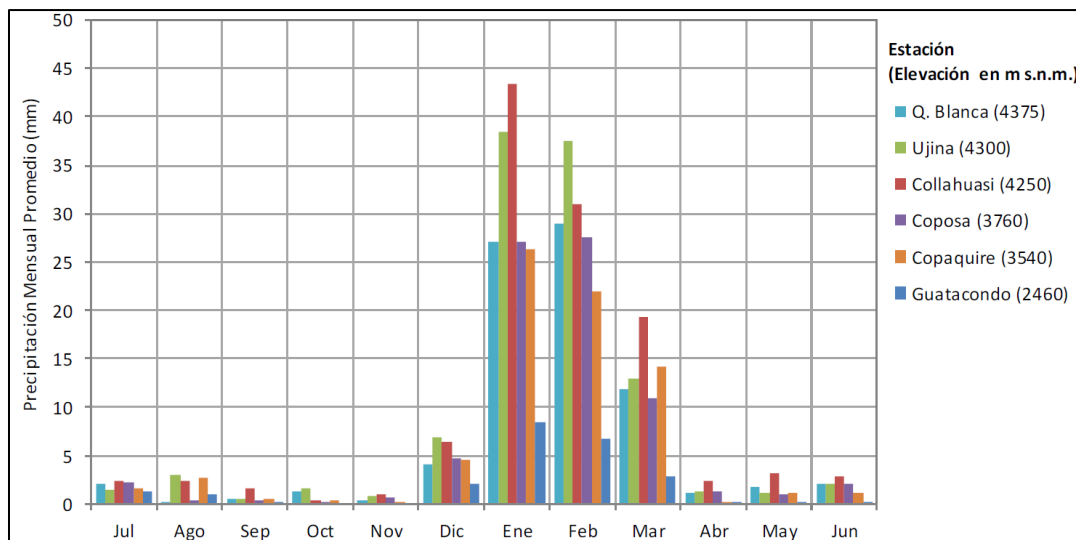
b) Precipitación

La precipitación se caracterizó utilizando la información de las estaciones meteorológicas controladas por la Dirección General de Aguas (DGA), la Dirección Meteorológica de Chile (DMC) y las estaciones de CMTQB (Tabla 3.2.8-1). El análisis de la precipitación incluye el uso de estaciones ubicadas fuera del Área de Influencia y a una escala regional, para la correcta identificación de gradientes altitudinales que permitan llevar a una correcta estimación de la recarga en dicha área. El período de información disponible para la estación Quebrada Blanca, que se ubica en el Área de Influencia, abarca desde diciembre de 1992 a diciembre de 2015 (23 años de registro), mientras que los periodos para los otras estaciones se presentan en la Tabla 3.2.8-1.

La información a nivel mensual de las estaciones DGA y DMC fue rellena y extendida. Con los resultados obtenidos se realizó un análisis de consistencia usando el método de curvas doble-acumuladas. Los datos y el análisis se presentan en la Línea Base Hidrológica del presente EIA y en el trabajo incluido en el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

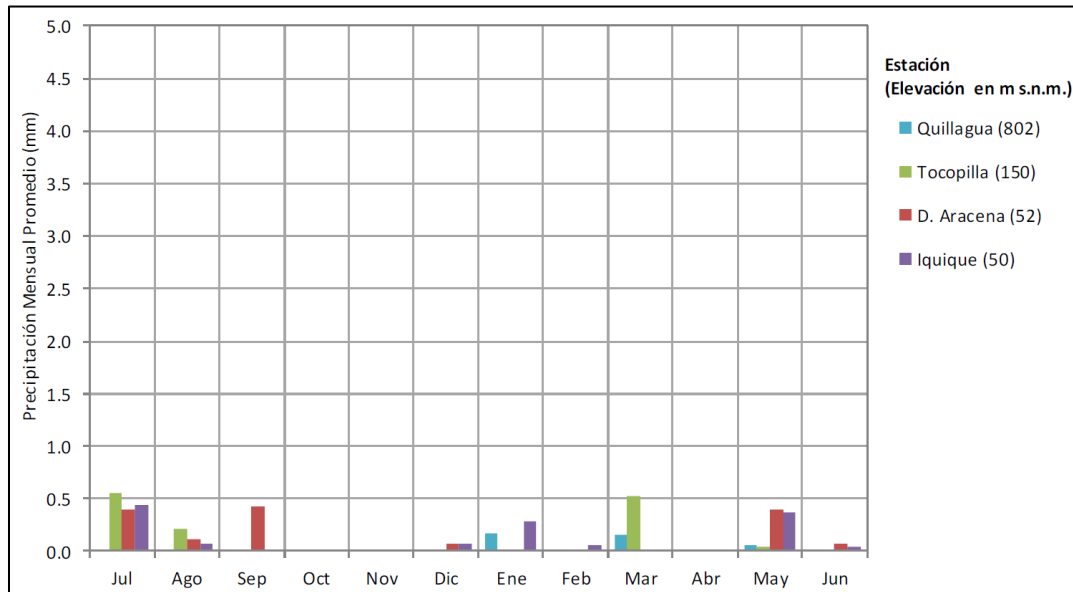
Los resultados del análisis muestran que sobre los 2.000 m s.n.m. el régimen de precipitaciones se encuentra influenciado por el invierno altiplánico en el período estival, para el cual se ha definido un año hidrológico desde julio a junio (Figura 3.2.8-5). Los valores medios para el mes de enero, que representa el de máxima precipitación, están entre 25 y 40 mm para casi todas las estaciones. Por el contrario, cerca de la costa las precipitaciones son muy bajas (los promedios mensuales no superan los 0,6 mm), y se producen principalmente en invierno (Figura 3.2.8-6).

Figura 3.2.8-5. Precipitaciones mensuales promedio estaciones sobre los 2.000 m s.n.m.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo, citando el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

Figura 3.2.8-6. Precipitaciones mensuales promedio estaciones bajo los 1.000 m s.n.m.



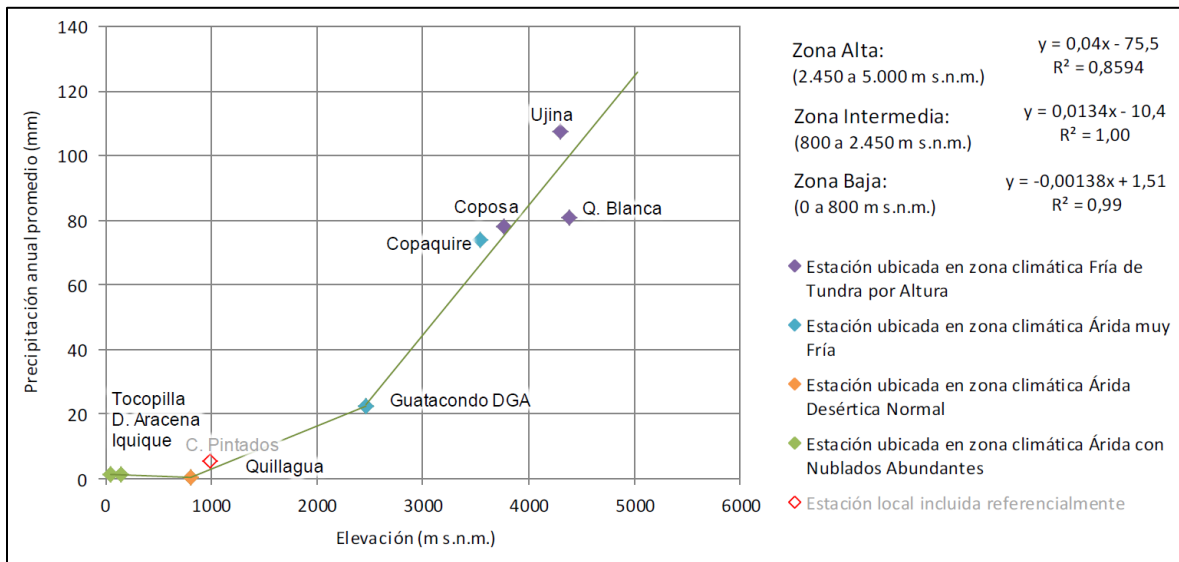
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo, citando el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

Por otra parte, las precipitaciones en la Región presentan un aumento con la altura desde la costa hasta la Cordillera de los Andes, que fue graficada con datos de estaciones entre 50 y 4.400 m s.n.m. (Figura 3.2.8-7). En elevaciones próximas a la costa, hasta los 800 m s.n.m., casi no se observa gradiente de precipitación con la altura, exhibiendo incluso un ligero descenso de 0,1 mm cada 100 metros de aumento en altitud. Para elevaciones intermedias, entre 800 y unos 2.500 m s.n.m., el gradiente aumenta y es perceptible, con 1,3 mm cada 100 m de ascenso en la cota. Finalmente, para alturas mayores a 2.500 m s.n.m. el gradiente de precipitación-cota topográfica se estimó en 4 mm cada 100 m. En la Figura 3.2.8-7 se ha puesto la estación Colonia Pintados de forma referencial, dado que cuenta con un breve registro entre enero y octubre de 2015, constatándose que su magnitud es coherente con el tramo de gradiente altitudinal en que se encuentra.

Aun cuando la relación precipitación-altura descrita utiliza estaciones ubicadas hasta una cota máxima de 4.400 m s.n.m. aproximadamente, se considera que es representativa de cotas mayores y por ende de toda el Área de Influencia. A partir de esta relación se estima que para el Área de Influencia, ubicada a una altura promedio de 4.200 m s.n.m., la precipitación media anual es de 92 mm/año. Los valores obtenidos del análisis de precipitaciones son consistentes con los que reporta DGA en el Balance Hídrico de Chile (DGA, 1987) y la Dirección Meteorológica de Chile (DMC, 2001).

Respecto de la precipitación nival, no se dispone de estaciones en la zona que monitoreen esta variable. A pesar de esto, las observaciones indican que sí existe precipitación nival, aunque son escasas y tienen una duración temporal acotada en términos de acumulación. Tomando como referencia el estudio de Escobar y Vidal (1992), se puede estimar una cota de nieve superior a los 4.350 m s.n.m., extrapolando los resultados para la latitud de 21° S (Área de Influencia).

Figura 3.2.8-7. Correlación Precipitación media anual – Elevación



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo, citando el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

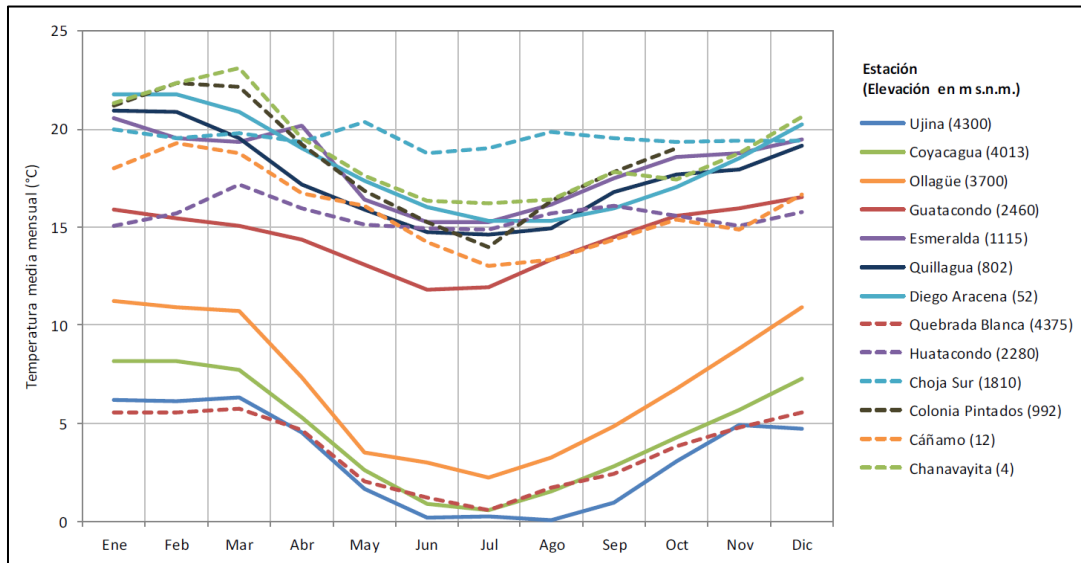
c) Temperatura

La variación estacional de la temperatura media presenta máximos en los meses de verano (enero-febrero) y mínimos en los meses de invierno (junio-agosto). Los valores medios mensuales calculados se presentan en la Figura 3.2.8-8 para aquellas estaciones que tienen más de un año de registro. Excepcionalmente, se incluye la estación Colonia Pintados (10 meses de datos), que entrega información de la zona desértica de la región, en el entorno de los 1.000 m s.n.m.

Las temperaturas máximas y mínimas mensuales varían según la cota de la estación. A mayor altitud las temperaturas son menores, con máximas mensuales sobre los 4.000 m s.n.m. en el rango de 5,6 – 8,2° C y mínimas en el rango de 0,1 – 0,6° C. A cotas más bajas, bajo los 1.000 m s.n.m., las temperaturas máximas oscilan entre 19,3 y 23,1° C, mientras que las mínimas en el rango de 13 a 16,2° C.

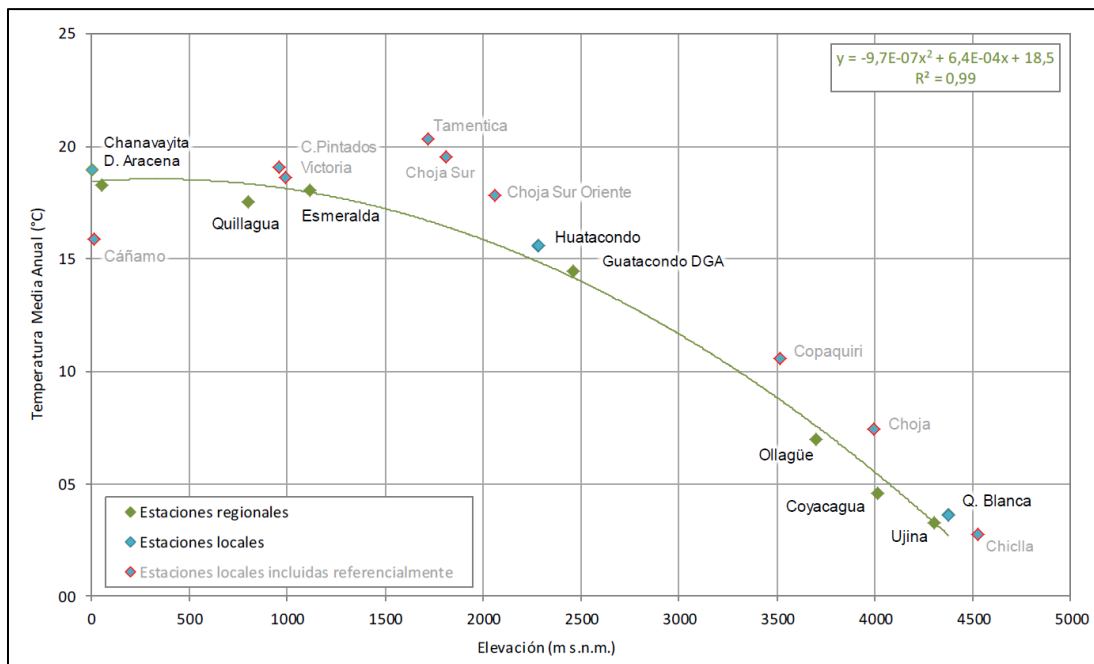
El gradiente de temperatura media anual con la altura geográfica presenta un comportamiento general aproximadamente cuadrático (Figura 3.2.8-9). Las mayores temperaturas se encuentran bajo los 2.000 m s.n.m., con registros calculados entre 15,9 y 19,5° C. A partir de esta cota, un aumento de altitud va acompañado de una disminución de la temperatura, con un gradiente de 6,0° C por cada 1.000 m. Se incluyen de forma referencial las temperaturas medias anuales de las estaciones Choja Sur y Cádiz, además de las estaciones locales con menos de un año de datos. Los valores de dichas estaciones se obtuvieron usando un factor de corrección (Anexo 3.2.1-1 del presente Capítulo del EIA, que se deriva de la comparación con la estación más cercana con buena correlación. Estas estaciones se muestran en la Figura 3.2.8-9, sin embargo no se utilizaron para definir la curva regional.

Figura 3.2.8-8. Temperatura media mensual en estaciones con información disponible.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo, citando el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

Figura 3.2.8-9. Curva regional de temperatura media anual vs elevación.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo, citando el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

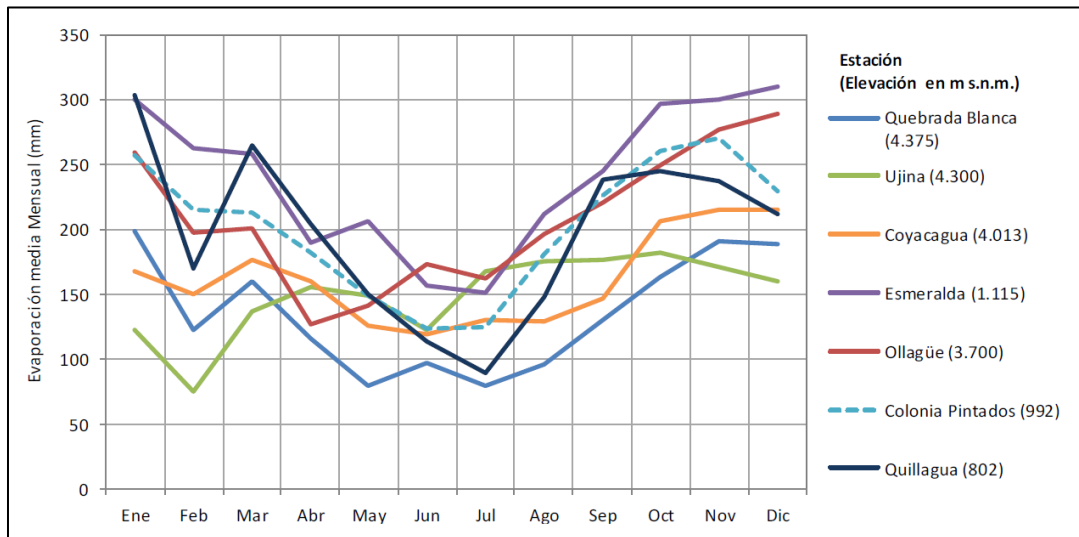
Los resultados de temperatura aquí presentados son coherentes con estudios previos, como el de isotermas de DMC (2001) y el estudio regional de DICTUC realizado para la DGA-DICTUC (2009). Algunas diferencias responden a la longitud del registro en las estaciones y a la ausencia de estaciones regionales en ciertas zonas que pudieron dificultar la interpolación de isolíneas (Anexo 3.2.1-1 del presente Capítulo del EIA).

d) Evaporación

La evaporación regional se caracterizó usando los registros de la red de estaciones DGA, que miden a través de Tanques Evaporímetros Clase A, según los clasifica el U.S. Weather Bureau. Estos instrumentos presentan dos potenciales problemas de importancia para la medición en esta zona y otras similares: el congelamiento y el arrastre del agua fuera del tanque por efecto del viento. A pesar de estos problemas, la evaporación de tanque (ET) ha sido utilizada extensamente para caracterizar el comportamiento de la variable, así como para estimar la evaporación desde una superficie libre o evaporación de lago, debido a que es la información más fiable de la que se dispone.

El tratamiento de esta información ha considerado el cálculo de los valores medios mensuales y totales anuales. Los datos mensuales en general presentan sus máximos en los meses de diciembre-enero y mínimos en los meses de junio-julio (Figura 3.2.8-10). En términos anuales, la evaporación de bandeja para las estaciones analizadas se encuentra en el rango de 1.622 a 2.890 mm.

Figura 3.2.8-10. Evaporación de bandeja media mensual.



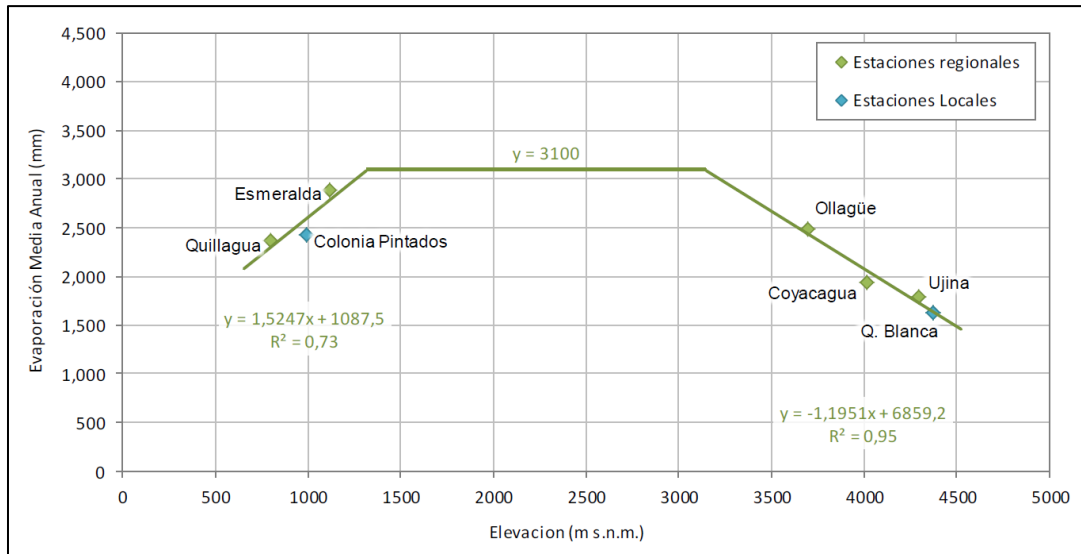
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo, citando el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

El análisis de evaporación media anual versus altitud permite definir tres tramos de comportamiento lineal (Figura 3.2.8-11):

- Un primer tramo bajo los 1.300 m s.n.m. en que la ET aumenta 152 mm cada 100 m de ascenso en cota.
- Un tramo entre 1.300 y 3.150 m s.n.m. en que la ET se mantiene constante en torno a 3.100 mm/año.
- Un tramo sobre los 3.150 m s.n.m. en que la ET disminuye conforme aumenta la cota, a una tasa de 119 mm cada 100 m.

Este tipo de análisis de variación regional se apoya en los resultados obtenidos por DICTUC en su estudio regional para DGA-DICTUC (2009). Dicho estudio consideró la información de evaporación de todas las estaciones con registro disponible en el norte de Chile, abarcando las regiones XV, I, II y III del país. En particular, en el tramo intermedio de la Figura 3.2.8-11 (1.300 y 3.150 m s.n.m.) se utilizó el valor de 3.100 mm/año reportado en el mencionado antecedente. Para los otros dos tramos la correlación es buena, con diferencias menores asociadas a la consideración de estaciones locales (presente estudio) versus las de una escala más regional.

Figura 3.2.8-11. Curva regional de evaporación de bandeja vs elevación.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo, citando el Anexo 3.2.1-1 del presente EIA.

Finalmente, se debe considerar que la evaporación de tanque o de bandeja es por lo general mayor a la evaporación de lago, debido a que las bandejas de evaporación son mucho más pequeñas, lo que hace que se calienten más rápido induciendo diferentes procesos termodinámicos. La diferencia se corrige utilizando factores de tanque (KT), que dependen del tipo de Tanque Evaporímetro y de su ubicación geográfica. Así, la evaporación desde una superficie libre (EL) queda representada por:

$$EL = KT \cdot ET$$

Para el Área de Influencia (clima frío de tundra por altura) se utiliza un factor de tanque de 0,6 (Anexo 3.2.1-1 del presente EIA, a partir de DGA (2009)).

3.2.8.5.3 Geología Regional y Local

a) Antecedentes

Para la descripción geológica del Área de Influencia de la componente Hidrogeología se han considerado el mapa geológico de quebrada Blanca – Chuquicamata, cartas geológicas

Copaquiri, Quehuita, Ujina, Volcán Miño a escala 1:50.000 y cartas Collacagua y Ollagüe a escala 1:250.000 publicadas por Sernageomin.

Adicionalmente a los mapas geológicos, se utilizó la información del mapeo geológico realizado por Aurum Consultores a escala 1:50.000 dentro del proyecto Copaquiri en el año 2011 (Aurum, 2011) y los trabajos realizados por Ireland en el año 2010 que incluyen un mapeo a escala 1:50.000 (Ireland, 2010).

Se ha considerado además la información de distintas campañas de mapeo superficial realizadas por Golder en los años 2014, 2015 y 2016 a escalas 1:2.500 y 1:5.000 en el sector de la quebrada Blanca.

Para el análisis y definición de unidades geológicas y sus espesores, las fuentes anteriormente mencionadas se complementaron con campañas de exploración geofísica llevadas a cabo a lo largo de la quebrada Blanca y la quebrada Huinquentipa.

La información litológica obtenida a través de la perforación de pozos de exploración en el área de la mina y pozos de exploración y observación en diferentes sitios de la quebrada Blanca y de la quebrada Huinquentipa permite complementar la información geológica y calibrar la geofísica. Esta información geológica se presenta en detalle en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

La información extraída de dichos antecedentes se ha utilizado para definir la distribución espacial y los espesores de las unidades geológicas en el Área de Influencia, como parte del desarrollo de la Línea Base Hidrogeológica del presente EIA.

b) Geología y Geomorfología Regional

b.1) Descripción de la Geología Regional

El Área de Influencia se encuentra en la unidad fisiográfica del Cordón Montañoso Pre-Cordillerano de Collahuasi que se extiende con orientación Norte - Sur de manera paralela a la costa. Hacia el oeste de dicha área se encuentra la Depresión Intermedia, la Cordillera de la Costa y la Planicie Litoral y hacia el Este se sitúa la Depresión de los Salares, la alta Cordillera de Los Andes y el Altiplano.

La disposición longitudinal de estos dominios con dirección Norte-Sur se habrían originado como resultado de una actividad tectónica en bloques acaecida durante gran parte del Terciario, la cual está controlada por importantes fallas regionales de dirección Norte-Sur y Nornoroeste-Sursureste, siendo la Falla Oeste, la Falla Río Loa y la Falla Pampa Pabellón, las más notables en las cercanías o dentro del área estudiada. Las depresiones generadas fueron rellenadas desde el Mioceno hasta la actualidad.

La actividad tectónica y volcánica continuó hasta el Holoceno y, según Makasev (1978), durante el Plioceno-Cuaternario se produjo una fase distensiva que originó un sistema de fallas normales y posiblemente una reactivación de la erosión, profundizando los cauces de agua.

El Cordón Pre-Cordillerano corresponde a un bloque tectónico de aproximadamente 30 a 40 km de ancho, de elongación Norte-Sur, en cuya vertiente oriental se localizan los distritos mineros de CMTQB y CMDIC. El borde occidental de este bloque está constituido por la denominada "Falla Domeyko (Oeste)", mega-estructura de orientación Norte-Sur a Nor-Noroeste-Sur-Sureste; que controla además el emplazamiento de una serie de yacimientos minerales de envergadura mayor hacia el Sur, tales como Ministro Hales, Mina Sur, Chuquicamata, Radomiro Tomic y El Abra (Munchmeyer et al, 1984).

Los yacimientos metálicos de la región son numerosos, con mineralización de cobre, molibdeno, oro, plata y manganeso. Estos conforman vetas, depósitos del tipo pórfido cuprífero y placeres; destaca en el Área de Influencia el depósito de tipo pórfido cuprífero de quebrada Blanca, ocasionado por un episodio termal durante el Eoceno, que ocasionó la alteración hidrotermal y mineralización del área, originando la formación del yacimiento tipo pórfido cuprífero primario explotado por CMTQB.

b.2) Descripción de la Geomorfología Regional

Los rasgos geomorfológicos principales en las cercanías del Área de Influencia tienen una orientación Norte-Sur, y las principales unidades son las siguientes:

- Cordón Volcánico: corresponde a la cadena de estrato-volcanes y domos que alcanzan alturas del orden de 5.000 m s.n.m.; cuyas cumbres definen el límite Chile-Bolivia.
- La depresión de los salares: con una altura en torno a los 4.000 m s.n.m., está caracterizada por depósitos no consolidados aluviales, coluviales, volcanoclásticos y salinos, a los que subyacen secuencias ignimbríticas. En ella se sitúan los salares de Huasco, Coposa y Michincha.
- Sierra del Medio: con alturas que varían entre los 4.500 y 4.900 m s.n.m., en su mayor parte está formada por rocas estratificadas e intrusivas paleozoicas y mesozoicas.
- Depresión Central / Intermedia: corresponde a una amplia depresión con orientación Norte-Sur hacia el poniente del Área de Influencia en donde se encuentra la Pampa del Tamarugal. La depresión se caracteriza por sedimentos terciarios y cuaternarios y alturas que varían entre 1.000 y 2.000 m s.n.m.

c) Geología Local

c.1) Descripción de la Geología Local

En el Área de Influencia aflora mayormente una secuencia volcano sedimentaria de edad Carbonífero-Triásico Inferior, definida regionalmente como Formación Collahuasi. La secuencia está constituida principalmente por rocas riolíticas y andesíticas. Los estratos presentan un rumbo Norte-Sur y Noroeste-Sureste, con suave inclinación hacia el Este.

Hacia el Sur del Área de Influencia, la base de esta secuencia es intruida por dos plutones graníticos del Pérmico. Hacia el Oeste y Noroeste del yacimiento de CMTQB, los estratos

superiores de esta secuencia subyacen, con discordancia erosiva, a rocas sedimentarias de edad Mesozoico. Hacia el Suroeste del yacimiento, las rocas sedimentarias mesozoicas subyacen a conglomerados y arenisca de edad Oligoceno a Mioceno.

Los depósitos aterrizados clásticos están representados por gravas y arenas polimícticas semiconsolidadas y en menor medida por tobas dacíticas y riolíticas, de disposición subhorizontal de edad Mioceno a Plioceno. Los depósitos semiconsolidados están parcialmente cubiertos por distintas unidades de suelos plio-cuaternarios que incluyen depósitos aluviales de cauces recientes y fondos de quebradas, conos aluviales y de eyección, escombros de laderas, cubiertas aterrizadas regolíticas y depósitos de arenas antiguas.

En cuanto a procesos de mineralización presentes, en el sector central del Área de Influencia se observa una extensa zona de alteración hidrotermal de edad Eocena, que afecta el denominado Complejo quebrada Blanca. La mineralización se asocia a un complejo intrusivo constituido por monzonitas cuarcíferas, en parte porfíricas, y por una variedad de pórfidos cuarcíferos y feldespáticos de composición dacítica y riolítica, así como por brechas hidrotermales diversas.

El Complejo quebrada Blanca presenta un esquema de alteración clásico, con halo exterior propilítico y centro cuarzo-sericítico, en el cual se desarrolla un núcleo de alteración potásica (biotización en el centro, feldespato potásico en la periferia). Los procesos supérgenos ocasionaron la lixiviación de los 80-100 m superiores del depósito, y originaron la formación de un nivel de enriquecimiento secundario que sobreyace la mineralización primaria.

Las rocas en la zona se encuentran atravesadas por una serie de discontinuidades como fallas, zonas de cizalla y diques mineralizados, con rumbos Norte-Sur, Nor-noroeste y Noroeste-Sureste, en ángulos tanto subverticales como de menor inclinación, de carácter normal e inverso.

El yacimiento asociado al Complejo Quebrada Blanca se encuentra limitado al Oeste por un sistema de fallas entre las que destacan una falla inversa de rumbo Norte-Sur y fuerte manteo al Este, y una falla normal, de carácter regional, que correspondería a la extensión al Norte de la Falla Oeste.

La Formación Collahuasi muestra un plegamiento moderado, con el desarrollo de pliegues de gran longitud de onda, en los que predominan ejes de orientaciones Noroeste-Sureste. Al Norte del yacimiento de CMTQB, existe un anticlinal fallado radialmente.

En la Figura 3.2.8-12 se muestra el mapa geológico del Área de Influencia. Este mapa fue elaborado en base a la siguiente información:

- Sernageomin: Cartas geológicas: Copaquiri, Quehuita, Ujina, Volcán Miño, versión digital, escala 1:50.000.
- Aurum (2011): Marco Geológico del Proyecto Copaquiri, versión digital, escala 1:50.000.
- Anexo 4.2.7 del presente capítulo: Modelo Hidrogeológico Conceptual y Numérico - Depósito de Relaves QB2. Recopilación de información geológica y estructural, versión digital, Escala

1:25.000 incluyendo la información de mapeos superficiales detallados a escalas 1:2.500 y 1:5.000.

La información extraída de las perforaciones y de las campañas de geofísica, se ha utilizado para complementar la información geológica del sector, así como para apoyar en la definición de las potenciales unidades hidrogeológicas.

La información de sondajes ha servido para reconocer los materiales en profundidad y asignarlos a las unidades geológicas en superficie, así como establecer una correlación espacial entre éstas dentro del Área de Influencia. También la descripción litológica de sondajes ha permitido la calibración de perfiles geofísicos con distintas técnicas que se han aplicado en el marco de estas investigaciones. Las campañas de perforación se resumen a continuación:

- Sondajes históricos: Corresponden a 267 sondajes con información histórica de CMTQB. Estos sondajes contemplan pozos perforados en diamantina (DDH) y aire reverso (RC), varios de los cuales son previos a la explotación minera, tanto para fines geológicos como geotécnicos e hidrogeológicos.
- Sondajes PHQB: Corresponden a 2 sondajes perforados con aire reverso, durante el año 2013, que fueron supervisados por SWS.
- Sondajes PM-DDH y PM-RC: Corresponden a 16 sondajes, perforados con diamantina (9) y aire reverso (7), durante los años 2013 y 2014, en el eje de la quebrada Blanca, hasta aguas abajo de la confluencia con quebrada Jovita (Golder, 2014c y d).
- Sondajes CW-DDH: Corresponden a 3 sondajes perforados con diamantina, durante el año 2013, en el sector del sistema cortafugas del Proyecto QB1 (Golder, 2014d).
- Sondaje LM-03: Corresponde a un sondaje de condensación perforado durante el año 2015 con diamantina.
- Sondajes GWW-QB: Corresponden a 5 sondajes perforados con fines de monitoreo ambiental, durante el año 2015 (Golder, 2016d).
- Sondajes Geotécnicos SG21-14/SH21-14: Corresponden a 13 sondajes perforados con fines geotécnicos con diamantina, durante el año 2015, en el área de la futura operación del depósito de relaves QB2 (Golder, 2016d y e).
- Sondajes Hidrogeológicos SH21-14: Corresponden a 9 sondajes perforados con fines hidrogeológicos con aire reverso, durante el año 2015, en el área de estudio (Golder 2016d).
- Sondajes Hidrogeológicos RAC-GWQ-HG: Corresponden a 14 sondajes ejecutados con sistema aire reverso en el sector de Huinquintipa, orientados a proveer información hidrogeológica y de calidad del agua.
- Sondajes Ambientales PCA: Corresponden a 2 sondajes en la parte alta de la quebrada Ramucho, propiedad de CMDIC, que se utiliza para el control de niveles piezométricos.

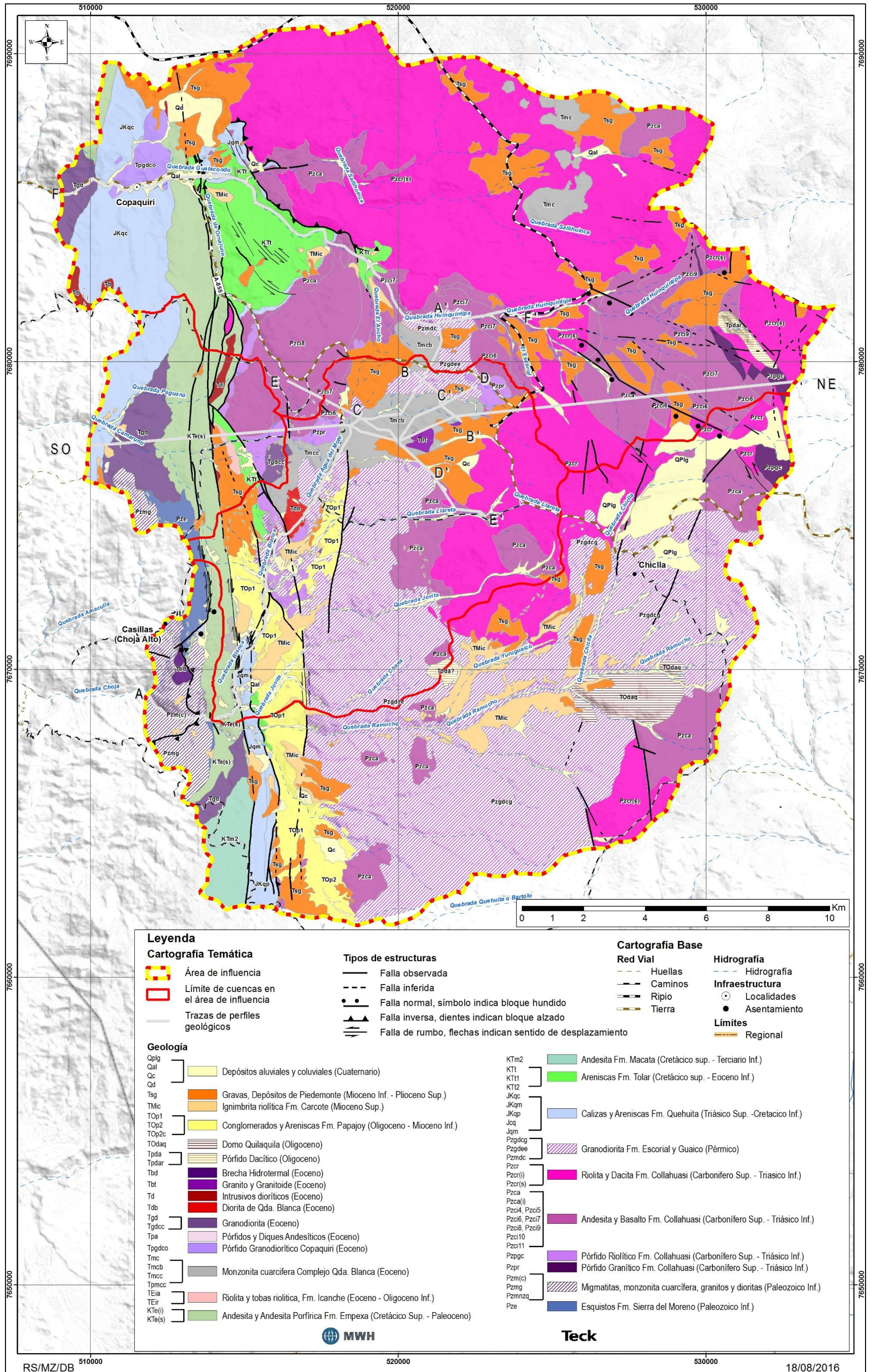
Los resultados de los levantamientos geofísicos han servido para definir la geometría de las unidades en el modelo hidrogeológico conceptual, en particular para la identificación de los espesores de sedimentos, la profundidad del basamento rocoso y de posibles estructuras como

fallas en la quebrada Blanca y en la quebrada Huinquantipa. Las campañas geofísicas corresponden a las siguientes:

- Campaña de levantamiento geofísico mediante el método Transiente Electromagnético (TEM) en el año 2007, con 15 estaciones TEM que permiten interpretar un perfil longitudinal de la quebrada Blanca, con un total de 3.700 m (Ingeorec, 2007).
- Campañas de levantamiento geofísico mediante los métodos sísmica de refracción y gravimetría realizadas en el año 2013, en el sector central y sur de la quebrada Blanca (Golder, 2013b). Durante estas campañas se realizaron los siguientes perfiles:
 - 7 perfiles sísmica de refracción con un total de 781 m.
 - 9 perfiles gravimétricos con un total de 1.270 m.
- Campañas de levantamiento geofísico mediante los métodos sísmicos de refracción, TEM y gravimetría en el año 2013 para el sistema cortafugas del proyecto QB1. Los perfiles se realizaron de forma longitudinal y transversal a la quebrada Blanca (Golder, 2014e). Durante estas campañas se realizaron los siguientes perfiles:
 - 12 perfiles sísmica de refracción con un total de 3.795 m.
 - 7 perfiles TEM con un total de 5.370 m.
 - 1 perfil gravimétrico con un total de 9.425 m.
- Campañas de levantamiento geofísico mediante los métodos sísmica de refracción y TEM en el año 2015, en el sector del depósito de relaves QB2 (Golder, 2015c y d). Durante estas campañas se realizaron los siguientes perfiles:
 - 22 perfiles sísmica de refracción con un total de 11.620 m.
 - 4 perfiles TEM con un total de 7.250 m.
- Campaña de levantamiento geofísico mediante los métodos resistividad eléctrica (ERI) y sísmica de refracción en el año 2015, en el tramo bajo de la quebrada Huinquantipa (Golder, 2015b). Durante la campaña se realizaron los siguientes perfiles:
 - 7 perfiles ERI con un total de 4.015 m.
 - 4 perfiles sísmica de refracción con un total de 2.000 m.

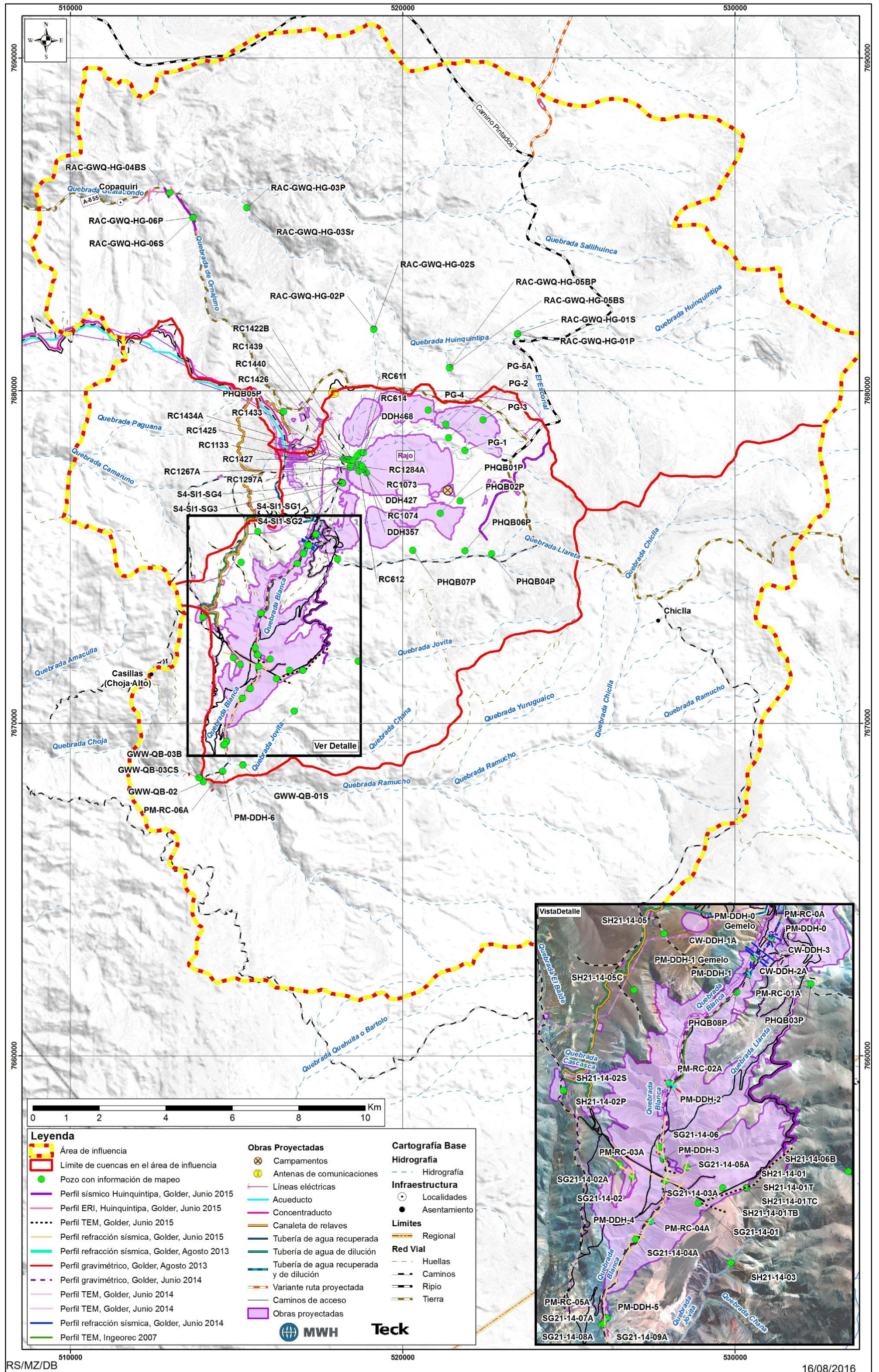
En la Figura 3.2.8-13 se muestra la ubicación de los pozos con información litológica y de los perfiles geofísicos realizados en el Área de Influencia. El detalle de esta información se presenta en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-12. Mapa geológico del Área de Influencia.



Fuente: Modificado de Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-13. Ubicación de pozos con información litológica y perfiles geofísicos en el Área de Influencia.



Fuente: Modificado del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

c.2) Unidades Geológicas

Las principales formaciones y unidades geológicas del área de interés se describen a continuación. Dentro de la descripción de las unidades se parte desde los depósitos o formaciones más recientes y se sigue con la descripción con aquellas más antiguas.

- Sedimentos no consolidados y semiconsolidados
 - Depósitos recientes: Las formaciones más recientes en el Área de Influencia las constituyen depósitos no consolidados de edad Cuaternario, producto de la erosión de las unidades infrayacentes. Los depósitos se componen de arenas, gravas y limos, generalmente con un bajo porcentaje de arcilla y corresponden a depósitos aluviales, fluviales y coluviales. Los depósitos están distribuidos en el Área de Influencia en las inmediaciones de las principales quebradas como quebrada Blanca, Huinquintipa, Llareta, Jovita, Ramucho y Chiclla, y alcanzan espesores de hasta 25 m, de acuerdo a los sondajes realizados en las quebradas.
 - Depósitos antiguos: Los depósitos antiguos corresponden a sedimentos no consolidados a semiconsolidados de edad Mioceno Inferior a Plioceno Superior. Estos sedimentos se componen principalmente de gravas polimícticas y depósitos de piedemonte y se depositaron sobre las diferentes rocas presentes en el Área de Influencia. En sondajes realizados en el sector del botadero de lixiviación al lado poniente del rajo, estos depósitos alcanzan espesores en torno a los 30 m.
- Rocas sedimentarias

En el Área de Influencia se encuentran diversas rocas de origen sedimentario continental y marino. En este grupo se incluyen areniscas, conglomerados, calizas y depósitos evaporíticos. Las formaciones que se engloban dentro de este grupo, de más moderna a más antigua, son:

- Formación Papajoy (Oligoceno): La formación se compone de una serie de conglomerados polimícticos, areniscas, gravas y limolitas laminadas depositadas a lo largo del sistema de fallas de Domeyko. La formación aflora hacia el Suroeste del yacimiento entre las quebradas Blanca y Llareta y a lo largo de una franja de orientación Norte-Sur de aproximadamente un kilómetro de ancho, desde la parte central de la quebrada Blanca hasta el borde Sur del Área de Influencia. En las quebradas que atraviesan esta franja, la formación subyace los rellenos de las quebradas y en los sectores altos de la franja la formación se encuentra cubierta por ignimbritas de la formación Carcote y gravas de edad Mioceno. En los sondajes realizados en el Área de Influencia se reconocen potencias de 300 m para la formación y según IIAC-Vergara (1978a y b), puede alcanzar espesores de hasta 320 m.
- Formación Tolar (Cretácico Superior – Eoceno Inferior): La unidad está constituida por una secuencia de areniscas rojas, con intercalaciones de conglomerados del mismo color y brechas en la base. La formación aflora en el sector Noroeste del Área de Influencia a ambos lados de la quebrada Huinquintipa donde también fue encontrada en sondajes. En

el sector central del Área de Influencia la formación aflora en una franja estrecha asociada al sistema de fallas de Domeyko. La unidad sobreyace, en discordancia de erosión a las rocas sedimentarias del Jurásico Superior-Cretácico Inferior de la Formación Quehuita y parcialmente, al Este del sistema de las fallas de Domeyko a las rocas volcánicas de la Formación Collahuasi.

- Formación Quehuita (Triásico Superior-Cretácico Inferior): Esta formación se define como una secuencia constituida por areniscas, lutitas, calizas, margas y, en forma subordinada, por depósitos evaporíticos de origen marino y continental. La formación se dispone con discordancia angular sobre las rocas volcánicas de la Formación Collahuasi. Dentro del Área de Influencia la unidad aflora en el límite Noroeste entre la quebrada Guatacondo y la quebrada Paguana, y en la parte suroeste en una franja estrecha, limitada por las fallas del sistema de Domeyko entre la quebrada Blanca y el límite sur del Área de Influencia.

- Rocas volcánicas

Las rocas volcánicas presentes en el Área de Influencia son principalmente riolitas y andesitas, aunque también se encuentran traquitas, brechas y tobas. Las formaciones que corresponden a las rocas volcánicas son (de más moderna a más antigua) las siguientes:

- Formación Carcote (Mioceno Superior): La formación se compone de ignimbritas riolíticas que afloran a ambos lados de la parte central de la quebrada Blanca y en el sector Sureste del Área de Influencia en la parte superior de la quebrada Ramucho. En el sector de la quebrada Blanca la ignimbrita se encuentra moderadamente a fuertemente meteorizada. La formación sobreyace la formación Papajoy y presenta espesores entre 30 y 45 m en los sondeos realizados en este sector.
- Formación Icanche (Eoceno): La formación está compuesta en su parte inferior por riolitas depositadas concordantemente sobre la formación Tolar y por tobas volcánicas en su parte superior. Su origen corresponde a erupciones a lo largo de un arco volcánico del Eoceno que coincide con el desarrollo de la falla Domeyko. Los afloramientos de la formación están limitadas a un área estrecha a ambos lados de la quebrada Camaruno en la parte Central-Oeste del Área de Influencia.
- Formación Empexa / Formación Macata (Cretácico Superior – Terciario Inferior): Las formaciones corresponden a una secuencia continental de andesitas, sedimentos clásticos y, en forma subordinada, traquitas, brechas y tobas, que se disponen en discordancia angular sobre la formación Quehuita. La formación Empexa aflora en una franja amplia en la parte Oeste del Área de Influencia, con una dirección Norte-Sur y se encuentra afectada por un fuerte tectonismo asociado al sistema de fallas de Domeyko. La formación Macata corresponde a la extensión de la formación Empexa hacia el Sur, que aflora en un área limitada en el extremo Suroeste del Área de Influencia.
- Formación Collahuasi: La formación corresponde a una unidad volcánica de composición riolítica a andesítica, con intercalación de lentejones de sedimentos pórfido-riolíticos. Dentro de la formación Collahuasi se distingue entre diferentes miembros según su composición o génesis. La potencia de la formación no se puede determinar exactamente, pero puede

tener espesores que superan los 1.000 m. La edad de la formación se ha estimado en base a las relaciones estratigráficas, situándose en el Carbonífero Superior-Triásico Inferior. La formación corresponde a la unidad de mayor extensión del Área de Influencia, con afloramientos en el Norte, Noreste y Este.

- Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas en el Área de Influencia corresponden a varios cuerpos intrusivos de diferentes composiciones de edad Terciario y a granodioritas de edad Paleozoico.

- Pórfidos cupríferos:

En este grupo se resumen los cuerpos cupríferos de edad Terciario presentes en el Área de Influencia. Se refiere principalmente al complejo quebrada Blanca, que corresponde a un stock de monzonita cuarcífera de edad Eoceno que se encuentra en el área del rajo CMTQB, en la parte central del Área de Influencia y que aflora además en un área limitada en la parte Sur de la quebrada Blanca.

En el extremo Noroeste del Área de Influencia se encuentra el pórfido Copaquiri que corresponde a un pórfido granodiorítico también de edad Eoceno. En el borde Noreste del Área de Influencia se encuentra el pórfido Rosario (explotado por CMDIC mediante el rajo Rosario) que presenta un stock porfírico de composición dacítica de edad oligocena inferior.

- Intrusivos no mineralizados:

- Rocas intrusivas del Eoceno: Estas rocas corresponden a un gran número de cuerpos intrusivos no mineralizados con poca extensión, de edad Eoceno. Dentro del Área de Influencia la composición de los intrusivos varía entre granodioritas al borde Oeste del Área de Influencia, dioritas en la parte central de la quebrada Blanca y granitos al Sureste y Oeste del área del rajo CMTQB. Las edades de las rocas se ha estimado en base a las relaciones de contacto y dataciones radiométricas.
- La Formación Escorial / Formación Guaico: Ambas unidades corresponden a extensos plutones de granodiorita, de edad Pérmica, que intruyen la formación Collahuasi. La Formación Escorial se encuentra en las inmediaciones de la quebrada Blanca, al Sur del rajo CMTQB, y constituye gran parte de la roca huésped de la mineralización del yacimiento tipo pórfido cuprífero allí existente. El plutón Guaico aflora en un área grande en el extremo Sur y Sureste del Área de Influencia que corresponde a la parte alta de la quebrada Ramucho.

- Rocas metamórficas

- Formación Sierra del Moreno (Paleozoico Inferior): La formación corresponde a un complejo metamórfico que muestra una complicada deformación tectónica y asociaciones genéticas. Las rocas están compuestas principalmente por esquistos y migmatitas que afloran en el límite Suroeste del Área de Influencia, constituyendo las rocas más antiguas en el área. La

formación se encuentra intruida y asociada a monzonitas cuarcíferas, granitos de muscovita y dioritas de probable emplazamiento sincrónico al metamorfismo regional.

En la Tabla 3.2.8-2 se presenta un resumen de las unidades descritas así como su relación estratigráfica.

Tabla 3.2.8-2. Resumen de unidades estratigráficas.

Unidad Geológica	Descripción
Depósitos recientes	Relleno aluvial, coluvial y fluvial no consolidados, en quebradas.
Depósitos antiguos	Gravas polimícticas y depósitos de piedemonte, no consolidados a semiconsolidados.
Formación Carcote	Ignimbrita riolítica.
Formación Papajoy	Conglomerados y areniscas continentales.
Rocas intrusivas del Eoceno	Granito, Granodiorita, Diorita no mineralizados.
Pórfido Rosario	Pórfido dacítico.
Pórfido Copaquiri	Pórfido granodiorítico.
Complejo quebrada Blanca	Monzonitas y pórfidos cuarcíferos con alteración hidrotermal.
Formación Icanche	Lavas riolíticas y tobas brechosas riolíticas.
Formación Empexa / Macata	Andesitas, traquitas y tobas.
Formación Tolar	Areniscas y conglomerados rojos continentales.
Formación Quehuita	Secuencia continental y marina que incluye areniscas, calizas y lutitas.
Formación Escorial / Formación Guaico	Granodioritas con leve alteración sericitica.
Formación Collahuasi	Lavas andesíticas y riolíticas.
Complejo metamórfico de Sierra del Moreno	Esquistos, migmatitas, intrusiones de monzonita cuarcífera, granitos y dioritas.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

c.3) Perfiles Geológicos

En la Figura 3.2.8-14 se presenta un perfil geológico regional que cruza el Área de Influencia en dirección Suroeste-Noreste y transcurre por el complejo hidrotermal de quebrada Blanca.

El perfil empieza en la Formación Quehuita (Triásico Superior – Cretácico Inferior), pasando por granodioritas del Eoceno y la Formación Empexa (Cretácico Superior). La intrusión de rocas dioríticas asociada al sistema de fallas de Domeyko separa la Formación Empexa de las Formaciones Tolar e Icanche (Cretácico Superior – Eoceno). Hacia el Este, las fallas ponen la Formación Tolar en contacto con la Formación Collahuasi (Paleozoico).

El complejo quebrada Blanca está flanqueado a Oeste y Este por rocas volcánicas de diferentes miembros de la Formación Collahuasi. Esta formación sigue aflorando hasta el límite Este del Área de Influencia. Las fallas de orientación Nor-Noreste-Sursureste en el tramo Este del perfil cortan la continuación de los diferentes miembros de la Formación Collahuasi.

En las Figuras 3.2.8-15 a 3.2.8-20 se presentan seis perfiles geológicos realizados a partir de los mapas geológicos, mapeos de pozos y datos geofísicos.

La Figura 3.2.8-15 muestra un perfil en dirección aproximadamente Noreste–Suroeste que va desde la quebrada Huinquintipa hasta la quebrada Choja, cruzando el sector Norte del rajo y transcurriendo longitudinal al trazado de la quebrada Blanca.

En la parte baja del perfil, al Oeste, el basamento está formado por las rocas intrusivas y metamórficas de monzonita cuarcífera y migmatitas del Paleozoico Inferior, asociadas al complejo Sierra del Moreno. En el eje de la quebrada Blanca se encuentran depósitos aluviales del Cuaternario que alcanzan un espesor aproximado de 20 m. En el extremo Sur de la quebrada Blanca el basamento está formado por rocas volcánicas de la Formación Empexa de edad Cretácico Superior. Hacia el Norte aparece un área de monzonitas cuarcíferas del Complejo quebrada Blanca, que también fueron encontrados en las perforaciones SG21-14-07, SG21-14-08, SG21-14-09 y PM-DDH-05. Una falla asociada al sistema de Domeyko pone en contacto las rocas ígneas con rocas sedimentarias que afloran en un área amplia en el sector Central-Sur de la quebrada Blanca. Las rocas sedimentarias que subyacen el relleno aluvial en la quebrada están compuestas por areniscas y calizas de la Formación Quehuita y hacia el norte por conglomerados y areniscas de la Formación Papajoy que fue identificada en varios sondeos en este sector.

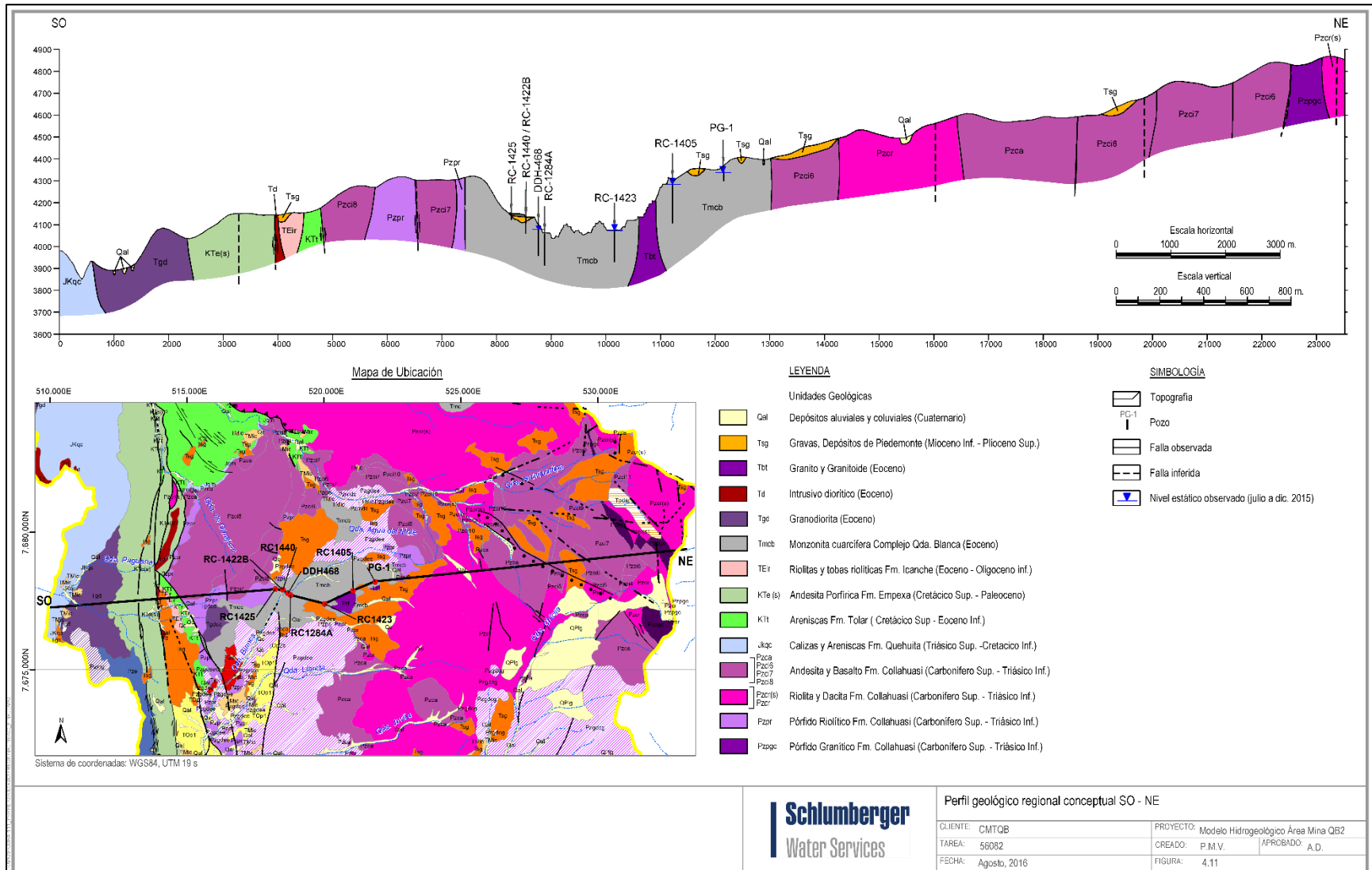
Similar al perfil regional Suroeste – Noreste anteriormente descrito, las rocas sedimentarias más hacia el Norte de la quebrada están en contacto con el basamento rocoso Paleozoico, como resultado de una nueva falla del sistema Domeyko. Las lavas de la Formación Collahuasi en el sector medio a alto de la quebrada están intruidas por granodioritas de la Formación Escorial que por su lado se encuentran intruidas por las Dioritas de quebrada Blanca y el Complejo quebrada Blanca del Eoceno en el sector del rajo CMTQB.

En las Figuras 3.2.8-16 a 3.2.8-19 se presentan cuatro perfiles que cruzan el Área de Influencia en diferentes direcciones y muestran la geología del mismo sector. En dichas figuras se observa que la Formación Escorial (Pérmico) aflora hacia el Norte y Sur del Complejo quebrada Blanca y conforma la roca huésped del Complejo. La Figura 3.2.8-17 corresponde a un detalle del perfil regional (Figura 3.2.8-14) en la parte central del Complejo quebrada Blanca y el área del rajo CMTQB. En el flanco Este del rajo CMTQB, el perfil muestra la intrusión granítica de edad Eoceno en las monzonitas del complejo quebrada Blanca. La Figura 3.2.8-19 muestra un perfil que cruza el área del rajo CMTQB en dirección Noroeste – Sureste. En ambos extremos del perfil se puede observar los afloramientos de la roca volcánica de los diferentes miembros de la Formación Collahuasi intruido en el centro del perfil por la Formación Escorial y el Complejo quebrada Blanca.

La Figura 3.2.8-20 representa la geología en el sector Huinquintipa, a través de una traza que transcurre a lo largo de la quebrada. Los depósitos aluviales que sobreyacen al basamento rocoso a lo largo de la quebrada alcanzan espesores en torno a los 25 m, de acuerdo a los sondeos RAC-GWQ-HG-03 P/S. En las partes Oeste y central del perfil, el basamento rocoso está constituido principalmente por rocas sedimentarias de calizas y areniscas de la Formación

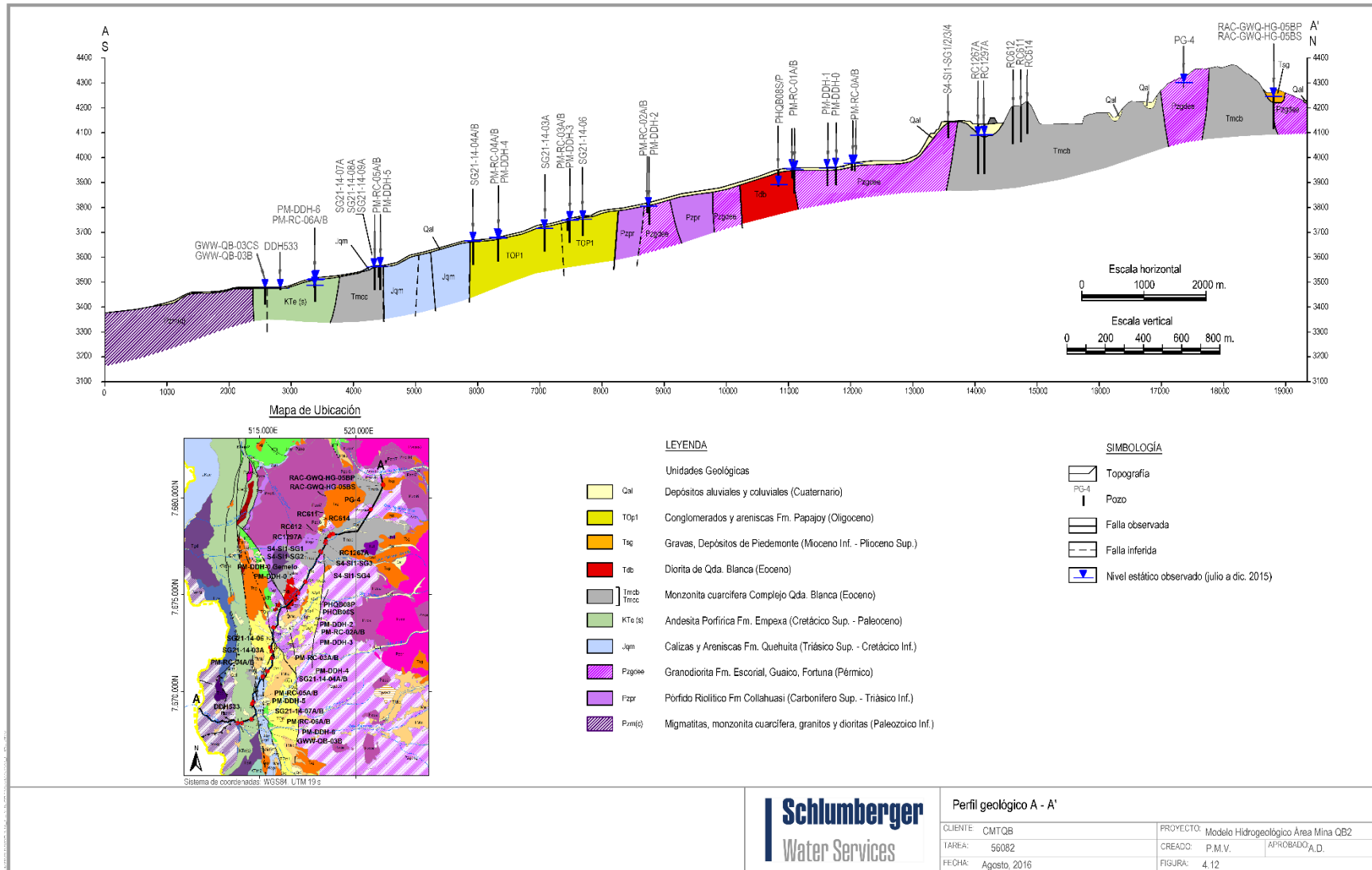
Quehuita y areniscas de la Formación Tolar. Las rocas sedimentarias se encuentran intruidas por el stock de pórfido granodiorítico de Copaquiri y granodioritas del Eoceno. El sistema de fallas de Domeyko además pone en contacto las areniscas de la Formación Tolar con andesitas de la Formación Empexa. En la parte Este del perfil, que presenta el sector alto de la quebrada, el basamento rocoso está constituido por lavas de diferentes miembros de la Formación Collahuasi, intruidas por granodioritas de la Formación Escorial.

Figura 3.2.8-14. Perfil geológico regional conceptual SO – NE (Figura 4.11 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



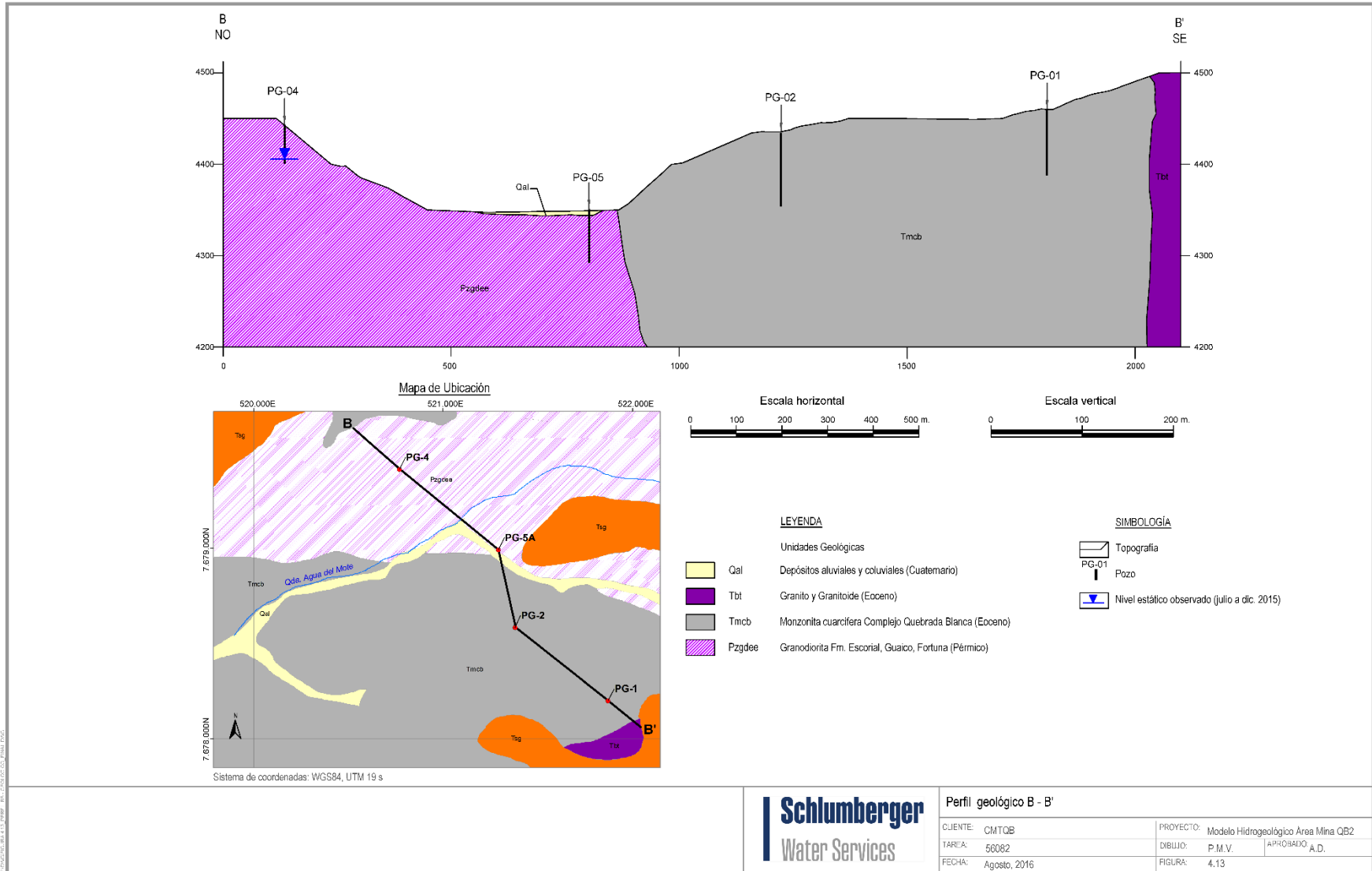
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-15. Perfil geológico A - A' (Figura 4.12 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



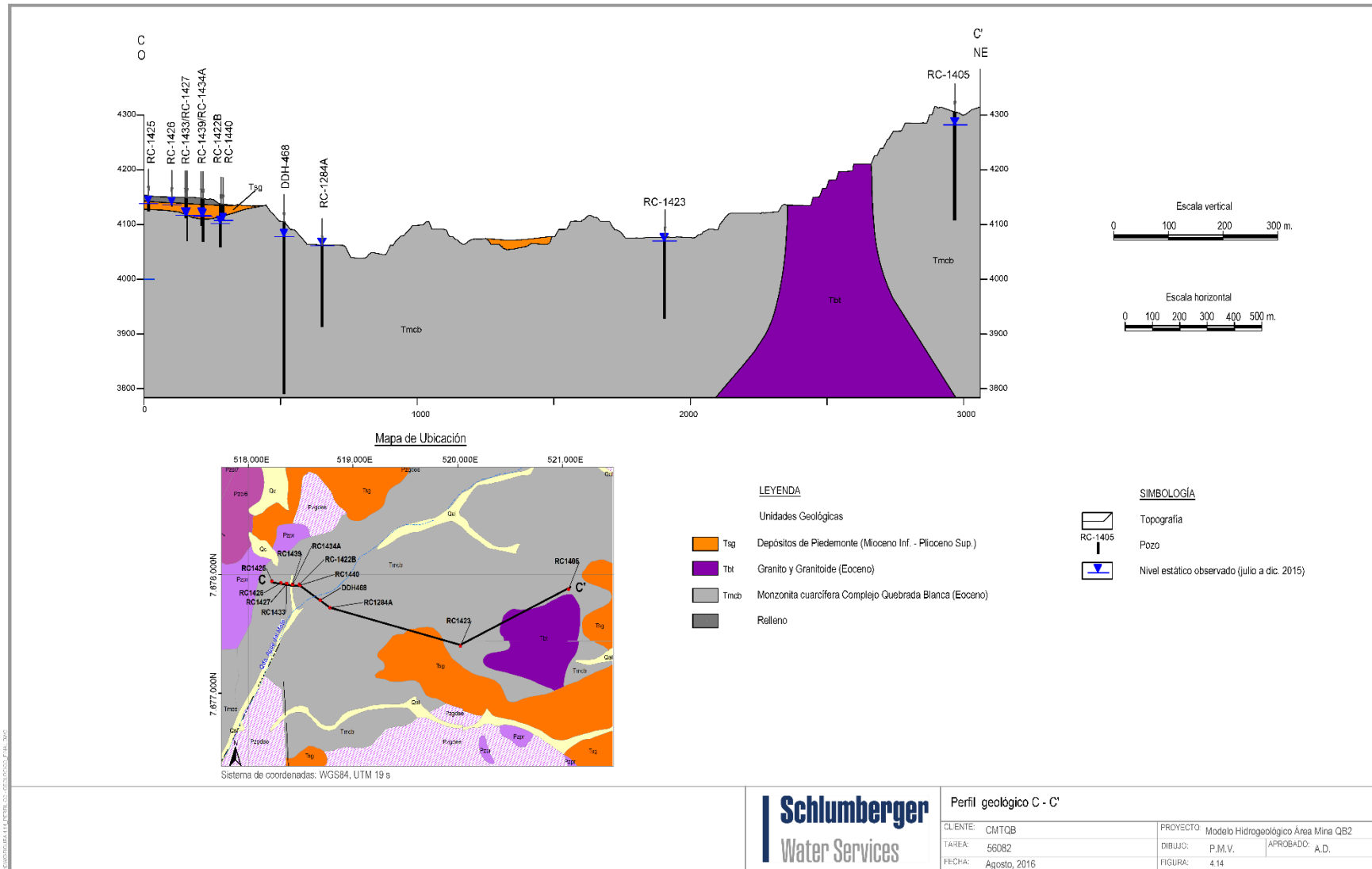
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-16. Perfil geológico B - B' (Figura 4.13 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



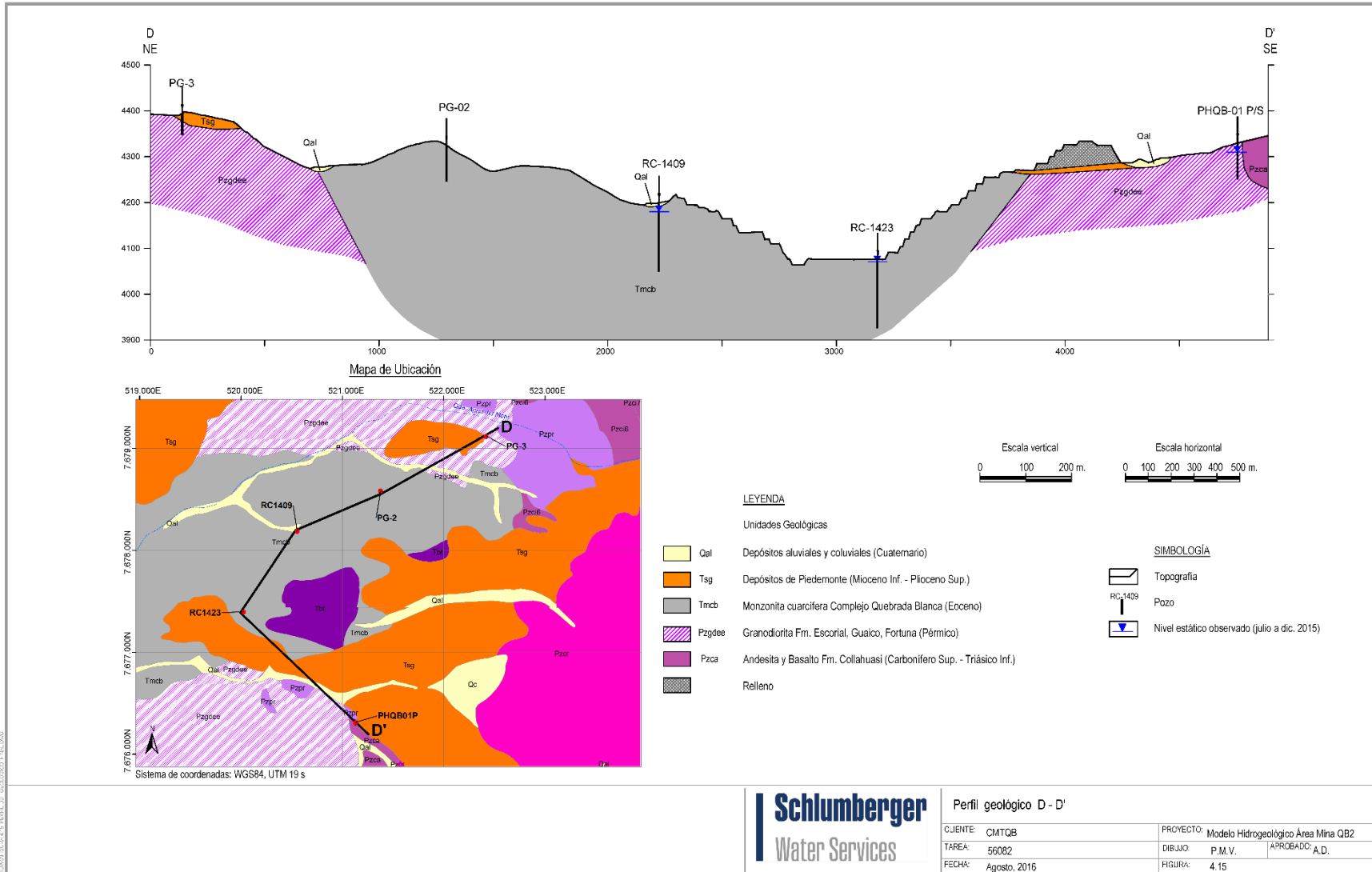
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-17. Perfil geológico C - C' (Figura 4.14 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



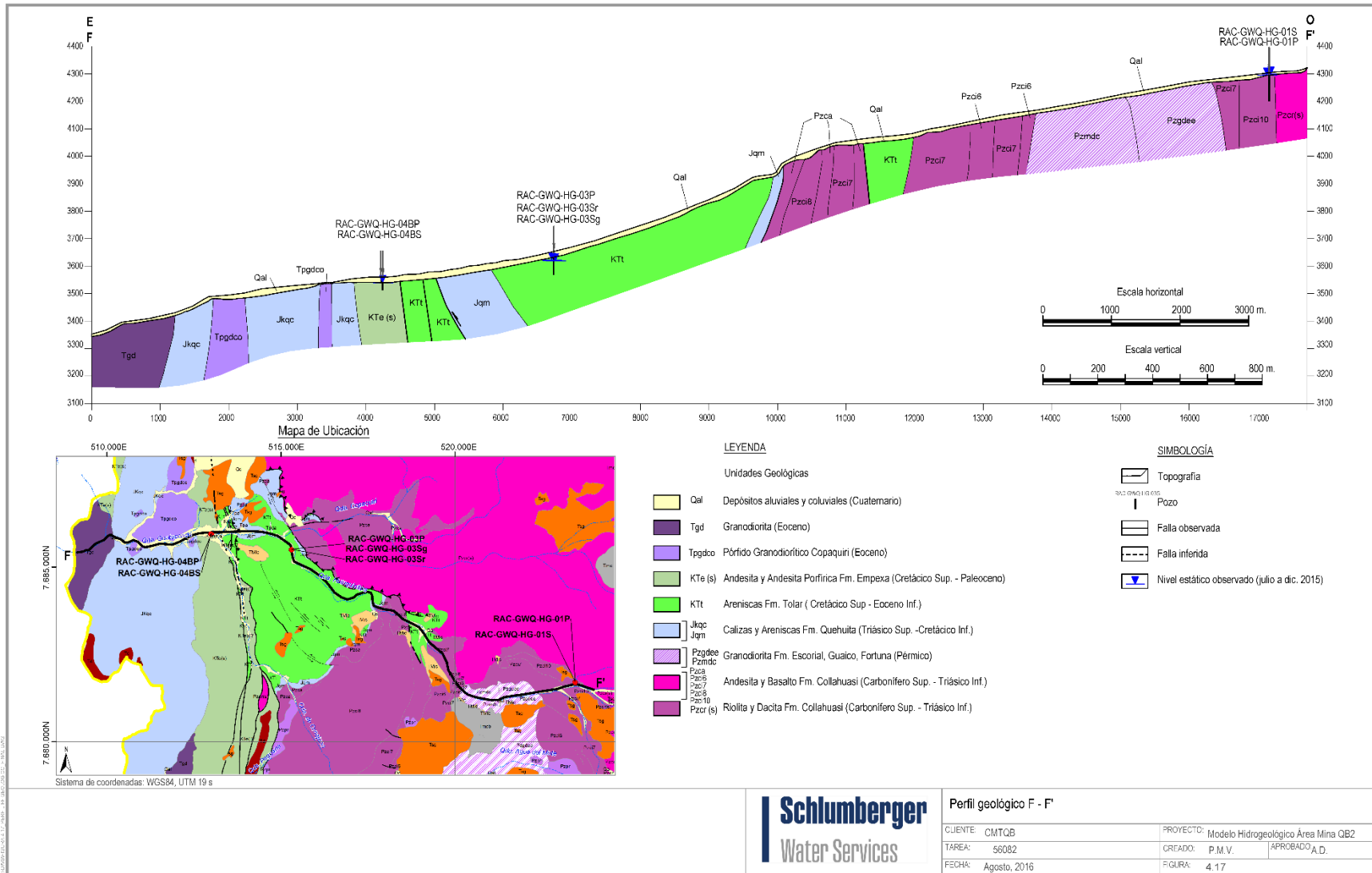
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-18. Perfil geológico D - D' (Figura 4.15 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-20. Perfil geológico F - F' (Figura 4.17 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

3.2.8.5.4 Caracterización Hidrogeológica

En este acápite se detalla la caracterización hidrogeológica del Área de Influencia, la que se desarrolló a partir de los resultados de los estudios básicos relacionados con la meteorología, geología, hidrología, hidrogeología e hidroquímica, que se presentan con mayor detalle en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo. El proceso de caracterización incluye las siguientes actividades:

- Catastro de pozos de bombeo y monitoreo.
- Estimación de la recarga natural y artificial.
- Análisis de niveles de agua subterránea.
- Ensayos y parámetros hidráulicos.
- Hidrogeoquímica y análisis isotópico.
- Derechos de agua.

En base al proceso de caracterización hidrogeológica se generan los siguientes resultados principales:

- Extensión del sistema acuífero.
- Definición de unidades hidrogeológicas.
- Piezometría y direcciones de flujo.
- Esquema general del funcionamiento hidráulico del sistema hidrogeológico.
- Balance hidrogeológico conceptual.

a) Antecedentes Utilizados

La información utilizada para la caracterización hidrogeológica del Área de Influencia incluye levantamientos de información en terreno y la revisión de antecedentes, que son detallados en cada caso. Las fuentes de información consideradas se entregan en la sección de bibliografía correspondiente al acápite 3.2.8.7 del presente documento.

b) Catastro de Pozos

Se recopilaron y revisaron los datos disponibles en pozos de bombeo, monitoreo y exploración en el Área de Influencia a partir de información base proveniente de CMTQB. Un listado completo de los pozos cuyos datos han sido incluidos en la caracterización hidrogeológica del Área de Influencia se presenta en la Tabla 3.2.8-3. En dicha tabla se especifican las coordenadas, la cota del pozo, su profundidad, tipo y la información específica que se tiene de cada uno de ellos (nivel, prueba hidráulica, litología y muestreo hidroquímico). En la Figura 3.2.8-21 se muestra su ubicación referencial.

En total se cuentan 332 puntos, de los cuales aproximadamente un 75% se encuentra en el entorno del rajo CMTQB, donde se concentra la operación minera e interesa conocer aspectos

relacionados con la posición del nivel, la calidad de las aguas, la litología en subsuperficie y las propiedades hidráulicas. Estos aspectos permiten atender labores geotécnicas asociadas a la estabilidad del rajo y el balance hídrico en el entorno de la faena. El 25% de puntos restantes se encuentran fuera del entorno del rajo CMTQB y se han construido principalmente para caracterizar el área del Depósito de Relaves proyectado, exploración geológica económica e hidrogeológica y monitoreo ambiental.

Tabla 3.2.8-3. Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
1	101-53	519.916	7.677.487	4.180	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
2	102-55	520.193	7.677.679	4.180	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
3	105-14	519.764	7.677.717	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
4	106-16	519.564	7.677.773	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
5	107-22	521.868	7.677.549	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
6	109-14	519.786	7.677.683	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
7	109-31	520.121	7.677.839	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
8	113-53	519.969	7.677.513	4.180	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
9	118-53	519.991	7.677.527	4.180	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
10	204-17	519.699	7.677.721	4.164	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
11	205-30	520.093	7.677.813	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
12	206-14	519.760	7.677.708	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
13	209-14	519.776	7.677.683	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
14	209-30	520.114	7.677.779	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
15	210-52	519.850	7.677.470	4.180	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
16	211-52	519.843	7.677.469	4.181	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
17	212-21	519.961	7.677.594	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
18	212-31	520.151	7.677.787	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
19	301-33	520.160	7.677.688	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
20	302-17	519.705	7.677.695	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
21	304-24	519.642	7.677.778	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
22	309-56	520.181	7.677.703	4.180	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
23	404-33	520.130	7.677.672	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
24	503-32	520.140	7.677.737	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
25	CW-DDH-1A	517.110	7.675.377	3.982	-90	0	116	114,76	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
26	CW-DDH-1B	517.110	7.675.377	3.982	-90	0	116	46,18	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	NO
27	CW-DDH-2A	517.155	7.675.346	3.976	-90	0	120	70	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
28	CW-DDH-2B	517.155	7.675.346	3.976	-90	0	120	10	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	NO
29	CW-DDH-3	517.184	7.675.351	3.976	ND	ND	80,2	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	NO
30	DDH-118	518.313	7.677.529	4.101	-90	0	81,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
31	DDH-120	521.266	7.676.885	4.350	ND	ND	216,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
32	DDH-143	522.119	7.676.701	4.398	ND	ND	182,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
33	DDH-150	521.808	7.677.731	4.386	ND	ND	336,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
34	DDH-152	520.115	7.677.525	4.317	ND	ND	410,8	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
35	DDH-168	520.015	7.677.431	4.310	ND	ND	262,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
36	DDH-17	521.423	7.677.853	4.358	ND	ND	210,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
37	DDH-2	520.181	7.677.659	4.315	ND	ND	200,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
38	DDH-232	520.716	7.677.332	4.388	ND	ND	458,2	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
39	DDH-24	521.392	7.677.520	4.368	ND	ND	238,4	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
40	DDH-26	521.693	7.677.537	4.386	ND	ND	293,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
41	DDH-27	519.541	7.678.015	4.263	ND	ND	555,8	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
42	DDH-28	522.157	7.677.187	4.409	ND	ND	302,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
43	DDH-349	519.909	7.678.301	4.180	-74	0	670	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
44	DDH-350	519.331	7.677.905	4.113	-80	0	340,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
45	DDH-351	520.325	7.677.745	4.167	-74	0	494	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
46	DDH-352	519.409	7.677.702	4.132	-80	0,1	672,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
47	DDH-353	519.236	7.677.871	4.072	-80	0,5	602,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
48	DDH-354	519.411	7.677.878	4.121	-75	0,1	705,5	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
49	DDH-355	519.315	7.677.633	4.105	-86	0,4	456,8	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
50	DDH-356	519.596	7.677.848	4.135	-75	0	607,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
51	DDH-357	518.911	7.677.534	4.089	-70	0	559,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
52	DDH-358	519.476	7.677.762	4.120	-69	0,1	595,5	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
53	DDH-359	519.215	7.677.683	4.104	-78	359,9	627,5	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
54	DDH-360	519.717	7.677.763	4.119	-85	0,6	650	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
55	DDH-361-6541	519.327	7.677.801	4.114	-84	360	621,4	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
56	DDH-361-6544	519.327	7.677.801	4.114	-84	360	621,4	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
57	DDH-362	519.314	7.677.502	4.107	-90	278,5	450,2	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
58	DDH-363	519.311	7.678.058	4.150	-90	77,5	606,4	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
59	DDH-364	519.214	7.677.527	4.105	-75	0	447,2	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
60	DDH-365	519.816	7.677.926	4.098	-89	56,9	478,2	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
61	DDH-367	519.615	7.677.692	4.120	-70	359,9	622,2	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
62	DDH-368	519.513	7.677.546	4.105	-64	360	615,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
63	DDH-371	519.614	7.678.021	4.099	-71	359,1	631,2	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
64	DDH-372	519.414	7.677.506	4.107	-80	356	528,3	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
65	DDH-374	519.715	7.677.975	4.098	-85	345,9	603,5	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
66	DDH-375	519.115	7.677.604	4.096	-75	0	507,4	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
67	DDH-377	519.813	7.677.681	4.077	-70	1,3	631,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
68	DDH-380	520.020	7.677.507	4.120	-90	50,2	246,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
69	DDH-384	519.929	7.677.833	4.106	-85	2,8	606,8	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
70	DDH-388	520.012	7.677.732	4.076	-79	0,5	640,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
71	DDH-394	519.515	7.677.651	4.120	-70	189,4	475,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
72	DDH-395	519.412	7.677.876	4.120	-70	0	600	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
73	DDH-398	519.114	7.677.602	4.096	-71	180	331,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
74	DDH-4	520.143	7.677.452	4.324	ND	ND	295,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
75	DDH-42	522.162	7.677.629	4.410	ND	ND	229,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
76	DDH-427	518.815	7.677.637	4.061	-73	0,7	261	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
77	DDH-428	519.714	7.677.764	4.119	-85	0,9	522,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
78	DDH-435	519.715	7.677.527	4.105	-60	181,7	330,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
79	DDH-468	518.688	7.677.785	4.109	-64	140,8	316	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	SI	NO	NO
80	DDH-469-6055	519.417	7.678.224	4.171	-73	0	311,1	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
81	DDH-470-1065	521.015	7.677.163	4.328	ND	ND	515	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
82	DDH-470-6545	521.015	7.677.163	4.328	ND	ND	515	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
83	DDH-471	519.715	7.677.620	4.076	-78	359,7	596,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
84	DDH-474	519.935	7.678.137	4.150	-59	321,6	610	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	NO	NO
85	DDH-48	520.917	7.678.230	4.301	ND	ND	104	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
86	DDH-480	520.085	7.676.942	4.286	-75	180	445,1	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	NO	NO
87	DDH-484	519.127	7.677.586	4.096	-63	195,2	287,5	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	NO	NO
88	DDH-485-6538	519.131	7.678.120	4.142	-61	148,2	318,5	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
89	DDH-485-6543	519.131	7.678.120	4.142	-61	148,2	318,5	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
90	DDH-490	518.445	7.677.266	4.157	-60	302,9	240,8	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	NO	NO	NO
91	DDH-491	520.767	7.676.984	4.323	-63	180	508,9	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	NO	NO
92	DDH-499-6056	520.085	7.678.287	4.180	-71	180	605	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
93	DDH-499-6546	520.085	7.678.287	4.179	-71	180	605	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
94	DDH-502-1062	521.042	7.677.654	4.358	-75	250	650	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
95	DDH-502-1069	521.042	7.677.654	4.358	-75	250	650	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
96	DDH-516	520.087	7.677.599	4.096	-65	180	540	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
97	DDH-517-6058	519.657	7.677.301	4.160	-64	21,3	621,8	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
98	DDH-519-6054	520.380	7.678.228	4.181	-72	64	535	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
99	DDH-519-6540	520.380	7.678.228	4.181	-72	64	535	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
100	DDH-526-1064	520.965	7.677.859	4.296	-72	257	650	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
101	DDH-526-1066	520.965	7.677.859	4.296	-72	257	650	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
102	DDH-533	514.085	7.668.359	3.492	-90	0	16	ND	Piezómetro	Aguas Abajo	SI	NO	NO	SI	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
103	DDH-54	521.120	7.677.935	4.320	ND	ND	58	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
104	DDH-542	515.635	7.672.495	3.780	-90	0	75	ND	Piezómetro	Aguas Abajo	SI	NO	NO	SI	NO
105	DDH-557	517.590	7.674.424	4.070	-90	0	62,3	ND	Monitoreo	Sureste rajo	NO	NO	NO	NO	NO
106	DDH-57	521.215	7.677.133	4.348	ND	ND	370,4	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
107	DDH-594	521.288	7.676.748	4.333	-90	0	93,1	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
108	DDH-597	520.515	7.675.874	4.379	-90	0	233,4	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
109	DDH-598	522.843	7.679.365	4.400	-90	0	236	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
110	DDH-600	520.430	7.679.829	4.353	-90	0	227,2	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
111	DDH-603	521.323	7.681.102	4.228	-90	0	118,5	ND	Piezómetro	Huinquintipa	SI	NO	NO	SI	NO
112	DDH-604	521.291	7.679.021	4.233	-90	0	188	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
113	DDH-65	520.911	7.677.729	4.353	ND	ND	211	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
114	DDH-80	519.518	7.678.132	4.213	ND	ND	262,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
115	DDH-83	519.214	7.677.733	4.244	ND	ND	297,8	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
116	DDH-97	520.115	7.677.731	4.303	ND	ND	323,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
117	GWW-QB-01P	515.186	7.668.747	3.566	-90	0	150	92,8	Monitoreo	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
118	GWW-QB-01S	515.192	7.668.739	3.568	-90	0	24	14,4	Monitoreo	Sureste rajo	SI	NO	SI	SI	SI
119	GWW-QB-02S/P	513.997	7.668.240	3.486	-90	0	80	65,1	Monitoreo	Ramucho-Choja	SI	NO	SI	SI	SI
120	GWW-QB-03B	513.873	7.668.360	3.478	-90	0	67,3	52,3	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
121	GWW-QB-03CS	513.865	7.668.358	3.478	-90	0	7,45	2,4	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
122	ING-01	520.514	7.675.872	ND	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
123	ING-01P	521.289	7.679.020	ND	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
124	ING-02	518.086	7.677.412	4.141	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
125	ING-03	520.432	7.679.829	ND	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
126	ING-03P	517.595	7.674.419	4.069	-90	0	ND	ND	Piezómetro	Sureste rajo	NO	NO	NO	SI	NO
127	ING-04P	521.287	7.676.747	ND	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
128	LM-03(A,B)	517.172	7.677.128	4.257	-70	0	303	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
129	M-1	517.511	7.675.941	ND	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	ND
130	M-2	517.517	7.675.943	ND	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	ND
131	M-3	517.522	7.675.941	ND	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	ND
132	M4(1)	517.466	7.675.853	3.998	-90	0	12,43	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	NO
133	M4(2)	517.472	7.675.861	3.998	-90	0	21,4	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	NO
134	M5(1)	517.297	7.675.573	3.985	-90	0	12,8	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	NO
135	M5(2)	517.313	7.675.574	3.986	-90	0	9,1	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
136	M6(1)sb	516.108	7.674.330	3.888	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Aguas Abajo	NO	NO	NO	SI	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
137	M6(2)	516.116	7.674.325	3.887	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Aguas Abajo	NO	NO	NO	SI	NO
138	M7(1)	515.939	7.673.880	3.862	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	NO	SI	NO
139	M7(2)	515.942	7.673.884	3.862	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	NO	SI	NO
140	MA-11	522.552	7.678.108	4.411	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
141	MA-2	521.206	7.676.726	4.326	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
142	MA-4(1,2)	517.942	7.676.721	4.047	-90	0	8	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
143	MA-5(1)	517.372	7.675.565	3.990	-90	0	13	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	NO
144	MA-7(1,2)	521.304	7.677.215	4.347	-90	0	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
145	MA-9	521.418	7.677.472	4.371	-90	0	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
146	MAC-01	521.966	7.678.830	ND	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	ND
147	MAC-02	521.965	7.678.827	ND	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	ND
148	MAC-03	520.851	7.676.687	4.295	-90	0	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
149	MAC-04	517.522	7.675.959	4.002	-90	0	9	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	NO
150	MAC-05	517.526	7.675.962	4.003	-90	0	9,2	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
151	MAC-06	517.513	7.675.967	4.003	-90	0	17,72	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
152	MAH-01	523.211	7.681.851	4.345	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Huiniquinta	NO	NO	NO	SI	ND
153	MAN-01	521.871	7.678.838	ND	ND	ND	ND	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	ND
154	OBS	517.521	7.675.967	4.003	-90	0	13,74	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
155	P1	516.950	7.675.002	3.968	ND	ND	1,5	1,02	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
156	P2	516.931	7.675.015	3.968	ND	ND	1,55	0,81	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
157	P3	516.919	7.674.942	3.956	ND	ND	1,6	1	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
158	P4	516.865	7.674.908	3.953	ND	ND	1,8	1,18	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
159	P5	516.834	7.674.861	3.947	ND	ND	1,8	1,28	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
160	P6	516.777	7.674.822	3.941	ND	ND	1,75	1,05	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
161	PB1	517.513	7.675.962	4.003	-90	0	20,95	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
162	PB2	517.525	7.675.946	4.002	-90	0	21,67	ND	Bombeo	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
163	PCA-7	528.293	7.676.645	4.601	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Ramucho-Choja	SI	NO	NO	NO	ND
164	PCA-8	528.270	7.676.050	4.563	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Ramucho-Choja	SI	NO	NO	NO	ND
165	PG-1	521.870	7.678.200	4.364	-90	0	72,1	71,22	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
166	PG-2	521.378	7.678.585	4.335	ND	ND	80	79,47	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
167	PG-3	522.418	7.679.120	4.394	-90	0	47,2	46	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
168	PG-4	520.792	7.679.401	4.347	-90	0	42,3	42,3	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
169	PG-5A	521.291	7.678.994	4.408	-90	0	58,2	48	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
170	PG-5B	521.291	7.678.994	4.408	-90	0	ND	19	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
171	PHQB-01P	521.130	7.676.314	4.330	-90	0	116	110	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
172	PHQB-01S	521.130	7.676.314	4.330	-90	0	116	26,54	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
173	PHQB-02P	521.729	7.676.688	4.357	-90	0	120	121,16	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
174	PHQB-02S	521.729	7.676.688	4.357	-90	0	120	19	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
175	PHQB-03P	518.041	7.674.936	4.106	-90	0	70	70	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
176	PHQB-03S	518.041	7.674.936	4.106	-90	0	70	20,67	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
177	PHQB-04P	522.679	7.675.094	4.455	-90	0	120	119,2	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
178	PHQB-04S	522.679	7.675.094	4.455	-90	0	120	30	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	NO	SI
179	PHQB-05P	516.411	7.679.374	4.243	-90	0	120	85	Piezómetro	Huinquintipa	SI	SI	SI	SI	SI
180	PHQB-05S	516.414	7.679.364	4.243	-90	0	120	20,3	Piezómetro	Huinquintipa	NO	SI	SI	NO	SI
181	PHQB-06P	521.873	7.675.185	4.408	-90	0	100	95,98	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
182	PHQB-06S	521.873	7.675.185	4.408	-90	0	100	17	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
183	PHQB-07P	520.301	7.675.204	4.333	-90	0	80	80	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
184	PHQB-07S	520.301	7.675.204	4.333	-90	0	80	21	Piezómetro	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
185	PHQB-08P	516.827	7.674.803	3.962	-90	0	70	70,4	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
186	PHQB-08S	516.827	7.674.803	3.960	-90	0	70	20,39	Piezómetro	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
187	PM-DDH-0	517.386	7.675.670	3.990	-90	0	67	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	NO
188	PM-DDH-0 Gemelo	517.383	7.675.668	3.989	ND	ND	9,7	9,7	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
189	PM-DDH-1	517.010	7.675.095	3.967	ND	ND	71,7	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	NO
190	PM-DDH-1 Gemelo	517.023	7.675.133	3.964	-90	0	11	7,71	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	SI	SI
191	PM-DDH-2	515.738	7.673.303	3.824	-90	0	100,1	97,7	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	SI	SI
192	PM-DDH-3	515.621	7.672.060	3.753	-90	0	100	100	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	SI	SI
193	PM-DDH-4	515.404	7.671.038	3.686	-90	0	100	100	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	SI	SI
194	PM-DDH-5	514.691	7.669.451	3.580	-90	0	100	100	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	SI	SI
195	PM-DDH-6	514.577	7.668.548	3.520	-90	0	91,2	91,2	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	SI	SI
196	PM-RC-0A	517.388	7.675.689	3.990	-90	0	100	91,7	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
197	PM-RC-0B	517.388	7.675.689	3.990	-90	0	100	43,1	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
198	PM-RC-1A	517.010	7.675.095	3.964	-90	0	100	72,14	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
199	PM-RC-1B	517.010	7.675.095	3.966	-90	0	100	39,64	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
200	PM-RC-2A	515.723	7.673.305	3.825	-90	0	52,5	52,5	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
201	PM-RC-2B	515.723	7.673.305	3.826	-90	0	52,5	18	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
202	PM-RC-3A	515.635	7.672.059	3.753	-90	0	45	45	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
203	PM-RC-3B	515.635	7.672.059	3.754	-90	0	45	15,2	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
204	PM-RC-4A	515.412	7.671.048	3.686	-90	0	38,65	38,68	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
205	PM-RC-4B	515.412	7.671.048	3.688	-90	0	38,65	19	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
206	PM-RC-5A	514.698	7.669.460	3.580	-90	0	55	55	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
207	PM-RC-5B	514.698	7.669.460	3.581	-90	0	55	19,5	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
208	PM-RC-6A	514.587	7.668.561	3.520	-90	0	38	35,7	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
209	PM-RC-6B	514.587	7.668.561	3.524	-90	0	38	12,86	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	NO	SI	SI	SI
210	PQB-1	515.952	7.673.875	3.862	-90	0	ND	ND	Piezómetro	Aguas Abajo	SI	NO	NO	SI	NO
211	RAC-GWQ-HG-01P	523.453	7.681.706	4.303	-90	0	101	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
212	RAC-GWQ-HG-01S	523.452	7.681.710	4.303	-90	0	40	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
213	RAC-GWQ-HG-02P	519.125	7.681.848	4.169	-90	0	151,5	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
214	RAC-GWQ-HG-02S	519.126	7.681.843	4.169	-90	0	29,6	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
215	RAC-GWQ-HG-03P	515.307	7.685.505	3.647	-90	0	81	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	SI	SI	SI	SI
216	RAC-GWQ-HG-03Sg	515.311	7.685.504	3.647	ND	ND	33	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	NO	NO	NO
217	RAC-GWQ-HG-03Sr	515.311	7.685.504	3.647	-90	0	33	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
218	RAC-GWQ-HG-04BP	513.007	7.685.954	3.560	ND	ND	49	11,85	Monitoreo	Huinquintipa	SI	SI	SI	SI	SI
219	RAC-GWQ-HG-04BS	512.990	7.685.956	3.555	-90	0	19	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
220	RAC-GWQ-HG-05BP	521.412	7.680.698	4.278	ND	ND	150	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
221	RAC-GWQ-HG-05BS	521.405	7.680.685	4.283	ND	ND	85,5	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	NO
222	RAC-GWQ-HG-06BS	513.666	7.685.215	3.615	ND	ND	50	12	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	NO	SI
223	RAC-GWQ-HG-06P	513.682	7.685.220	3.612	-90	0	91,5	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	SI	SI	SI	SI
224	RAC-GWQ-HG-06S	513.684	7.685.205	3.612	-90	0	49,3	ND	Monitoreo	Huinquintipa	SI	NO	SI	SI	SI
225	RC1034	520.735	7.675.758	ND	-90	0	192	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
226	RC1050	521.055	7.675.577	ND	-90	0	186	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
227	RC1052	523.225	7.676.957	4.521	ND	ND	210	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
228	RC1053	523.124	7.677.015	4.497	-90	0	200	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
229	RC1061	519.769	7.677.796	4.120	-90	0	100	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
230	RC1073	518.765	7.677.670	4.061	-90	0	60	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
231	RC1074	518.815	7.677.650	4.061	-80	180	60	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
232	RC11	520.067	7.677.654	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
233	RC1119	519.865	7.677.692	4.076	-84	180	60	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
234	RC1133	518.675	7.677.582	4.067	-60	330	60	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
235	RC1137	519.715	7.678.181	4.165	-90	0	56	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
236	RC1138	519.676	7.678.231	4.165	-75	270	70	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
237	RC1162	520.665	7.678.182	4.218	-90	0	76	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
238	RC12	520.012	7.677.646	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
239	RC1200	520.365	7.678.131	4.196	-90	0	60	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
240	RC1218	518.730	7.677.244	4.181	ND	ND	100	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
241	RC1219	519.265	7.677.136	4.240	ND	ND	130	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
242	RC1220P1	519.615	7.677.030	4.261	ND	ND	ND	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
243	RC1220P2	519.615	7.677.030	4.261	ND	ND	ND	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
244	RC1221P1	520.089	7.676.968	4.270	ND	ND	ND	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
245	RC1221P2	520.089	7.676.968	4.270	ND	ND	ND	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
246	RC1222	520.224	7.677.016	4.271	ND	ND	160	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
247	RC1223	519.837	7.676.800	4.287	ND	ND	150	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
248	RC1225P1	520.998	7.677.414	4.365	ND	ND	199	ND	Cuerda Vibrante	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
249	RC1228	518.082	7.677.415	4.143	-90	0	100	ND	Bombeo	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
250	RC1267A	518.416	7.677.686	4.137	-90	0	200	199	Bombeo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
251	RC1284A	518.779	7.677.721	4.064	-90	0	150	150	Bombeo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
252	RC1297A	518.440	7.677.766	4.139	-90	0	199,5	199,5	Bombeo	Mina-Planta	SI	NO	SI	SI	SI
253	RC13	519.961	7.677.594	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
254	RC14	519.915	7.677.573	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
255	RC1405	521.058	7.677.876	4.302	-90	0	199,29	ND	Piezómetro	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
256	RC1409	520.554	7.678.190	4.196	-90	0	149	ND	Bombeo	Mina-Planta	SI	NO	NO	SI	NO
257	RC1423	520.024	7.677.398	4.077	-90	0	149	ND	Piezómetro	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
258	RC1425	518.225	7.677.945	4.142	-90	0	29	28	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
259	RC1426	518.311	7.677.932	4.141	-90	0	17,6	17,1	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
260	RC1427	518.368	7.677.924	4.139	-90	0	80	65,4	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
261	RC1433	518.366	7.677.924	4.139	-90	0	38	37,8	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
262	RC1434A	518.425	7.677.917	4.139	-90	0	80	79,51	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
263	RC1439	518.420	7.677.918	4.138	-90	0	51,4	48,29	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
264	RC1440	518.496	7.677.910	4.136	-90	0	29,55	29,2	Monitoreo	Mina-Planta	SI	SI	SI	NO	SI
265	RC16	519.863	7.677.539	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
266	RC17	519.812	7.677.589	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
267	RC19	519.762	7.677.583	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
268	RC20	519.767	7.677.629	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
269	RC21	519.710	7.677.669	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
270	RC22	519.715	7.677.696	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
271	RC23	519.668	7.677.737	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
272	RC24	519.662	7.677.781	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
273	RC25	519.611	7.677.812	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
274	RC306-20	520.048	7.677.648	4.165	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
275	RC350	519.746	7.677.445	4.180	ND	ND	102	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
276	RC582	520.815	7.677.728	4.330	ND	ND	206	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
277	RC607	521.265	7.678.831	4.265	ND	ND	170	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
278	RC611	518.715	7.678.130	4.205	ND	ND	150	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
279	RC612	518.625	7.678.033	4.203	ND	ND	150	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
280	RC614	518.818	7.678.138	4.223	ND	ND	130	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	SI	NO	NO
281	RC676	520.933	7.677.793	4.327	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
282	RC710	518.114	7.675.386	4.102	-90	0	202	ND	ND	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	ND
283	RC712	518.028	7.675.497	4.090	-90	0	222	ND	ND	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	ND
284	RC714	521.460	7.678.390	4.310	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
285	RC752	520.371	7.677.133	4.319	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
286	RC852	520.972	7.676.978	4.340	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
287	RC855	521.212	7.677.083	4.348	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
288	RC856	521.103	7.677.017	4.340	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
289	RC917	520.615	7.678.126	4.208	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
290	RC9206-48	519.515	7.677.496	4.262	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
291	RC950	520.314	7.678.382	4.218	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
292	RC951	520.316	7.678.481	4.246	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
293	RC952	520.467	7.678.483	4.274	-90	0	80	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
294	RC967	518.865	7.677.096	4.238	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
295	RC968	518.665	7.677.231	4.188	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
296	RC969	520.665	7.678.084	4.227	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	NO	NO
297	RC975	518.716	7.677.154	4.199	ND	ND	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	SI	NO	NO	NO	NO
298	RC994	522.305	7.679.090	ND	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
299	RC996	521.886	7.679.141	4.385	-90	0	ND	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
300	RMA-01	524.491	7.683.051	4.393	42	ND	ND	ND	Piezómetro	Huinquintipa	NO	NO	NO	SI	ND
301	RMAX	517.530	7.675.954	4.003	-90	0	8,96	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	NO	NO	SI	NO
302	S1	517.927	7.676.821	4.045	-90	0	25	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	NO	NO
303	S2	517.935	7.676.815	4.045	-90	0	28	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	NO	NO
304	S3	517.945	7.676.808	4.045	-90	0	23	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	SI	NO
305	S4	517.956	7.676.801	4.046	-90	0	20	ND	ND	Mina-Planta	SI	SI	NO	SI	ND
306	S4-S11-SG1	517.959	7.676.883	4.050	-60	ND	49,5	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	SI	NO	NO

ND: No Disponible.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

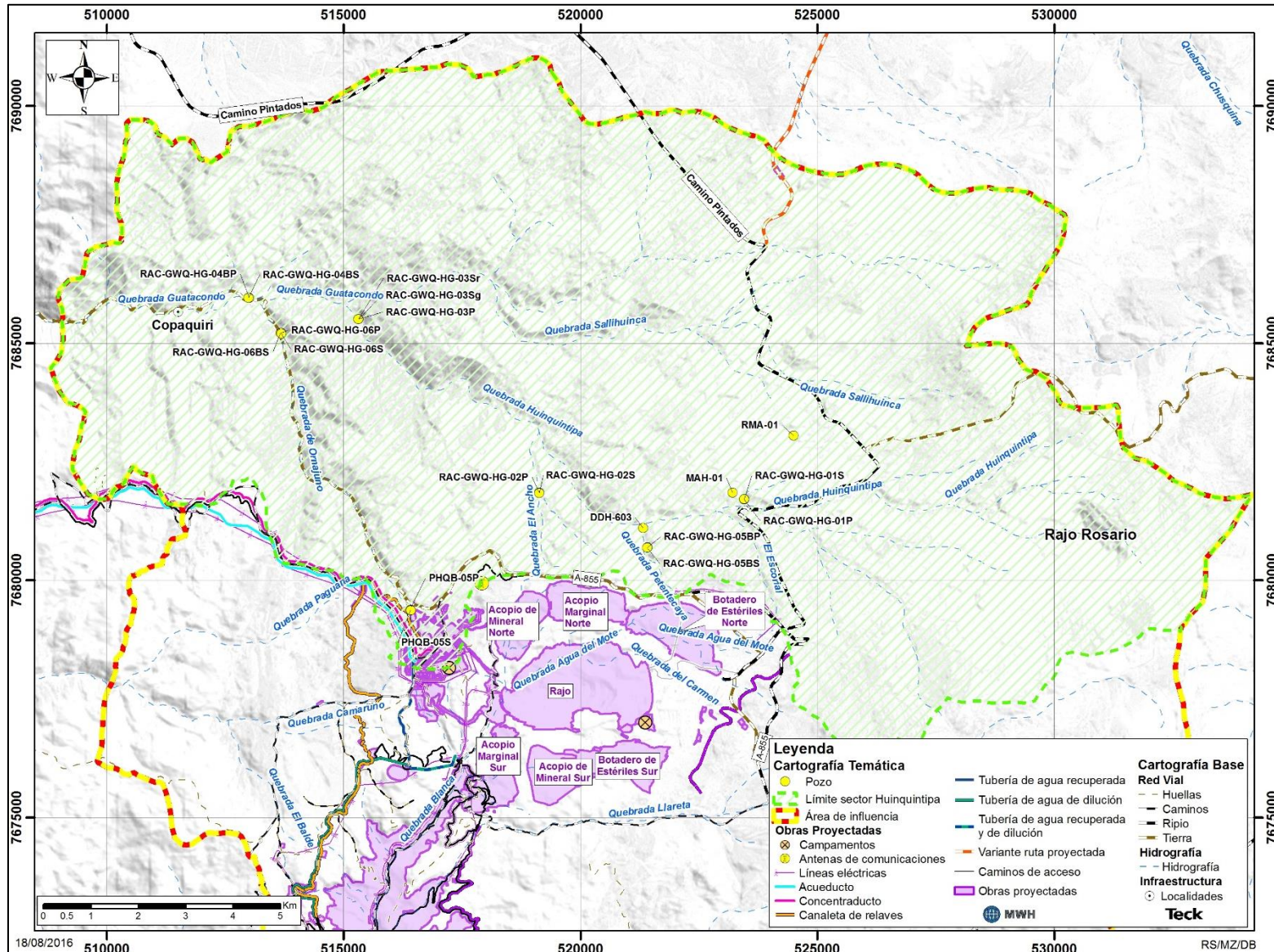
Tabla 3.2.8-3 (Continuación). Catastro de pozos en Área de Influencia Hidrogeológica.

Id	Nombre	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Cota terreno (m s.n.m.)	Inclinación (°)	Azimuth (°)	Longitud (m)	Longitud habilitación (m)	Tipo	Sector	Disp. de nivel	Disp.de prueba hidráulica	Disp. de litología	Muestreo hidroquímico	Habilitado
307	S4-SI1-SG2	517.973	7.676.873	4.048	-90	0	60	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	SI	NO	NO
308	S4-SI1-SG3	517.984	7.676.864	4.049	-60	ND	70	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	SI	NO	NO
309	S4-SI1-SG4	517.981	7.676.867	4.049	-75	ND	55	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	SI	NO	NO
310	S5	517.989	7.676.884	4.047	-90	0	26	ND	Monitoreo	Mina-Planta	NO	SI	NO	NO	NO
311	SG21-14-01	516.198	7.671.343	4.020	-80	300	300	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
312	SG21-14-02	515.113	7.671.774	4.018	-80	120	300	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
313	SG21-14-02A	514.905	7.671.973	4.035	-90	0	200	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
314	SG21-14-03	515.659	7.671.707	3.735	-90	0	100,6	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
315	SG21-14-04	515.172	7.670.752	3.680	-90	0	100	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
316	SG21-14-05	516.009	7.671.927	3.779	-90	0	80,12	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
317	SG21-14-06	515.561	7.672.265	3.777	-90	0	80	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
318	SG21-14-07	514.622	7.669.358	3.573	-90	0	100	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
319	SG21-14-08B	514.612	7.669.348	3.572	-60	0	100	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
320	SG21-14-09	514.634	7.669.364	3.573	-60	0	100	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	NO
321	SH21-14-01	516.983	7.671.590	4.039	-90	0	102	ND	ND	Sureste rajo	NO	SI	SI	NO	NO
322	SH21-14-01T	516.981	7.671.593	4.039	-90	0	90,38	ND	Cuerda Vibrante	Sureste rajo	SI	SI	SI	NO	NO
323	SH21-14-01TB	516.594	7.671.594	4.041	-90	0	80	ND	ND	Aguas Abajo	NO	NO	SI	NO	NO
324	SH21-14-01TC	516.991	7.671.592	4.040	-90	0	350	86	Monitoreo	Sureste rajo	SI	SI	SI	NO	SI
325	SH21-14-02P	513.987	7.673.181	4.187	-90	0	400	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	NO	SI	NO	NO
326	SH21-14-02S	513.985	7.673.192	4.188	-90	0	170	114	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	SI	SI
327	SH21-14-03	516.730	7.670.367	3.752	-90	0	150	114	Monitoreo	Sureste rajo	SI	SI	SI	SI	SI
328	SH21-14-05	515.638	7.675.760	4.206	-90	0	320	66,5	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	SI	SI
329	SH21-14-05B	515.631	7.675.762	4.205	-90	0	290	ND	Cuerda Vibrante	Aguas Abajo	SI	NO	NO	SI	NO
330	SH21-14-05C	515.140	7.674.836	4.162	-90	0	320	80	Monitoreo	Aguas Abajo	SI	SI	SI	NO	SI
331	SH21-14-06	518.657	7.671.869	4.081	-90	0	200	ND	ND	Sureste rajo	NO	NO	SI	NO	ND
332	SH21-14-06B	518.657	7.671.866	4.081	-90	0	95,77	53,8	Monitoreo	Sureste rajo	SI	NO	SI	SI	SI

ND: No Disponible.

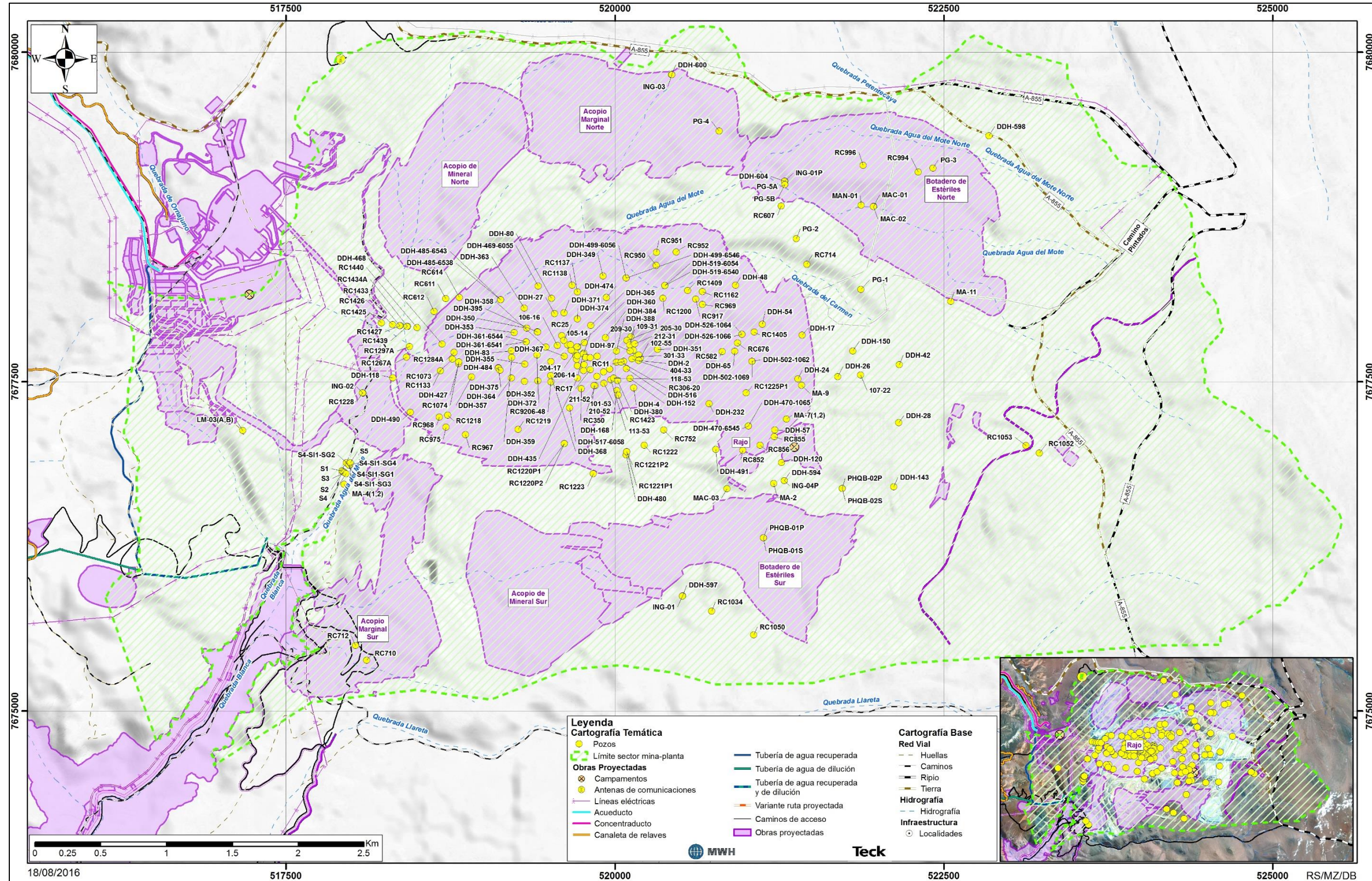
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-21a. Ubicación Pozos en Área de Influencia Hidrogeológica, Sector Huinquentipa.



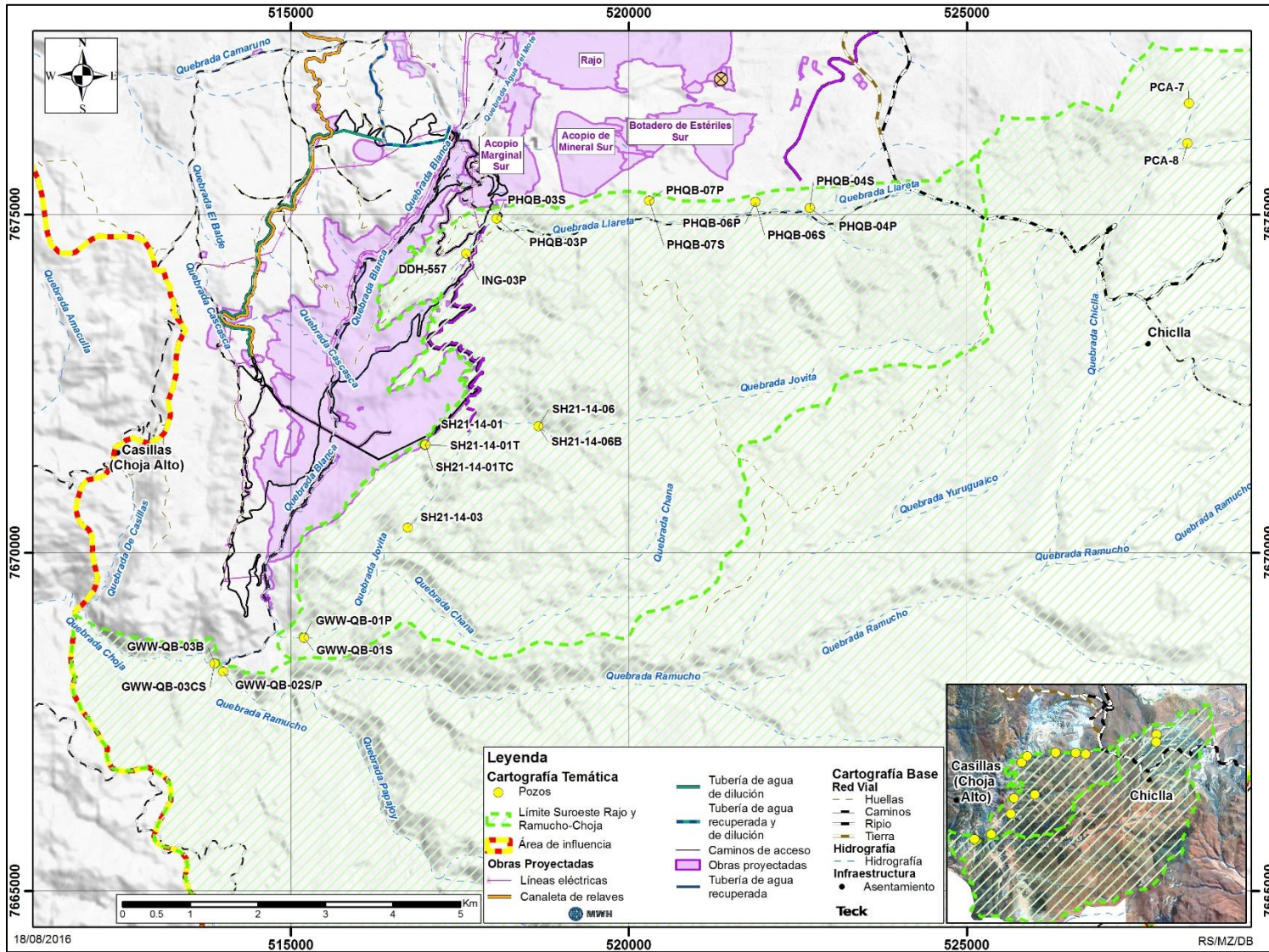
Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3.2.8-21b. Ubicación Pozos en Área de Influencia Hidrogeológica, Sector Mina-Planta.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 3.2.8-21d. Ubicación Pozos en Área de Influencia Hidrogeológica, Sector Sureste Rajo y Ramucho-Choja.



Fuente: Elaboración Propia.

c) Estimación de Recarga y Descarga Natural

La recarga natural en el Área de Influencia proviene exclusivamente de la precipitación, que termina aportando un flujo de agua a la zona saturada del sistema subterráneo. La estimación de la recarga natural del Área de Influencia se realizó a través de un modelo de balance hídrico explicado en el “Estudio de Hidrología y Balance Hídrico” presentado en el Anexo 3.2.7-1 de la Línea Base de Hidrología (Capítulo 3.2.7 del EIA Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2). En este acápite se presenta un resumen de la estimación de la recarga a partir de este modelo, cuyo detalle se presenta en el Anexo 3.2.8-1 de este capítulo.

c.1) Definición de Cuencas

El Área de Influencia se divide en tres cuencas hidrográficas:

- Cuenca de la quebrada Choja, la cual incluye a las subcuencas de las quebradas Blanca y Ramucho.
- Cuenca de la quebrada Guatacondo, la cual incluye, entre otras, a las subcuencas de las quebradas de Ornajuno y Huinquintipa.
- Cuenca de la quebrada Paguana.

Según el estudio SDT N° 43 (DGA-MOP, 2000), las cuencas de las quebradas Choja, Guatacondo y Paguana se encuentran administrativamente en la cuenca del Río Loa, en la denominada subcuenca Loa Medio (código 0211, 33.100 km²), sub-subcuenca del salar de Llamara (código 02113, 6.700 km²). Las características geomorfológicas de cada cuenca del Área de Influencia se presentan en la Tabla 3.2.8-4, mientras que en la Tabla 3.2.8-5 se presentan las características de las subcuencas de las quebradas Ramucho, Blanca y Huinquintipa. La ubicación de las cuencas y subcuencas mencionadas se presenta en la Figura 3.2.8-22.

Las condiciones de escurrimiento superficial en estas cuencas y subcuencas del Área de Influencia están dadas por la inexistencia casi total de cursos de agua permanente. Lo anterior, se explica por las condiciones climáticas de la zona, en donde predomina una marcada aridez que se ve interrumpida en la época estival por la llegada de masas de aire húmedo provenientes de la cuenca amazónica, produciendo tormentas convectivas entre diciembre y marzo. Adicionalmente, dadas las condiciones de permeabilidad y a la alta evaporación potencial, el agua precipitada es principalmente devuelta a la atmósfera por evaporación y evapotranspiración. El agua observada de forma más continua en superficie corresponde a afloramientos puntuales de agua subterránea, que ocurren en los estrechamientos de los valles por tramos espaciales limitados, antes de volver a infiltrarse.

Tabla 3.2.8-4. Características geomorfológicas cuencas de Área de Influencia.

Cuenca	Área (km ²)	Pendiente media cauce	Pendiente media cuenca	Longitud máxima del cauce (km)	Elevación mínima (m s.n.m.)	Elevación media (m s.n.m.)	Elevación máxima (m s.n.m.)
Choja	269	5,9%	20%	29	3.294	4.277	5.060
Guatacondo	220	5%	20%	28	3.351	4.289	4.903
Paguana	33	8%	18%	7	3.837	4.132	4.384

Fuente: Elaboración Propia a partir del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-5. Características geomorfológicas sub cuencas de Área de Influencia.

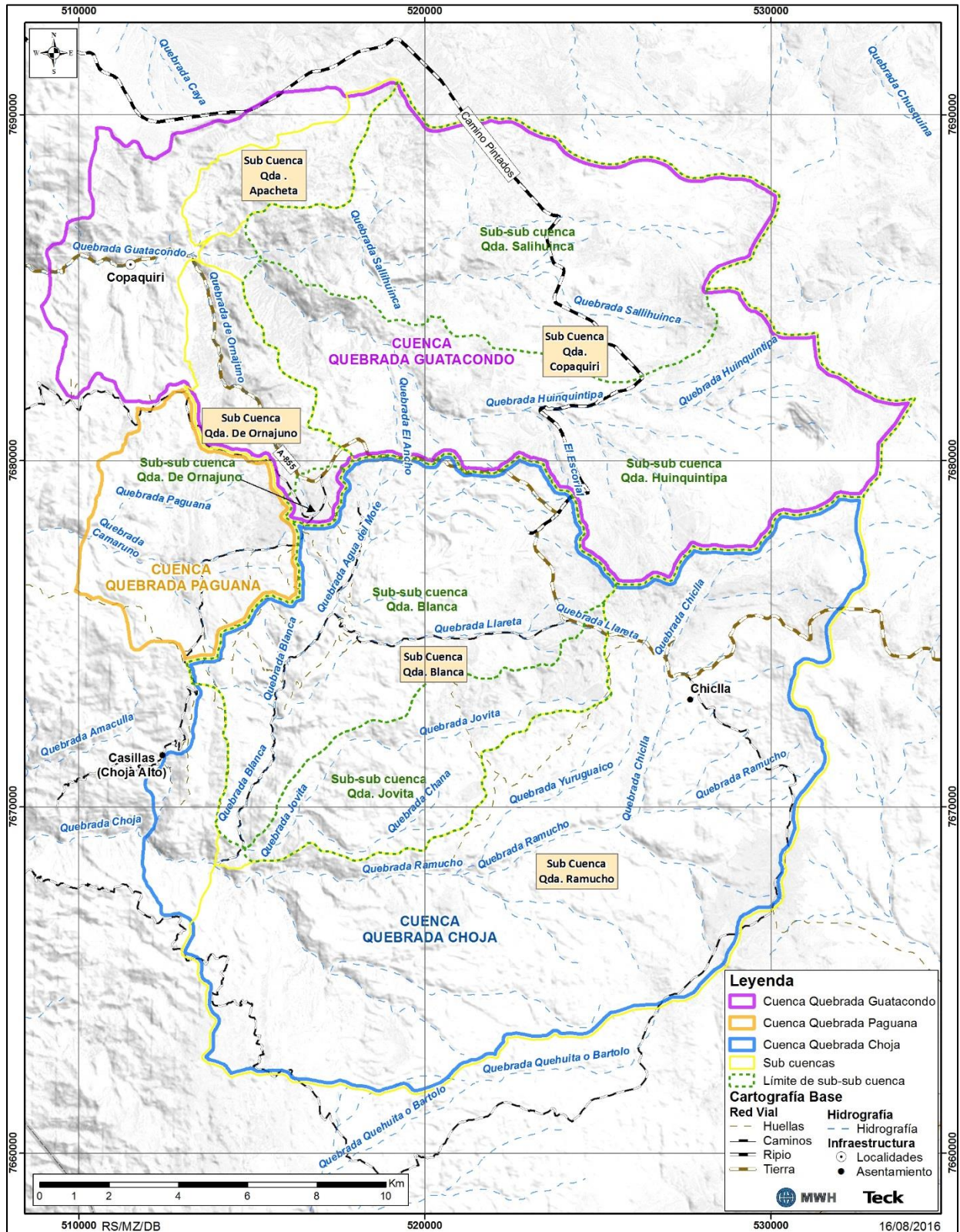
Cuenca	Área (km ²)	Pendiente media cauce	Pendiente media cuenca	Longitud máxima del cauce (km)	Elevación mínima (m s.n.m.)	Elevación media (m s.n.m.)	Elevación máxima (m s.n.m.)
Ramucho ¹	162	5%	19%	25	3.500	4.310	5.060
Blanca ¹	98	5%	22%	17	3.500	4.262	4.850
Huinquintipa ²	82	6%	15%	22	3.650	4.437	4.903

1: Perteneciente a cuenca quebrada Choja.

2: Perteneciente a cuenca quebrada Guatacondo.

Fuente: Elaboración Propia a partir del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-22. Cuencas, subcuencas y sub-subcuencas principales en el Área de Influencia.



Fuente: Modificado del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

c.2) Descripción y Análisis de Caudales

En las cuencas del Área de Influencia se dispone de información de caudales a partir de dos estaciones fluviométricas, ambas ubicadas en la cuenca de Guatacondo. Adicionalmente se dispone de aforos que realiza CMTQB en distintos puntos de las cuencas en estudio, con una frecuencia aproximadamente mensual. En particular, las estaciones fluviométricas corresponden a “Río Huatacondo en Copaquire”, propiedad de la DGA y con mediciones desde 1977, y “QDH-2”, que opera CMDIC desde 2004. Sus principales características se resumen en la Tabla 3.2.8-6 y su ubicación se muestra en la Figura 3.2.8-23.

Tabla 3.2.8-6. Estaciones fluviométricas en el Área de Influencia.

Estación	Código BNA	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Área drenaje (km ²)	Elevación (msnm)	Período de registro
Río Huatacondo en Copaquire	02113001-K	511.691	7.685.700	186	3.450	1977 en adelante
QDH-2	-	522.539	7.681.420	54	4.292	2004 en adelante

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Como se ha comentado previamente, en la mayor parte de las cuencas del Área de Influencia no se observa la presencia de un flujo continuo de agua, lo que se pudo constatar durante dos campañas de exploración de terreno en las quebradas de interés. Las zonas que presentan aguas superficiales generalmente corresponden a aportes directos de aguas subterráneas (afloramientos) y poseen una extensión espacial limitada. Este es el caso de los sectores en que se encuentra la estación DGA, próxima al cierre de la cuenca de Guatacondo, y de CMDIC, aguas abajo de sus operaciones mineras, en la parte alta de la quebrada Huinquentipa.

Respecto de los aforos de CMTQB, éstos se iniciaron en 2010 y contemplan:

- Mediciones realizadas por CMTQB entre abril de 2010 y marzo de 2012 asociados a flujos operacionales en el sector de la mina, en la quebrada Llaretta y en la quebrada Huinquentipa (SWS, 2015b).
- Mediciones realizadas por SWS desde diciembre de 2012, consistentes en un monitoreo periódico (aproximadamente mensual) de los caudales observados en varios sitios de interés (Anexo 3.2.9-1 del presente EIA). Los aforos se han realizado en el sector de la mina y en las quebradas Blanca, aguas abajo del actual proyecto, Llaretta, Ramucho, Choja, Guatacondo y sus tributarios.

La Tabla 3.2.8-7 resume la información de los aforos puntuales aquí comentados. La ubicación de estos puntos se muestra en la Figura 3.2.8-23.

Tabla 3.2.8-7. Puntos de monitoreo con registros de caudal en el Área de Influencia.

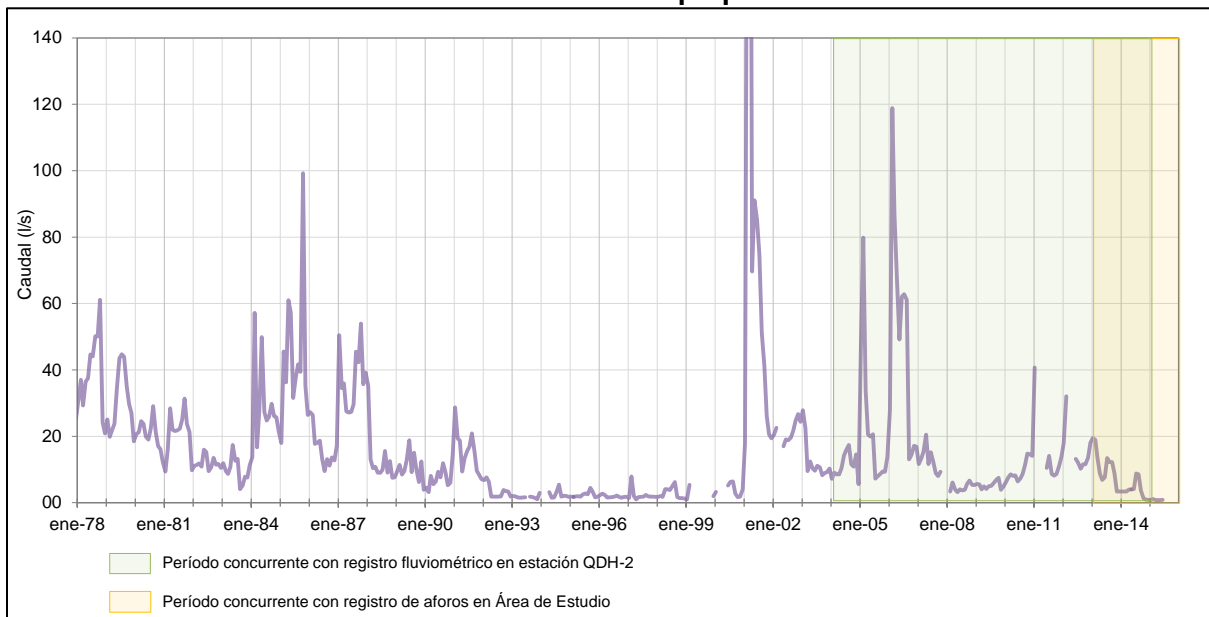
Cuenca	Punto de aforo	Sector	Este (UTM WGS 84)	Norte (UTM WGS 84)	Periodo de monitoreo	N° de afloros
Qda Blanca Sector Mina	SWS-5	Vertiente Agua del Mote aguas abajo Ripios Norte	521.459	7.678.874	2/13-12/15	23
	SWS-9	Agua del Mote al pie de Ripios Norte (estruje)	521.949	7.678.831	3/13-12/15	25
	M03	Bofedal del Carmen	521.182	7.678.476	4/10-12/11	8
	SWS-6	Vertiente bofedal El Carmen	521.305	7.678.411	3/13-10/15	18
	M01	Bofedal Ciénaga Grande	521.206	7.676.655	4/10-3/12	12
	BCI-01	Vertiente Ciénaga Grande	521.350	7.676.668	2/13-12/15	30
Qda Blanca aguas abajo actual cortina hidráulica	M08	Quebrada Blanca	517.300	7.675.568	1/12	1
	QCH-01	Vertiente	517.122	7.675.344	3/13-11/15	35
	SWS-2	Qda Blanca aguas arriba de confluencia Qda Llareta	515.726	7.672.667	2/14-12/15	22
	SWS-7	Vertiente aguas abajo	515.681	7.671.508	1/13-12/15	36
	SWS-3	Vertiente aguas abajo	514.046	7.668.397	2/14-10/15	16
	SWS-19	Quebrada Blanca	513.981	7.668.343	5/13-12/15	31
Qda Llareta	M07	Quebrada Llareta	519.605	7.675.271	2/11-3/12	5
	QLLA-1	Vertiente quebrada Llareta	519.478	7.674.898	3/13-12/15	28
Qda Ramucho	SWS-4	Qda Ramucho aguas arriba confluencia Qda Blanca	513.934	7.668.298	1/13-12/15	35
Qda Choja	SWS-18	Confluencia quebradas Blanca y Ramucho	513.887	7.668.334	2/13-12/15	34
Qda Huinquentipa	M05	Quebrada Huinquentipa 1	524.090	7.681.852	4/10-3/12	16
	M06	Quebrada Huinquentipa 2	524.076	7.681.848	4/10-2/12	14
	HUI-03	Aguas arriba Qda Huinquentipa aguas abajo CMDIC	523.955	7.681.481	1/13-12/15	33
	HUI-02	Vertiente principal Qda Huinquentipa	521.293	7.681.248	1/13-12/15	36
	AHUI-01	Vertiente tributaria Qda Huinquentipa	521.298	7.681.129	2/13-10/15	31
	SWS-8	Pozo aguas abajo de confluencia Qda Huinquentipa	520.990	7.681.189	2/13-12/15	34
	SWS-20	Quebrada Huinquentipa	519.133	7.683.028	6/13-12/15	32
	SWS-21	Quebrada Huinquentipa	519.060	7.683.296	6/13-12/15	32
	SWS-14	Quebrada Huinquentipa	513.471	7.685.963	2/13-12/15	33
	SWS-15	Quebrada Huinquentipa	511.965	7.685.658	2/13-12/15	36

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

La estación “Río Huatacondo en Copaquire” presenta registros de caudales medios mensuales desde hace 38 años, aproximadamente, con valores medios anuales cercanos a 17 l/s y un rendimiento promedio de 0,1 l/s/km². En términos generales se observa presencia constante de flujo durante el año, con los caudales mayores durante el verano.

La Figura 3.2.8-24 muestra la serie histórica de caudales de la estación, destacando los periodos de concurrencia de datos con la estación “QDH-2” y los aforos en el punto. Se aprecia un período de aproximadamente 14 años, de 1978 a 1991, en el que se registraron caudales relativamente altos, seguido de una década seca, para luego volver a presentarse caudales en el orden del promedio en los últimos 10 años. La Tabla 3.2.8-8 resume los valores de caudal y el rendimiento específico medio que fueron calculados.

Figura 3.2.8-24. Serie de caudales medios mensuales en estación DGA “Río Huatacondo en Copaquire”.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-8. Caudales medios mensuales y anual en “Río Huatacondo en Copaquire”.

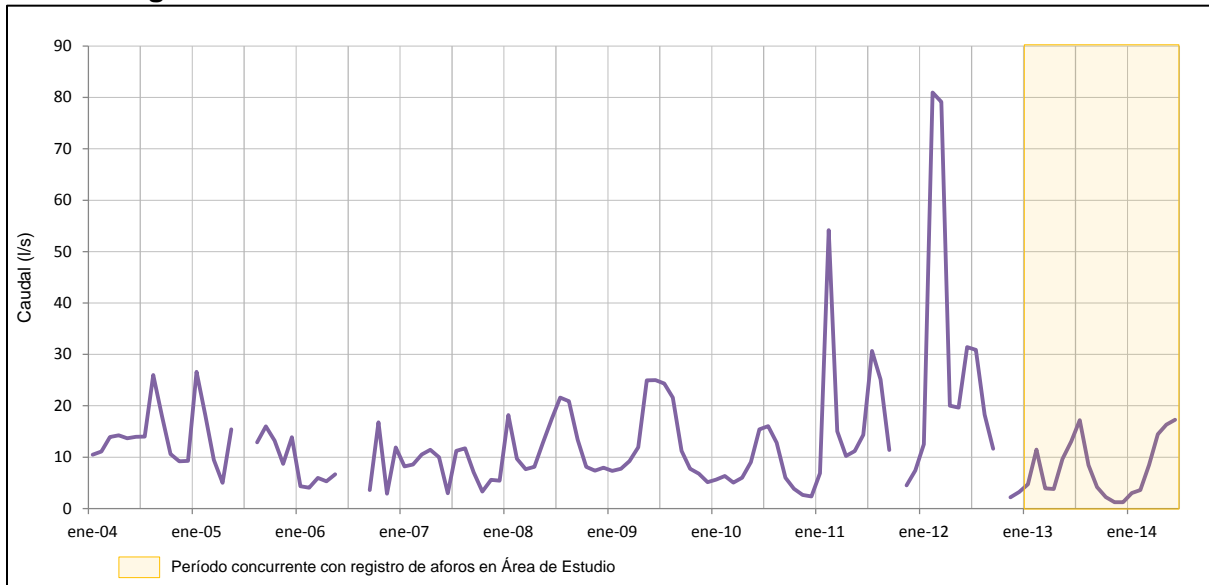
Mes	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Anual
Caudal medio mensual (l/s)	16	18	15	17	12	11	15	28	25	17	18	17	17
Rendimiento específico (l/s/km ²)	0,09	0,10	0,08	0,09	0,07	0,06	0,08	0,15	0,14	0,09	0,10	0,09	0,09

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Por su parte, la estación “QDH-2” presenta registros de caudales medios mensuales desde enero del año 2004 hasta junio del 2007 (CMDIC, 2007) y caudales medios horarios desde junio del 2007 hasta junio del 2014. Usando estos datos se han calculado valores medios anuales del orden de 13 l/s y un rendimiento específico promedio de 0,24 l/s/km².

Del mismo modo que en la estación DGA, los mayores caudales se observan durante el verano, aunque también se observan marcados máximos invernales, que se caracterizan por menores magnitudes, pero mayor frecuencia. En la Figura 3.2.8-25 se muestra la serie completa de la estación “QDH-2” exhibiendo esta situación, en la que se incluye el periodo de registros concurrentes con aforos en el sector. La Tabla 3.2.8-9 resume los valores de caudal y el rendimiento específico medio que fueron calculados.

Figura 3.2.8-25. Serie de caudales medios mensuales en “QDH-2”.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-9. Caudales medios mensuales y anual en “QDH-2”.

Mes	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Anual
Caudal medio mensual (l/s)	21	18	10	8,2	5,1	6,8	9,8	20	15	10	14	17	13
Rendimiento específico (l/s/km ²)	0,39	0,33	0,19	0,15	0,10	0,13	0,18	0,36	0,28	0,19	0,25	0,31	0,24

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Respecto de los aforos regulares que realiza CMTQB, la Tabla 3.2.8-10 y la Figura 3.2.8-26 resumen los flujos medios, mínimos y máximos registrados en cada punto. Los caudales promedio que se han registrado varían entre 0 y 10 l/s, los mínimos entre 0 y 7 l/s y los máximos entre 0 y 32 l/s. Estos registros dan cuenta de que algunos de los puntos monitoreados, como el SWS-2 y SWS-3 ubicados en la quebrada Blanca aguas abajo de la actual cortina hidráulica, no han presentado escorrentía en ninguna de las más de 15 visitas que se le han realizado. Por otra parte, hay registros de caudal máximo que superan los 20 l/s (puntos SWS-4 en Ramucho, SWS-18 en Choja y M05, M06, SWS-20 y SWS-21 en Huinquentipa) y que se relacionan con eventos de escorrentía directa asociada a precipitación, debido a que sus registros mínimos, para casi todos los casos, son cero.

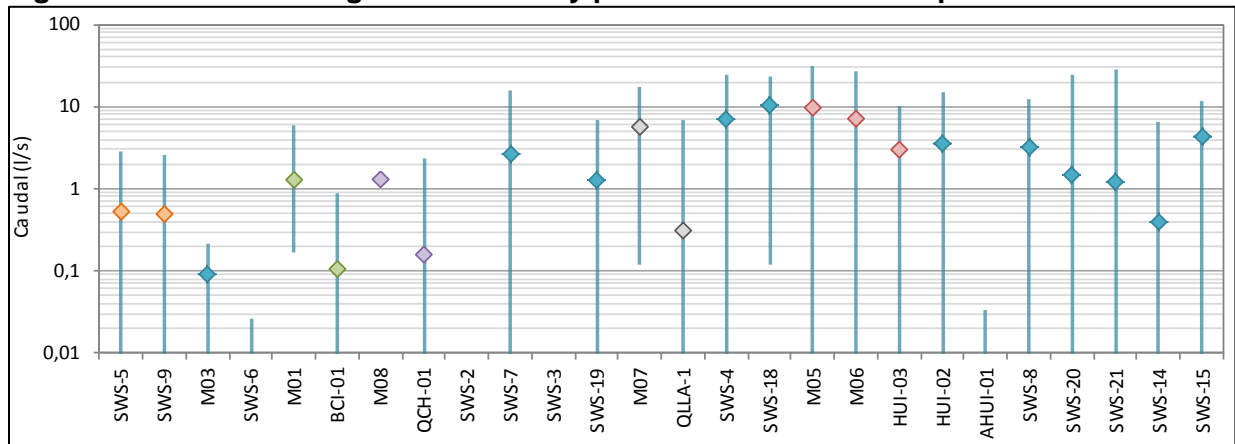
Cabe mencionar que el aforo de flujos tan pequeños como los que se observan en algunos puntos (M01 y M03, por ejemplo), tiene asociado un error significativo en relación al orden de magnitud del caudal que se presenta. En consecuencia, valores del orden de 0,1 o 0,2 l/s se deben considerar aproximados. No obstante, tales mediciones sí entregan información valiosa, en el sentido de que son indicativos de la presencia de agua en ciertos cursos para determinados instantes.

Tabla 3.2.8-10. Caudales medios, mínimos y máximo de monitoreo.

Cuenca	Punto de aforo	Promedio (l/s)	Mínimo (l/s)	Máximo (l/s)
Qda Blanca Sector Mina	SWS-5	0,53	0,00	2,80
	SWS-9	0,49	0,00	2,60
	M03	0,09	0,00	0,21
	SWS-6	0,00	0,00	0,03
	M01	1,30	0,17	6,00
	BCI-01	0,10	0,00	0,88
Qda Blanca aguas abajo actual cortina hidráulica	M08	1,30	1,30	1,30
	QCH-01	0,16	0,00	2,30
	SWS-2	0,00	0,00	0,00
	SWS-7	2,60	0,00	16,00
	SWS-3	0,00	0,00	0,00
	SWS-19	1,30	0,00	6,70
Qda Llareta	M07	5,70	0,12	18,00
	QLLA-1	0,31	0,00	6,80
Qda Ramucho	SWS-4	7,20	0,00	24,00
Qda Choja	SWS-18	10,00	0,12	23,00
Qda Huinquintipa	M05	9,70	0,00	32,00
	M06	7,10	0,00	27,00
	HUI-03	3,00	0,00	10,00
	HUI-02	3,50	0,00	15,00
	AHUI-01	0,00	0,00	0,03
	SWS-8	3,20	0,00	12,00
	SWS-20	1,50	0,00	24,00
	SWS-21	1,20	0,00	28,00
	SWS-14	0,40	0,00	6,60
	SWS-15	4,40	0,00	12,00

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-26. Rango de variación y promedios de caudal en puntos de monitoreo.



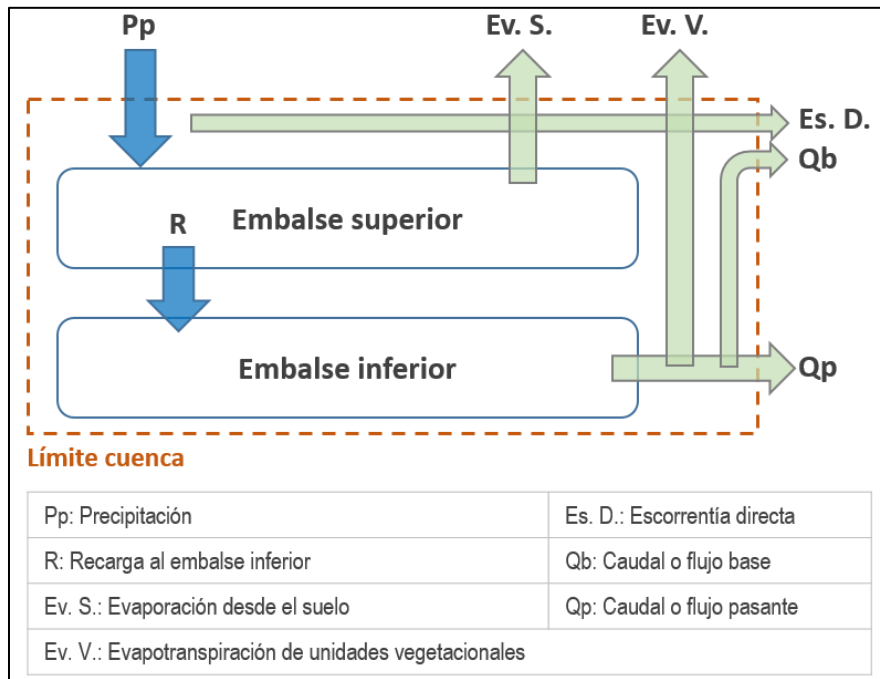
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

c.3) Balance Hídrico

Con el objetivo de obtener una estimación de la recarga total en el Área de Influencia a nivel de cuencas, subcuencas y sub-subcuencas, se implementó un modelo de balance hídrico explicado en el “Estudio de Hidrología y Balance Hídrico” presentado en el Anexo 3.2.7-1 de la Línea Base de Hidrología (Capítulo 3.2.7 del EIA Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2). Este balance se aplicó a las cuencas de Guatacondo, Paguana y Choja, con una escala temporal diaria, buscando dar peso a los procesos de corta duración, pero alta relevancia en las magnitudes de flujo en las cuencas, como las precipitaciones que ocurren en uno o dos días del año durante el Invierno Altiplánico. El software en que se implementó el modelo fue Goldsim (versión 11.1), para el periodo entre 1987 y 2015, basándose en el registro de la estación meteorológica de quebrada Blanca.

El modelo se basa en el esquema conceptual similar al presentado en la Figura 3.2.8-27, que representa las entradas y salidas de agua a un sistema de dos embalses, uno superior y otro inferior, siguiendo una estructura similar a los modelos hidrológicos HEC-HMS y Sacramento. Producto de la precipitación (Pp), en la superficie del embalse superior se genera la escorrentía directa (Es. D.) y dentro de éste se llevan a cabo los procesos evaporación desde el suelo (Ev. S.) y recarga al sistema subterráneo (R); por su parte, en el embalse inferior se desarrollan los procesos de almacenamiento subterráneo y liberación gradual del agua almacenada. Este flujo de agua liberada gradualmente alimenta las demandas evapotranspirativas (Ev. V.) y permite la generación de caudal base superficial (Qb) y el flujo pasante subterráneo (Qp).

Figura 3.2.8-27. Modelo conceptual simplificado de balance hídrico.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Las variables de entrada en el balance son la precipitación (Pp) y la evaporación de tanque (ET). Cada banda de elevación dentro de estas áreas tiene un valor para Pp y ET, que le corresponde según la altura media de la banda. El modelo fue calibrado de modo que la suma del caudal base superficial y del flujo subterráneo pasante calculados por el modelo se encontrasen entre el 2% y 3% de la precipitación, para cada cuenca, subcuenca y sub-subcuenca considerada. La suma del caudal base superficial y del flujo pasante subterráneo representa a la recarga del sistema subterráneo descontando la evapotranspiración, variable denominada “recarga neta” en el “Estudio de Hidrología y Balance Hídrico” presentado en el Anexo 3.2.7-1 de la Línea Base de Hidrología (Capítulo 3.2.7 del EIA Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2). Este rango para la calibración fue estimado a partir de aforos de caudales base superficiales y estimaciones de flujo pasante mediante Darcy (Golder, 2016c) (Anexo 3.2.7-1 del presente Capítulo del EIA). El detalle de la implementación y calibración de este modelo se encuentra en el Anexo 3.2.7-1 del presente EIA.

El resultado del modelo de balance se presenta en las Tablas 3.2.8-11 y 3.2.8-12, que muestran el balance superficial y subterráneo, respectivamente. De la Tabla 3.2.8-11 se observa que el modelo estima una recarga total al sistema subterráneo de 131,2 l/s, término que incluye a la suma de las demandas evapotranspirativas y del caudal base superficial y flujo pasante subterráneo. En promedio, la recarga total resulta ser del orden de 8% de la precipitación. Los valores dan cuenta de que la precipitación es la única fuente natural de agua, que da origen a la escorrentía directa y a la infiltración en el suelo. Esta infiltración es en parte evaporada y en parte pasa a recargar el sistema subterráneo. Las unidades vegetacionales toman el agua del sistema

subterráneo, restando a la recarga para dar como resultado el caudal base superficial y subterráneo pasante.

Tabla 3.2.8-11. Flujos modelo hidrológico para balance superficial Área de Influencia.

Cuenca	Pp (l/s)	Es. D. (l/s)	Ev. S. (l/s)	R (l/s)
Choja	822,9	24,7	746	52,2
Guatacondo	674,1	20,2	576,9	77,0
Paguana	95,2	2,9	90,4	2,0
Suma	1592,2	47,8	1413,3	131,2

Pp: Precipitación

Ev. S.: Evaporación desde el suelo

Es. D.: Escorrenta directa

R: Recarga al embalse inferior (zona saturada)

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-12. Flujos modelo hidrológico para balance subterráneo Área de Influencia.

Cuenca	R (l/s)	Ev. V. (l/s)	Qp + Qb (l/s)
Choja	52,2	34,9	17,3
Guatacondo	77,0	69,1	7,9
Paguana	2,0	0,1	1,9
Suma	131,2	104,1	25,3

R: Recarga al embalse inferior (zona saturada)

Qp: Caudal base superficial

Ev. V.: Evapotranspiración de unidades vegetacionales

Qb: Flujo subterráneo pasante

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

El balance para la subcuenca de quebrada Blanca se presenta en las Tablas 3.2.8-13 y 3.2.8-14, para el balance superficial y subterráneo, respectivamente. Las magnitudes aquí reportadas son una desagregación de lo que se muestra en la Tablas 3.2.8-11 y 3.2.8-12 para la cuenca de Choja, donde se presenta la suma de Ramucho, quebrada Blanca y el tramo aguas abajo de su confluencia hasta el punto de cierre. La recarga total estimada es de 13,4 l/s, mientras que la suma del caudal base superficial y del flujo subterráneo pasante es 5,8 l/s.

Tabla 3.2.8-13. Flujos modelo hidrológico para balance superficial quebrada Blanca.

Subcuenca	Pp (l/s)	Es. D. (l/s)	Ev. S. (l/s)	R (l/s)
Quebrada Blanca	293,2	8,8	271,0	13,4

Pp: Precipitación

Ev. S.: Evaporación desde el suelo

Es. D.: Escorrenta directa

R: Recarga al embalse inferior (zona saturada)

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Tabla 3.2.8-14. Flujos modelo hidrológico para balance subterráneo quebrada Blanca.

Subcuenca	R (l/s)	Ev. V. (l/s)	Qp + Qb (l/s)
Quebrada Blanca	13,4	7,6	5,8

R: Recarga al embalse inferior (zona saturada)

Qp: Caudal base superficial

Ev. V.: Evapotranspiración de unidades vegetacionales

Qb: Flujo subterráneo pasante

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

d) Estimación de Recarga y Descarga Artificial

Las recargas y descargas artificiales tienen su origen en medios antrópicos, no naturales, como resultan ser las inyecciones de agua, los bombeos y el drenaje hacia el interior del rajo producto del cambio en la relación de la topografía con el nivel piezométrico.

En esta sección se describen los distintos componentes de la recarga y descarga a fines del año 2015. La estimación de los rangos de valores asociados se detalla en la sección 3.2.8.5.4 h.6.

d.1) Recarga artificial

La recarga artificial en el Área de Influencia ocurre potencialmente desde la planta de tratamiento de aguas servidas, filtraciones desde el Botadero de Lixiviación de Sulfuros y la planta de procesos (SX-EW) hasta finales del año 2019.

- Recarga desde el área de la planta de procesos (SX-EW)

El área de la planta de procesos (SX-EW) es un área pavimentada con edificios. Se considera que la precipitación que cae en esta área no genera ninguna recarga directa al subsuelo, debido al carácter impermeable del pavimento. No se considera tampoco una recarga indirecta resultante de la infiltración de la escorrentía que se produce durante eventos de precipitación intensa, la cual es despreciable, considerando que las áreas aportantes son restringidas y que la mayoría del escurrimiento superficial se evapora. Por lo tanto, el área de la planta corresponde a un área sin recarga.

- Recarga desde el vertido de aguas tratadas en la quebrada Blanca

CMTQB realiza el vertido de las aguas procedentes de la planta de tratamiento de aguas servidas (PTAS) en la quebrada Blanca. Este punto de vertido se encuentra aproximadamente aguas abajo del pozo de la cortina hidráulica (pozo PB-1). El vertido se realiza desde la construcción del proyecto en 1993 hasta la fecha, con una descarga promedio del orden de 5 l/s. Se considera que infiltra la totalidad de este caudal vertido.

- Recarga por filtraciones desde el Botadero de Lixiviación de Sulfuros

El caudal de infiltración del Botadero de Lixiviación de Sulfuros es variable en el tiempo desde el año 2002 y tiene un promedio de 0,6 l/s. Si se considera todo el volumen extraído durante el periodo operacional (enero 1994 – diciembre 2015), el promedio es de 0,4 l/s. Estas infiltraciones son capturadas por la Cortina Hidráulica N° 1.

d.2) Descarga artificial

La descarga artificial en el Área de Influencia ocurre principalmente de dos maneras:

- A través de los pozos de bombeo que conforman la Cortina Hidráulica N° 1 ubicada aguas abajo del sistema del muro interceptor y del botadero de lixiviación de sulfuros

El bombeo se realiza desde los pozos PB-1 y M4(2) desde julio del año 2007 a la fecha, con un caudal de extracción medio de 0,6 l/s. El detalle se presenta en la sección 3.2.8.5.4 h.6.

- En forma de afloramientos en el rajo de CMDIC (Rosario) y sistemas de desagüe activo.

La información de caudales de afloramiento y de desagüe activo del rajo Rosario de CMDIC no se encuentra disponible, por lo que se debe estimar de manera aproximada a través de relaciones analíticas (sección 3.2.8.5.4 h.6).

- En forma de afloramientos en el rajo de CMTQB.

Mediante observaciones en terreno, se ha determinado que el agua subterránea se manifiesta en la superficie del rajo de CMTQB básicamente de 3 formas: afloramientos de agua en los taludes; acumulaciones de agua en las bermas; y aguas acumuladas en el fondo del rajo. Históricamente no se han observado flujos de salida importantes, con valores estimados de entre 1,0 y 7,0 l/s. El detalle se presenta en la sección 3.2.8.5.4 h.6.

e) Análisis de Niveles

En este acápite se realiza un análisis temporal y espacial de los niveles de agua subterránea medidos en pozos de monitoreo del Área de Influencia. Algunos pozos mantienen registros extensos, desde fechas anteriores a la intervención minera, o próximos a ésta; otros pozos han dejado de ser medidos a lo largo del tiempo, en general por el propio avance del rajo, mientras que algunos se han incorporado con posterioridad. Esto manifiesta que la información disponible puede variar desde un dato puntual en términos temporales a una serie casi continua con más de una década de registro. El detalle de las mediciones de niveles se muestra en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

En el análisis de series temporales se han considerado los piezómetros cuya continuidad de datos a lo largo del tiempo permite establecer tendencias de comportamiento, así como aquellos que se consideraron más representativos del sector. Los datos de precipitación considerados en el

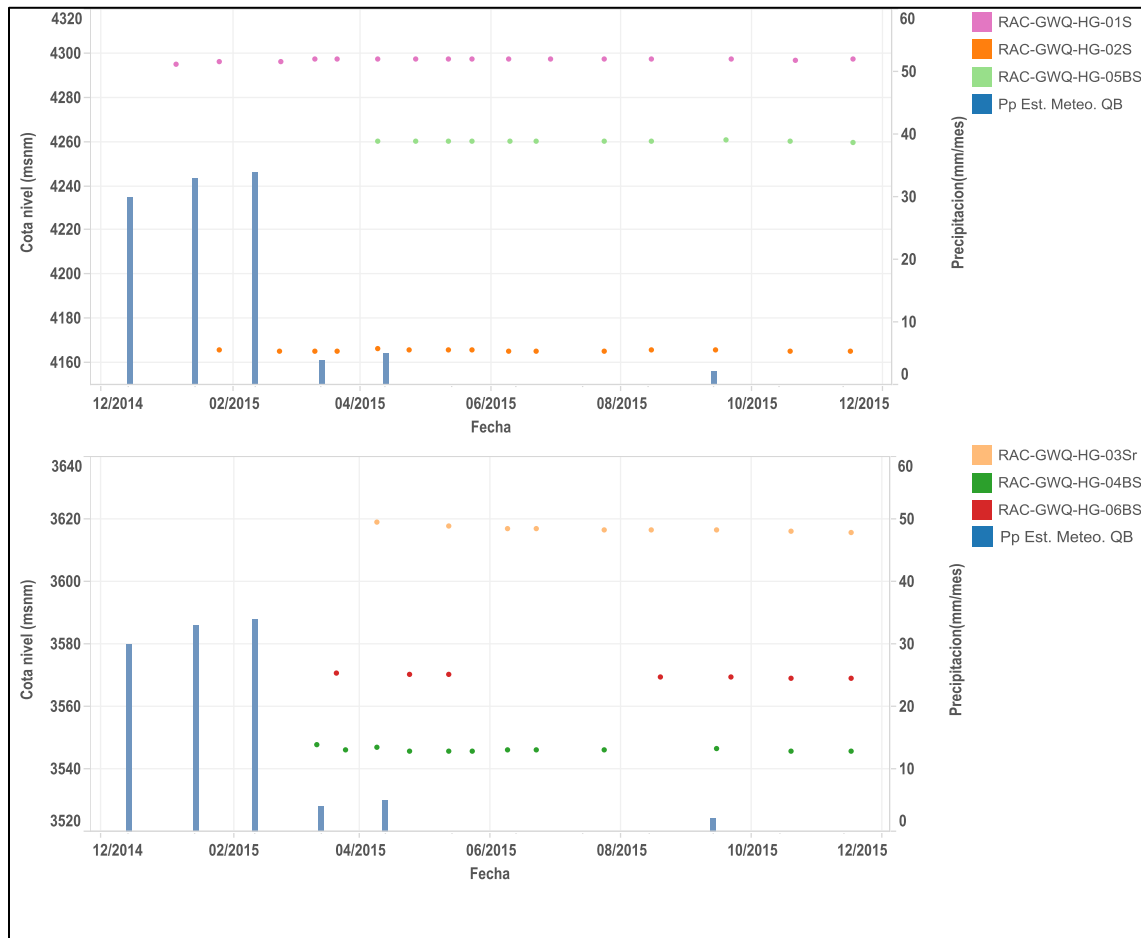
análisis provienen de la estación meteorológica “Quebrada Blanca”. El análisis de los niveles se realiza según los sectores indicados en la Figura 3.2.8-2.

En términos generales se observa que las mediciones de nivel son relativamente estables en el tiempo, salvo en las cercanías de los rajos de CMTQB y CMDIC (Rosario). Esto se explicaría por la relativamente baja difusividad del sistema subterráneo, que mantendría los descensos asociados a las excavaciones acotados al entorno de los rajos. Este comportamiento permite considerar a las mediciones recientes de nivel que no muestren variaciones significativas, como representativas de los niveles pre-mina. El proceso de proyección de niveles recientes a la condición pre-mina es de utilidad para la confección del mapa piezométrico pre-mina (acápites 3.2.8.5.4 h.4).

e.1) Sector Huinquintipa

El sector Huinquintipa se encuentra en la cuenca de Guatacondo e incluye el rajo de Rosario de CMDIC (Figura 3.2.8-2). Los niveles disponibles para este sector cubren el año 2015, para los cuales no se observa variación, sino que se mantienen estables en este periodo, con fluctuaciones menores (Figura 3.2.8-28). Los registros de nivel durante 2015 en el sondaje RAC-GWQ-HG-01S, ubicado unos 4,5 km al Oeste (aguas abajo) de las operaciones de CMDIC y 5 km al Noreste del rajo de QB, no han mostrado variaciones, que pudieran asociarse al efecto de estas actividades mineras. De manera general, los sondajes con el prefijo RAC-GWQ han presentado un ascenso de nivel entre su primera y segunda medición, que se asocia con la estabilización del nivel piezométrico después de su perforación y habilitación.

Figura 3.2.8-28. Variación de niveles piezométricos en el Sector Huinquentipa.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

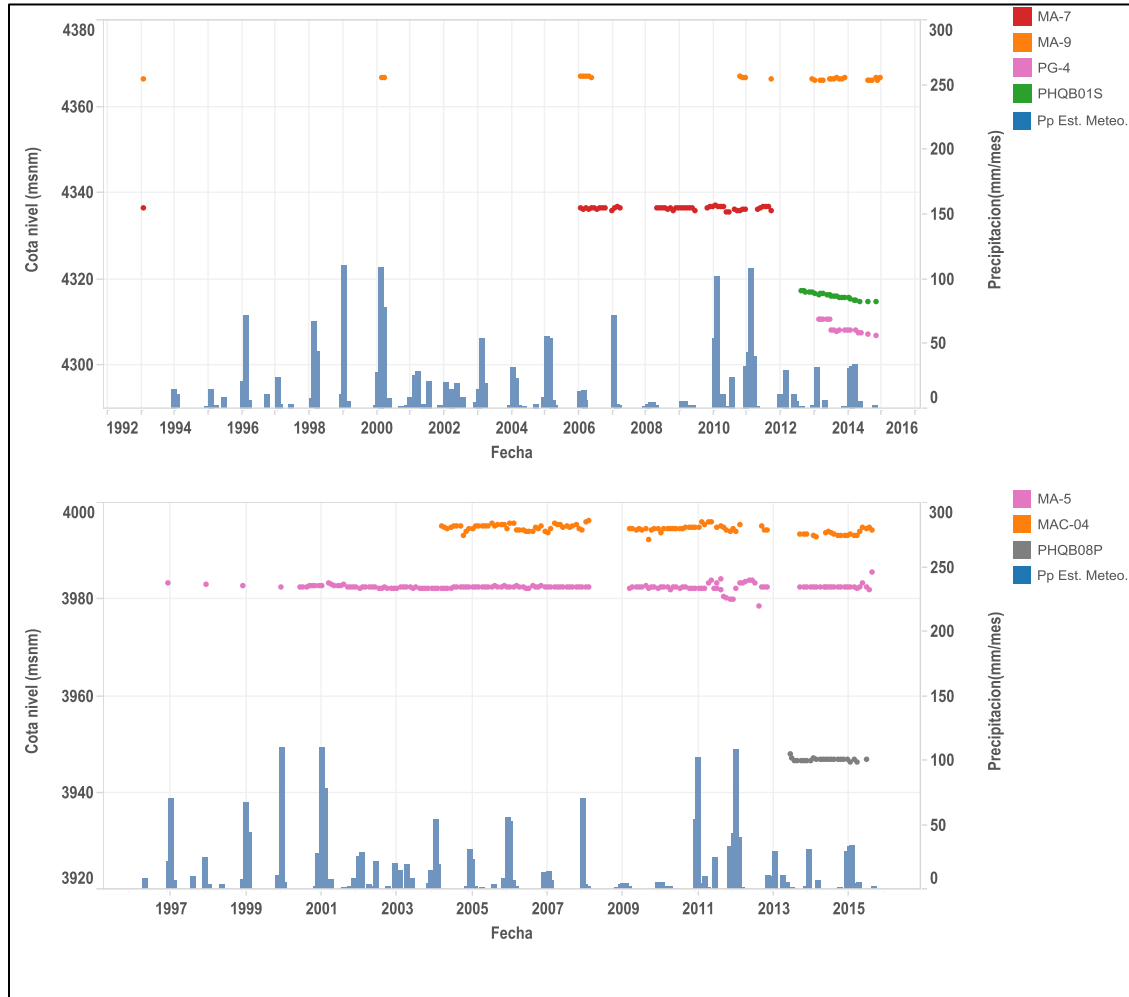
e.2) Sector Mina-Planta

Los datos de nivel piezométrico en el sector Mina-Planta (Figura 3.2.8-29) se inician en 1993, aunque con alguna discontinuidad hasta 2006. A partir de este último año, se han realizado mediciones más continuas, de forma manual o a través de la instrumentación de pozos con fines geotécnicos e hidrogeológicos. El comportamiento de los niveles en este sector varía en función de la distancia del punto de medición hasta el rajo. Los pozos que se encuentran más próximos al borde de éste (entre 500 y 1.000 m, aproximadamente, como el PHQB01S y PG-4), muestran una tendencia a la baja, sintiendo el efecto de sumidero que induce la excavación. Los pozos más allá de ese límite (PHQB08P, MA-4) se mantienen a una cota relativamente constante (Figura 3.2.8-29). En este sentido, el radio de influencia del rajo minero muestra un efecto acotado, en concordancia con la baja difusividad del medio en que se emplaza.

Respecto de la precipitación, los niveles muestran una respuesta puntual, que es más clara en los piezómetros más someros y en las zonas más permeables de depósitos fluvio-aluviales (pozo MAC-04). En pozos del rajo y la roca también es posible ver una respuesta para pozos habilitados

a menor profundidad, posiblemente asociado a alguna estructura, propia del entorno de mineralización, que está conectada con el punto de monitoreo.

Figura 3.2.8-29. Variación de niveles piezométricos en el Sector Mina-Planta (zona del rajo).



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

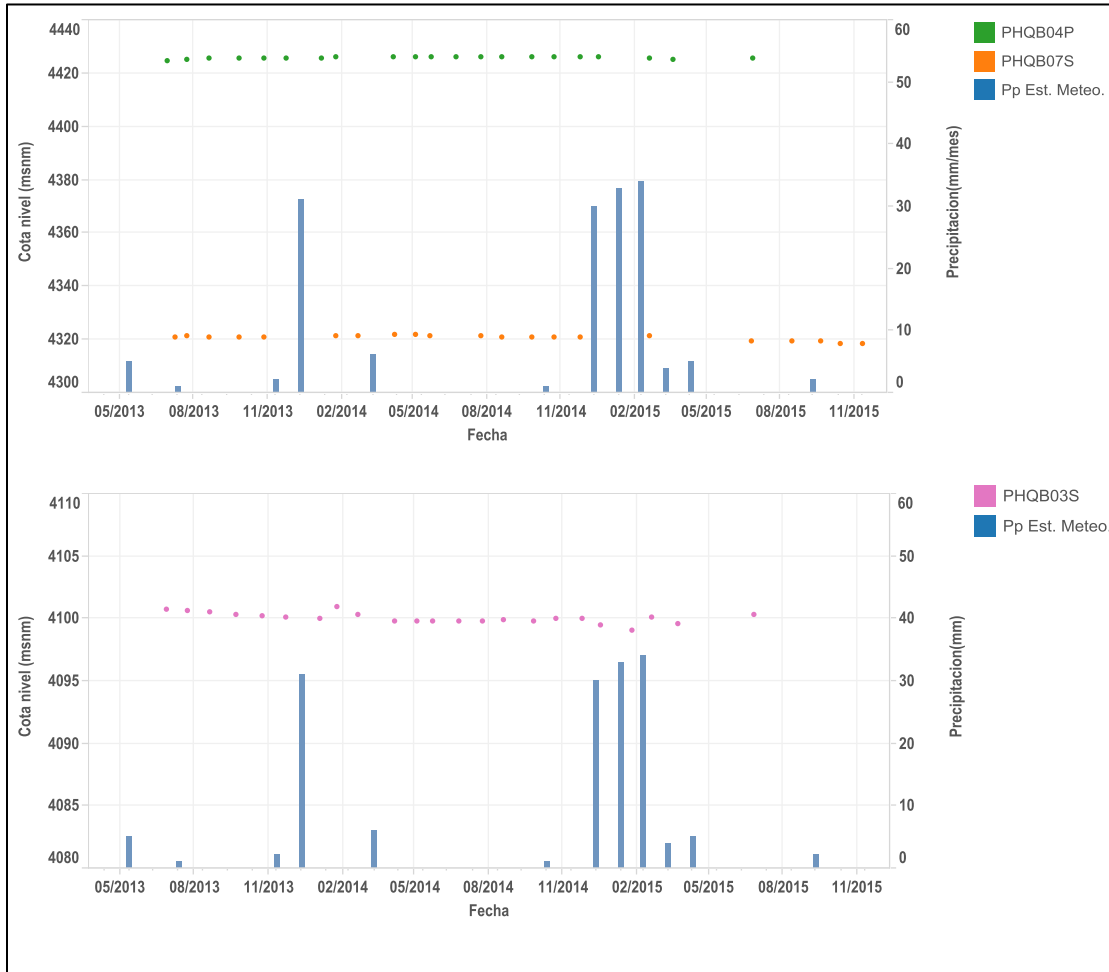
e.3) Sector Sureste Rajo

El sector ubicado al Sureste del rajo (Figura 3.2.8-2) tiene datos en el periodo de mayo 2013 a diciembre 2015. Los niveles se encuentran de forma general estables (Figura 3.2.8-30). Algunos puntos de control en esta zona se encuentran a una distancia entre 1.000 y 2.000 m del rajo, que podrían verse afectados en función de si hay conectividad estructural.

El pozo PHQB-03S se encuentra a unos 3 km al sur del rajo, sobre la quebrada Llaretta, y registra un valor mínimo de 4.099,0 m s.n.m. y un máximo de 4.100,9 m s.n.m. en dos años completos de registro (julio 2013 a julio 2015). Este sondaje y los otros en la zona muestran algunos saltos

de nivel durante los eventos de precipitación más intensos, que llegan a ser del orden de centímetros. Para tormentas menores no se aprecia variación.

Figura 3.2.8-30. Variación de niveles piezométricos en el Sector Mina-Planta (aguas arriba del rajo QB).



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

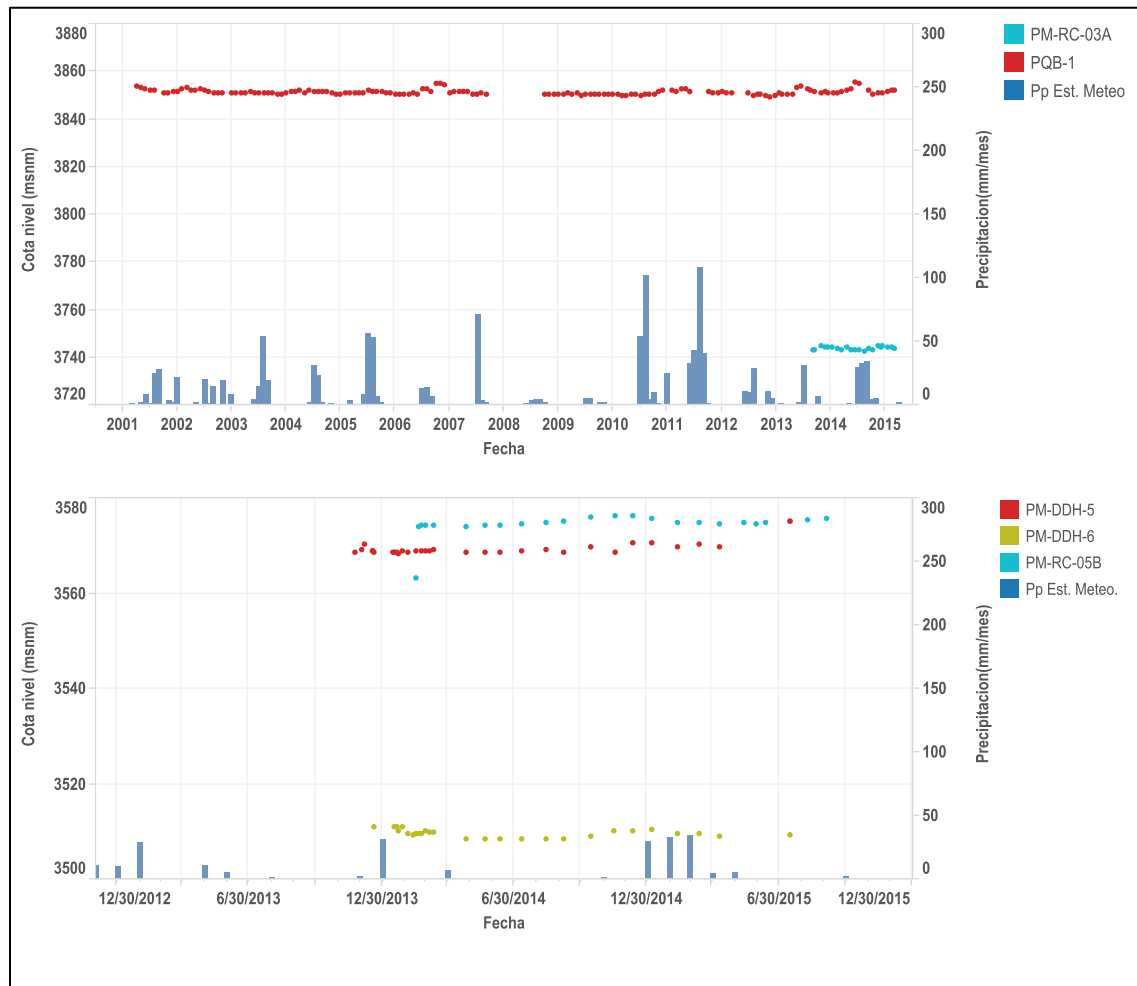
e.4) Sector Aguas Abajo

El Sector Aguas Abajo del rajo (Figura 3.2.8-2) dispone de información del pozo PQB-1, cuyo registro de nivel va desde el año 2001 al 2015 (Figura 3.2.8-31). Este pozo se encuentra en la quebrada Blanca y presenta periodos de disminución y periodos de recuperación de nivel en el tiempo, lo que podría asociarse a una combinación de efectos climáticos y antrópicos.

Además se tiene registros de nivel en pozos, ubicados aguas abajo del PQB-1 (PM-DDH-5, PM-RC-03A), con registros desde 2013. Estos sondajes muestran un comportamiento similar al descrito en otros puntos someros habilitados en material no consolidado del Área de Influencia, cuya dinámica general de los niveles muestra que éstos se mantienen estables. Las oscilaciones puntuales están relacionadas con eventos de precipitación y eventualmente operacionales de la

Cortina Hidráulica N° 1 situada en la zona, la que presenta ciertas variaciones en su caudal total de bombeo que dependen en parte del flujo disponible al momento de bombear.

Figura 3.2.8-31. Variación de niveles piezométricos en el Sector Aguas Abajo.

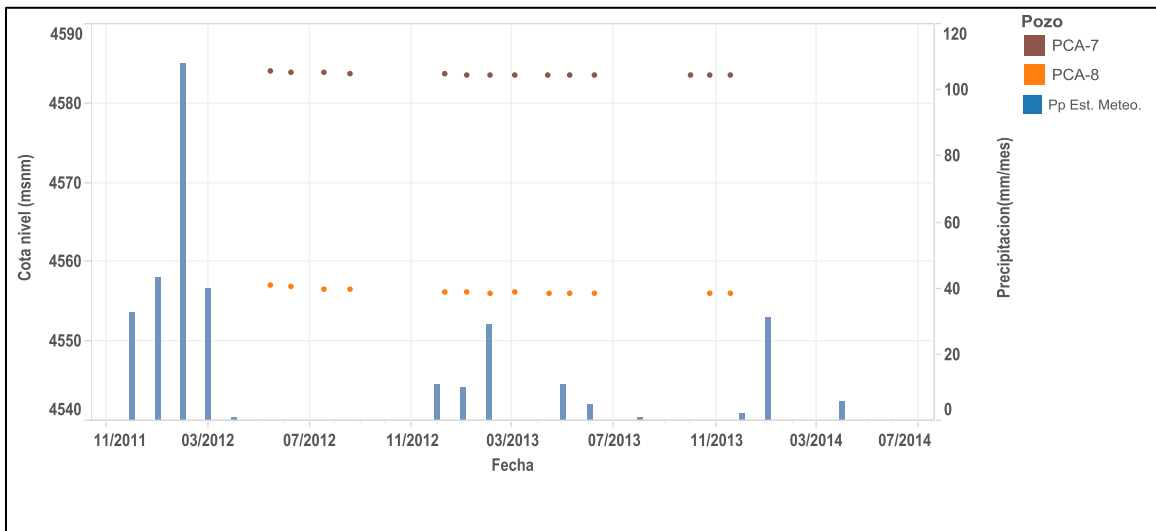


Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

e.5) Sector Ramucho-Choja

En el Sector Ramucho-Choja (Figura 3.2.8-2) se dispone de 2 pozos (PCA-7 y PCA-8 propiedad de CMDIC), ubicados en la quebrada Chiclla, parte alta de la cuenca. La información disponible va entre mayo de 2012 y noviembre de 2013 (Figura 3.2.8-32). Los niveles muestran una suave tendencia al descenso, entre 0,5 y 1,0 m para 18 meses de registro, que podría asociarse a la excavación del rajo Rosario y las actividades antrópicas de CMDIC en el área. El rajo en particular se ubica unos 4 km al norte y su profundidad alcanza 400 m desde la superficie topográfica. De acuerdo a la información disponible, no se observa una variación de los niveles producto de las precipitaciones.

Figura 3.2.8-32. Variación de niveles piezométricos en el Sector Ramucho-Choja.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

f) Ensayos y Parámetros Hidráulicos

Se han realizado un considerable número de ensayos hidráulicos en pozos del Área de Influencia, los que permiten caracterizar la conductividad hidráulica de los depósitos y afloramientos de roca identificados en terreno. La caracterización se realizó en base a cuatro tipos de ensayos hidráulicos: ensayos Lugeon, slug test, recuperación de nivel luego de habilitación de pozos y bombeo de gasto constante. Adicionalmente, fueron realizados ensayos tipo Lefranc, los que fueron descartados dada la baja precisión del método para el tipo de sistema ensayado, dada la baja admisión de caudal de los sondajes perforados en unidades de roca. A continuación se mencionan los principales resultados de estos ensayos y de su interpretación. El detalle de las campañas de ensayos hidráulicos y el respaldo de datos e interpretaciones se encuentran en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

En la Tabla 3.2.8-15 se resumen los valores estimados de conductividad hidráulica, obtenidos a partir del análisis de las distintas pruebas hidráulicas realizadas en el Área de Influencia. Estos ensayos se corresponden principalmente con el relleno fluvio-aluvial de la cuenca, los depósitos terciarios y rocas con diferentes grados de fracturamiento. Las litologías en que se describen los ensayos ha incluido a la Formación Papajoy, que se separa en una tramo Superior e Inferior a una profundidad variable en función de cambios litológicos y de permeabilidad identificados en estos ensayos (SWS, 2016a) (Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).

La Figura 3.2.8-33 muestra el rango de permeabilidades resultantes en distintas litologías, a través de su distribución y el diagrama de Box-plot correspondiente. Este diagrama resume la información estadística de los valores extremos (mínimo y máximo), así como el primer cuartil, la mediana (segundo cuartil) y el tercer cuartil. Aunque se observa una importante dispersión en los datos, los cuartiles del diagrama Box-plot permiten entender en qué porción del gráfico se encuentran concentrados los resultados.

La alta dispersión en los valores de permeabilidad evidenciada en las zonas con más información se relaciona con la relativamente alta heterogeneidad de las formaciones, producto de la variabilidad espacial en el grado de fracturamiento de las rocas y su cercanía a sistemas regionales de fallas.

El ensayo de recuperación de nivel post perforación de pozos se realizó registrando la evolución de la carga hidráulica dentro de un sondaje posterior a su habilitación. El nivel inicial, justo después de dicha habilitación, es distinto del que tiene el sistema fracturado con el que se encuentra en contacto, por lo que va cambiando hasta alcanzar un equilibrio. Este equilibrio puede tomar desde varias semanas hasta meses, según la permeabilidad de las unidades ensayadas.

Las estimaciones con recuperación de nivel post perforación de pozos y las de gasto constante se consideran más representativas y confiables, dado que las pruebas tienen una mayor duración y a su vez ensayan una porción mayor del sistema fracturado. En cierto sentido son más coherentes con la escala de un estudio de carácter regional. Las litologías que tienen estimaciones con recuperación de nivel corresponden a rocas sedimentarias (consolidadas), rocas ígneas y falla regional, con valores en el rango de $3,7 \times 10^{-7}$ y $8,6 \times 10^{-6}$ m/d. Por su parte, los depósitos fluvio-aluviales disponen de un total de 55 datos, uno de los cuales corresponde a un ensayo de bombeo de gasto constante, en el pozo MAC-04, que corresponde a la cota superior de valores de K, con 170 m/d.

Los resultados aquí presentados corresponden a la conductividad hidráulica del tramo o zona de influencia. El conjunto de estos ensayos entrega información acerca de la heterogeneidad global de las unidades, el rango de variación de su permeabilidad y los valores más esperados. La anisotropía, en particular, no se encuentra descrita por estas pruebas, sin embargo su existencia puede ayudar a describir estos medios fracturados que luego se tratan como medios porosos equivalentes. Dada esta conceptualización, para efectos de la modelación numérica se considera conveniente dejar abierta la posibilidad al uso de anisotropía.

Tabla 3.2.8-15. Resumen de valores de conductividad hidráulica interpretados a partir de ensayos de hidráulicos.

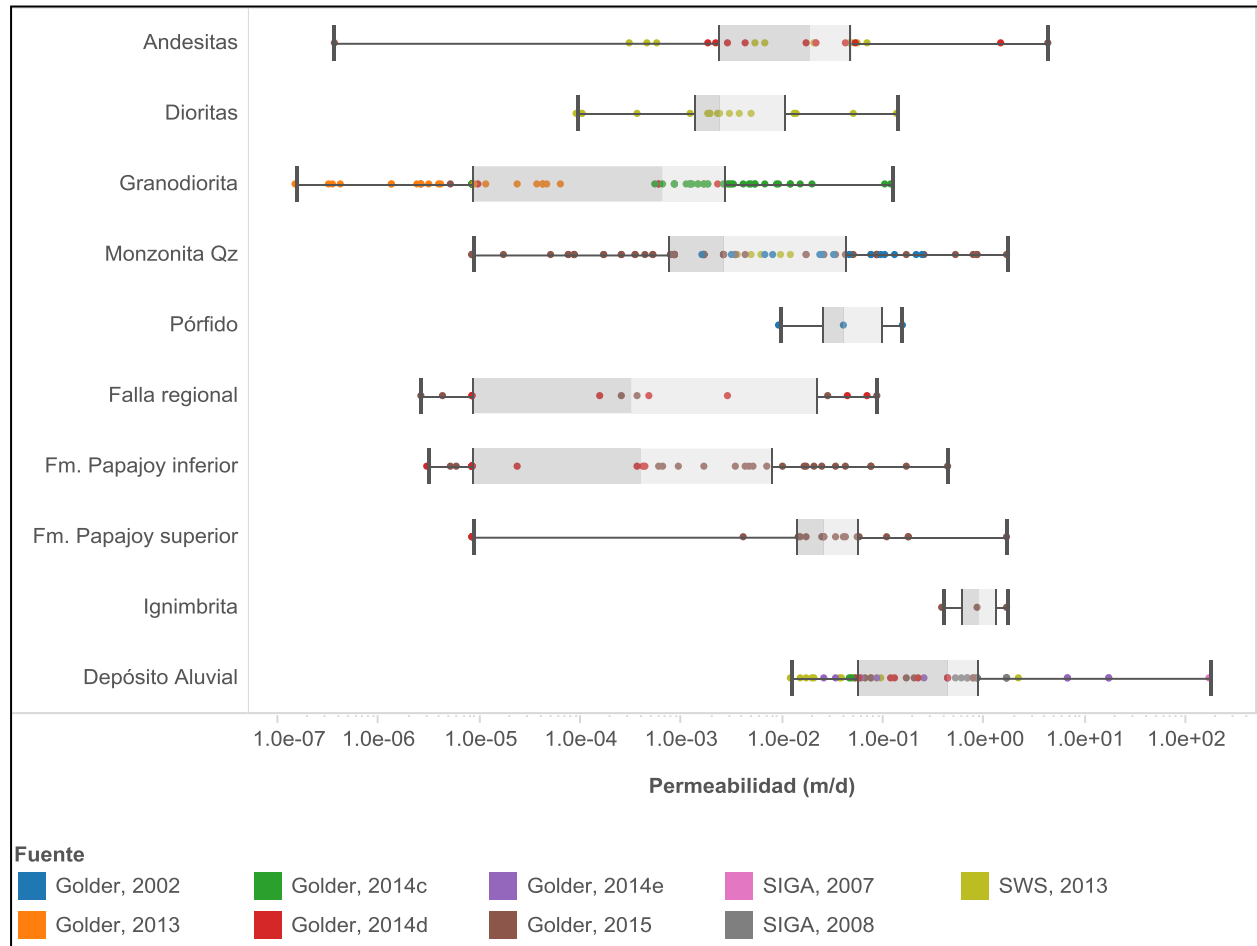
Fuente/parámetro	Litología									
	Andesitas	Dioritas	Granodiorita	Monzonita Cuarcífera	Pórfido	Falla regional	Fm. Papajoy inferior	Fm. Papajoy superior	Ignimbrita	Depósito Aluvial
SIGA, 2007										
K mínima (m/d)										1,7x10 ⁺⁰²
K máxima (m/d)										1,7x10 ⁺⁰²
Nº de ensayos										1
SIGA, 2008										
K mínima (m/d)										5,2x10 ⁻⁰¹
K máxima (m/d)										1,7
Nº de ensayos										17
Golder, 2002										
K mínima (m/d)				1,6x10 ⁻⁰³	9,5x10 ⁻⁰³					
K máxima (m/d)				2,4x10 ⁻⁰¹	1,6x10 ⁻⁰¹					
Nº de ensayos				14	3					
SWS, 2013										
K mínima (m/d)	3,1x10 ⁻⁰⁴	9,2x10 ⁻⁰⁵		3,6x10 ⁻⁰³						1,2x10 ⁻⁰²
K máxima (m/d)	7,0x10 ⁻⁰²	1,4x10 ⁻⁰¹		4,8x10 ⁻⁰²						2,2
Nº de ensayos	11	18		6						12
Golder, 2013										
K mínima (m/d)			1,5x10 ⁻⁰⁷							
K máxima (m/d)			6,4x10 ⁻⁰⁵							
Nº de ensayos			19							
Golder, 2014c										
K mínima (m/d)			8,6x10 ⁻⁰⁶							4,6x10 ⁻⁰²
K máxima (m/d)			1,2x10 ⁻⁰¹							4,8x10 ⁻⁰²
Nº de ensayos			38							2

Tabla 3.2.8-15 (Continuación). Resumen de valores de conductividad hidráulica interpretados a partir de ensayos de hidráulicos.

Fuente/parámetro	Litología									
	Andesitas	Dioritas	Granodiorita	Monzonita Cuarcífera	Pórfido	Falla regional	Fm. Papajoy inferior	Fm. Papajoy superior	Ignimbrita	Depósito Aluvial
Golder, 2014d										
K mínima (m/d)	1,8x10 ⁻⁰³		8,6x10 ⁻⁰⁶			8,6x10 ⁻⁰⁶	3,0x10 ⁻⁰⁶	8,6x10 ⁻⁰⁶		5,8x10 ⁻⁰²
K máxima (m/d)	1,5		2,4x10 ⁻⁰³			7,1x10 ⁻⁰²	4,4x10 ⁻⁰⁴	8,6x10 ⁻⁰⁶		4,3x10 ⁻⁰¹
N° de ensayos	9		12			8	13	1		5
Golder, 2014e										
K mínima (m/d)										2,6x10 ⁻⁰²
K máxima (m/d)										1,7x10 ⁺⁰¹
N° de ensayos										12
Golder, 2015a										
K mínima (m/d)	3,7x10 ⁻⁰⁷		2,6x10 ⁻⁰⁶	8,6x10 ⁻⁰⁶		2,6x10 ⁻⁰⁶	5,2x10 ⁻⁰⁶	8,6x10 ⁻⁰⁶	3,9x10 ⁻⁰¹	5,3x10 ⁻⁰²
K máxima (m/d)	4,3		8,6x10 ⁻⁰⁶	1,7		8,6x10 ⁻⁰²	4,3x10 ⁻⁰¹	1,7	1,7	7,8x10 ⁻⁰¹
N° de ensayos	2		3	65		6	31	20	3	6

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo..

Figura 3.2.8-33. Rango de permeabilidades como resultado de los ensayos realizados en distintas unidades.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Para efectos de referencia, en la Tabla 3.2.8-16 se muestra un rango bibliográfico de conductividades hidráulicas (Freeze & Cherry, 1979) que sirve para comprobar tanto la validez de los resultados de los ensayos, como la caracterización de la unidad ensayada. También se aporta información sobre valores de porosidad de drenaje (S_y), extraídos de información bibliográfica (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001). El coeficiente de almacenamiento específico S_y o porosidad de drenaje, se define como el volumen de agua que puede ser drenado desde el almacenamiento de una unidad hidrogeológica saturada, por unidad de área y por un descenso unitario del nivel freático.

Tabla 3.2.8-16. Rango de conductividades hidráulicas y porosidad de drenaje (Sy) bibliográficas.

Descripción litológica	Litología equivalente	Conductividad hidráulica (m/d)	Porosidad de drenaje Sy
Mezcla de grava, arena y limo no consolidada	Depósitos fluvio-aluviales	100 a 10^{-2}	0,25 - 0,05
Conglomerados y areniscas con poca a media cementación	Formación Papajoy superior, gravas terciarias	10 a 10^{-6}	0,05 - 0,01
Conglomerados y areniscas cementados	Rocas sedimentarias (consolidadas)	10^{-1} a 10^{-7}	0,01 - 0,001
Rocas ígneas con distinto grado de fracturamiento	Rocas ígneas, ignimbritas, Falla regional	100 a 10^{-9}	0,01 - 0,001

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

g) Hidrogeoquímica y Análisis Isotópico

En este acápite se presenta un resumen de los principales resultados del análisis de la información hidroquímica e isotópica de aguas subterráneas y superficiales dentro del Área de Influencia, cuyo propósito ha sido entender la coherencia de estos datos con las direcciones de flujo de agua subterránea y su tiempo de residencia en la roca y sedimentos, así como los procesos que afectan el fraccionamiento isotópico y su relación con la recarga y las descargas del sistema hidrogeológico. El detalle de la información base y de los análisis se presentan en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo y en la Línea Base de Calidad de Aguas (Capítulo 3.2.9 del presente EIA).

La información hidroquímica utilizada incluyó los iones mayoritarios como sulfato, cloruro, bicarbonato, calcio, magnesio, sodio y potasio, incluyendo los resultados de campañas de monitoreo hasta diciembre del 2015. Por su parte, el análisis isotópico consideró el Deuterio (D) y el Oxígeno 18 (^{18}O) en aguas muestreadas entre los meses de diciembre de 2012 y julio de 2013.

g.1) Hidrogeoquímica de Aguas

La concentración de cada elemento en el agua depende de la concentración natural presente en el entorno geológico-hidrogeológico, del posible efecto de las instalaciones mineras y de la movilidad del elemento en las aguas superficiales y subterráneas. Cabe destacar que una parte de las aguas en la zona de estudio se encuentran afectadas por las instalaciones mineras de CMTQB, en el Sector Mina y la quebrada Blanca, así como también por las instalaciones mineras de CMDIC del yacimiento Rosario, ubicado en la cabecera de la quebrada Huinquentipa (SWS, 2016a) (Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).

Las aguas del Área de Influencia se caracterizan principalmente como sulfatadas y bicarbonatadas cálcicas. El componente sulfatado aumenta de forma natural al tener un mayor contacto con la roca volcánica. En el entorno de la operación minera, la presencia de agua industrial puede resultar, además, en un aumento del componente magnésico.

La distribución espacial, tanto en aguas superficiales como en aguas subterráneas, indica que las mayores concentraciones de sólidos disueltos totales (SDT) se producen en los sectores Mina-Planta, y aguas abajo de Mina-Planta, y las menores en zonas situadas aguas arriba del rajo y en las cabeceras de las quebradas Ramucho, Llaretta y Jovita. (SWS, 2016a) (Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).

El análisis de la información hidroquímica disponible (SWS, 2016a) (Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo) permite inferir lo siguiente:

- La química natural de las aguas subterráneas muestra concentraciones altas de sulfato (sobre los 500 mg/L en general) y predominancia de la composición sulfatada cálcica. Estas concentraciones son más notorias en el Sector Mina-Planta donde se observan los efectos de la infraestructura minera, además de un aumento de la componente magnésica.
- En ausencia de los efectos de intervenciones mineras, la concentración de sulfato en las aguas subterráneas aumenta conforme se avanza en las direcciones de la red de drenaje superficial y el gradiente hidrogeológico, lo que es consistente con un mayor tiempo de contacto del agua con el medio. Este medio está constituido en la mayor parte del Área de Influencia por rocas ígneas (monzonita cuarcífera, granodiorita, riolitas, dacitas, andesitas y basaltos) de baja permeabilidad, que van imprimiendo sus características al agua durante su tránsito.
- Al considerar la evolución de las concentraciones de aguas subterráneas y superficiales, las cuencas hidrogeológicas muestran cierta coherencia con las cuencas hidrográficas en superficie. El intercambio de agua subterránea entre cuencas, de existir, sería bajo, dado que las aguas muestreadas en cuencas no intervenidas (Ramucho-Choja, por ejemplo) y que luego convergen con cuencas antropizadas (como quebrada Blanca) dan cuenta de una diferencia notoria antes y después de la confluencia de sus cursos superficiales.

g.2) Análisis Isotópico

Los isótopos estables analizados como parte del monitoreo de calidad en el Área de Influencia son el Deuterio (D) y el Oxígeno 18 (^{18}O), cuyos datos se obtuvieron entre los meses de diciembre de 2012 y julio de 2013. Cabe destacar que las aguas no presentan variaciones estacionales respecto a sus valores de composición isotópica, manteniéndose estables.

Las muestras de terreno exhiben un patrón de comportamiento estándar, en que se alejan de la Línea de Agua Meteórica Mundial (LAMM) y de la Línea de Agua Meteórica Local (LAML) a medida que se van enriqueciendo en isótopos pesados (^{18}O y D). Este patrón corresponde a una Línea de Evaporación (LE), lo que permite inferir que el agua remanente en los acuíferos ha sufrido fraccionamiento por este concepto.

El análisis de la información isotópica disponible (SWS, 2016a) (Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo) permite inferir lo siguiente:

- Las aguas muestreadas son interpretadas como aguas de recarga por infiltración directa de precipitaciones, afectadas en distintos grados por la evaporación, lo que respalda que esta descarga representa un aspecto importante en el balance hídrico. Los resultados indican a modo general que las muestras se alejan más de la LAML a medida que se avanza en la dirección del flujo, lo que indica un alejamiento del punto de recarga y una acumulación del efecto de evaporación. Las aguas en las partes altas de las quebradas se encuentran más cercas al cruce entre la LAML y la LE, mientras que las aguas en las partes bajas de las quebradas reflejan un enriquecimiento en isótopos pesados (D y ^{18}O).
- Las aguas de puntos superficiales muestran generalmente un enriquecimiento en isótopos pesados en comparación con las aguas subterráneas, que se debe a un mayor efecto de evaporación. Aguas subterráneas en puntos con una mayor fracción de isótopos pesados en comparación con las aguas superficiales en el mismo sector, como por ejemplo en los sectores Mina-Planta y Aguas Abajo, indican sin embargo una conexión hidráulica entre el agua subterránea y el agua superficial a través de afloramientos y re-infiltración de las aguas.

h) Resultados Caracterización Hidrogeológica

h.1) Aspectos Generales Sistema Hidrogeológico

Las principales características del sistema hidrogeológico del Área de Influencia son las siguientes:

- Se emplaza en una zona de intensa aridez, con episodios pluviométricos concentrados en los meses de verano del hemisferio sur (“Invierno Altiplánico”). La precipitación media anual aumenta con la elevación topográfica, manteniendo estas variables una buena correlación.
- El entorno geológico de las cuencas de estudio está conformado por la presencia prevalente de rocas volcánicas (andesita, riolita e ignimbrita), de rocas intrusivas (granito, granodiorita, y cuarzo-monzonita) y de pórfidos en el sector Sur y central, que definen un medio de baja permeabilidad.
- Las rocas ígneas tienen centenas de metros de espesor y se encuentran aflorando en superficie y en parte subyacentes a depósitos de gravas, brechas, conglomerados y areniscas terciarios y mesozoicos, así como a depósitos fluvio-aluviales y coluviales cuaternarios, estos últimos típicamente asociados con los lechos de quebradas.
- Las formaciones hidrogeológicamente más importantes por su alta permeabilidad corresponden a los depósitos fluvio-aluviales no consolidados. Estos rellenos sedimentarios tienen potencias máximas del orden de 20-25 m en zonas de mayor continuidad y reciben aportes de agua desde las rocas terciarias e ígneas que fueron recargadas a mayor cota.
- El agua recargada en los sedimentos permeables aflora en algunos puntos en que se dan condiciones propicias, como reducciones de la sección de paso o contrastes de permeabilidad. Estos afloramientos sostienen algunos flujos base observados en los cauces.

- Las características geológicas predominantes y las magnitudes de precipitación definen una recarga natural aproximada de 130 l/s. Esta recarga es consumida en gran parte por la evapotranspiración de la vegetación azonal reconocida en las cuencas de estudio, que se alimenta mayoritariamente de las aguas subterráneas en zonas en que el nivel freático se encuentra próximo a la superficie.
- Los niveles piezométricos de que se dispone dan cuenta de un gradiente hidráulico general en sentido Este-Oeste en el sector del rajo CMTQB y las cuencas de Ramucho y Guatacondo; una dirección Noreste-Suroeste en la quebrada Blanca y Sureste-Noroeste en la quebrada Huinquintipa. En base al gradiente topográfico y a la dirección del drenaje superficial, se supone un flujo subterráneo de dirección Este-Oeste en la quebrada Paguana.
- Los niveles piezométricos registrados muestran pocas variaciones en el tiempo, a excepción de aquellos en el entorno de los rajos de CMTQB y CMDIC (Rosario). Por su parte, la profundización de los rajos ha causado un efecto sumidero descendiendo los niveles en sus entornos. En el caso del rajo CMTQB, el descenso se encuentra limitado en su extensión espacial debido a la baja difusividad hidráulica del medio en que se encuentra, alcanzando descensos de nivel freático inferiores al metro a menos de 3 km del centro del rajo.
- Existen diversas recargas y descargas antrópicas asociadas a las operaciones mineras de CMTQB y CMDIC, cuyo efecto en el sistema hidrogeológico en términos de niveles y flujo es relativamente acotado, y que se describen en la sección d)3.2.8.5.4 d.

h.2) Extensión del Sistema Acuífero

El sistema hidrogeológico del Área de Influencia está limitado por las divisorias hidrográficas de tres cuencas (Figura 3.2.8-2):

- La cuenca de la quebrada Guatacondo, con punto de cierre unos 2,5 km aguas abajo de la estación DGA “Río Huatacondo en Copaquire”. Esta cuenca se encuentra al Norte del Área de Influencia y contiene las subcuencas de Huinquintipa, Ornajuno y Sallihuinca, entre las más importantes.
- La cuenca de la quebrada Choja, ubicada al Sur del Área de Influencia, con punto de cierre aguas abajo de la confluencia de las quebradas Blanca y Ramucho, sus dos tributarios más importantes.
- La cuenca de la quebrada Paguana, ubicada al Oeste del Área de Influencia, a una latitud media entre Choja y Guatacondo.

Para la definición de estos límites se ha considerado que la divisoria de agua superficial coincide con la divisoria de agua subterránea. Esta consideración viene apoyada por las siguientes observaciones:

- Los flujos de agua subterránea de mayor magnitud ocurren en las unidades hidrogeológicas someras, asociadas a los depósitos no consolidados. En estos depósitos se encuentran los cauces superficiales, a los que convergen los aportes de escorrentía directa en las cuencas hidrográficas.

- Las tres cuencas hidrográficas consideradas operarían de forma independiente y representarían la totalidad del funcionamiento hidrogeológico del sistema somero.
- Los flujos de agua subterránea profundos tienen magnitudes menores a las observadas en sedimentos no consolidados, debido a su notable menor permeabilidad. En otras palabras, las magnitudes totales de escorrentía subterránea en cada cuenca están controladas por el flujo a través de los sedimentos, siendo el flujo a través de las unidades de roca considerablemente menor.
- Los datos de nivel disponibles permiten inferir una divisoria de agua subterránea entre las subcuencas de las quebradas Huinquentipa y Blanca. En la cuenca de la quebrada Huinquentipa el flujo circula en dirección Sureste-Noroeste y en la cuenca de la quebrada Blanca, que contiene al rajo, el flujo sigue una dirección Noreste-Suroeste.
- Los datos hidroquímicos muestran que las concentraciones naturales de las aguas subterráneas están muy influenciadas por la mineralización de las rocas. Las aguas subterráneas evolucionan desde más diluidas a más concentradas conforme pasan más tiempo en contacto con las formaciones geológicas, en la medida que avanzan en sus direcciones de flujo. Las aguas más diluidas se encuentran en las cabeceras de las cuencas, mientras que las más concentradas se encuentran en las partes bajas, con la excepción de las zonas en que se realizan actividades de explotación antrópica de yacimientos mineros.
- Con base en la información actual de niveles en sondajes se deriva que el cono de descensos que ha provocado el rajo es limitado en extensión y no trasciende los límites de la divisoria superficial de la quebrada Blanca con la quebrada Huinquentipa.

h.3) Unidades Hidrogeológicas

La definición de las unidades hidrogeológicas se realiza para representar zonas de características similares desde el punto de vista hidráulico, agrupando unidades geológicas que en función de la escala pueden tener un nivel de detalle superior al requerido para conceptualizar de manera adecuada la hidrogeología de un área.

La información analizada para este propósito incluyó:

- Mapeos geológicos (acápite 3.2.8.5.3 c):
 - Geología de superficie.
 - Columnas litológicas de sondajes.
 - Perfiles geológicos.

- Información hidrogeológica:
 - Niveles piezométricos (acápites 3.2.8.5.4 e).
 - Ensayos hidráulicos (acápites 3.2.8.5.4 f).
- Prospección geofísica del Área de Influencia (detalles en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo):
 - Geofísica extensiva (TEM, resistividad eléctrica, sísmica de refracción).
 - Geofísica de pozos (televiewer, caliper, gamma natural).

A partir del análisis realizado, se identificaron seis unidades hidrogeológicas, las que se describen a continuación:

- Unidad Hidrogeológica 1 (UH1) - Depósitos fluviales, aluviales y coluviales: esta unidad hidrogeológica detrítica está asociada a los depósitos no consolidados fluviales, aluviales y coluviales en los lechos de las quebradas. Los niveles freáticos de esta unidad se encuentran cercanos a la superficie del terreno, y presentan algunos afloramientos en el fondo de las quebradas que en varios casos se asocian con presencia de vegetación.

Estos afloramientos alimentan los bofedales que se encuentran en la parte alta de la cuenca de la quebrada Blanca, aguas abajo de las piscinas de emergencia, en las quebradas Agua del Mote y Bofedal de Carmen, en la quebrada Llareta, en la quebrada Ramucho, y en la parte central de la quebrada Huinquentipa.

La UH1 presenta un amplio rango de conductividad hidráulica, entre 10^{-2} y 2×10^2 m/d. La abundancia de finos condiciona fuertemente el valor de permeabilidad, como también el de su porosidad efectiva. Para el coeficiente de almacenamiento se consideró un rango de 5 a 25%, según antecedentes de la literatura (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001).

- Unidad Hidrogeológica 2 (UH2) – Ignimbritas de la Formación Carcote: corresponden a un amplio depósito de flujos piroclásticos, con grados de consolidación variables. Su espesor máximo es del orden de 50 m. En el área de estudio se observa sobre-yaciendo a la Granodiorita El Escorial, areniscas de la Formación Quehuita y conglomerados de la Formación Papajoy.

La media de los valores de permeabilidad en la ignimbrita es la más alta entre las litologías ensayadas. Lo variable de su consolidación se suma a la presencia de porosidad secundaria, que es identificable en los testigos observados durante la perforación y que definen también su capacidad de almacenamiento. Su conductividad hidráulica varía entre 4×10^{-1} y 2,0 m/d y se asumió un rango de almacenamiento entre 1 y 10%, según antecedentes de la literatura (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001).

- Unidad Hidrogeológica 3 (UH3) – Formación Papajoy superior y gravas terciarias: corresponden predominantemente a secuencias sedimentarias clásticas. Los materiales

varían de rocas poco consolidadas, conformadas por una matriz de gravas, arenas y limos de mala selección, hasta conglomerados gruesos y de bloques, con un grado de consolidación medio. En menor proporción se encuentran conglomerados de grano fino a medio.

En esta unidad se inscriben la parte superior de la Formación Papajoy, menos consolidada, y varios depósitos de conglomerados diseminados, originados como depósitos de piedemonte en distintas zonas del Área de Influencia, principalmente en las subcuencas de quebrada Blanca y Huinquintipa. En el valle de la quebrada Blanca la Formación Papajoy se encuentra subyaciendo los depósitos fluvio-aluviales hasta unos 40 m de profundidad. Fuera de las quebradas puede presentar espesores de hasta 300 m.

Los valores de conductividad hidráulica de la UH3 varían entre 8×10^{-6} y $2,0$ m/d, cuya heterogeneidad se relaciona con el variable nivel de consolidación y grado de fracturamiento, y cantidad de finos en la matriz. El almacenamiento para esta unidad se consideró en el rango de 1 a 5%, según antecedentes de la literatura (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001).

- Unidad Hidrogeológica 4 (UH4) – Rocas sedimentarias: esta unidad hidrogeológica se compone principalmente de areniscas y conglomerados compactados, que se asocian a los depósitos terciarios de paleocauces cementados y a rocas sedimentarias de edades mesozoicas.

Esta unidad incluye la Formación Papajoy inferior, más competente, la Formación Tolar y la Formación Quehuita. La Formación Papajoy aquí descrita subyace a la Formación Papajoy menos consolidada que fue detallada como parte de la UH3 y ha sido identificada en sondajes al norte de la quebrada Blanca y al sur de Ramucho; la Formación Tolar aflora en la ladera noroeste del área de estudio, en la parte terminal de la quebrada Huinquintipa, donde está cubierta en parte por depósitos de piedemonte y por la Ignimbrita Carcote. Finalmente, la Formación Quehuita aflora tanto en el límite oeste de Guatacondo y entre el sur de la quebrada Blanca y el límite sur del Área de Influencia.

Los ensayos hidráulicos que se han realizado en estas unidades dan cuenta de una permeabilidad que varía entre 3×10^{-6} y $4,3 \times 10^{-1}$ m/d. Para el almacenamiento se asumió un valor de 0,1 a 1%, según antecedentes de la literatura (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001).

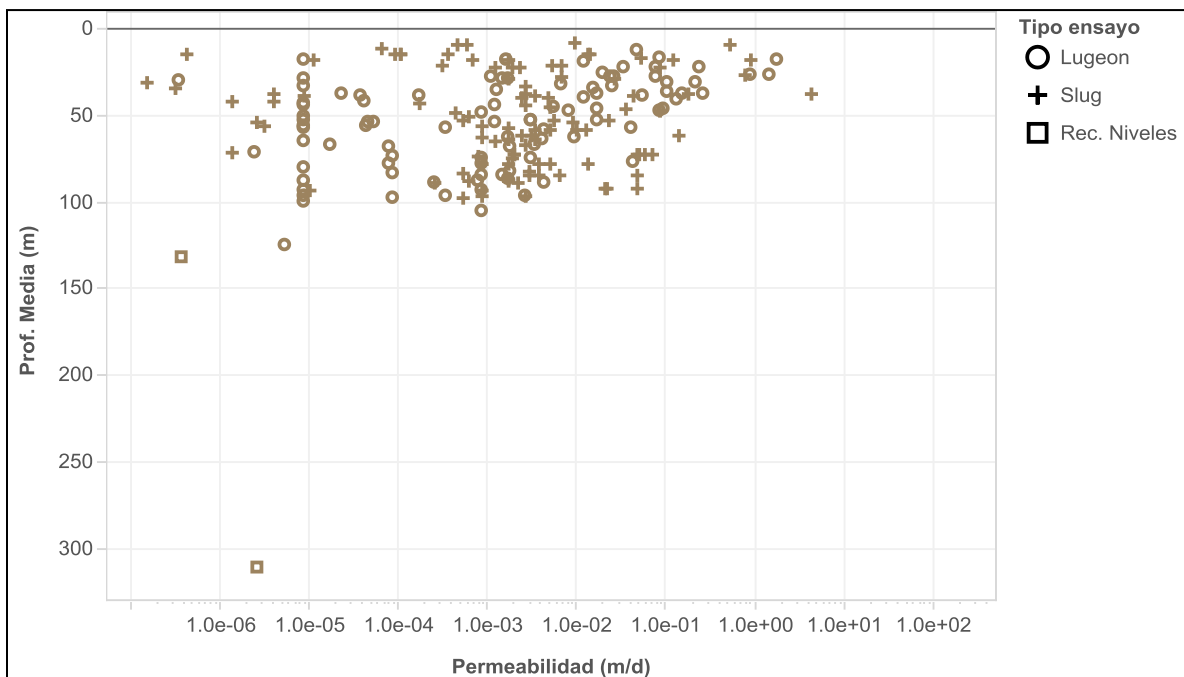
- Unidad Hidrogeológica 5 (UH5) – Unidad de rocas ígneas y metamórficas: esta unidad está asociada al basamento rocoso volcánico e intrusivo, que comprende diferentes grados de fracturamiento, relleno de fallas y grados de meteorización en función de su profundidad y su posición relativa respecto a fallas y estructuras que han introducido porosidad secundaria.

La unidad agrupa los cuerpos de Andesita, Diorita, Granodiorita, Monzonita Cuarcifera y Pórfidos descritos dentro del Área de Influencia. Su extensión relativa es importante, sin embargo el grado de heterogeneidad identificado por las variaciones de conductividad

hidráulica en cada una de ellas da sustento a la agrupación en una unidad equivalente por su comportamiento hidráulico.

Este grupo de rocas ígneas tiene un espesor que puede superar los 1.000 m y conductividades hidráulicas estimadas en los ensayos en un rango de $1,5 \times 10^{-7}$ y 4,3 m/d. La distribución de los datos da cuenta de que los valores máximos de permeabilidad van disminuyendo conforme aumenta la profundidad, quedando las zonas profundas en un rango más acotado (Figura 3.2.8-34). Esta disminución de conductividad hidráulica en la vertical se asocia a una mayor meteorización y fracturamiento en la parte somera de la unidad y una mayor compactación y sellamiento en profundidad, debido a una mayor carga litostática.

Figura 3.2.8-34. Variación de la permeabilidad con la profundidad en rocas ígneas.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

En el área del rajo, asociada al Complejo Hidrotermal quebrada Blanca, se diferencia entre una unidad de mineralización secundaria supérgena, caracterizada por alteración y fracturamiento importante, y la unidad hipógena, que se considera menos permeable debido también al menor grado de fracturamiento.

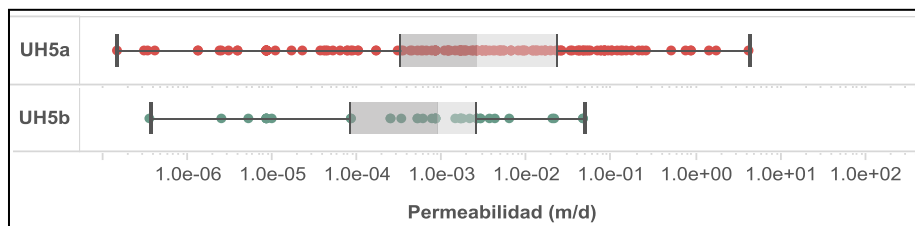
Las características descritas permiten asociar a la UH5 dos sub-unidades, una superior y una inferior, cuya división quedaría de la siguiente forma:

- UH5a: corresponde a la porción más someras de las rocas ígneas y metamórficas de la UH5, que se desarrolla desde la superficie del terreno, donde se encuentran aflorando las rocas, hasta una profundidad que es variable, partiendo de manera general en unos 60 – 80 m. Los datos de permeabilidad en esta sub-unidad presenta un rango amplio de

variación, entre $1,5 \times 10^{-7}$ y $4,3$ m/d (Figura 3.2.8-35). El almacenamiento considerado fue de 0,5 a 1%, según antecedentes de la literatura (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001).

- UH5b: esta sub-unidad se encuentra subyaciendo a la UH5a e incorpora la zona hipógena del yacimiento de quebrada Blanca. Su espesor es considerable, del orden de 600 m y más, con un nivel de fondo que puede alcanzar más de 1.000 m desde la superficie. La permeabilidad estimada para esta unidad fluctúa entre $3,7 \times 10^{-7}$ y $4,8 \times 10^{-2}$ m/d, con valores máximos de unos dos órdenes de magnitud más bajos que la unidad de rocas superior (Figura 3.2.8-35). El almacenamiento considerado para la UH5b está en el rango de 0,01 a 0,5%, según antecedentes de la literatura (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001).

Figura 3.2.8-35. Rangos de permeabilidad para las rocas ígneas a distinta profundidad.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

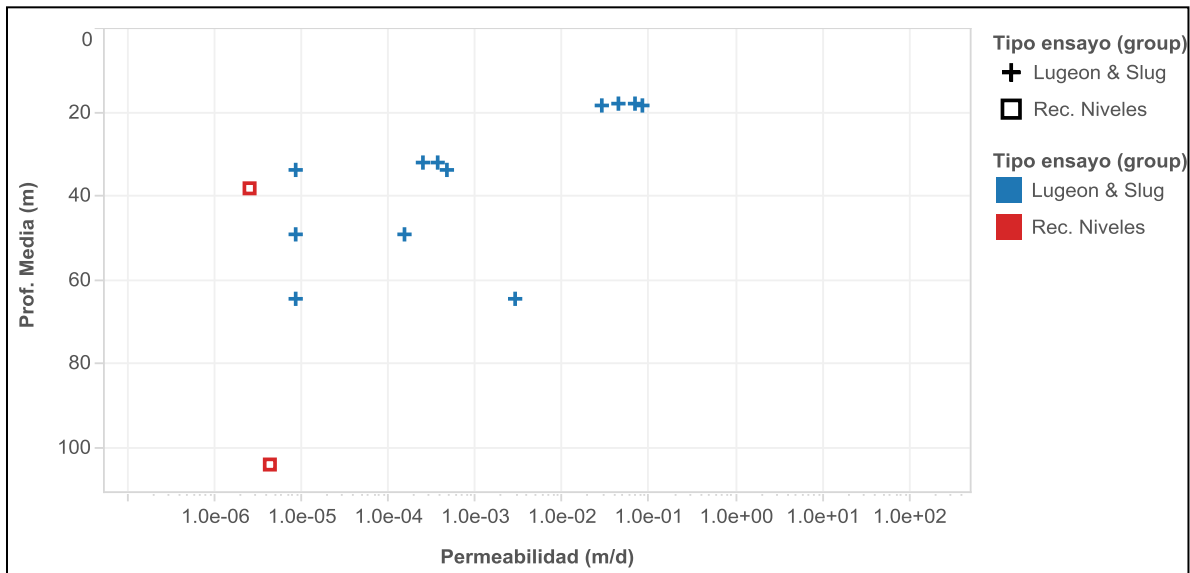
- Unidad Hidrogeológica 6 (UH6) – Fallas regionales: esta unidad se corresponde con el sistema de fallas regionales de orientación N-S, reconocido como el Sistema de Fallas de Domeyko, en la parte baja de las cuencas en el Área de Influencia. Estas fallas principales se encuentran atravesando sub-verticalmente las formaciones que se encuentran en torno a su traza en superficie, así como aquellas que se describen en profundidad en los sondajes.

La capacidad de conducción de flujo por las fallas estará muy condicionada por factores locales, como la presencia o no de un relleno, el tipo de material y alteración en este relleno, el efecto de los agentes que producen meteorización y la presión litostática a mayor profundidad.

Los ensayos realizados en tramos de sondajes que intersectan fallas, a menos de 50 m de sus trazas en superficie, dan cuenta de cierta variabilidad en la magnitud de la conductividad hidráulica. El rango estimado con estos ensayos es de $2,6 \times 10^{-6}$ a $8,6 \times 10^{-2}$ m/d, con profundidades medias de los tramos entre 20 y 100 m, aproximadamente (Figura 3.2.8-36). Los ensayos de recuperación son más confiables para la evaluación del valor de conductividad hidráulica. El tramo probado hidráulicamente en estos casos es casi siete veces mayor a los ensayos Slug y Lugeon, con deltas de carga hidráulica también mayores. El equilibrio del nivel en recuperación con el nivel en el sistema fracturado puede tomar varias semanas o meses, lo que permite una interpretación más ajustada a las hipótesis del método, con un más claro desarrollo de flujo radial y entendimiento del sistema. Consistentemente estas pruebas han entregado menos permeabilidad para los tramos con falla.

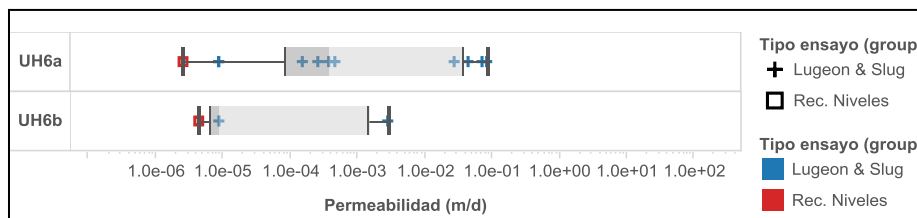
Otro aspecto que se manifiesta en la Figura 3.2.8-36 es el cambio de permeabilidad con la profundidad. A mayor profundidad los valores de conductividad son menores, de un modo similar al que se manifiesta en las rocas ígneas y metamórficas de la UH5. Definiendo un corte a los 60 m, los rangos quedan para la parte superior (UH6a de 0 a 60 m) en $2,6 \times 10^{-6}$ a $8,6 \times 10^{-2}$ m/d, mientras para la parte inferior (UH6b a partir de los 60 m) quedan en el rango de $4,3 \times 10^{-6}$ a $2,9 \times 10^{-3}$ m/d (Figura 3.2.8-37). El almacenamiento considerado fue de 0,1 a 1% para ambos casos, según antecedentes de la literatura (Anderson y Woessner, 1991; Fetter, 2001).

Figura 3.2.8-36. Variación de la permeabilidad de las fallas regionales en profundidad según ensayos de recuperación de niveles, slug test y Lugeon.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-37. Rangos de permeabilidad en profundidad para las fallas regionales.



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

En la Tabla 3.2.8-17 se resumen los valores de los parámetros hidráulicos de las unidades hidrogeológicas identificadas en el Área de Influencia, cuya representación gráfica en diagramas de Box-plot se presenta en la Figura 3.2.8-38. Estos diagramas de Box-plot muestran el valor máximo y mínimo, además del primer cuartil, la mediana (segundo cuartil) y el tercer cuartil. Como fue comentado en el acápite 3.2.8.5.4 f), aun cuando se observa una importante dispersión en los datos, los cuartiles del diagrama Box-plot permiten entender en qué porción del gráfico se encuentran concentrados los resultados.

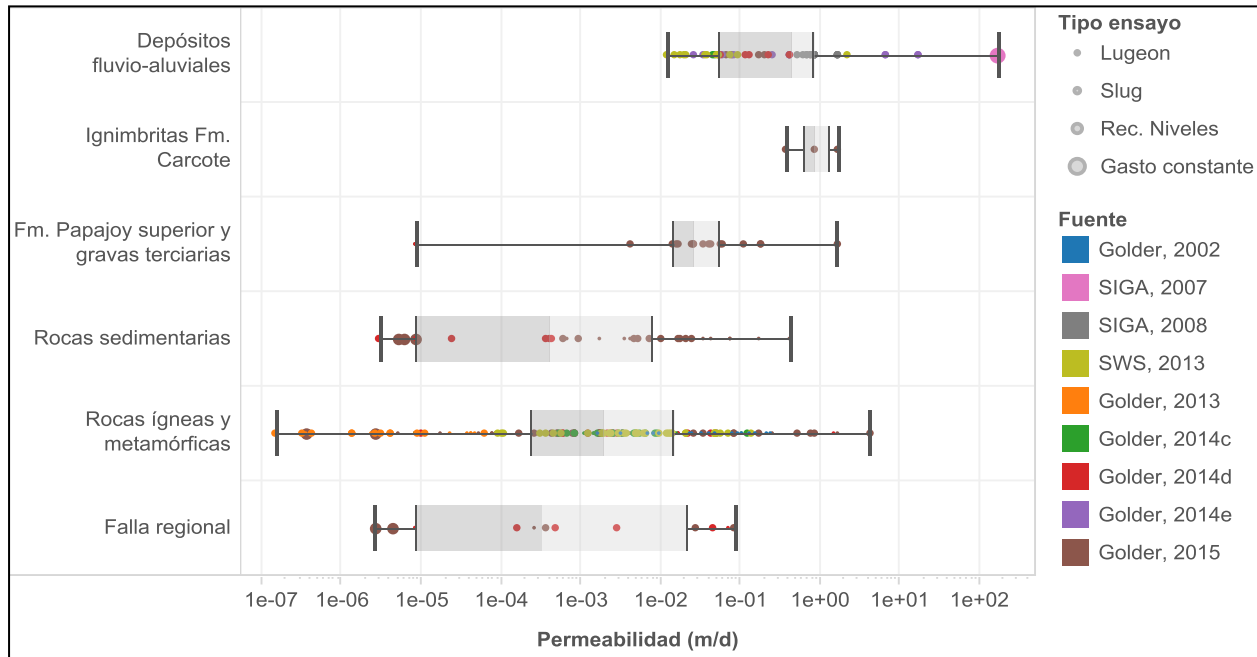
La distribución de las unidades hidrogeológicas identificadas en superficie en el Área de Influencia se muestra en el mapa de la Figura 3.2.8-39. Las Figuras 3.2.8-40 a 3.2.8-46 muestran la distribución de las unidades en forma de siete secciones hidrogeológicas.

Tabla 3.2.8-17. Resumen de parámetros hidráulicos estimados.

Unidad Hidrogeológica	Descripción litológica equivalente	Conductividad hidráulica (m/d)	Ss (1/m)	Sy (-)
UH1	Depósitos fluviales, aluviales y coluviales	$1,2 \times 10^{-2}$ a $1,7 \times 10^{+2}$	1×10^{-4}	5% – 25%
UH2	Ignimbritas de la Formación Carcote	$3,9 \times 10^{-1}$ a 1,7	1×10^{-5}	1% – 10%
UH3	Formación Papajoy superior y gravas terciarias	$8,6 \times 10^{-6}$ a 1,7	1×10^{-6}	1% – 5%
UH4	Rocas sedimentarias	$3,0 \times 10^{-6}$ a $4,3 \times 10^{-1}$	1×10^{-7}	0,1% - 1%
UH5a	Rocas ígneas y metamórficas superior	$1,5 \times 10^{-7}$ a 4,3	1×10^{-7}	0,5% - 1%
UH5b	Rocas ígneas y metamórficas inferior	$3,7 \times 10^{-7}$ a $4,8 \times 10^{-2}$	1×10^{-7}	0,01% - 0,5%
UH6a	Fallas regionales superior	$2,6 \times 10^{-6}$ a $8,6 \times 10^{-2}$	1×10^{-7}	0,1% - 1%
UH6b	Fallas regionales inferior	$4,3 \times 10^{-6}$ a $2,9 \times 10^{-3}$	1×10^{-7}	0,1% - 1%

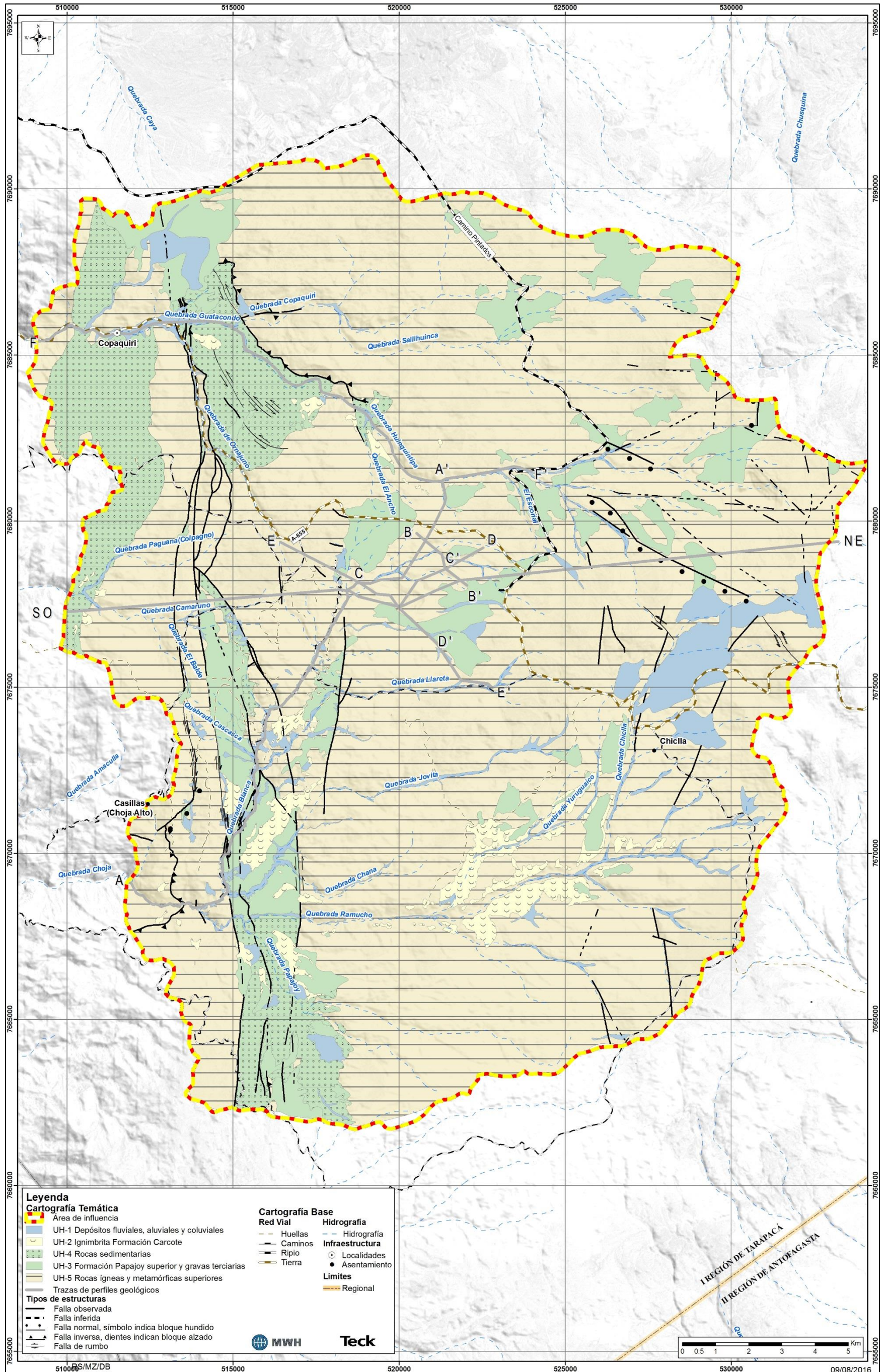
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-38. Rangos de permeabilidad como resultado de los ensayos realizados en distintas unidades hidrogeológicas.



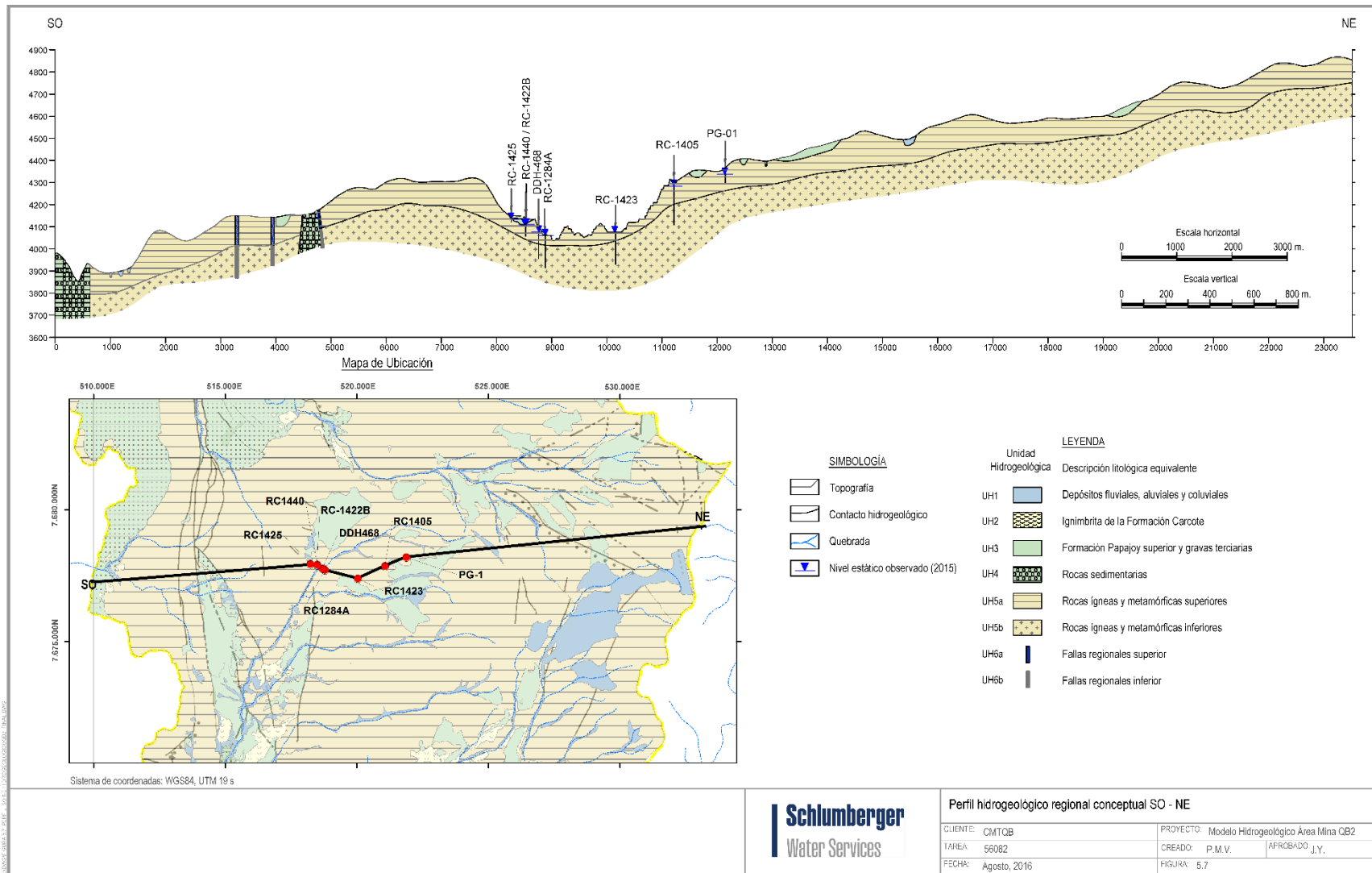
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-39. Mapa hidrogeológico del Área de Influencia.



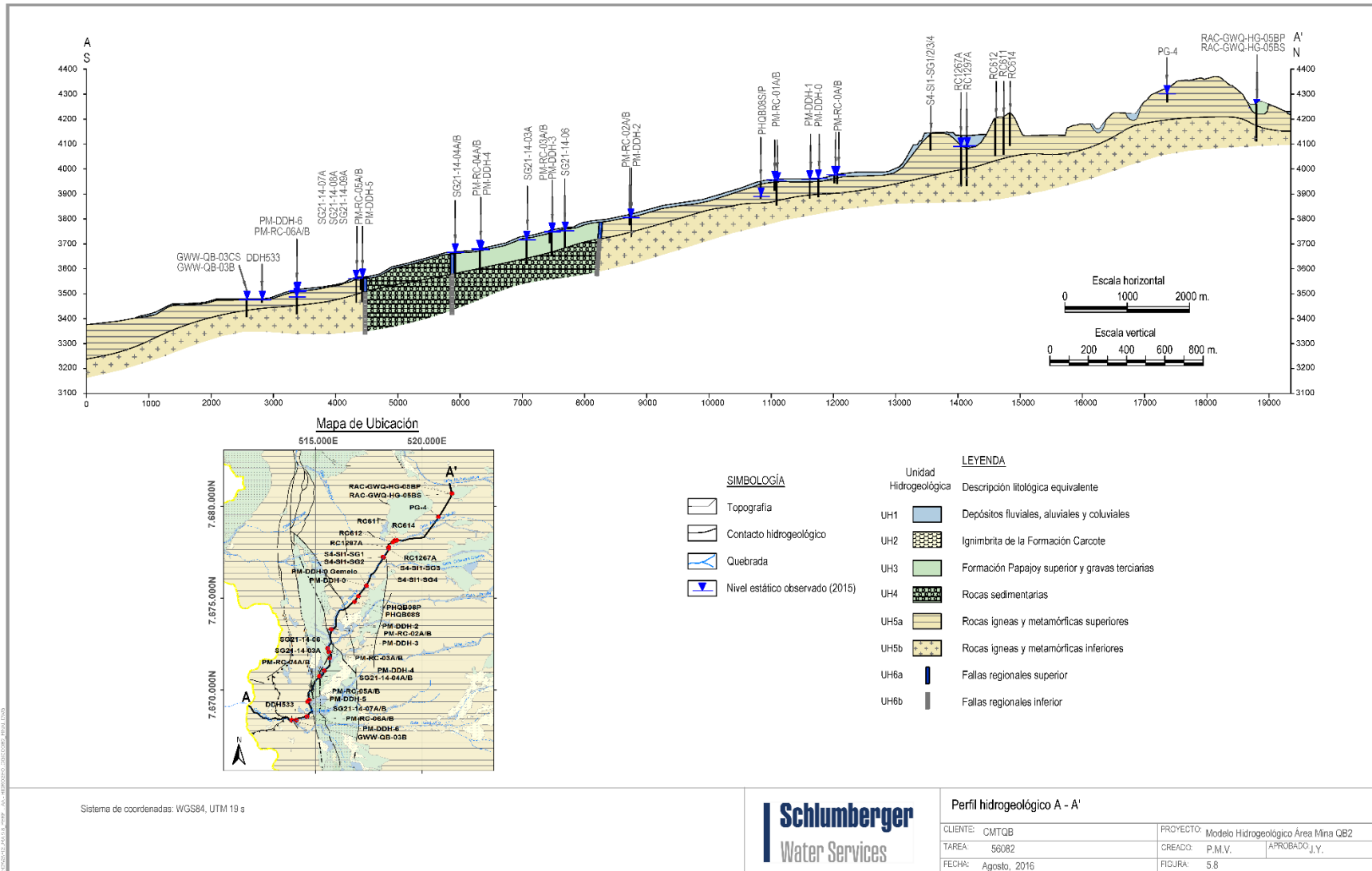
Fuente: Modificado del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-40. Perfil hidrogeológico regional conceptual SO – NE (Figura 5.7 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



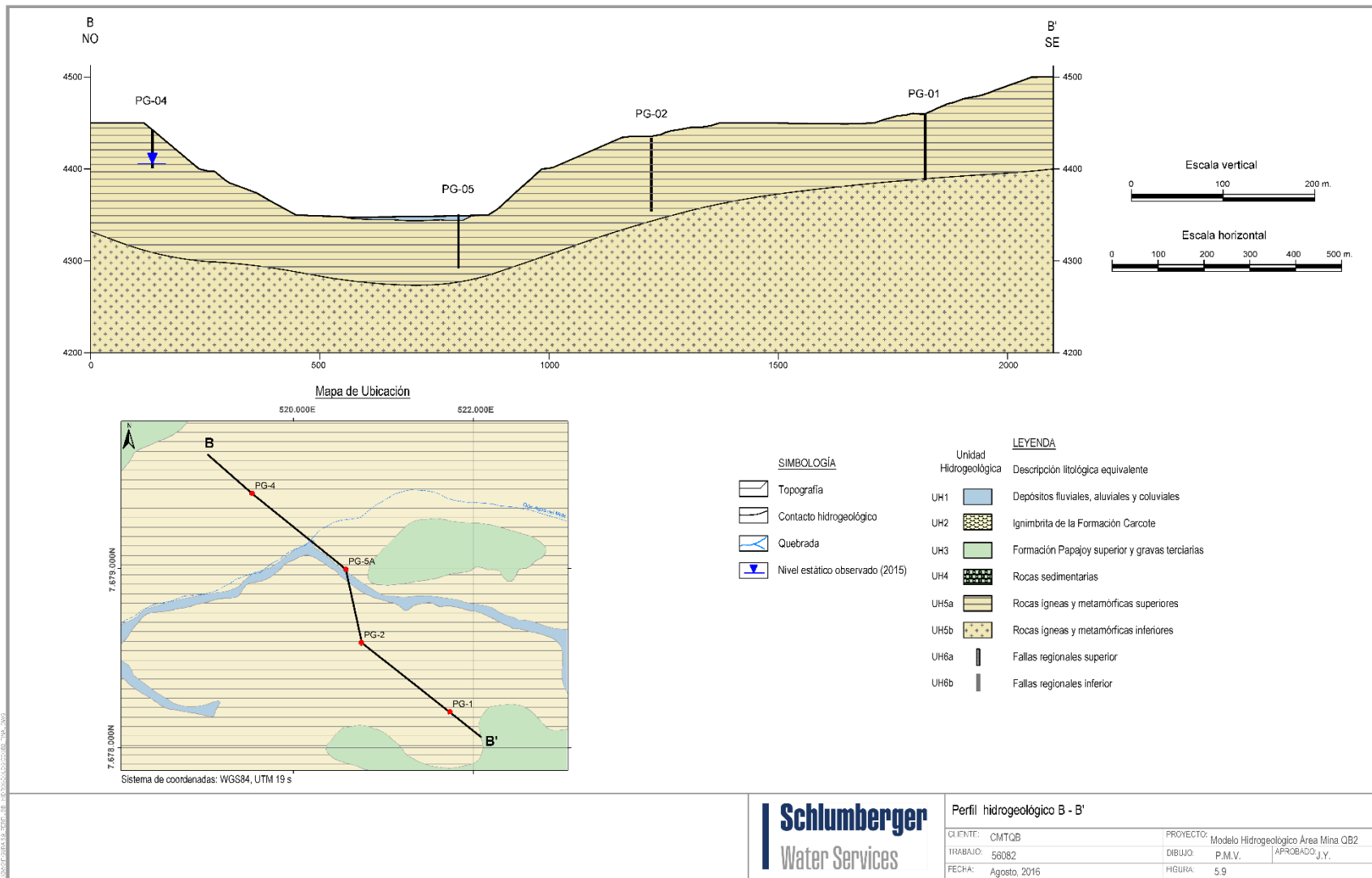
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-41. Perfil hidrogeológico A - A' (Figura 5.8 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



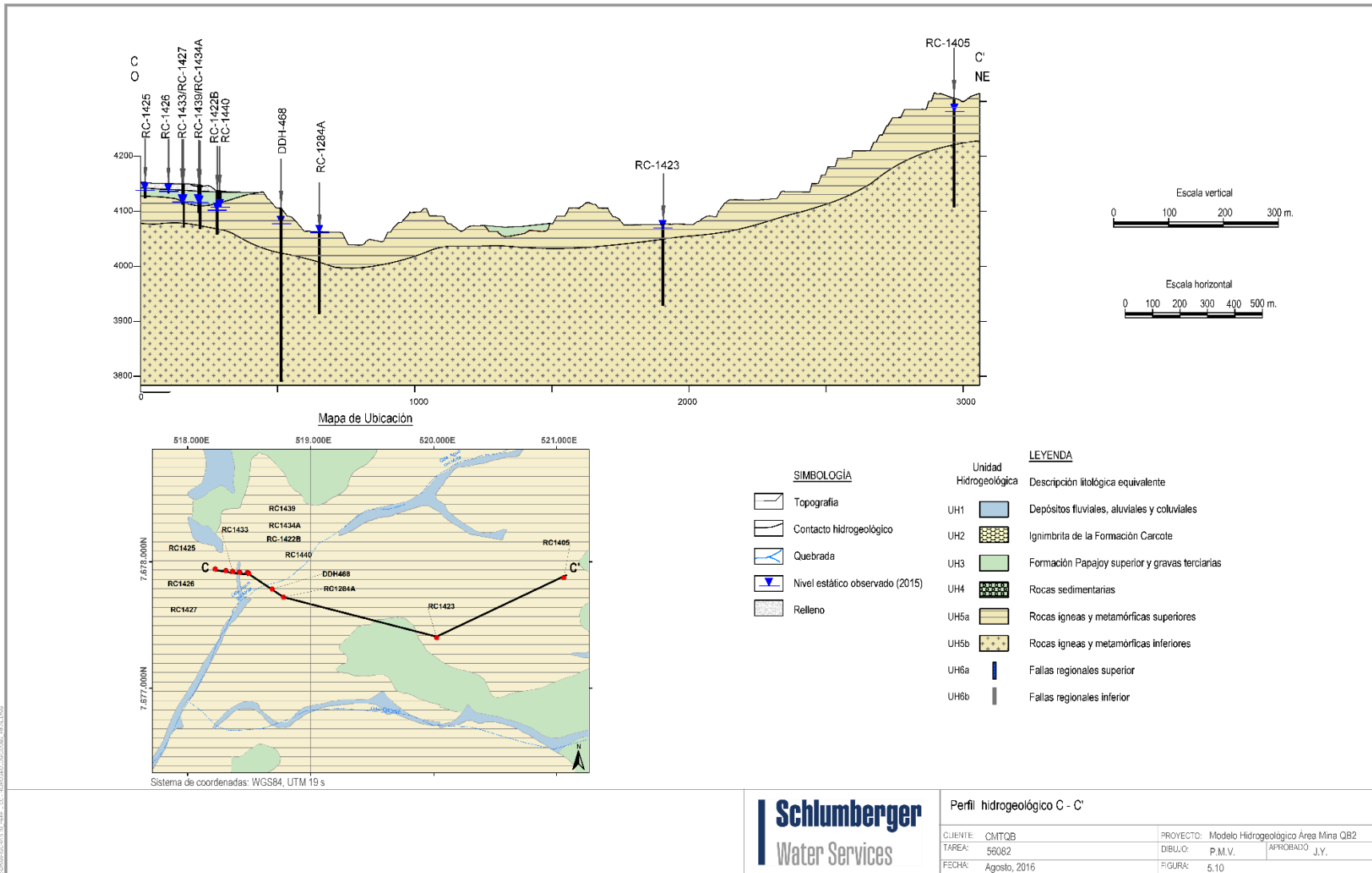
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-42. Perfil hidrogeológico B - B' (Figura 5.9 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



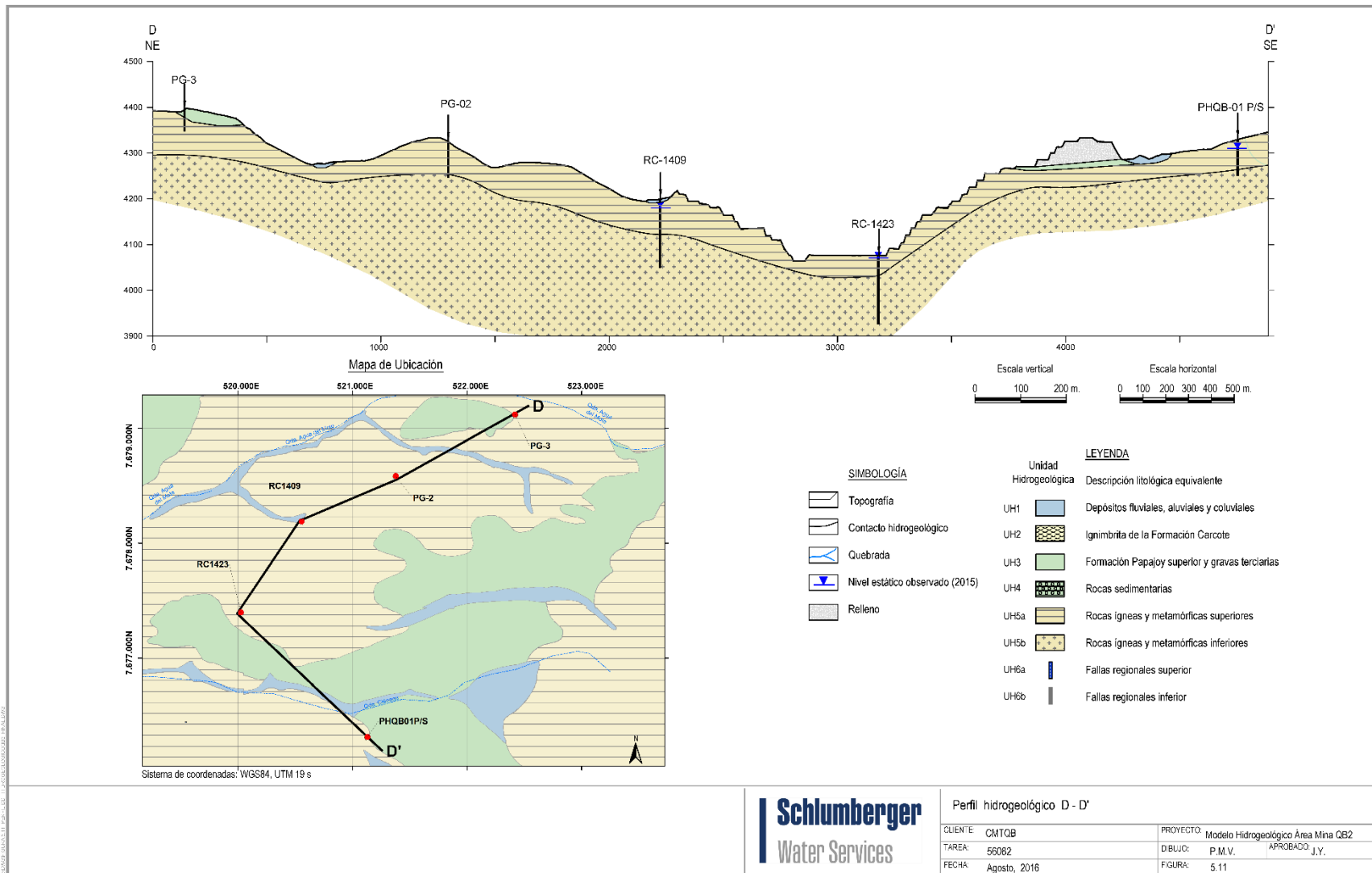
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-43. Perfil hidrogeológico C - C' (Figura 5.10 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



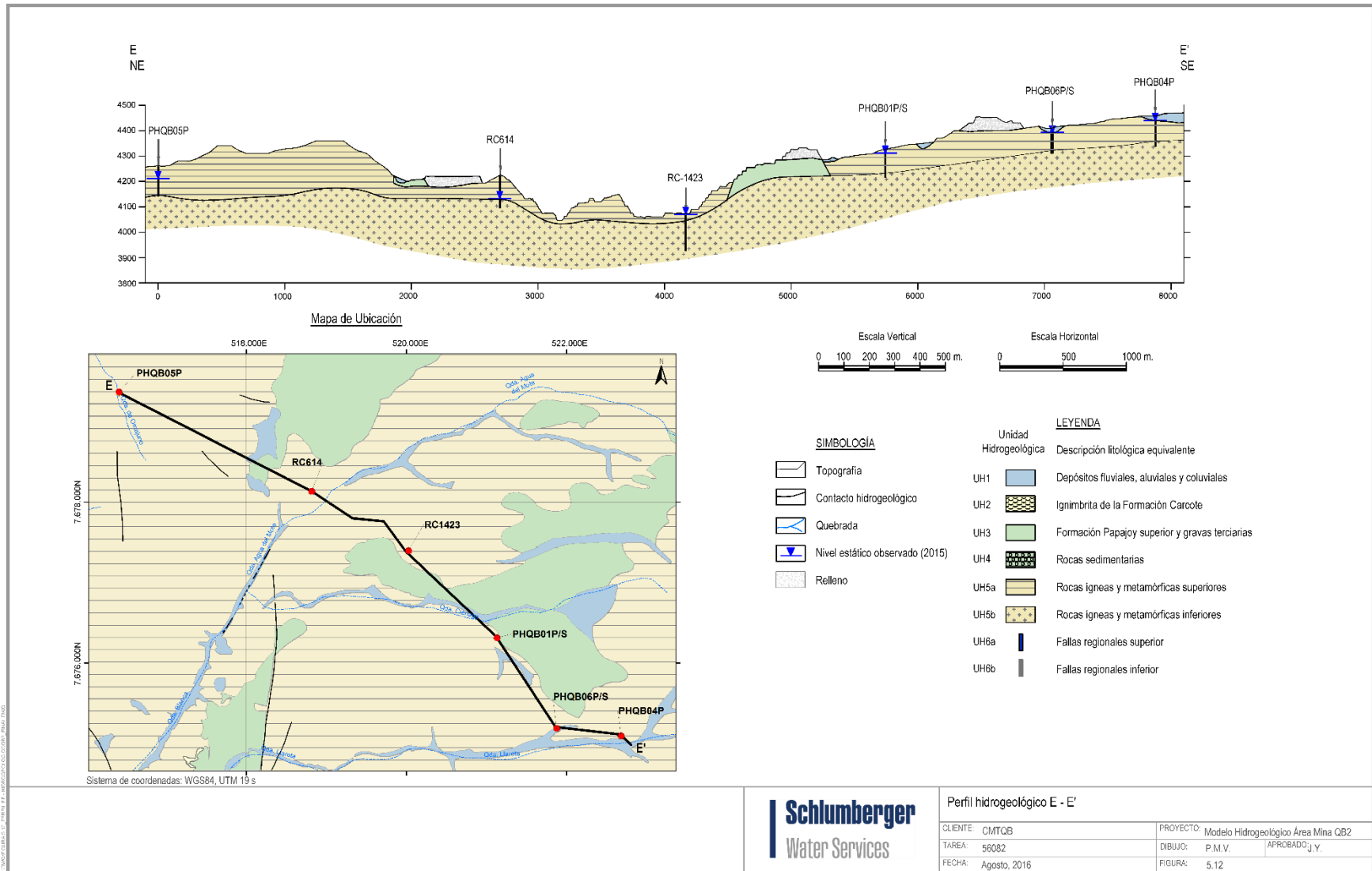
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-44. Perfil hidrogeológico D - D' (Figura 5.11 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

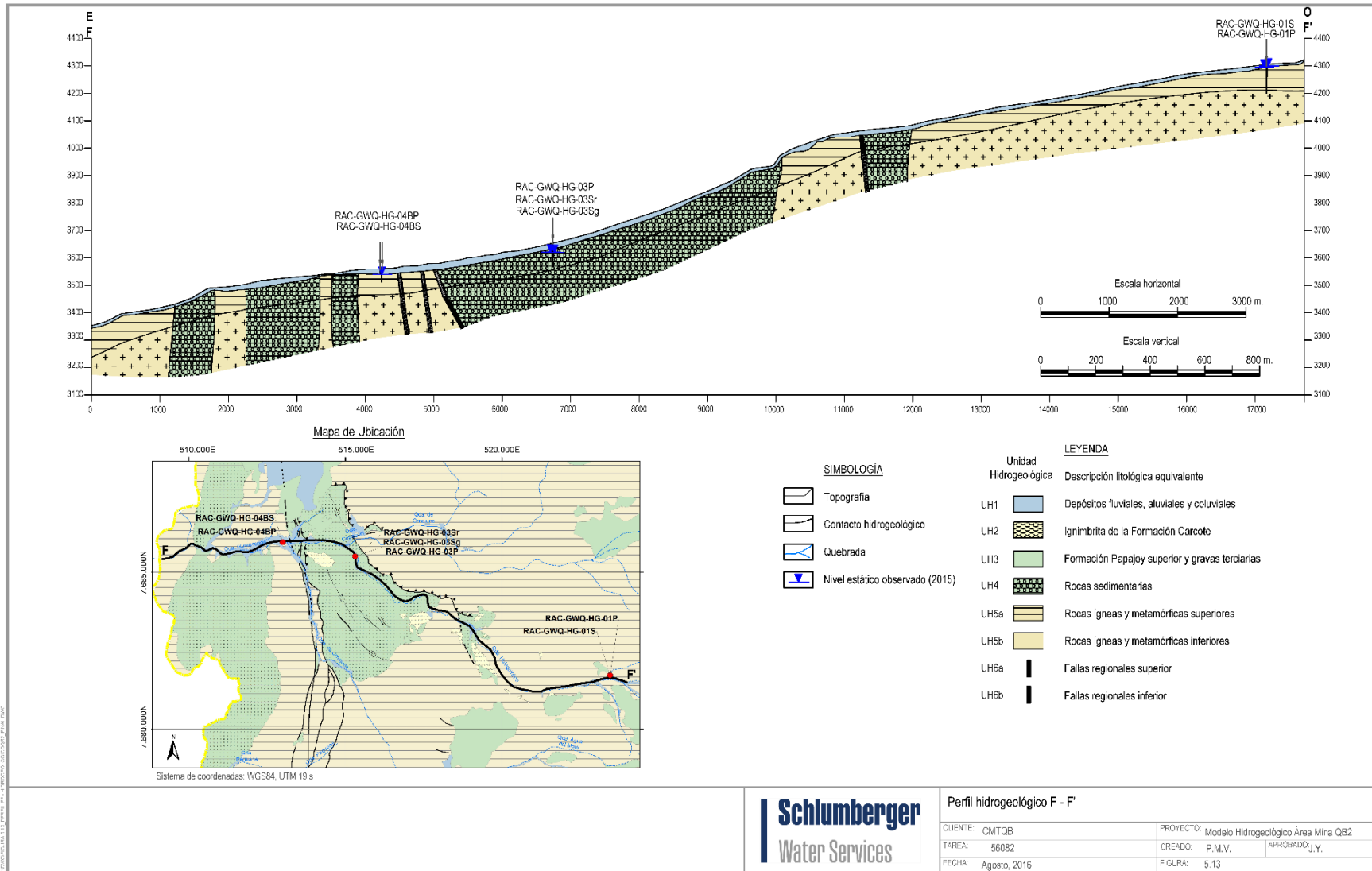
Figura 3.2.8-45. Perfil hidrogeológico E - E' (Figura 5.12 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



Perfil hidrogeológico E - E'		
CLIENTE:	CIMTQB	PROYECTO: Modelo Hidrogeológico Área Mina QB2
TAREA:	56082	DIBUJO: P.M.V. APROBADO J.Y.
FECHA:	Agosto, 2016	FIGURA: 5.12

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-46. Perfil hidrogeológico F - F' (Figura 5.13 del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo).



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

h.4) Piezometría y Direcciones de Flujo

En base a la elevación de los niveles de agua subterránea en los pozos del Área de Influencia presentadas en el acápite 3.2.8.5.4 e), se han generado dos mapas piezométricos, que permiten evaluar la evolución del flujo. Se ha generado un mapa piezométrico para el año 1993, donde se puede evaluar el estado previo al inicio de las operaciones mineras, y otro para el año 2015 como situación actual. De manera adicional, se generó un mapa de isodescensos entre los años 1993 y 2015, que permite observar el acotado efecto del rajo de CMTQB en los niveles de su entorno.

- Piezometría y Direcciones de Flujo Pre-mina

Para la elaboración del mapa piezométrico del año 1993 (pre-mina) se han utilizado datos registrados en 1991 (Aquaconsult, 1998) y niveles de sondajes construidos con posterioridad, que se han podido extrapolar debido a su poca variabilidad en el tiempo. La premisa utilizada es la descrita en el acápite 3.2.8.5.4 e, en que se observa sólo el entorno del rajo con variaciones, afectado por el efecto antrópico de la excavación e instalaciones. En el resto de los sectores, el nivel presenta variaciones poco importantes o nulas durante el tiempo de registro. El proceso de selección y descarte de pozos, y de definición de niveles representativos para la condición pre-mina se presenta en detalle en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo. Los niveles representativos resultantes se presentan en la Tabla 3.2.8-18, mientras que el mapa piezométrico para la condición pre-mina se presenta en la Figura 3.2.8-47.

Esta piezometría representa la condición natural del sistema, es decir, sin efectos antrópicos. Los pozos utilizados para este trazado piezométrico se encuentran principalmente en el área del rajo y en la quebrada Blanca. En el sector del rajo, los pozos se concentran en zonas próximas al actual botadero de lixiviación de sulfuros y las quebradas Agua del Mote y Bofedal del Carmen.

Adicionalmente, otros pozos con información de nivel se encuentran en las partes alta y baja de la quebrada Huinquentipa, así como en la parte alta de Ramucho. De estos últimos sondajes sólo se han considerado en el análisis los pozos de la cabecera de Huinquentipa, para dar continuidad a las curvas equipotenciales en el entorno del rajo. Los puntos que están más aislados (zona baja de Huinquentipa y alta de Ramucho) se dejaron como información referencial.

Las cargas hidráulicas para estas isolíneas representan distintas unidades geológicas que incluyen granodiorita, monzonita cuarcífera, depósitos de piedemonte antiguos y depósitos coluvio-fluvio-aluviales. Estos niveles están relacionados entre sí en una dinámica de flujo regional, con unas unidades geológicas de baja permeabilidad y gran extensión que aportan a unidades de mayor permeabilidad (sedimentarias), localizadas en el fondo de las quebradas.

Las equipotenciales van desde 4.400 m s.n.m. en la cabecera de la cuenca de quebrada Blanca, al Noreste, hasta 3.500 m s.n.m. en la parte baja de la misma cuenca. El gradiente hidráulico promedio de 6%, es concordante con el gradiente topográfico del área. El trazado de isopiezas

permite inferir una divisoria de aguas subterráneas entre la subcuenca de la quebrada Blanca y la subcuenca de la quebrada Huinquentipa.

La dirección de flujo de agua subterránea en el área donde se ubica actualmente el rajo era predominantemente Este-Oeste, con un gradiente de 6,5%, continuando la orientación de la red de drenaje superficial. En el entorno del rajo la dirección del flujo cambia, tomando una orientación principal Noreste-Suroeste, con un gradiente hidráulico de 6% en la zona de depósitos no consolidados.

La presencia de estos depósitos no consolidados (más permeables) condiciona la circulación del flujo, que se mueve desde zonas poco permeables y a mayor altura a estas zonas ubicadas a menor cota. El aporte de agua subterránea de las rocas ígneas y sedimentarias es convergente al valle de la quebrada Blanca, con un gradiente hidráulico promedio de 13%.

Respecto de la cabecera de Huinquentipa, el flujo de agua subterránea sigue la dirección del drenaje superficial, con una orientación Sureste – Noroeste y un gradiente hidráulico del orden de 5%. En la parte alta de Huinquentipa se observan algunos sistemas vegetacionales que están relacionados con afloramientos, que fueron utilizados como referencia para las equipotenciales.

Tabla 3.2.8-18. Niveles de agua subterránea condición pre-minado (1993).

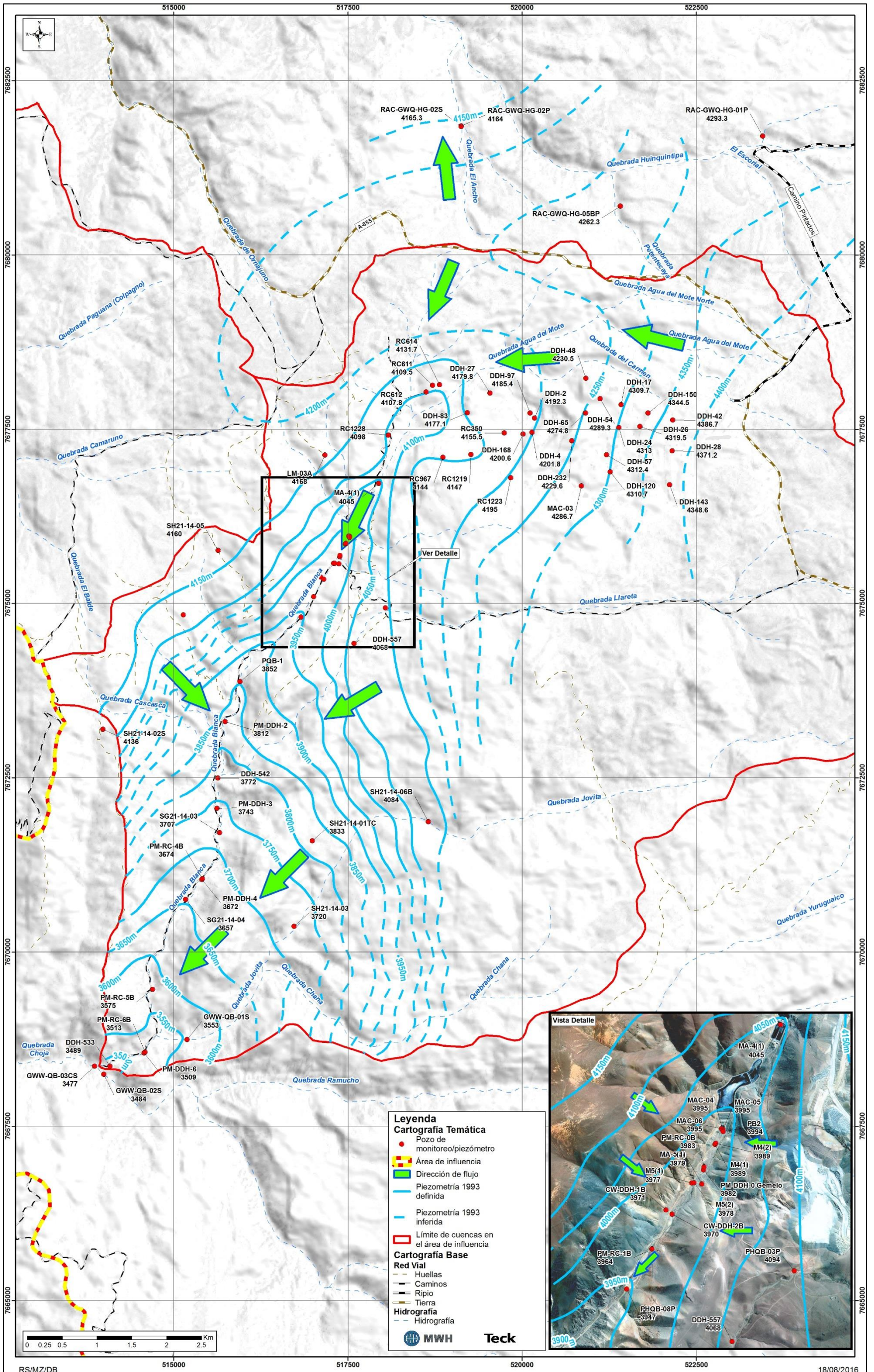
Pozo	Cota nivel (m s.n.m.)	Observación
CW-DDH-1B	3.971	Nivel extrapolado a 1993
CW-DDH-2B	3.970	Nivel extrapolado a 1993
DDH-120	4.311	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-143	4.349	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-150	4.345	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-168	4.201	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-17	4.310	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-2	4.192	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-232	4.230	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-24	4.313	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-26	4.320	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-27	4.180	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-28	4.371	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-4	4.202	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-42	4.387	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-48	4.231	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-533	3.489	Nivel extrapolado a 1993
DDH-54	4.289	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-542	3.772	Nivel extrapolado a 1993
DDH-57	4.312	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-557	4.068	Nivel extrapolado a 1993
DDH-65	4.275	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)

Pozo	Cota nivel (m s.n.m.)	Observación
DDH-83	4.177	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
DDH-97	4.185	Nivel pre-minado (Aquaconsult, 1998)
GWW-QB-01S	3.553	Nivel extrapolado a 1993
GWW-QB-02S	3.484	Nivel extrapolado a 1993
GWW-QB-03CS	3.477	Nivel extrapolado a 1993
LM-03A	4.168	Nivel extrapolado a 1993
M4(1)	3.989	Nivel extrapolado a 1993
M4(2)	3.989	Nivel extrapolado a 1993
M5(1)	3.977	Nivel extrapolado a 1993
M5(2)	3.978	Nivel extrapolado a 1993
MA-4(1)	4.045	Nivel extrapolado a 1993
MA-5(1)	3.979	Nivel extrapolado a 1993
MAC-03	4.287	Nivel extrapolado a 1993
MAC-04	3.995	Nivel extrapolado a 1993
MAC-05	3.995	Nivel extrapolado a 1993
MAC-06	3.995	Nivel extrapolado a 1993
PB2	3.994	Nivel extrapolado a 1993
PCA-7	4.584	Nivel extrapolado a 1993
PCA-8	4.556	Nivel extrapolado a 1993
PHQB-03P	4.094	Nivel extrapolado a 1993
PHQB-08P	3.947	Nivel extrapolado a 1993
PM-DDH-0 Gemelo	3.982	Nivel extrapolado a 1993
PM-DDH-2	3.812	Nivel extrapolado a 1993
PM-DDH-3	3.743	Nivel extrapolado a 1993
PM-DDH-4	3.672	Nivel extrapolado a 1993
PM-DDH-6	3.509	Nivel extrapolado a 1993
PM-RC-0B	3.983	Nivel extrapolado a 1993
PM-RC-1B	3.964	Nivel extrapolado a 1993
PM-RC-4B	3.674	Nivel extrapolado a 1993
PM-RC-5B	3.575	Nivel extrapolado a 1993
PM-RC-6B	3.513	Nivel extrapolado a 1993
PQB-1	3.852	Nivel extrapolado a 1993
RAC-GWQ-HG-01P	4.293	Nivel extrapolado a 1993
RAC-GWQ-HG-02P	4.164	Nivel extrapolado a 1993
RAC-GWQ-HG-03P	3.616	Nivel extrapolado a 1993
RAC-GWQ-HG-04BS	3.569	Nivel extrapolado a 1993
RAC-GWQ-HG-04BP	3.546	Nivel extrapolado a 1993
RAC-GWQ-HG-05BP	4.262	Nivel extrapolado a 1993
RAC-GWQ-HG-06P	3.568	Nivel extrapolado a 1993
RC350	4.156	Nivel extrapolado a 1993
RC611	4.110	Nivel extrapolado a 1993
RC612	4.108	Nivel extrapolado a 1993

Pozo	Cota nivel (m s.n.m.)	Observación
RC614	4.132	Nivel extrapolado a 1993
SG21-14-03	3.707	Nivel extrapolado a 1993
SG21-14-04	3.657	Nivel extrapolado a 1993
SH21-14-01TC	3.833	Nivel extrapolado a 1993
SH21-14-02S	4.136	Nivel extrapolado a 1993
SH21-14-03	3.720	Nivel extrapolado a 1993
SH21-14-05	4.160	Nivel extrapolado a 1993
SH21-14-05C	4.112	Nivel extrapolado a 1993
SH21-14-06B	4.084	Nivel extrapolado a 1993
RC1219	4.147	Nivel extrapolado a 1993
RC1223	4.195	Nivel extrapolado a 1993
RC1228	4.098	Nivel extrapolado a 1993
RC967	4.144	Nivel extrapolado a 1993

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-47. Mapa piezométrico condición pre-minado (1993).



Fuente: Modificado del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

- Piezometría y direcciones de flujo año 2015

Las mediciones de nivel utilizadas para generar el mapa piezométrico al año 2015 se obtuvieron de la red de monitoreo de agua subterránea de CMTQB. El proceso de selección y descarte de pozos, y de definición de niveles representativos para el año 2015 se presenta en detalle en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo. Los niveles representativos resultantes se presentan en la Tabla 3.2.8-19, mientras que el mapa piezométrico para el año 2015 se presenta en la Figura 3.2.8-48. De manera adicional se genera un mapa de isodescensos entre los años 1993 y 2015, que se presenta en la Figura 3.2.8-49.

La superficie piezométrica confirma la divisoria de aguas subterráneas en la parte alta de las subcuencas de las quebradas Blanca y Huinquintipa. El flujo en Huinquintipa tiene una dirección Sureste – Noroeste y presenta un gradiente de entre un 5% en la parte alta y un 10% en la parte media y baja. En las quebradas se han representado las equipotenciales en contacto con la topografía cuando se observaron en terreno sistemas vegetacionales asociados a afloramientos.

En la quebrada Blanca la piezometría se mantiene similar a la observada en condición pre-mina, con la excepción de la zona en el entorno del rajo. La excavación ha producido un efecto sumidero en los niveles, con un cono de descensos que origina un gradiente hidráulico mayor a un 20 % en el talud Este (Figura 3.2.8-49). El radio de influencia se aprecia acotado espacialmente, con una extensión que no supera los 1.000 a 1.500 m más allá del límite del área intervenida. En la quebrada Blanca propiamente tal, aguas abajo del rajo, el gradiente hidráulico promedio es de 6% y recibe el aporte hidrogeológico de las rocas circundantes, con un gradiente promedio de 13%.

Tabla 3.2.8-19. Niveles de agua subterránea año 2015.

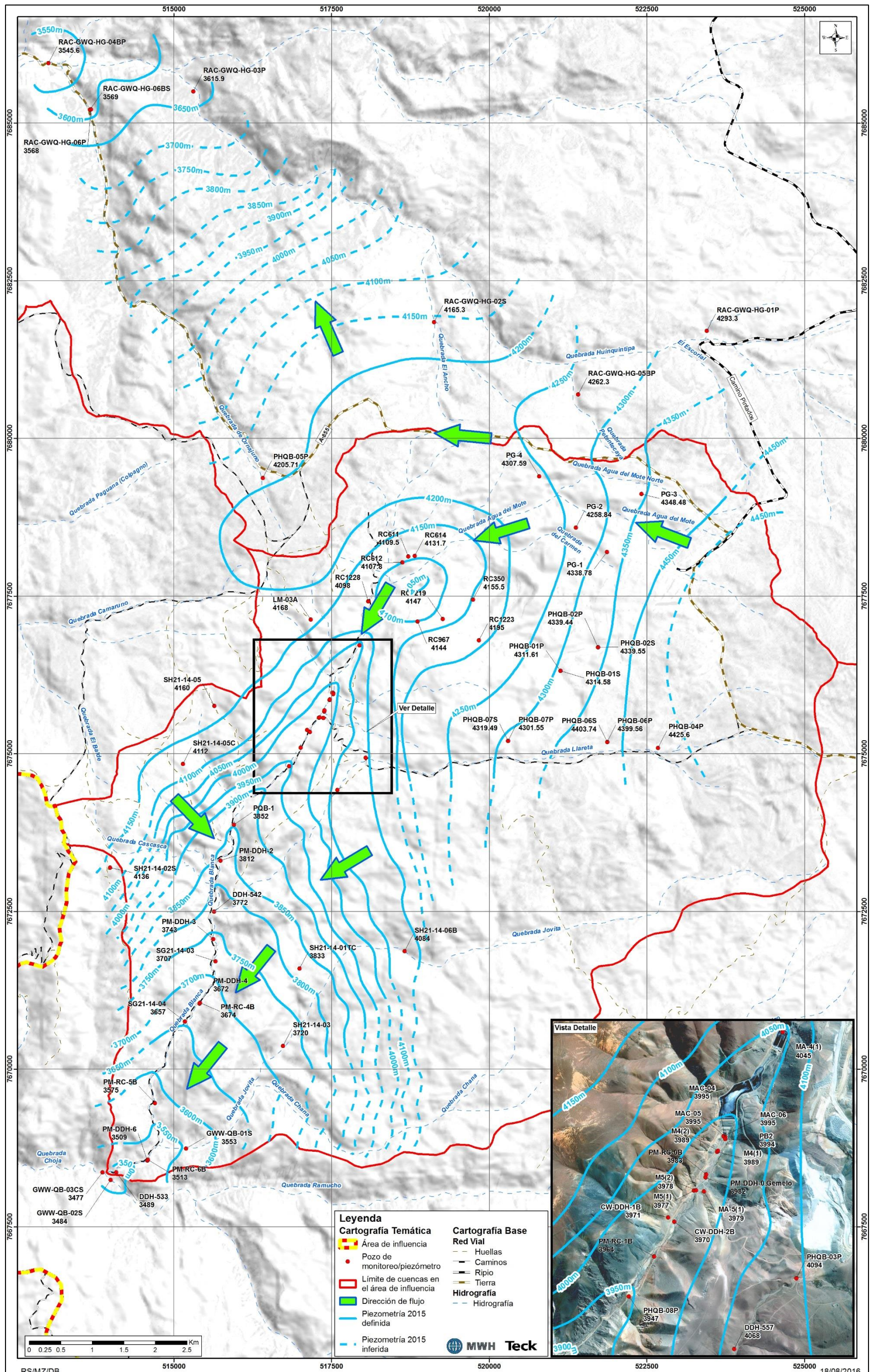
Pozo	Cota nivel (m s.n.m.)	Observación
CW-DDH-1B	3.971	Promedio niveles 2014-2015
CW-DDH-2B	3.970	Promedio niveles 2014-2015
DDH-533	3.489	Promedio niveles 2014-2015
DDH-542	3.772	Promedio niveles 2014-2015
DDH-557	4.068	Dato 2012
GWW-QB-01S	3.553	Nivel estabilizado desde diciembre 2015
GWW-QB-02S	3.484	Nivel estabilizado desde diciembre 2015
GWW-QB-03CS	3.477	Nivel estabilizado desde diciembre 2015
LM-03A	4.168	Promedio niveles 3 datos 2015
M4(1)	3.989	Dato 2008
M4(2)	3.989	Dato 2008
M5(1)	3.977	Promedio niveles 2014-2015
M5(2)	3.978	Promedio niveles 2014-2015
MA-4(1)	4.045	Promedio niveles 2000-2001
MA-5(1)	3.979	Dato 2012

Pozo	Cota nivel (m s.n.m.)	Observación
MAC-04	3.995	Promedio niveles 2015
MAC-05	3.995	Promedio niveles 2015
MAC-06	3.995	Promedio niveles 2015
PB2	3.994	Promedio niveles 2014-2015
PCA-7	4.584	Dato CMDIC (Promedio niveles 2012 - 2013)
PCA-8	4.556	Dato CMDIC (Promedio niveles 2012 - 2013)
PG-1	4.339	Dato de abril 2015
PG-2	4.259	Dato de julio 2015
PG-3	4.348	Dato de abril 2015
PG-4	4.308	Dato de abril 2015
PHQB-01P	4.312	Dato de abril 2015
PHQB-01S	4.315	Dato de abril 2015
PHQB-02P	4.339	Dato de abril 2015
PHQB-02S	4.340	Dato de julio 2015
PHQB-03P	4.094	Promedio niveles 2014-2015
PHQB-04P	4.426	Dato de julio 2015
SG21-14-03	3.707	Nivel estabilizado desde noviembre 2015
SG21-14-04A	3.657	Proyección de nivel según evolución
SH21-14-01TC	3.833	Proyección de nivel según evolución
SH21-14-02S	4.136	Último nivel registrado en febrero 2016, con tendencia al ascenso
PHQB-05P	4.206	Dato de junio 2015
PHQB-06P	4.400	Dato de julio 2015
PHQB-06S	4.404	Dato de julio 2015
PHQB-07P	4.302	Dato de julio 2015
PHQB-07S	4.319	Dato de julio 2015
PHQB-08P	3.947	Promedio niveles 2014-2015
PM-DDH-0 Gemelo	3.982	Promedio niveles 2014
PM-DDH-2	3.812	Promedio niveles 2014-2015
PM-DDH-3	3.743	Promedio niveles 2014-2015
PM-DDH-4	3.672	Promedio niveles 2014-2015
PM-DDH-6	3.509	Promedio niveles 2014-2015
PM-RC-0B	3.983	Promedio niveles 2015
PM-RC-1B	3.964	Promedio niveles 2014-2015
PM-RC-4B	3.674	Promedio niveles 2014-2015
PM-RC-5B	3.575	Promedio niveles 2014-2015
PM-RC-6B	3.513	Promedio niveles 2014-2015
PQB-1	3.852	Promedio niveles 2014-2015
RAC-GWQ-HG-01P	4.293	Promedio niveles 2015 descartando datos anómalos
RAC-GWQ-HG-02P	4.164	Promedio niveles 2015 descartando datos anómalos

Pozo	Cota nivel (m s.n.m.)	Observación
RAC-GWQ-HG-03P	3.616	Dato de octubre 2015
RAC-GWQ-HG-04BS	3.546	Nivel Promedio niveles 2015
RAC-GWQ-HG-05BP	4.262	Promedio niveles junio - diciembre 2015
RAC-GWQ-HG-06P	3.568	Promedio niveles 2015 descartando datos anómalos
RC1219	4.147	Última medición 2015 (febrero 2015)
RC1223	4.195	Última medición 2015 (febrero 2015)
RC1228	4.098	Promedio niveles 2012-2015
RC350	4.156	Dato 1999 extrapolado a 2015
RC611	4.110	Promedio niveles 2006 – 2009 descartando anómalos
RC612	4.108	Promedio niveles 2006 – 2009 descartando anómalos
RC614	4.132	Dato 2003 extrapolado a 2015
RC967	4.144	Promedio niveles 2007-2008 (descartando variabilidad y datos fuera de tendencia)
SH21-14-03	3.720	Nivel estabilizado desde enero 2016
SH21-14-05	4.160	Proyección de nivel según evolución
SH21-14-05C	4.112	Nivel estabilizado desde enero 2016
SH21-14-06B	4.084	Surgente hasta febrero 2016 (medido con manómetro)

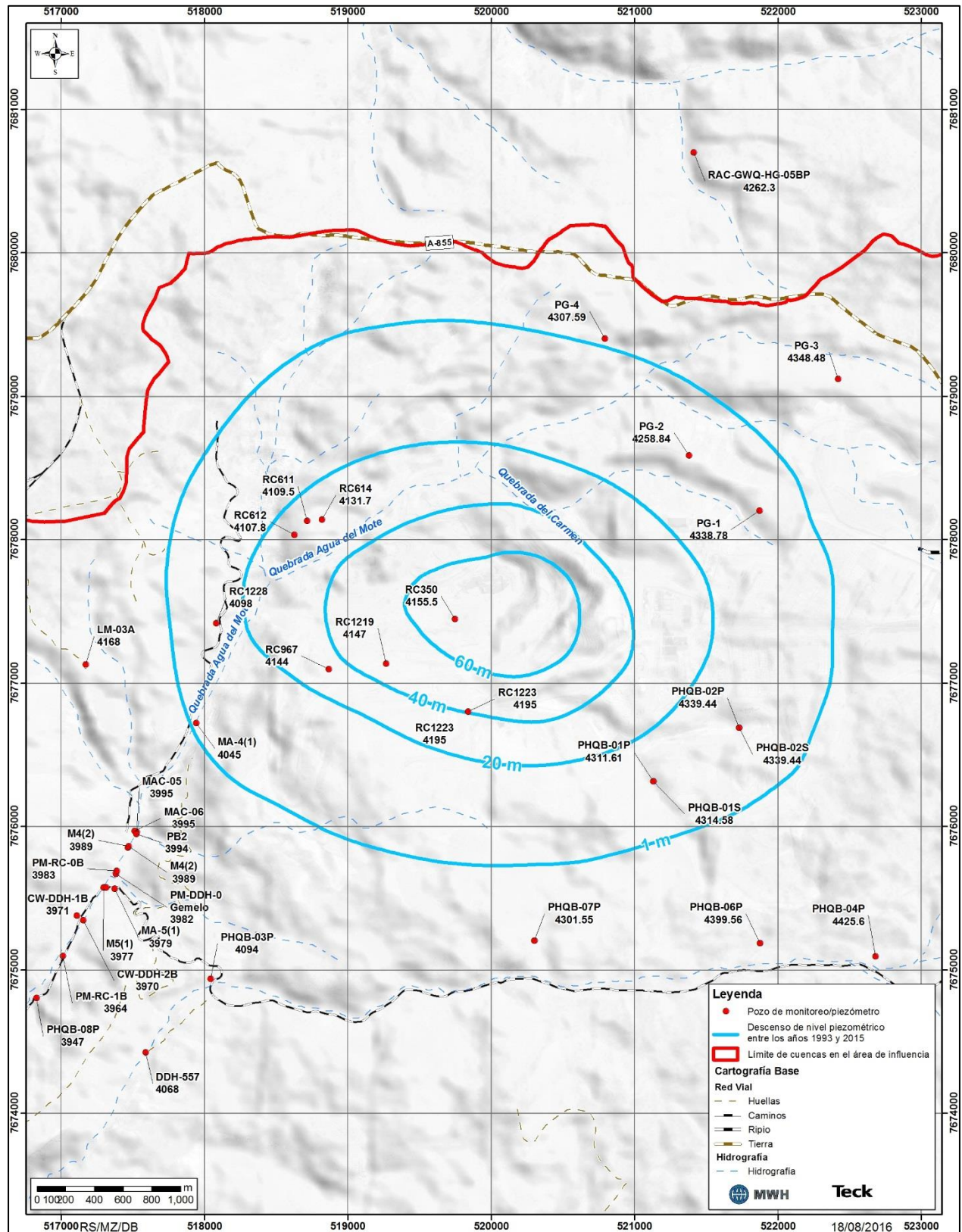
Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-48. Mapa piezométrico año 2015.



Fuente: Modificado del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-49. Mapa de descenso de nivel entre los años 1993 y 2015.



Fuente: Modificado del Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

h.5) Esquema Funcionamiento Hidráulico Sistema Hidrogeológico

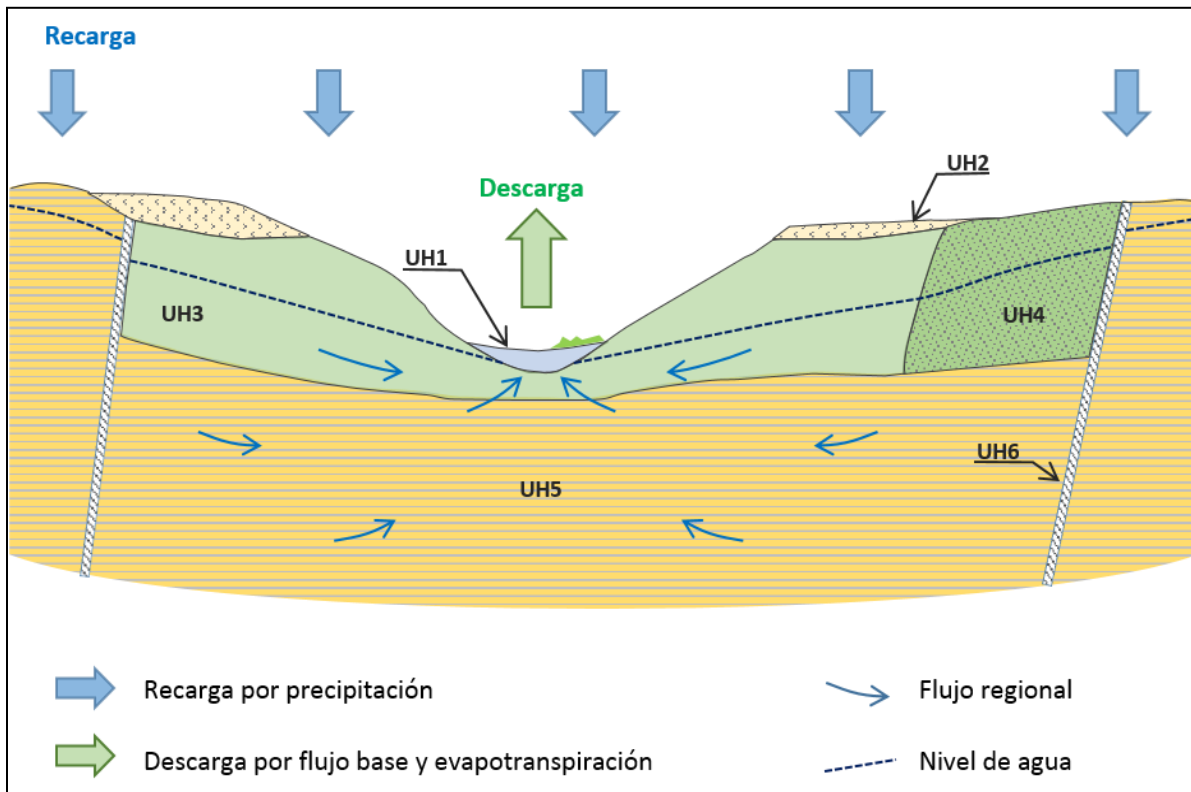
Los principales aspectos del sistema de flujo subterráneo en el Área de Influencia se muestran en la Figura 3.2.8-50, cuyas características se describen a continuación:

- La recarga natural en el Área de Influencia tiene como fuente la precipitación.
- La magnitud de la recarga y el flujo regional están condicionados por el agua precipitada, la litología de las unidades en que se desarrollan y la pendiente de terreno, entre otros aspectos.
- Los niveles medidos en pozos y piezómetros de monitoreo habilitados en distintas unidades (someras o profundas) muestran coherencia con un único sistema de flujo.
- La descarga del sistema hidrogeológico profundo (UH5, principalmente) se realiza a las unidades más superficiales (UH1, UH3 y UH4). Estos flujos van desde las zonas de recarga hacia las zonas de descarga en un esquema típico de flujo regional.
- El gradiente piezométrico varía según las propiedades hidrogeológicas de las formaciones. En unidades menos permeables tiende a ser mayor y en unidades de más permeabilidad tiende a ser menor, para mantener la continuidad de los caudales pasantes.
- Sobre las unidades fluvio-aluviales (UH1), el agua subterránea somera sustenta algunos sistemas de vegetación propios de la zona como vegas y bofedales, que descargan agua por evapotranspiración. Otras descargas de estos acuíferos corresponden a afloramientos puntuales, que mantienen algunos caudales de flujos base.
- Las fallas regionales (UH6) son subverticales y definen contactos litológicos entre dos unidades. Su permeabilidad es baja y producen cierta discontinuidad en los niveles observados.

Para el sistema intervenido antrópicamente se deben considerar, además, los siguientes aspectos:

- Como fuente de recarga antrópica al sistema (unidad UH1) se encuentran el caudal vertido a la quebrada Blanca desde la PTAS y la infiltración desde el Botadero de Lixiviación de Sulfuros.
- Como fuente antrópica de salida del sistema se encuentran los afloramientos en los rajes CMTQB y CMDIC (Rosario), más el bombeo de la Cortina Hidráulica N° 1.

Figura 3.2.8-50. Esquema conceptual sistema hidrogeológico



Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

- Flujos de Entrada
 - Recarga Natural

Los flujos de entrada naturales están dados por la recarga de agua procedente de la infiltración de la precipitación que ocurre en el Área de Influencia, principalmente durante eventos tormentosos, concentrados en cortos periodos de tiempo. El detalle de la estimación de la recarga natural se presenta en la sección 3.2.8.5.4 c y en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo. Esta estimación se obtiene del modelo de balance hídrico (Anexo 3.2.7-1 del presente EIA), incluyendo las siguientes características principales:

- La recarga total estimada para el Área de Influencia fue de 131,2 l/s.
- La tasa de recarga es espacialmente variable en las cuencas que conforman el Área de Influencia, debido a la combinación de los procesos que definen su magnitud. Entre estos procesos se cuentan:
 - + El aumento de precipitación con la altura.
 - + La presencia de amplias zonas de rocas ígneas, de baja permeabilidad, que favorecen la escorrentía directa y dificultan la infiltración.
 - + La presencia de vegetación en las quebradas, que define cierta demanda evapotranspirativa según el tipo de plantas.

- Recarga Antrópica

- Recarga por infiltración desde el Botadero de Lixiviación de Sulfuros:

Según los antecedentes de operación del Botadero de Lixiviación de Sulfuros (Golder, 2014a), se estima un caudal de infiltración desde este sistema del orden de 0,6 l/s en condiciones actuales, para el periodo desde enero de 2002 hasta diciembre de 2015. Si se considera el periodo operacional completo, desde enero de 1994 hasta diciembre de 2015, para efectos del balance el caudal promedio es de 0,4 l/s. Este flujo es captado por la Cortina Hidráulica N° 1.

- Recarga por infiltración del caudal vertido en la quebrada Blanca:

Como se ha mencionado anteriormente, se realiza un vertido desde la PTAS hacia la quebrada Blanca del orden de 5,0 l/s. Cabe destacar que, dadas las características de permeabilidad del sedimento de la quebrada en el punto de vertido, la infiltración se ve favorecida, por lo que se considera que el 100% de este caudal infiltra al sistema.

- Flujos de Salida

- Flujos Naturales

Los flujos de salida naturales desde la zona saturada están dados por el caudal base superficial, la evapotranspiración de la vegetación que depende hídricamente del sistema de agua subterránea y el caudal subterráneo pasante fuera del dominio en las quebradas de Choja y Guatacondo a través de los depósitos no consolidados del fondo de las quebradas. Para efectos del balance hídrico, la evapotranspiración y el caudal base superficial se agrupan en un sólo término. El detalle de la estimación de cada uno de estos términos se presenta en la sección 3.2.8.5.4 c y en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

La Tabla 3.2.8-20 resume los resultados de la descarga natural en el Área de Influencia. La evapotranspiración vegetal y el caudal base representan el 94% del consumo de la recarga. El 6% restante lo constituye el flujo subterráneo pasante hacia el Oeste (7,7 l/s) a través de los sedimentos no consolidados de las quebradas Choja y Guatacondo.

Tabla 3.2.8-20. Flujos de salida en balance hídrico por cuenca.

Sector	Ev. V. + Qb (l/s)	Qp (l/s)	Descarga total (l/s)
Área de Influencia	123,5	7,7	131,2

Ev. V.: Evapotranspiración vegetal; Qb: caudal base; Qp: caudal subterráneo pasante

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

- Flujos Antrópicos

- Afloramientos en el rajo CMTQB:

Los afloramientos observados en el rajo provienen de aguas almacenadas en las gravas terciarias y las formaciones de roca que circundan el área excavada, principalmente granodiorita y monzonita cuarcífera. Históricamente no se han observado flujos de entrada importantes al rajo CMTQB durante su operación. La tasa de bombeo desde las pozas ubicadas en el fondo de rajo indica un caudal de afloramiento al rajo en el rango de 1,0 a 7,0 l/s.

- Bombeos de la Cortina Hidráulica N° 1:

En base a los registros de bombeo disponibles, se calculó el caudal subterráneo bombeado por los pozos en funcionamiento de la Cortina Hidráulica N°1, PB-1 y M4(2), que para el periodo julio 2007 – diciembre 2015 es del orden de 0,6 l/s.

- Estimación del caudal de desagüe del rajo CMDIC (Rosario):

Dado que no se tiene información del caudal de desagüe asociado a la excavación del rajo Rosario, iniciada en 1995, fue utilizada una ecuación analítica (Kruseman y de Ridder, 1979; Singh et al, 1986) para la estimación del drenaje pasivo hacia el rajo, cálculo presentado en detalle en el Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo. La descarga obtenida se encuentra en el rango 5 a 51 l/s.

h.6) Balance Hídrico Conceptual

De acuerdo a la caracterización de los mecanismos de recarga y descarga descritos anteriormente, se obtuvo un balance hídrico subterráneo en el Área de Influencia para las condiciones de pre-minado (hasta año 1993) y para las condiciones al año 2015.

- Balance hídrico pre-mina (hasta año 1993)

Para el escenario pre-mina, antes de iniciarse la explotación de los rajos CMTQB y CMDIC, se consideró que la variación neta del almacenamiento es despreciable dadas las condiciones de equilibrio del sistema. El balance pre-mina resultante para el Área de Influencia se muestra en la Tabla 3.2.8-21.

Tabla 3.2.8-21. Balance hídrico subterráneo Área de Influencia pre-minado.

Entradas (l/s)		Salidas (l/s)	
E1.- Recarga natural por precipitación	131,2	S1.- Flujo base en quebradas y evapotranspiración vegetal	123,5
		S2.- Flujo de descarga regional	7,7
Total	131,2	Total	131,2

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

- Balance hídrico año 2015

Una vez que comienzan las operaciones mineras, que incluyen la excavación del rajo y otros factores antrópicos, el balance contempla los siguientes aspectos adicionales:

- Entradas antrópicas:
 - Recarga por infiltración desde el Botadero de Lixiviación de Sulfuros.
 - Recarga por infiltración del caudal descargado a la quebrada Blanca (PTAS).
- Salidas antrópicas:
 - Los afloramientos asociados a la excavación del rajo CMTQB.
 - Los afloramientos asociados a la excavación del rajo CMDIC (Rosario).
 - El caudal de bombeo asociado a la Cortina Hidráulica N° 1.

El balance hídrico resultante al año 2015 para el Área de Influencia se presenta en la Tabla 3.2.8-22. Del balance hídrico conceptual se concluye que las condiciones de equilibrio dependen principalmente de la magnitud de los caudales de desagüe del rajo CMDIC en la cuenca de la quebrada Guatacondo. Las condiciones resultantes apuntan a una disminución del almacenamiento, centrado en esta cuenca. Por otro lado, en el sector de quebrada Blanca la variación de almacenamiento es relativamente baja, salvo en el área del rajo de CMTQB.

Tabla 3.2.8-22. Balance hídrico subterráneo Área de Influencia año 2015.

Entradas (l/s)		Salidas (l/s)	
E1.- Recarga natural por precipitación	131,2	S1.-Flujo base en quebradas y evapotranspiración vegetal	123,5
E2.- Caudal vertido infiltrado a la quebrada Blanca (PTAS)	5,0	S2.- Afloramientos en el rajo QB	1,0 – 7,0
		S3.- Bombeo de la Cortina Hidráulica N° 1	0,2*
E3.- Infiltración Botadero Lixiviación de Sulfuros	0,6	S4.- Flujo de descarga regional	7,7
		S5.- Desagüe rajo CMDIC	5,0 – 51,0
Total	136,8	Total	137,4 – 189,4

* El bombeo de la Cortina Hidráulica N° 1 asciende a 0,6 l/s entre julio 2007 y diciembre 2015, que promediado al período enero 1994 a diciembre 2015 se reduce a 0,2 l/s.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

i) Derechos de Agua

En el Área de Influencia existe un pozo y cuatro puntos superficiales con derechos de agua registrados en la Dirección General de Aguas (DGA), tal como se detalla en la Tabla 3.2.8-23. En la Figura 3.2.8-51 se muestra la ubicación de éstos.

La Figura 3.2.8-51 muestra que CMDIC tiene otorgados derechos para extracción de agua superficiales en cuatro puntos en el Área de Influencia. Uno de éstos, correspondiente al expediente ND-0103-3178, se encuentra dentro del área de las instalaciones mineras de CMTQB. Los otros tres derechos se encuentran en la cuenca al Noreste y Este de las instalaciones de CMTQB, uno de los cuales (UA-0103-98) tiene dos puntos de captación, que en total deben sumar una extracción máxima de 1,5 l/s. Los derechos de agua superficial de CMDIC dentro del área de estudio corresponden a una tasa de extracción total de 26,44 l/s.

CMTQB tiene un derecho para extracción de agua subterránea asociado al pozo de monitoreo PQB (expediente DGA con código ND-0103-925), ubicado aguas abajo de la piscina y muro interceptor en la quebrada Blanca. El caudal de extracción otorgado para el pozo es 3,2 l/s, y del tipo "Permanente, consuntivo y continuo". Este pozo se denomina en el informe con el nombre PQB-1.

Para efectos del balance de aguas subterráneas, sólo el pozo PQB-1 (PQB) tiene implicancias, siendo el resto de derechos de carácter superficial. A pesar de su consideración, este pozo no se encuentra operativo, por lo que no representa una descarga de agua efectiva.

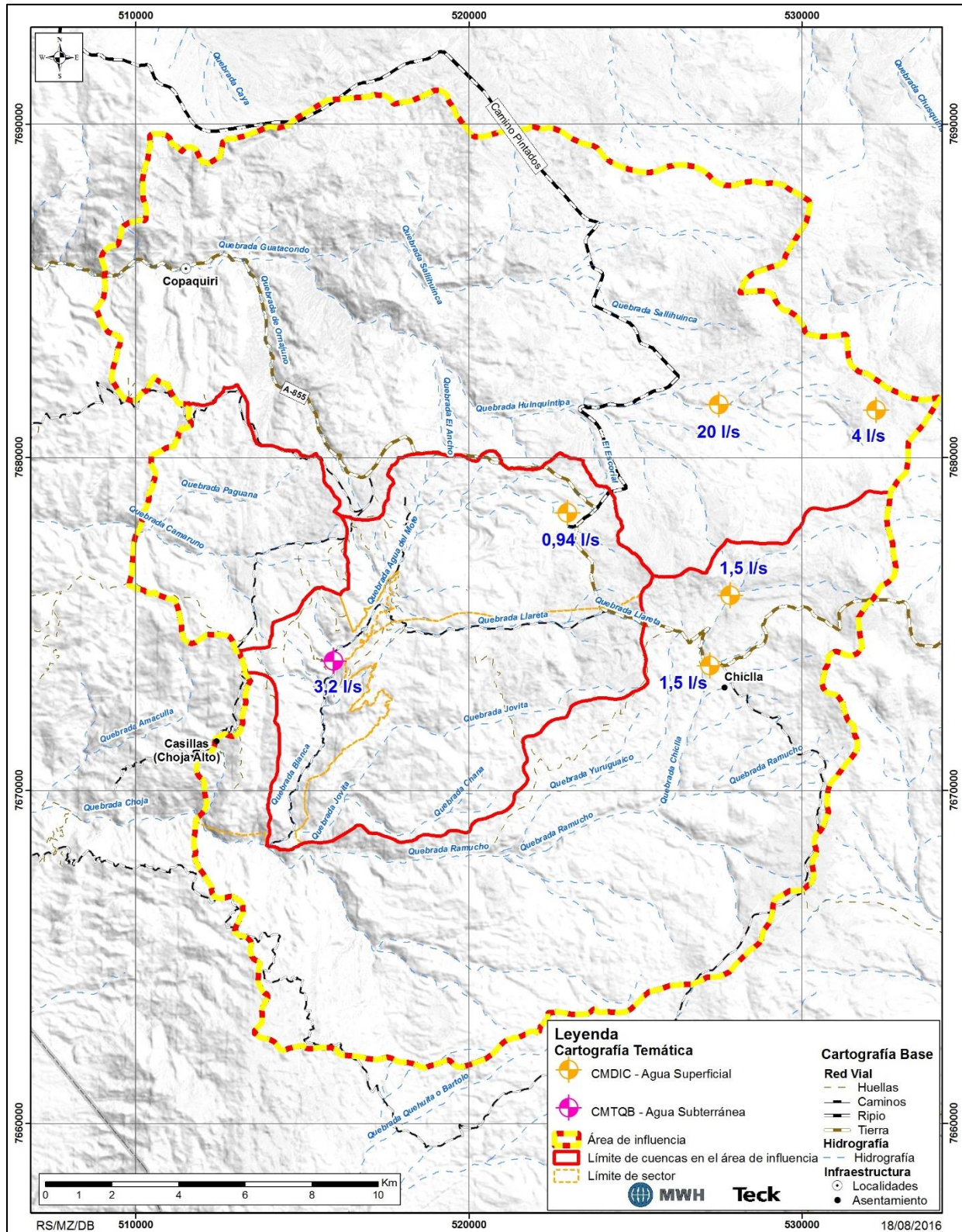
Tabla 3.2.8-23. Derechos de aguas (DGA) otorgados dentro del Área de Influencia.

Código de expediente	ND-0103-925	ND-0103-3178	ND-0103-3179	UA-0103-1	UA-0103-98 (ver Nota 1)
Nombre titular	CMTQB	CMDIC	CMDIC	CMDIC	CMDIC
Fecha Otorgamiento de Derecho	03-08-2007	12-01-1995	01-06-1995	09-11-1999	28-12-1994
Tipo de derecho	Consuntivo	Consuntivo	Consuntivo	No Consuntivo	Consuntivo
Tipo de agua	Subterránea	Superficial y Detenida	Superficial y Detenida	Superficial y Corriente	Superficial y Corriente
Ejercicio del derecho	Permanente y Continuo	Eventual y Continuo	Permanente y Continuo	Permanente y Continuo	Permanente y Continuo
Caudal instantáneo (l/s)	3,2	0,94	4	20	1,5
Norte (WGS84)	7.673.881	7.678.330	7.681.420	7.681.580	7.675.850 / 7.673.750
Sur (WGS84)	515.945	522.964	532.234	527.514	527.850 / 527.250

Nota 1: Coordenadas declaradas en la resolución del derecho de aprovechamiento, sin especificar el datum geográfico. Derecho tiene dos puntos de captación, que en total deben sumar una extracción máxima de 1,5 l/s.

Fuente: Anexo 3.2.8-1 del presente capítulo.

Figura 3.2.8-51. Derecho de aguas otorgados (DGA) dentro del Área de Influencia.



Fuente: Elaboración Propia.

3.2.8.6 Síntesis

El Área de Influencia de la componente Hidrogeología, coincidente con el sector denominado Área Mina, está limitada por las divisorias hidrográficas de las cuencas de quebrada Guatacondo al Norte, quebrada Paguana al Oeste y quebrada Choja, incluyendo las quebradas Blanca y Ramucho, al Suroeste. Dentro de esta área existen dos operaciones mineras: CMTQB en la subcuenca de quebrada Blanca a partir del año 1994, y CMDIC en la cuenca de quebrada Guatacondo a partir del año 1995.

Diversos estudios en distintas disciplinas (geología, geofísica, hidrología, hidrogeoquímica e hidrogeología) han permitido desarrollar la línea base hidrogeológica del Área de Influencia de la componente Hidrogeología, posibilitando la definición de las unidades hidrogeológicas del entorno y su parametrización, la descripción de la dinámica global del flujo y la determinación de un balance hídrico del sistema subterráneo, entre otros aspectos. Los principales resultados obtenidos durante el desarrollo de la línea base hidrogeológica se resumen a continuación:

- El Área de Influencia de la componente Hidrogeología se emplaza en una zona árida, con precipitaciones que se concentran en los meses de verano (invierno altiplánico) y cuyo valor medio aumenta con la altura. A la cota del terreno original del rajo, la precipitación media anual está entorno a los 92 mm, la que está sujeta a un grado de variabilidad inter-anual importante.
- La zona está dominada por rocas ígneas, de centenas de metros de espesor, aflorando en superficie y subyaciendo a otras unidades de rocas terciarias y depósitos sedimentarios recientes.
- La relativamente baja permeabilidad del macizo rocoso ígneo resulta en un terreno de relativamente baja transmisividad. A pesar de que en términos generales el macizo rocoso posee baja permeabilidad, existen ensayos puntuales que indican valores relativamente más altos, asociados a diferentes grados de fracturamiento y meteorización.
- Se considera que las divisorias de aguas subterráneas coinciden con las divisorias de aguas superficiales, indicando que no existiría flujo de agua subterránea hacia las cuencas colindantes, salvo en los puntos de descarga superficial de las cuencas de quebrada Guatacondo y Choja, en donde existiría un flujo subterráneo a través de los depósitos no consolidados de las quebradas.
- La relativamente baja tasa de precipitación meteórica, con la concentración de la lluvia en eventos estivales infrecuentes pero intensos, en conjunto con la relativamente baja permeabilidad del macizo rocoso, los elevados gradientes topográficos y la elevada evapotranspiración potencial, resultan en una relativamente baja tasa de recarga al sistema de agua subterránea. El estudio hidrológico estima una recarga total al sistema subterráneo de 131,2 l/s, asociado a un coeficiente de infiltración de 8%. De esta recarga total, 77 l/s se incorporan por la cuenca de quebrada Guatacondo, 52 l/s por la cuenca de quebrada Choja y 2,2 l/s por la cuenca de quebrada Paguana. Por otro lado, la subcuenca de quebrada Blanca (parte de la cuenca de quebrada Choja) tiene una recarga estimada en 13,4 l/s.

- La superficie piezométrica actual varía entre aproximadamente 3.470 y 4.580 m s.n.m. en la zona donde se dispone de pozos de monitoreo. La dirección de flujo general es en sentido Este-Oeste en las cuencas de Guatacondo, Choja y Paguana, y Noreste-Suroeste a lo largo de la quebrada Blanca. Este flujo coincide en términos generales con el gradiente topográfico y con la dirección del drenaje superficial. La excepción la constituye el área de los rajos de CMTQB y CMDIC (Rosario), donde las excavaciones han inducido un efecto sumidero que ha hecho disminuir los niveles piezométricos en su entorno. Para el caso del rajo de CMTQB la depresión de niveles es acotada al entorno de éste debido a la relativamente baja difusividad del sistema.
- Las formaciones de mayor permeabilidad corresponden a los depósitos coluvio-fluvio-aluviales no consolidados, que se encuentran en el fondo de las quebradas. Cubren aproximadamente 5% de la superficie del Área de Influencia de la componente Hidrogeología. En los sectores en donde estos sedimentos se encuentran saturados con agua, representan acuíferos freáticos someros locales.
- Debido a la geometría de las quebradas, los acuíferos freáticos tiene forma alargada y están sujetos a los gradientes topográficos fuertes de las quebradas que los albergan. Reducciones en el área de la sección transversal, debido a un agostamiento de la quebrada, o un alza en la elevación del macizo rocoso, pueden resultar en la descarga de agua subterránea almacenada en los sedimentos como flujo superficial. Aguas abajo, si el área seccional del relleno sedimentario de la quebrada aumenta otra vez, gran parte del flujo superficial puede re-infiltrar.
- Los acuíferos freáticos locales de las quebradas funcionan como drenes para el sistema de agua subterránea del macizo rocoso, en los sectores donde fracturas transmisivas del macizo afloran en el lecho de las quebradas en contacto con estos sedimentos. La descarga de agua subterránea desde el macizo rocoso ayuda a mantener el flujo base de los acuíferos someros durante la estación seca del año. El agua subterránea que fluye por los acuíferos alargados de las quebradas soporta las comunidades de vegetación azonal (humedales, bofedales, pajonales), que son características de este ambiente de cordillera del norte de Chile.
- Para la situación pre-mina, es decir, con anterioridad al año 1994, se estima un balance hídrico en régimen permanente, en donde toda la recarga de 131,2 l/s es descargada a través de evapotranspiración en las zonas de vegetación azonal, de afloramientos y de la descarga subterránea en las salidas de las cuencas de quebrada Guatacondo y Choja.
- Para el año 2015 se estima un balance hídrico que considera las descargas y recargas antrópicas del sector, siendo la mayor de ellas la descarga asociada al drenaje del rajo de CMDIC (Rosario). La descarga asociada al drenaje histórico del rajo de CMTQB no superaría los 7 l/s, por lo que no modificaría considerablemente la dinámica del flujo subterráneo en el Área de Influencia de la componente Hidrogeología. Lo mismo se concluye para los demás términos de recargas y descargas antrópicas, las cuáles pueden eventualmente tener efectos locales, pero no modificarían considerablemente el sistema de flujo a nivel regional.

3.2.8.7 Bibliografía

3.2.8.7.1 Información CMTQB

CMTQB (2012a). Superficie DEM (Modelo Digital de Elevaciones, o “Digital Elevation Model”, en inglés) de contacto grava-roca, generada mediante integración de perfiles geofísicos y estratigrafía de pozos.

CMTQB (2012b). Superficie DEM de contacto unidad de mineralización supérgena – hipógena, generada mediante integración de perfiles geofísicos y estratigrafía de pozos.

CMTQB (2012c). Detalles generales de instalación de sondajes, pozos de monitoreo abiertos y piezómetros de cuerda vibrante.

CMTQB (2013). Modelo de bloques de litología, alteración y mineralización.

CMTQB (2015a). Registro de monitoreo de cuerda vibrante desde 2011 hasta 2015.

CMTQB (2015b). Topografía del área minera durante las fases de desarrollo de las operaciones de CMTQB.

Imágenes satelitales Pleiades, Área Mina (2015).

Registros de caudal superficial en 8 puntos incluyendo quebradas, bofedales y afloramientos, desde el año 2010 hasta el año 2012, y con frecuencia de medición máxima de bimestral a mensual.

Registros de niveles piezométricos, con frecuencia de monitoreo mensual para 94 pozos medidos manualmente desde 2009 hasta 2012.

Topografía a escala 1:10.000 para el área minera (cartografía CMTQB), en condiciones anteriores al comienzo de las operaciones mineras.

3.2.8.7.2 Información de Organismos Oficiales

CIDERH (2013). Recursos Hídricos Región de Tarapacá. Diagnóstico y Sistematización de la Información.

DGA (1987). Balance Hídrico de Chile.

DGA (2009). Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental Pontificia Universidad Católica de Chile.

DGA (2010). Metodología para la estimación de recarga de cuencas altiplánicas y Precordilleranas de Vertiente Pacífica en el Norte de Chile, XV, I, II y III Regiones. SIT 221.

DGA (2011). Estimación de recarga en cuencas altiplánicas seleccionadas. SDT 317.

DGA (2015). Derechos de aprovechamiento de aguas registrados en DGA, I Región de Tarapacá.

DGA-DICTUC (2009). Levantamiento Hidrogeológico para el Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III. Dirección General de Aguas, 2009. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental, Pontificia Universidad Católica de Chile.

DGA-MOP (2000). Divisoria de Subcuencas por Regiones - Coberturas SIG. SDT N°43.

DMC (2001). Climatología Regional. Dirección Meteorológica de Chile, Departamento de Meteorología y Climatología.

Hidrografía a escala 1:50.000 (cartografía digital IGM).

Registros mensuales de caudal superficial en la estación DGA "Huatacondo en Copaquire" entre 1977 y 2015.

SERNAGEOMIN (2001). Geología superficial a escala 1:250.000 (cartografía digital). Hojas Collacagua y Ollagüe.

SERNAGEOMIN (2001). Geología superficial a escala 1:50.000 (cartografía digital). Hojas Copaquiri, Quehuita, Ujina y Volcán Miño.

Topografía a escala 1:50.000 (cartografía digital IGM).

3.2.8.7.3 Otras Fuentes de Información

Anderson y Woessner (1991). Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport.

Aquaconsult (1998). Evaluación Hidrogeológica Mina quebrada Blanca, Fase 1: Estudio Diagnóstico.

Artois (2011). Quebrada Blanca: Hypogene Project–Hydrogeological evaluation in support of the slope stability analysis.

Aurum (2011). Marco Geológico del Proyecto Copaquiri, Región de Tarapacá. Minera IPBX Ltda. Informe y cartografía digital a escala 1:50.000.

- Brownfield (2012). Geología, mineralización y alteraciones propilítica, potásica y filica en distrito mina quebrada Blanca a escala 1:10.000. Cartografía Digital.
- CMDIC (2007). Declaración de Impacto Ambiental - Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM, 2007. Proyecto Explotación Depósito Huiniquintipa Este, Fase IV.
- Escobar y Vidal (1992). Experiencia sobre la determinación de la línea de nieve en cuencas de Chile central. Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. Vol. 7:5-20.
- Fetter (2001). Applied Hydrogeology.
- Freeze&Cherry (1979). Groundwater.
- Golder (2002). Informe de Diseño Proyecto Dump Leach quebrada Blanca.
- Golder (2013a). Reporte Trabajos Realizados en Sondajes PG-01, PG-02, PG-03, PG-04, y PG-05. Proyecto quebrada Blanca Fase 1, Botadero 11 –Memorandos Técnicos.
- Golder (2013b). Resultados Sísmicos y Gravimétricos para Localización de Sondajes en la quebrada Blanca, Memorándum Técnico, quebrada Blanca Fase 1.
- Golder (2013c). Estudio Hidrogeoquímico sector Dump Leach, Fondo Mina y quebrada Choja.
- Golder (2014a). Modelo conceptual y diagramas de flujos sub superficiales en quebrada Blanca, Sector Mina - Etapas de operación actual, futura y cierre, quebrada Blanca Fase 1.
- Golder (2014b). Evaluación de Calidad de Agua, Anexo C - Informe de Modelación de Calidad de Aguas de la Laguna del Rajo.
- Golder (2014c). Factual Report Pozos de Monitoreo – Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero quebrada Blanca.
- Golder (2014d). Factual Report sector Sistema Cortafugas – Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero quebrada Blanca.
- Golder (2014e). Estudio Geofísico del sector Sistema Cortafugas y quebrada Blanca, Memorándum Técnico, quebrada Blanca Fase 1.
- Golder (2014f). Diseño del Sistema Cortafugas quebrada Blanca, Proyecto quebrada Blanca Fase I.
- Golder (2014g). Perforación e Instalación Punteras, Proyecto quebrada Blanca Fase 1.
- Golder (2015a). Campaña de Perforación, Fichas preliminares de pozos, Sector Huiniquintipa.
- Golder (2015b). Estudios de Resistividad Eléctrica y Sísmica de Refracción Sector Huiniquintipa.

- Golder (2015c). Estudios Geofísicos Sector S-21, Sísmica de Refracción.
- Golder (2015d). Report on TEM Surveys S-21 Area, quebrada Blanca Fase 2.
- Golder (2016d). Factual Report - Mine TMF Phase 2 Site Investigation Program. Quebrada Blanca Fase 2 TMF.
- Golder (2016e). Factual Report - S21 TMF Early Site Investigation Program. Quebrada Blanca Fase 2 TMF.
- IIG-Vergara (1978a). Carta Geológica de Chile N° 32, mapa escala 1:50.000, Cuadrángulo Quehuita y sector occidental del cuadrángulo volcán Miño, Región de Tarapacá. Instituto de Investigaciones Geológicas.
- IIG-Vergara (1978b). Carta Geológica de Chile N° 33, mapa escala 1:50.000, Cuadrángulo Ujina, Región de Tarapacá. Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Información generada por consultoras: Arcadis junto con Ingeorec, realizó entre los años 2011 y 2012 diferentes actividades de monitoreo en tres campañas.
- Ingeorec (2007). Antecedentes Geológicos y Geofísicos de la quebrada Blanca.
- Ireland (2010). Geological Framework of the Mineral Deposits of the Collahuasi district, Región de Tarapacá, Chile. CODES ARC Center of Excellence in Ore Deposits, University of Tasmania, Hobart, Australia. Tesis doctoral y cartografía digital a escala 1:50.000.
- Kruseman y de Ridder (1979). Analysis and Evaluation of Pumping Test Data.
- Makasev (1978). Mapa geológico, escala 1:50.000, Cuadrángulo Chitigua y sector occidental del Cuadrángulo Cerro Palpana, Región de Antofagasta.
- Munchmeyer et al (1984). Geología del Distrito de Collahuasi y del Pórfido Cuprífero Rosario.
- Rescan Consultants (1991). Proyecto de cobre, quebrada Blanca, Informe de evaluación ambiental.
- SIGA (2007). Estudio Hidrogeológico de la Influencia del Dump Leach en la quebrada Choja.
- SIGA (2008). Estudio Hidrogeológico de la Influencia del Dump Leach en la quebrada Choja. Preparación, Puesta a Punto y Programa de Funcionamiento Cortina Hidráulica, Tercera Parte.
- Singh et al. (1986). Hydrogeological parameter estimation from pump test on a large diameter well, Journal of Hydrology, Vol. 87, 223 – 232.
- SRK (2009). Hidrogeología preliminar – consideraciones para el drenaje mina Fase V.

- SWS (2013a). Análisis Preliminar en la Determinación de la Dinámica de las filtraciones de Solución en la Fase V del rajo quebrada Blanca. Memorándum Técnico SWS52405.
- SWS (2013b). Resultados de la campaña de perforación de pozos de monitoreo en el sector Dump Leach, para la caracterización de la dinámica de la infiltración de solución en la Fase V del rajo quebrada Blanca. Memorándum Técnico.
- SWS (2013c). Informe constructivo, Campaña de perforación Sondaje de monitoreo hidrogeológico, Línea base.
- SWS (2014). EIA Actualización Proyecto Minero quebrada Blanca. Modelo hidrogeológico del Sector mina y evaluación de efectos sobre las aguas subterráneas.
- SWS (2015a). Modelación de la Infiltración en los Botaderos. Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Minero quebrada Blanca Fase 2. Memorándum Técnico.
- SWS (2015b). Información de monitoreo de caudales superficiales en Sector Mina.
- SWS (2015c). Exploración de las quebradas Jovita, Chana, Ramucho y Choja.
- SWS (2015d). Exploración de las quebradas del Sistema Paguana, Colpagno y Camaruno.
- SWS (2016b). Base de Datos Hidroquímica, niveles, caudales y criterios de validación para su uso. Proyecto Minero Quebrada Blanca Fase 2. Anexo 3.2.9-1 del Capítulo 3.2.9 de la Línea de Base Calidad del Agua Superficial y Subterránea del EIA.
- Teck (2014). Línea Base Medio Físico, Estudio de Impacto Ambiental Actualización Proyecto Minero Quebrada Blanca.
- WMC (2004). Rajo Dewatering Studies - Phase 1: Technical Summary, Conclusions and Recommendations.
- Zonge Ingeniería y Geofísica (2011). Informe final estudio de Transiente Electromagnético (TEM) Mina quebrada Blanca I Región, Chile.