APÉNDICE N°4.3.1.
ANTECEDENTES GEOLÓGICOS
(CLIMA Y METEOROLOGÍA, SUELOS, TOPOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA, GEOLOGÍA DEL ÁREA, HIDROGEOLOGÍA)

COMPAÑIA MINERA FLORIDA S.A.
FAENA TAMBILLOS

JO INGENIERIA

INGENIERÍA CONCEPTUAL ACOPIO RELAVES FILTRADOS PLANTA TAMBILLOS

Nº 3055-GO-INF-001_0

ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

Preparado por

JO Ingeniería.

Aprobado por

Ingeniero	Sol Rivano SRG/
Jefe de Proyecto	Agustín Holgado AHB

Rev.	Por	Emitido para	Fecha	Fecha de Revisión	Aprobado
A	SRG	Revisión Interna	14/12/2015	HGI	AHB
B	SRG	Revisión y Aprobación Cliente	30/12/2015	HGI	AHB
0	SRG	Emitido para Uso	04/03/2016	HGI	AHB
Comentarios:					

INGENIERÍA CONCEPTUAL ACOPIO DE RELAVES FILTRADOS TAMBILLO

ANTECEDENTES GEOLÓGICOS

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN 4
2 REFERENCIAS 4
3 ACCESO E INFRAESTRUCTURA 5
4 CLIMA Y METEOROLOGÍA 6
5 SUELOS 8
6 TOPOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA 8
7 GEOLOGÍA DEL ÁREA 11
7.1 ROCAS SEDIMENTARIAS MODERNAS - 11
7.2 ROCAS ESTRATIFICADAS CRETÁCICAS. 13
7.3 ESTRATIGRAFÍA LOCAL EN ÁREA DEPÓSITO DE RELAVES FILTRADOS. .. 14
7.3.1 DESCRIPCIÓN 14
7.3.2 DISCUSIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA 16
7.3.3 ESTRUCTURAS 17
8 HIDROGEOLOGÍA 18
9 INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA 20
10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 21

1 INTRODUCCIÓN

Compañía Minera Florida S.A. en adelante **CMF,** opera la planta concentradora de cobre **Faena Tambillos**, emplazada a unos 30 km al sur de la Ciudad de Coquimbo, IV Región. Actualmente se procesan alrededor de 3.000 TPD cuyos relaves generados en el proceso son vertidos en el depósito confinante con muro de empréstito (embalse).

CMF se encuentra evaluando la implementación de un acopio de relaves filtrados a un costado de la actual planta de beneficio y al interior de los actuales límites de propiedad. Es en el marco de este proyecto, CMF ha solicitado a **JO INGENIERÍA** (**JOI)** el desarrollo de una ingeniería conceptual que sirva de base para la tramitación de la Declaración de Impacto Ambiental para el nuevo acopio de relaves.

El presente informe corresponde a una caracterización geológica del área de estudio "Acopio de Relaves Filtrados Tambillos", de la Planta Concentradora de Cía. Minera Florida S.A, en base a una visita técnica realizada con el propósito de verificar las características geológicas y geotécnicas de las unidades de roca expuestas en el sector de estos acopios, ubicados inmediatamente al sur de la Planta en el valle longitudinal denominado Quebrada Las Cardas y a los antecedentes geológicos del estudio de ingeniería conceptual del sector de Quitallaco, circunscrito al área de Minera La Florida cercana a la Planta. Finalmente, se incluye en este informe una caracterización climática y morfológica del área de estudio.

2 REFERENCIAS

En el presente documento se revisaron y se citan las siguientes referencias:

[1] 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 - Etapa 2. Informe Final Parte IV.

[2] Atlas del Cambio Climático, La Zona Semi Árida de Chile. Fondo de Protección Ambiental. Gobierno de Chile.

[3] Hidrogeoquímica e Isotopía Regional del Altiplano de Chile - Departamento de Ingeniería Hidráulica y Ambiental. Pontificia Universidad Católica de Chile - S.I.T. Nº 195, 2009

[4] DGA - Diagnostico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua Según Objetivos de Calidad Cuenca del Rio Elqui. Diciembre 2004.

[5] Anexo Estudio Fundado de Riesgos Etapa I Diagnostico Plan Regulador Intercomunal Provincia Del Elqui Región De Coquimbo - Plan Regulador Intercomunal Provincia Del Elqui – HABITERRA S.A.

[6] H. Thomas, Geología de la Hoja Ovalle Provincia de Coquimbo Boletín N.O 23 1967 – SERNAGEOMIN.

[7] C Emparan, G Pineda, Geología del Área Andacollo a Puerto Aldea, Región de Coquimbo – SERNAGEOMIN, 2006.

[8] Estabilización Dinámica de Residuos Mineros - Factores Geometalúrgicos, Geomorfológicos e Hidrológicos -GEMM: Grupo de Estudios en Minería & Medioambiente - Madrid-Almadén-La Serena.

[9] Escenario Hídrico 2010-2020 de la Región de Coquimbo. Dirección General de Aguas, Región Coquimbo (Jornada de Lanzamiento de Mesa de Sustentabilidad Minera – 06 diciembre 2011).

[10] La Desertificación en Chile – Unidad de Diagnostico Planetario – Cámara de Diputados, Depto. de Evaluación de la Ley, Nov. 2012.

[11] Plan Regional de Infraestructura y Gestión del Recurso Hídrico al 2021 Región de Coquimbo - MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS – DGA, 2012.

[12] Informe de Estudio Mecánica de Suelos Tranque de Relaves Quitallaco – SIGA, 2015.

[13] Minuta Técnica DARH N° 42. Declaración Área De Restricción Del Sector Hidrogeológico Culebrón-Lagunillas. DGA abril 2003.

[14] Informe Técnico de Permeabilidad, realzado por Compañía Minera La Florida durante el 2007.

[15] 2006, Anglo American Chile, Los Bronces, Estudio de Peligro Sísmico Mina Los Bronces, Planta Concentradora y Tranques de Relaves Las Tórtolas. Juan G. Valenzuela B. - R. Saragoni H.

[16] 2009, Estudio de Estabilidad Geotécnica Extensión Tranque de Relaves N° 4 SCM Tambillos. G. Núñez R. – USACH.

[17] MAP Riesgo Sísmico Y Generación De Acelerogramas Artificiales. Proyecto Punitaqui, 2013, Rodolfo Saragoni H., Sergio Ruiz.

[18] 2007. Sociedad Contractual Minera Tambillos. Depto. de Geología. Estudio de Permeabilidad de Suelos en el Sector de Tranques de Relaves de la Planta de Beneficio de S.C.M. Tambillos

[19] 3025-RE-INF-01 Informe Geológico EJO Ingeniería. Junio 2015.

3 ACCESO E INFRAESTRUCTURA

La Planta Concentradora Tambillos está situada en la Región de Coquimbo, aproximadamente a 35 kilómetros al sur de La Serena, el área revisada se ubica entre la Ruta 5 y la Ruta 43; a unos 11 kilómetros al este de la Ruta 5, y a 1 kilómetro de la Ruta 43, y a 10 kilómetros al norte de la localidad de Las Cardas. Otra referencia es la localidad de Tambillos, a 2.2 kilómetros hacia el este; y la localidad de Las Barrancas, a 2.4 kilómetros al oeste.

Hacia el oeste, a unos 16 kilómetros, se encuentra la bahía de Tongoy. Sin problemas de accesos, con caminos públicos en muy buen estado, el área se ubica específicamente en un anfiteatro de cerros en terrenos rústicos, en lo que se conoce como Depresión Intermedia, entre la Codillera de La Costa y la Cordillera de Los Andes.

Figura 3.1: Ubicación e infraestructura en el área del proyecto



4 CLIMA Y METEOROLOGÍA

El clima en el área del proyecto corresponde al de tipo Estepárico Costero o Nuboso, con rasgos transicionales típicos de las zonas desérticas y mediterráneas templadas. Es propio a lo largo de toda la costa e influye por un rango de 40 km hacia el continente por los valles transversales. Se caracteriza por abundante nubosidad y humedad atmosférica, con temperaturas moderadas.

El área del proyecto está en la transición entre zona hiper - árida y zona árida de Chile. (Ref- [2]).

La zona híper–árida: está comprendida entre Arica y Coquimbo, la precipitación anual varía entre 30 y 100 mm, con un período seco que dura 11 o 12 meses. Las demandas atmosféricas elevadas de agua, más la mínima cantidad de precipitaciones y la intensa radiación solar, se traduce en altos niveles de déficit hídrico especialmente durante el período primaveral y estival, superando los 1200 mm al año. El índice de humedad invernal se mantiene por debajo de 0,2, es decir, la precipitación durante la estación húmeda no sólo cubre el 20% de las demandas creadas por la evapotranspiración potencial. No existe excedente invernal de precipitación, por lo que el escurrimiento superficial es extremadamente escaso y errático (Ref- [2]).

La zona árida: está comprendida entre Coquimbo y Aconcagua, el promedio histórico de precipitaciones varía desde 100 mm en Coquimbo a 300 mm en Aconcagua. El período seco es de 8 a 11meses, y el déficit hídrico se mantiene entre 1000 y 1200 mm. El índice de humedad invernal pasa a valores superior a 1, es decir, dispone de una corta estación húmeda de 1 a 2 meses.
(Ref- [2]).

La Tabla 4.1 establece los caudales medios mensuales en el área cercana al proyecto para un año de control (Nov 2010 – Nov 2011).

Tabla 4.1: Caudales medios mensuales en Estaciones de la IV Región. Período: Noviembre 2010 a noviembre 2011

ESTACIONES	CAUDALES M3/seg												
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
HOYA RIO ELQUI													
RÍO ELQUI EN ALGARROBAL	2,56	2,80	2,94	2,92	2,97	2,52	2,81	3,57	3,71	3,54	2,91	2,62	2,36
HOYA RIO LIMARI													
RÍO GRANDE EN LAS RAMADAS	1,94	1,35	1,04	1,08	0,91	0,87	0,90	1,11	1,38	1,62	2,39	3,45	2,67
HOYA RIO CHOAPA													
RÍO CHOAPA EN CUNCUMEN	6,34	3,78	2,86	2,59	2,35	2,15	2,14	2,22	2,38	2,58	4,63	10,32	11,29
NOTA: Los caudales del presente informe son provisorios, sujetos a correcciones posteriores.													
Datos obtenidos de limnigramas.													

La Tabla 4.2 resume el registro anual de precipitaciones en la región, e ilustra la disminución paulatina del agua caída. Estas determinaciones son en base a estaciones meteorológicas monitoreadas por DGA. (DGA, 2011, Ref. [8])

Tabla 4.2: Precipitaciones Anuales (mm/año)

Año	Ciudades		
	La Serena	Ovalle	Illapel
2005	62	46,80	124,60
2006	69	70,70	157,00
2007	32	41,70	98,00
2008	116	112,00	158,00
2009	63	70,40	141,00
2010	78	121,20	99,30
Promedio últimos años	70	77,13	129,65
Promedio histórico	82,2	103,3	169
Escasez hídrica	-12	-26	-39

Fuente: DGA, Coquimbo 2011, Ref. [4]

5 SUELOS

En el área de estudio se observa el desarrollo de suelos de material clástico y detrítico con una mala clasificación y muy caóticos, con una matriz arcillosa y limosa, producto de la meteorización e intemperización de rocas intrusivas del tipo granito a granodioritas, las que en superficie van degradando a un maicillo rojizo pardo, con gran contenido de arcilla.

Estos suelos son típicos de áreas de secano, rústicos, con muy mala irrigación el aspecto del suelo es aterronado Y con poco desarrollo de niveles de humus. La actividad agrícola en el área se restringe a actividad criancera hacia la cordillera y algunos cultivos estacionales.

Figura 5.1: Aspectos del relieve y vegetación en el área del proyecto de relaves filtrados





Las fotografías muestran el tipo de vegetación rústica y espontánea, sustentada sólo por el escaso aporte de recurso hídrico, proporcionado por la humedad atmosférica costera y los eventos de precipitaciones ocasionales en la temporada invernal.

La acumulación de sedimentos, considerando el grado de aridez de la región, se debe principalmente a fenómenos cataclásticos con acumulación de sedimentos caóticos con mala clasificación, que éstos se desarrollan en laderas y confluencias de quebradas como escombros producidos por fenómenos torrenciales excepcionales, pero que producen eventos de remoción en masa como los aludes de barro y aluviones.

6 TOPOGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En gran parte de Chile, desde la Región de Atacama hasta la Región de Los Ríos se distinguen tres grandes rasgos morfo estructurales conocidos como Cordillera de la Costa, Depresión Intermedia y Cordillera de Los Andes; de la Región de Atacama a la Región de la Araucanía, la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa presentan características algo diferentes con el desarrollo de los valles transversales.

Los rasgos prominentes en el área son tres importantes valles transversales, que de norte a sur se conocen como los valles de Elqui, Limarí y Choapa, cuya morfología permite el desarrollo de la actividad agrícola.

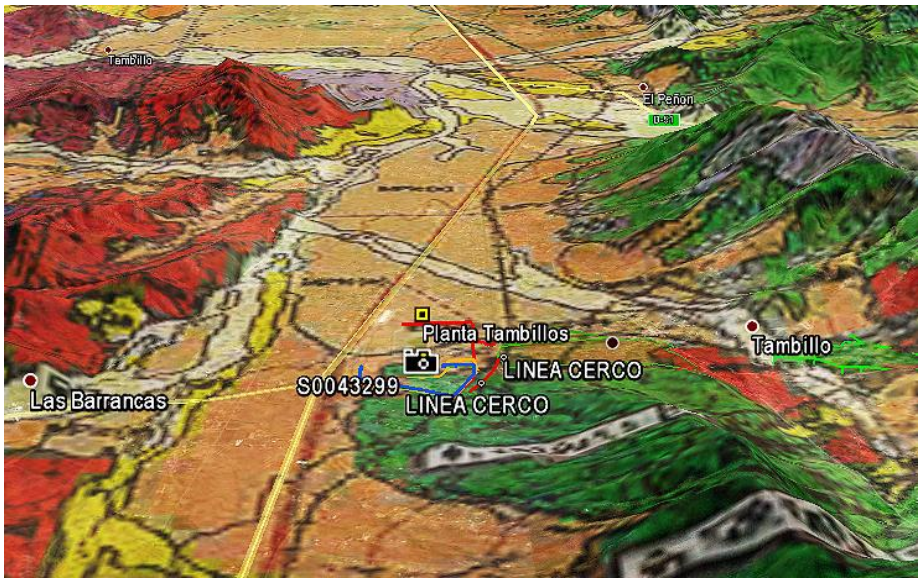
El relieve de estos cordones se orienta de oeste a este y se encuentran separados por los valles mencionados. Las planicies litorales en la región se presentan con amplio desarrollo, penetra hacia el interior hasta 40 kilómetros de ancho, su altura varía entre 0 y 200 msnm.

En la región de Coquimbo las elevaciones de las cumbres costeras son de poca altitud y alcanzan hasta los 530 msnm, y se designan como “Serranías Costaneras”, definidas por Paskoff, quien determinó la posición y extensión de algunas de las distintas terrazas de abrasión y áreas de sedimentación marina, continental y lagunar del Holoceno.

El área tiene un pobre desarrollo de cubierta vegetal, reducido a un material heterogéneo y mal clasificado, con guijarros, clastos y colpas de variado tamaño, con espesores variables de depósitos concentrados en los lechos de las quebradas.

En la imagen y en la carta topográfica del IGM, se ha determinado una diferencia de cotas de unos 200 a 250 metros, desde la elevación en Quebrada Los Hornitos y Quebrada Las Cabras, en la ubicación proyectada del acopio con respecto de las cumbres de Cerro El Águila (490 msnm) y Co. Pelado (530 msnm). Ver Figura 6.1

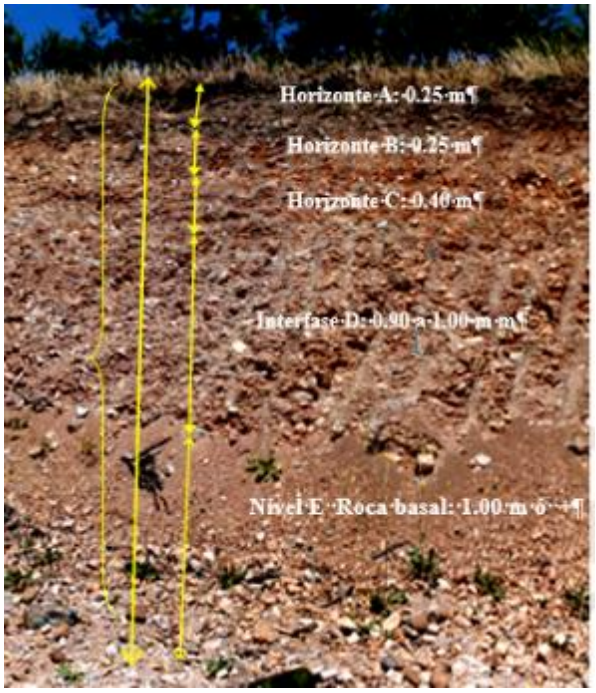
Figura 6.1: Acercamiento de la vista en perspectiva Google Earth, de la zona del acopio proyectado



La intemperización en el sustrato rocoso en el lecho del valle Las Cardas evidencia un desarrollo de sedimentos regolíticos fragmentados in situ y con tres horizontes de suelo con una permeabilidad débil, la que disminuye en profundidad y que, más abajo del metro de profundidad, se comporta como el nivel de roca basal, correspondiente a una brecha volcánica muy competente y compactada, de acuerdo al perfil vertical mostrado en Figura

6.2. En esta figura se observa en corte vertical, la composición y desarrollo de los horizontes de cubierta (topo soil), suelos y los niveles de interface con el sustrato rocoso y la roca basal y en capítulo de geología se analiza su composición.

Figura 6.2: Corte vertical estratigrafía y desarrollo de horizontes



El acopio de relaves filtrados se apoya sobre una cubierta regolítica [1](*) cuyo espesor no excede los 2 a 3 m como máximo, dependiendo del fracturamiento y de la superficie rocosa expuesta a la intemperie, la que por diferencia de temperatura entre el día y la noche, sumado al efecto de intemperización salina, ocasionada por la humedad costera, provoca la meteorización, fracturamiento y descamación de las unidades de roca, las brechas volcánicas en este caso, las que se destruyen in situ, sin mayor transporte del material fragmentado.

[1] (*) Regolito, fragmento tipo gravas, colpas o guijarros producto de la meteorización o intemperización de la misma roca sustrato, con poca a escasa remoción o transporte. Ejemplo típico es el maicillo en los bordes y superficies de plutones de intrusivos.
[1]

7 GEOLOGÍA DEL ÁREA

El área del depósito de relaves filtrados, en el valle de relleno aluvial Las Cardas, se sitúa sobre unidades sedimentarias correspondientes a depósitos aluviales compuestos por sedimentos y material detrítico cataclástico, más rocas volcánicas andesíticas, de textura brechosa, de edad cretácica superior temprana, de la Fm. Arqueros. De acuerdo a las unidades lito estratigráficas mapeadas y reconocidas en la carta publicada por el SERNAGEOMIN (Thomas. 1987, Ref.[5])

7.1 ROCAS SEDIMENTARIAS MODERNAS -

Depósitos no Consolidados

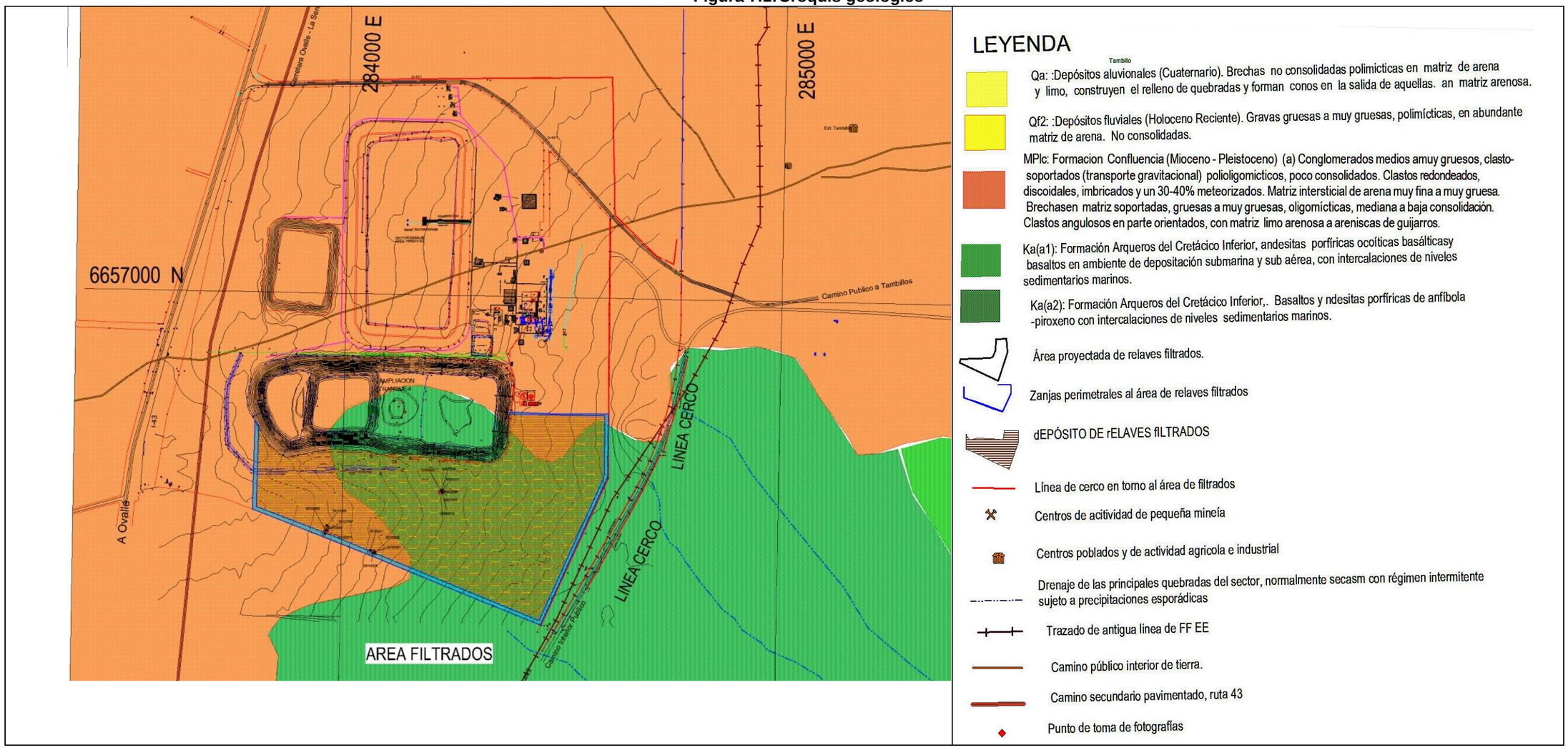
En el área existen, además, rocas sedimentarias marinas fosilíferas, de edad terciaria y cuaternaria, que en parte engranan con' depósitos aluviales y de terraza de amplia distribución en la hoja geológica Figura 7.1

Qa: Depósitos aluviales del Cuaternario (Holoceno) correspondientes a brechas no consolidadas polimicticas en matriz de arena y limo, en matriz arenosa constituyen el relleno de valles, quebradas y escombreras de cerros. Estos sedimentos son mal clasificados y heterogéneos, con clastos y colpas que van desde 3 a 4 centímetros hasta colpas de varios decímetros.

Qf2: Depósitos fluviales (Holoceno Reciente). Son gravas gruesas a muy gruesas, polimícticas, en abundante matriz de arena. Constituyen el relleno de valles y quebradas y forman conos de deyección en la salida de estas quebradas En contacto con estos, a lo largo de antiguos valles fluviales se disponen depósitos fluviales (Holoceno). De más antiguos, gravas gruesas a muy gruesas polimicticas (de composición de clastos heterogéneos) en abundante matriz de arena, poco consolidadas. Los más recientes (Holoceno) son gravas gruesas a muy gruesas polimicticas en abundante matriz de arena, no consolidadas.

MPlc: Formación Confluencia (Mioceno~Pleistoceno). (a) Conglomerados medios a muy gruesos, clasto soportados (transporte gravitacional) polioligomicticos, poco consolidados. Clastos redondeados, discoidales, imbricados y un 30-40% meteorizados. Matriz intersticial de arena muy fina a muy gruesa. Brechas en matriz auto soportadas, gruesas a muy gruesas, oligomícticas, mediana a baja consolidación. Clastos angulosos, en parte orientados, con matriz limo arenosa a areniscas de guijarros.

Figura 7.1: Croquis geológico



7.2 ROCAS ESTRATIFICADAS CRETÁCICAS.

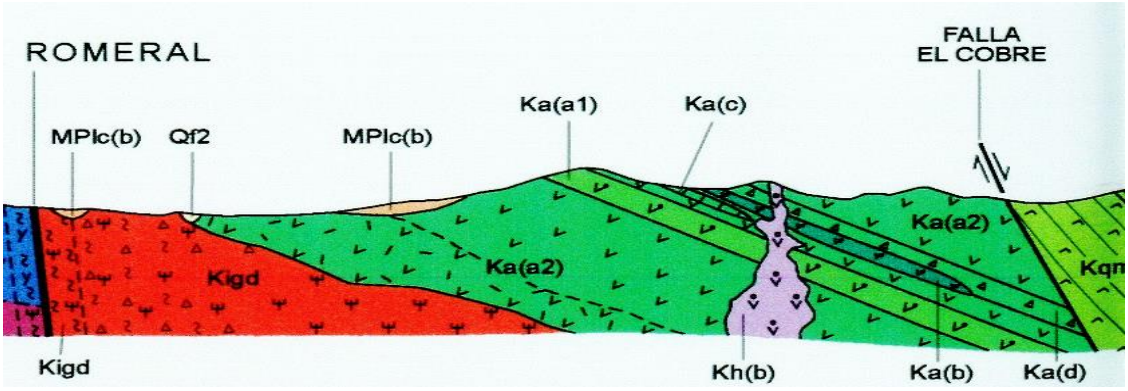
Observando el perfil geológico de la Figura 7.2 estas rocas se ubican hacia el este de la Planta Tambillos y del valle de Quebrada las Cardas. Principalmente estas secuencias estratificadas se componen de rocas sedimentarás y volcánicas, además de volcano-clásticas.

Ka(a1): Formación Arqueros (Neocomiano) Corresponden a rocas volcánicas, de composición andesítico-basáltica, de desopilación submarina y sub aérea, con intercalaciones de rocas sedimentarias marinas. Niveles de lavas porfíricas ('ocoítas'): andesitas basálticas de piroxeno, basaltos de piroxeno-olivino, andesitas de anfíbola-piroxeno y de anfíbola.

Ka(a2): Formación Arqueros del Cretácico Inferior, Basaltos y andesitas porfíricas de anfíbola--piroxeno con intercalaciones de niveles sedimentarios marinos.

Estas secuencias estratificadas tienen una actitud monoclinal hacía el este, factor que favorece que las infiltraciones de agua en los sectores donde se exponen haga migrar las aguas subterráneas hacia valles y acuíferos localizados hacia el este del área de estudio.

Figura 7.2: Perfil geológico transversal



7.3 ESTRATIGRAFÍA LOCAL EN ÁREA DEPÓSITO DE RELAVES FILTRADOS.

La intemperización en el sustrato rocoso en el lecho del valle Las Cardas evidencia un desarrollo de sedimentos regolíticos fragmentados in situ y con tres horizontes de suelo con una permeabilidad débil, la que disminuye en profundidad y que, más abajo del metro de profundidad, se comporta como el nivel de roca basal, correspondiente a una brecha volcánica muy competente y compactada, de acuerdo al siguiente perfil vertical:

Figura 7.3: Perfil estratigráfico



7.3.1 DESCRIPCIÓN

Horizonte A: capa de suelo vegetal orgánico, café claro a oscuro, en contacto directo con atmósfera, posee defectos de clima e intemperización. Elementos líticos y restos orgánicos en matriz de arena y clastos. Permeabilidad media. 25-30 cm.

Horizonte B: capa de suelo mixto, orgánico con mayor porcentaje de líticos, en matriz areno arcillosa, de color pardo café a pardo rojizo. Fracción fina o matriz más compacta, clastos de tamaño heterogéneo polimícticos, forma terrones compactos, menos permeable que el anterior. 25-30 cm.

Horizonte C: Mayor aporte de líticos y menos orgánico. Clastos de mayor tamaño, pero más homogéneos, en fracción fina más pardo rojiza claro, con limos y arcillas cementando los clastos mayores. Nivel más compacto, de mayor dureza y resistencia

mecánica y menos permeable que el anterior. Clastos y fragmentos de roca de la interface con la sirca en mayor proporción. 40-50 cm.

Interfase D: Conocida como “sirca” o “circa”, de textura regolítica, compuesta principalnebte por grandes fragmentos y rodados cataclásticos de unidades de rocas volcánicas tipo brechas andesíticas de la Formación Arqueros. Nivel muy compacto, duro y tenaz de gran resistencia mecánica, aunque muy fragmentada in situ por esfuerzos tectónicos ocurridos durante el enfriamiento y consolidación de las ricas volcánicas del Cretácico Superior. Poca a casi nula permeabilidad. Variable entre 70 a 90 cm, hasta 1 m.

Nivel basal E: Unidad de roca volcánica brechosa, muy alterada de color pardo verdoso a verde azulado blanquecino, muy dura, competente e impermeable. De aspecto regolítico, fragmentada in situ, pero con escaso a nulo transporte. Efectos de meteorización en colpas y bloques parcialmente removidos., de textura regolítica, compuesta principalmente por grandes fragmentos y rodados cataclásticos de unidades de rocas volcánicas tipo brechas andesíticas de la Formación Arqueros. Nivel muy compacto, duro y tenaz de gran resistencia mecánica, aunque muy fragmentada in situ por esfuerzos tectónicos ocurridos durante el enfriamiento y consolidación de las ricas volcánicas del Cretácico Superior. Poca a casi nula permeabilidad. Más de 1.0 m de espesor y profundidad. Detectados en el presente informe.

Comparando las columnas estratigráficas del Informe de Permeabilidad de Minera Tambillos (2008) con lo observado en el corte vertical en el depósito de relaves filtrados, se puede establecer una correlación entre la unidad definida como Tertel con la combinación del Horizonte C y la Interface D,

7.3.2 DISCUSIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA

Desde los horizontes de suelo, en el corte vertical examinado en la parte sur del área, hasta el nivel de brecha andesítica basal identificada, el área del depósito se ve continua en su extensión areal, salvo pequeñas variaciones de fases, propias de los sedimentos, y con las características geotécnicas de buena estabilidad y compactación, sin ningún tipo de estructuras menores que las puedan afectar en el evento de algún sismo.
La permeabilidad de estas unidades, desde el nivel denominado como Tertel o Duripan en el Informe de Permeabilidad de Minera Tambillos (2008), reconocido ahora como el Horizonte C más la Interface D o "circa", ambos con un coeficiente o factor de permeabilidad casi nulo, altamente impermeables.

Figura 7.4: Perfil suelo calicata 1 Lado oeste tranque de relaves nº 1

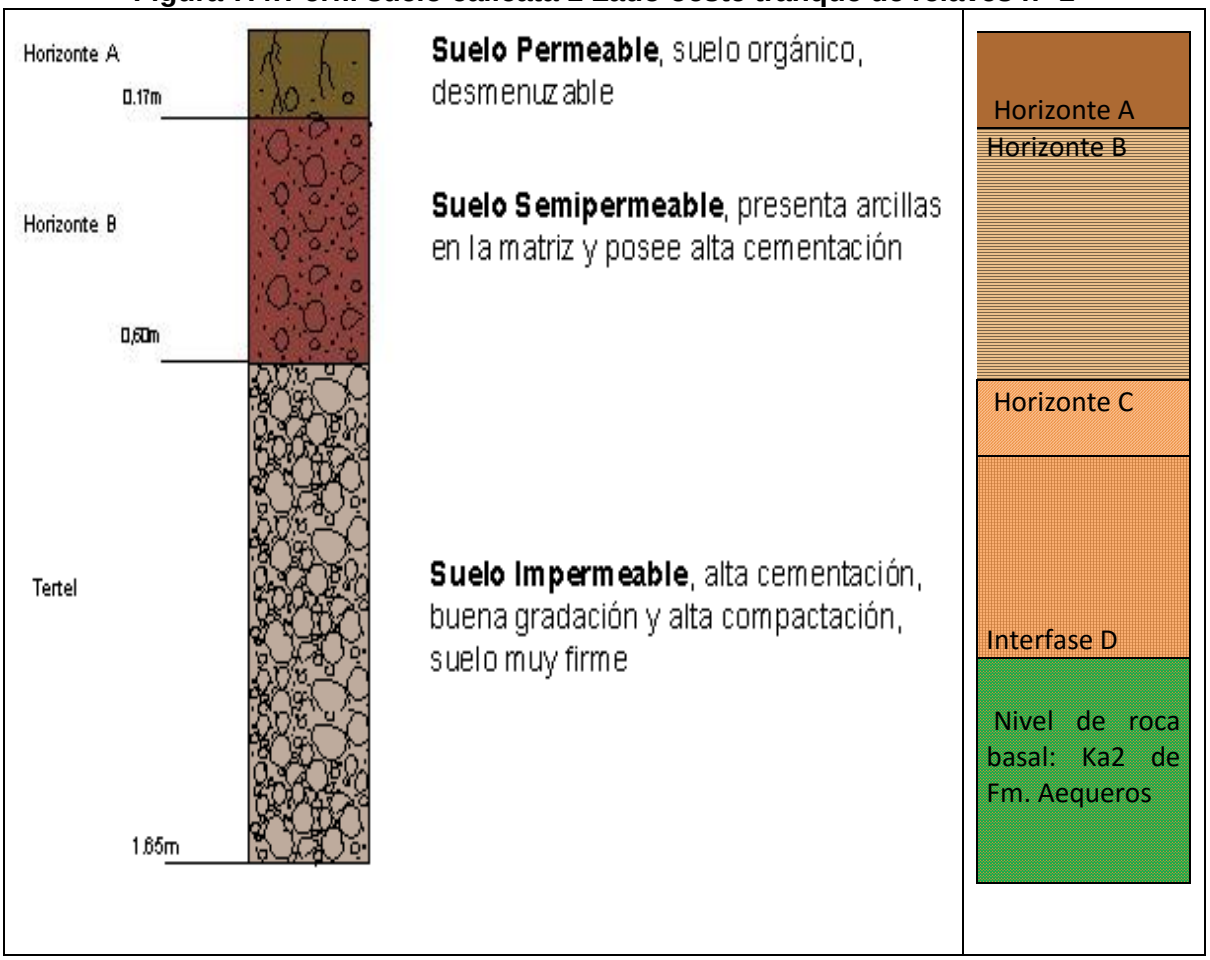
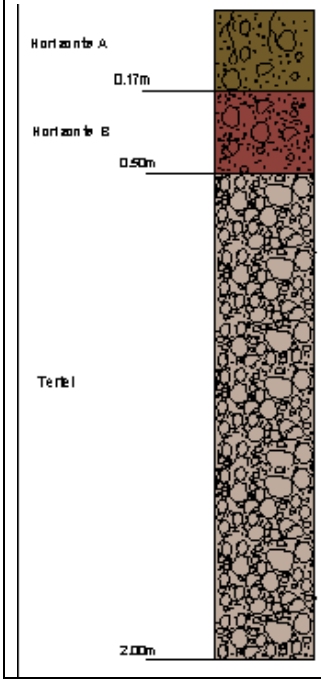


Figura 7.5: Perfil suelo calicata 2 Lado norte tranque de relaves nº 3 y 4



Suelo Permeable, suelo orgánico

Suelo Semipermeable, presenta arcillas en la matriz y posee alta cementación

Suelo Impermeable, alta cementación, buena gradación y alta compactación, suelo muy firme.

7.3.3 ESTRUCTURAS

Del Perfil geológico en la Figura 7.2, se distingue claramente que, en la Región de Coquimbo, La Depresión Intermedia o valle longitudinal queda delimitado por la Falla Romeral al oeste y la Falla El Cobre hacia el este.

La Fallas Romeral, que delimita el Dominio Costero del Dominio Occidental, en el que se sitúa el área de estudio y donde se encuentra actualmente la Planta Concentradora Tambillos. (Emparan, SERNAGEOMIN, 2006, Ref.[6])

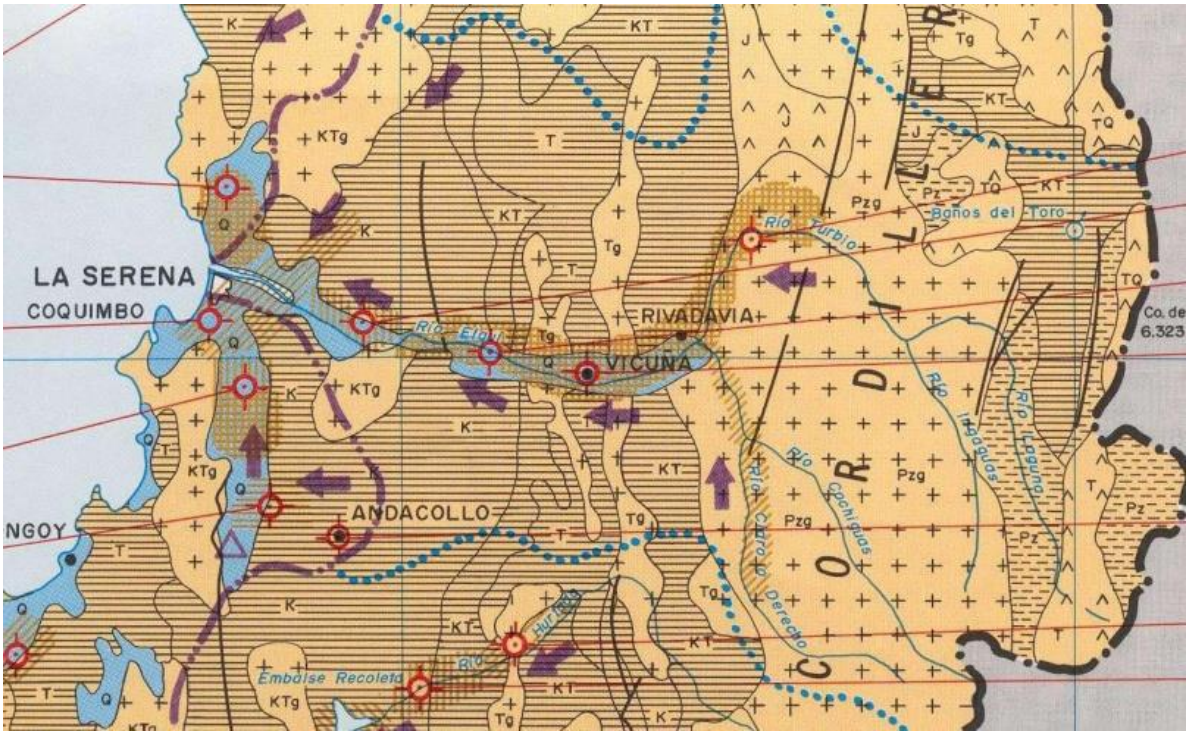
Para el interés del presente estudio, a escala local no existen grandes estructuras de importancia dentro de los límites del depósito o en las inmediaciones de la Planta que puedan concitar algún tipo de monitoreo en este aspecto

8 HIDROGEOLOGÍA

De los antecedentes hidrogeológicos revisados (DGA, Informes Técnicos y Minuta Técnica Nº 42) para el sector de Tambillos no presentan información detallada, pero clasifican a las rocas del sector en el marco de la cuenca del río Elqui, cuya cuenca hidrográfica en su parte alta, destaca la existencia de permeabilidad muy baja debido al tipo de roca que presenta, motivo por el cual el escurrimiento subterráneo ocurre paralelo a los cauces.

Por otra parte, en las cercanías de La Serena existe un acuífero que escurre en dirección Norte-Sur-Oeste, paralelo a la cordillera de la Costa. En la parte alta y media, destaca la existencia de permeabilidad muy baja. Las características de impermeabilidad de las rocas originan que el acuífero escurra paralelo a los cursos de agua. Destacan tres escurrimientos: uno en dirección Sur-Oeste que escurre paralelo al río Hurtado, hasta las cercanías de la localidad de Ovalle.

Figura 8.1: Esquema general de las unidades lito estratigráficas que intervienen en la hidrogeología de la Cuenca del río Elqui



En dirección noroeste escurre un acuífero paralelo al río Grande hasta la confluencia con el río Hurtado en Ovalle. En dirección Sur-Norte escurre el último acuífero paralelo al río Combarbalá hasta el Embalse La Paloma. [11]

El proyecto se sitúa sobre dos unidades de rocas intrusivas graníticas, una de edad jurásica hacia el oeste y la otra de edad cretácica inferior a media hacia el este (un rango mayor a 115 a 120 millones de años). Por su origen magmático y la configuración de los

plutones intrusivos, ya sean graníticos o granodioríticos en la parte occidental del perfil geológico Figura 8.1 es poco probable el emplazamiento o desarrollo de acuíferos de importancia en profundidad, bajo las raíces de los plutones graníticos y/o granodioríticos de edad jurásica superior o cretácica Inferior a Media.

Figura 8.2: Mapa de distribución de las áreas de restricción o sensibilidad de las aguas subterráneas [2]



En la Figura 8.2, el mapa de distribución de las áreas de restricción de aguas subterráneas, superpuesto a la ubicación del depósito de relave filtrado proyectado en tambillos, muestra el límite de estas áreas deja a las localidades de Andacollo y Tambillos justo en el borde de ellas, lo que significa que en el sector examinado la determinación de permeabilidad (Ref. [14]) y el sustrato rocoso del depósito de relaves filtrados, quedan fuera de estas áreas sensibles, descartándose la probabilidad de existencia de acuíferos que pudiesen ser afectados por posibles riesgos de infiltración.

9 INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA

La fragmentación de las rocas in situ favorece el desarrollo de regolitos, material clástico de la roca sustrato que se depositan in situ, con espesores o profundidades no superares a 90 centímetros a 1.20 metros de profundidad. Lo que se ha constatado con las calicatas de exploración desarrolladas anteriormente. No obstante, estas unidades presentan un alto grado de cementación de los líticos, con un escaso transporte. Esto unido a la fracción arcillosa y limosa que actúa como cementante, le otorga a este tertel un alto grado de competencia, dureza y muy poca permeabilidad.

A lo anterior se debe sumar el hecho que la actitud de las rocas volcánicas de la Formación Arqueros que sirve de sustrato rocoso tienen una disposición inclinada hacia el este, lo que significa que los planos de estratificación de las mismas se profundizan en dirección a las capas más profundas de la corteza. Esto es un factor favorable que minimiza el riesgo potencial de infiltraciones hacia las extensiones de suelo vegetal o áreas cultivables.

Se revisó la descripción de suelos del Informe Técnico de Permeabilidad, realizado por Compañía Minera Florida durante el 2007, al este de la Planta y actual Tranque de Relaves, y se ha observado que el desarrollo de los dos horizontes de suelo más superficiales, y muy heterogéneos, forman un suelo orgánico con buena permeabilidad. Los 50 a 70 centímetros más profundos ya corresponden a un tertel o suelo aterronado con mayor compactación y con permeabilidad media a baja, El tercer suelo es un suelo rocoso, compuesto principalmente por fragmentos de roca y guijarros fracturados y muy compactados; suelo cementado por una matriz oligomíctica y con un grado de permeabilidad muy bajo a impermeable.

Este suelo alcanza una profundidad variable de 0.9 a 1.0 metro, según las distintas paredes expuestas en el lado sur del depósito, como se observa en los cortes verticales en las fotografías y en las columnas estratigráficas de la Ref. 19 y la descrita en el presente informe.

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El valle de Quebrada Las Cardas, a lo largo del cual circula la carretera que va de Ovalle a La Serena por la ruta 43 y en el que opera la Planta de Concentrados de cobre de Minera Florida S.A. no presenta factores de riesgo asociado a condiciones geológicas o geotécnicas para la operación y desarrollo de un depósito de relaves filtrados en la parte inmediatamente al sur de la Planta.

En superficie no se observaron estructuras que posibiliten infiltraciones a través de ellas, en especial por la ausencia de cauces hídricos en la zona en que se han proyectado las obras hidráulicas, que, por su naturaleza de formación en el magma a profundidad, garantiza la escasa probabilidad de acuíferos bajo las brechas volcánicas o bajo la cubierta regolítica que caracteriza al tertel granodiorita.

En el área de la Planta no se detectó durante la visita rasgos estructurales que incidan o favorezcan posibles peligros geológicos por riesgo sísmico, no obstante, se recomienda cautelar medidas de seguridad, puesto que la Región de Coquimbo y el propio borde costero nacional se caracterizan por la alta sismicidad, la que sin embargo no ha afectado con grandes eventos al área de estudio.

La meteorización en las rocas graníticas de los altos topográficos, muestra el escaso desarrollo de sedimentos con requisitos y especificaciones para fuentes de material de empréstito en la zona de la cubeta proyectada.