

Santiago, 16 de abril de 2018

ING-052-17

Ant.: ORD. DGA RMS N° 420

Mat.: Respuesta de observaciones al Informe
"Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas.
Yacimiento de Puzolana Popeta"

Señora
Carmen Herrera Indo
Dirección Regional de Aguas
Región Metropolitana

Presente

De mi más alta consideración:

Junto con saludarle, me dirijo a Ud. para hacerle entrega del informe corregido respecto al "Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas" del proyecto "Yacimiento de Puzolana Popeta".

Este Plan de Monitoreo fue elaborado como parte de los compromisos adquiridos en la Resolución de Calificación Ambiental (RCA N° 349/11). En dicha resolución el titular se obliga a "Mantener un monitoreo del acuífero durante las etapas de operación y previo al cierre del Proyecto, para lo cual se deberá considerar factores tales como la dirección del flujo, gradiente hidráulica, estratigrafía, etc. Una vez que se tenga dicha información se deberán definir, en conjunto con la Dirección General de Aguas, los pozos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo del proyecto, además de la frecuencia del monitoreo, parámetros a considerar y las medidas ante eventuales anomalías".

Al respecto, se presenta una propuesta que incluye la ubicación de los pozos de monitoreo aguas arriba y aguas abajo del proyecto, frecuencia y parámetros a monitorear. En base a ésta, se solicita a la Dirección General de Aguas, pronunciarse respecto a la aceptación o no de dicha propuesta, y realizar las correcciones que estime pertinente.

Sin otro particular y esperando una favorable acogida, le saluda atentamente,



A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Josefina Herrera Ronda".

Josefina Herrera Ronda
Ingeniera de Proyecto
Ingeniería y Proyectos ICNOVA S.p.A.

SAC/MCdR

Distribución:

- Destinatario
- Carpeta de Proyecto.



INFORME: Plan de Monitoreo Aguas Subterráneas

PROYECTO: Explotación Yacimiento Popeta

Elaborado para
MINERA RÍO TENO

Índice de Contenidos

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVOS.....	5
3. METODOLOGÍA	6
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	7
4.1 Ubicación	7
4.2 Residuos líquidos.....	9
4.2.1 Etapa de construcción	9
4.2.2 Etapa de operación.....	10
4.2.3 Etapa de cierre	10
5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	11
5.1 Clima	11
5.2 Meteorología	12
5.2.1 Precipitaciones.....	12
5.2.2 Temperatura	14
5.2.3 Humedad relativa	14
5.3 Hidrología	15
6. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA	17
6.1 Geología y volcanismo	17
6.2 Geomorfología	18
6.3 Suelos	20
6.4 Hidrogeología	21
6.5 Identificación del Acuífero	22
6.6 Caracterización de las aguas subterráneas	24
6.7 Vulnerabilidad del acuífero	24
6.8 Información de pozos cercanos a la zona del Proyecto	25
6.8.1 Recopilación de datos obtenidos de los pozos de monitoreo.....	25
6.8.2 Recopilación de datos obtenidos en pozos del CPA	35
6.8.3 Análisis de los resultados	39
7. PLAN DE MONITOREO.....	40

7.1	Pozos de monitoreo	40
7.2	Parámetros a monitorear	41
7.3	Umbral de medición permitido	42
7.4	Duración y frecuencia de muestreo	42
7.5	Metodología o procedimiento de medición	42
7.5.1	Nivel de agua subterránea	42
7.5.2	Calidad del agua	42
7.6	Entrega de resultados.....	43
7.7	Medidas de emergencia en caso de anomalía.....	43
7.8	Planes de prevención y contingencia en caso de derrame	44
7.8.1	Plan de prevención	44
7.8.2	Plan de contingencia y/o emergencia.....	44
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	46
9.	ANEXOS	48
9.1	Registro pozos DGA.....	48

Índice de Tablas

Tabla 4-1: Ubicación del Proyecto (<i>Datum</i> WGS 1984)	7
Tabla 5-1: Precipitaciones mensuales estación "Los Guindos"	13
Tabla 5-2: Temperatura en zona de Proyecto.....	14
Tabla 6-1: Ubicación pozos DGA.....	26
Tabla 6-2: Profundidad mínima de cada pozo y mes de ocurrencia.....	32
Tabla 6-3: Conteo mes crítico para cada pozo estudiado	34
Tabla 6-4: Profundidad crítica promedio (m)	34
Tabla 6-5: Información Pozos del Catastro Público de Aguas	35
Tabla 7-1: Coordenadas ubicación de pozos de monitoreo (<i>Datum</i> WGS84, 19S)	40
Tabla 7-2: Parámetros a monitorear.....	41
Tabla 9-1: Registro de Pozo AS. Ignacio Serrano	48
Tabla 9-2: Registro de Pozo AS. San Miguel Popeta (1).....	49
Tabla 9-3: Registro de Pozo AS. San Miguel Popeta (2).....	50
Tabla 9-4: Registro de Pozo Asentamiento Popeta Las Mariposas.....	51
Tabla 9-5: Registro de Pozo AS. San Carlos Cholqui (1)	52
Tabla 9-6: Registro de Pozo Industria Bata	53

Índice de Figuras

Figura 4-1: Ubicación del Proyecto	8
Figura 4-2: Vista ampliada de la ubicación del Proyecto	9
Figura 5-1: Clasificación climática según Köppen.....	11
Figura 5-2: Precipitaciones medias mensuales estación "Los Guindos" (mm)	12
Figura 5-3: Cuencas Hidrográficas de acuerdo clasificación DGA	15
Figura 6-1. Formación geológica general en el área de estudio.....	18
Figura 6-2: Características Hidrogeológicas de la Cuenca Río Maipo	22
Figura 6-3: Acuífero zona del Proyecto.....	23
Figura 6-4: Mapa de vulnerabilidad del acuífero	25
Figura 6-5: Ubicación pozos de monitoreo de DGA.....	26
Figura 6-6: Registro Pozo AS. Ignacio Serrano.....	27
Figura 6-7: Registro Pozo AS. San Miguel Popeta (1)	28
Figura 6-8: Registro Pozo AS. San Miguel Popeta (2)	28
Figura 6-9: Registro Pozo Asentamiento Popeta Las Mariposas	29
Figura 6-10: Registro Pozo AS. San Carlos Cholqui (1)	30
Figura 6-11: Registro Pozo Industria Bata	30
Figura 6-12: Ubicación de pozos privado registrado en DGA.....	35
Figura 6-13: Ubicación Relleno Sanitario Melipilla respecto del Proyecto	36
Figura 6-14: Perfiles estratigráficos resumidos calicatas (según Tecnolab Ltda.)	37
Figura 6-15: Perfiles estratigráficos resumidos sondajes (según Quinta Empresas.) ..	37
Figura 6-16: Perfil longitudinal Estero Popeta	38
Figura 7-1: Ubicación pozos de monitoreo	41

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe ha sido elaborado por ICNOVA ING (en adelante "Consultor") para MINERA RÍO TENO (en adelante "Mandante" o "Cliente"), para dar respuesta al requerimiento de Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas dentro del marco del Proyecto "Explotación Yacimiento Popeta", en adelante, "el Proyecto", cuyo Titular es Minera Río Teno S.A.

Este Proyecto consiste en la extracción mecánica de depósitos de puzolana existentes en un predio ubicado en la localidad de Popeta, en la Provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Esta extracción se efectúa sólo mediante el uso de excavadora, debido a la baja dureza del mineral. Se considera actividad extractiva en bancos de 3 m de altura hasta 12 m bajos la cota original.

De acuerdo a lo señalado en la Declaración de Impacto Ambiental, presentada el 26 de noviembre de 2010, el Proyecto no conlleva ningún tipo de alteración del acuífero. Sin embargo, es requisito de la autoridad mantener un monitoreo de este durante las etapas de operación y previo al cierre del Proyecto, para lo cual se deberá considerar factores tales como dirección del flujo, gradiente hidráulica, estratigrafía, entre otros.

Por lo mismo, surge la necesidad de realizar una Línea Base Hidrogeológica que permita caracterizar e identificar los acuíferos de la zona de estudio para poder evaluar, de esta manera, los impactos que podría tener este Proyecto en los cuerpos de agua subsuperficiales y elaborar un plan de monitoreo de aguas subterráneas adecuado a este caso.

Teniendo esto presente, se ha desarrollado el siguiente informe cuya estructura se presenta a continuación:

- Capítulo 2: Presenta los objetivos generales y específicos considerados en el presente estudio;
- Capítulo 3: Presenta la metodología empleada;
- Capítulo 4: Presenta una descripción breve del Proyecto en estudio;
- Capítulo 5: Se presentan las características generales de la zona de estudio;
- Capítulo 6: Se presentan los antecedentes hidrogeológicos necesarios para establecer la Línea Base Hidrogeológica;
- Capítulo 7: Presenta el Plan de Monitoreo
- Capítulo 8: Contiene la bibliografía utilizada para la elaboración de este estudio.
- Capítulo 9: Contiene los anexos

2. OBJETIVOS

El objetivo general de este estudio es presentar los antecedentes necesarios para describir de manera detallada la Hidrogeología de la zona donde se emplaza el Proyecto y con ellos elaborar un plan de monitoreo de aguas subterráneas. Esto con el propósito de determinar la vulnerabilidad del acuífero durante las fases de operación y cierre, y evaluar los posibles impactos que pudiesen generarse o presentarse.

Para poder alcanzar dicho objetivo, es necesario planificar las actividades de modo de cumplir los objetivos específicos que se listan a continuación:

- Describir el lugar en el cual se llevará a cabo el Proyecto a fin de identificar las obras y su posible interacción con los flujos subterráneos en la zona.
- Analizar bibliográficamente la hidrogeología y geología del sector, caracterizando, además, el clima, precipitaciones, meteorología, entre otros.
- Establecer un marco hidrogeológico, identificando los acuíferos de la zona de estudio.
- Realizar una recopilación de antecedentes de pozos y sondajes cercanos a la zona del Proyecto a fin de estimar la profundidad de la napa y las direcciones de flujo.

3. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos de este informe se utilizará la siguiente metodología:

- Recopilación y revisión de antecedentes disponibles de informes anteriores y de otras publicaciones.
- Caracterización hidrogeológica del Área de Estudio: clima, geomorfología, geología e hidrogeología.
- Recopilación y sistematización de antecedentes disponibles en Sernageomin, Dirección General de Aguas, entre otras fuentes de información territorial.
- Investigación de pozos y sondajes cercanos, solicitando información por Ley de Transparencia al Catastro Público de Aguas.
- Estimación de la profundidad de la napa subterránea y su sentido de escurrimiento.
- Discusión y análisis de los resultados.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 Ubicación

El Proyecto consiste en la extracción mecánica de depósitos de puzolana existentes en un predio ubicado en la localidad de Popeta, en la Provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Esta extracción se efectúa sólo mediante el uso de excavadora, debido a la baja dureza del mineral. Se considera actividad extractiva en bancos de 3 m de altura hasta 12 m bajos la cota original.

Específicamente, el Proyecto se lleva a cabo en el kilómetro 16 de la ruta G-60, en un terreno perteneciente a Minera Río Teno S.A., en el sector de Popeta-Mandinga a 15 km al suroeste de la localidad de Melipilla.

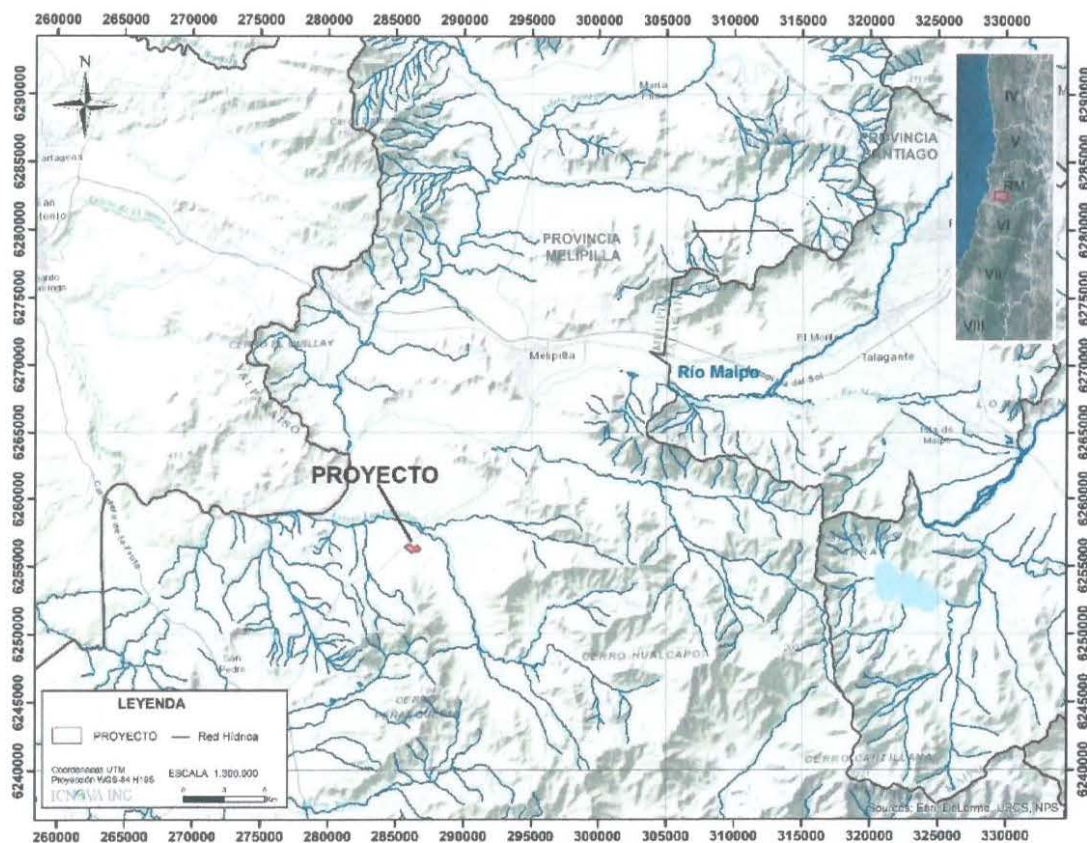
La superficie del Proyecto se caracteriza por ser en un predio de 33,9 ha, donde el Mandante declaró intervenir 4,5 ha, de las cuales 3,7 ha corresponden al área del rajo de explotación del yacimiento.

Las coordenadas UTM de referencia se muestran en la Tabla 4-1, mientras que la Figura 4-1 muestra la ubicación general del Proyecto.

Tabla 4-1: Ubicación del Proyecto (Datum WGS 1984)

	COORDENADAS	
	Este (m)	Sur (m)
Explotación Yacimiento Popeta	286.180	6.256.278

Fuente: Elaboración propia

Figura 4-1: Ubicación del Proyecto


Fuente: Elaboración propia

En el área del Proyecto la puzolana se encuentra desde una profundidad de 0,2 m aproximadamente bajo la superficie del suelo, hasta una profundidad relativa mayor a 20 m.

En la Figura 4-2 se muestra un acercamiento de la ubicación del Proyecto:

Figura 4-2: Vista ampliada de la ubicación del Proyecto

Fuente: Elaboración propia. Mapa base obtenido de Google Earth 2017

4.2 Residuos líquidos

Para efectos del plan de monitoreo, es necesario especificar y caracterizar los residuos que se generarán durante la fase de construcción, operación y cierre de la planta. Esta información fue recopilada de la Declaración de Impacto Ambiental.

4.2.1 Etapa de construcción

Los residuos líquidos corresponderán a los generados por los trabajadores en los baños químicos dispuestos en el predio, y se prevé una tasa de generación de 0,5 m³/día, considerando un valor de 50 lt/trabajador/día. El retiro y manejo de estos residuos estará a cargo de una empresa autorizada por la Autoridad Sanitaria.

No se prevé la generación de otro tipo de residuos líquido durante esta etapa.

4.2.2 Etapa de operación

Estos residuos corresponderán a aguas servidas y residuales provenientes de los servicios higiénicos que se habilitarán en el predio. De forma estimativa se espera una generación 0,9 m³/día de aguas servidas aprox., ello asumiendo un consumo medio de 150 L/día/trabajador. Este volumen de residuo será dispuesto en el sistema de alcantarillado particular que será construido en el predio. La limpieza de la fosa séptica será realizada por una empresa autorizada al menos cada dos años o según requerimientos técnicos.

El sistema de alcantarillado estará constituido básicamente por una fosa séptica que recibirá las aguas provenientes de baños, permitiendo la digestión anaeróbica y sedimentación de lodos. Luego estas aguas serán recibidas por una cámara repartidora de drenes, desde donde se envían a un sistema de drenes que permitan la infiltración gradual del líquido en el terreno.

No se prevé la generación otros residuos líquidos, ya que en el procedimiento de extracción no se utiliza ningún tipo de aditivo ni proceso químico. El mantenimiento y lavado de vehículos se realizará en talleres fuera del predio.

4.2.3 Etapa de cierre

Dadas las características de las faenas de esta etapa, no se generarán residuos industriales líquidos. Al igual que durante las etapas de construcción y operación, los residuos líquidos corresponderán a aguas servidas producidas en los servicios higiénicos por el personal. Estos residuos serán manejados y dispuestos mediante el sistema de alcantarillado habilitado por el proyecto, el cual se mantendrá operativo hasta el final de las faenas de cierre.

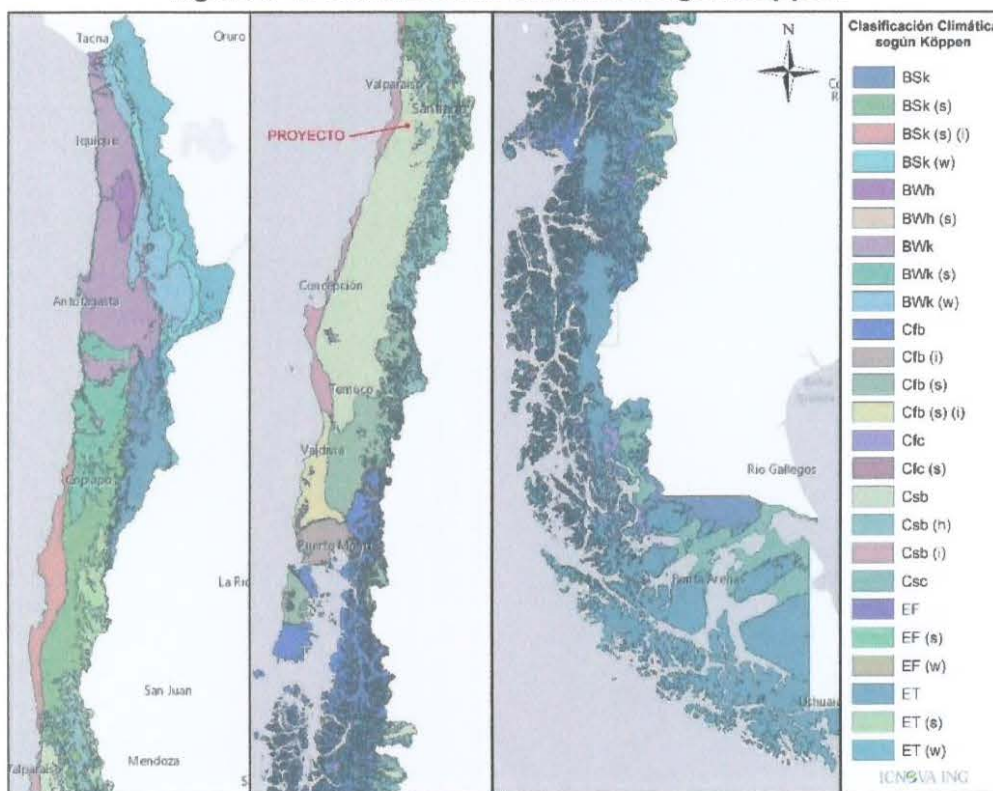
Una vez finalizada la faena de cierre, se procederá al cierre y desmantelación de la infraestructura asociada existente por sobre el suelo.

5. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1 Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen (Figura 5-1), la zona del Proyecto presenta clima Templado Cálido con Lluvias Invernales (Csb). Este clima se caracteriza por inviernos fríos o templados (temperatura media del mes más frío está entre -3°C y 18°C) y veranos secos, en donde la mayor parte de las lluvias caen en invierno o en las estaciones intermedias. Respecto a los veranos, estos se caracterizan por ser frescos pues no superan los 22°C de media en el mes más cálido, mientras que las temperaturas medias superan los 10°C al menos cuatro meses al año. Además, son veranos secos con un mínimo de precipitaciones marcado; la precipitación del mes más seco del verano es inferior a la tercera parte de la precipitación del mes más húmedo, y algún mes tiene precipitación inferior a 30 mm. Finalmente este tipo de climas se caracteriza por una vegetación natural de bosque mediterráneo por lo que se da principalmente en bosques templados.

Figura 5-1: Clasificación climática según Köppen



Fuente: Elaboración propia

5.2 Meteorología

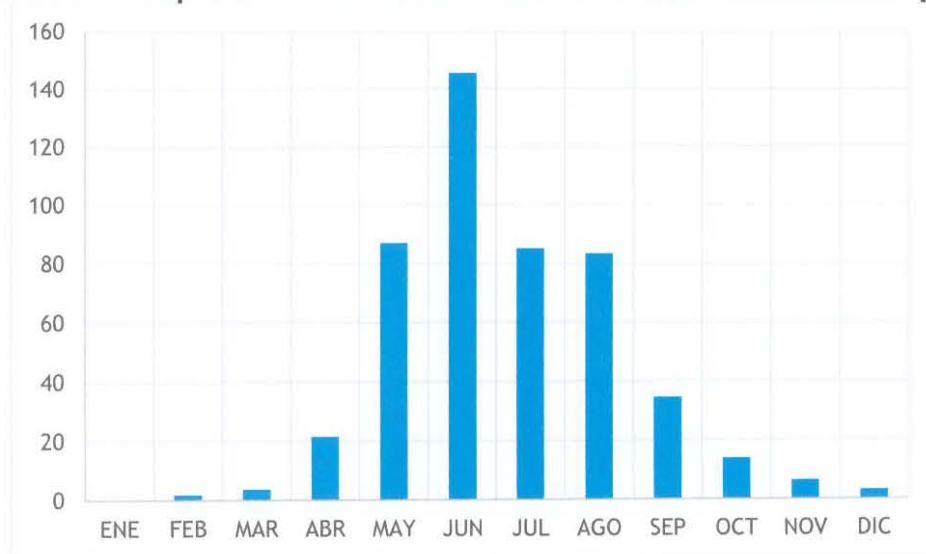
5.2.1 Precipitaciones

El régimen hidrológico general de la Región Metropolitana es de carácter pluvio-nival. La precipitación se encuentra concentrada en los meses de invierno y una estación muy seca producida por un dominio anticiclónico ininterrumpido. Estos períodos estacionales de marcadas características no son semejantes, ya que su fase de estación seca se prolonga por siete u ocho meses.

La distribución espacial de las lluvias permite identificar condiciones disímiles en el reducido radio de la cuenca de Santiago, debido al papel de biombo climático que juegan separadamente la cordillera de Los Andes y la cordillera de La Costa. De esta forma, el régimen de lluvias anuales presenta registros superiores a los 300 mm en la zona intermedia de la región y a medida que aumenta la altura hacia el sector precordillerano andino, estos registros presentan una relación directa, es decir un incremento también en los valores anuales de agua caída, alcanzando totales mayores a 750 mm en algunas localidades de la región.

La Figura 5-2 presenta las precipitaciones medias mensuales para la estación "Los Guindos" ubicada en la comuna de Melipilla. Esta estación, dentro de las que pertenecen a la Dirección General de Aguas, es la que tiene registros más cercanos al área del Proyecto.

Figura 5-2: Precipitaciones medias mensuales estación "Los Guindos" (mm)



Fuente: DGA (2017)

El promedio anual registrado por la estación mencionada anteriormente, entre los años 1990-2017, es de 476,54 mm. La Tabla 5-1 muestra el registro de las precipitaciones mensuales. De acuerdo a estos datos, el mes con mayor precipitación es junio con una media mensual de 145,54 mm, mientras que enero es el con menor precipitación (0,036 mm).

Tabla 5-1: Precipitaciones mensuales estación "Los Guindos"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	0,00	0,00	15,50	5,60	15,30	7,80	78,10	47,30	58,40	21,50	0,00	0,00
1991	0,00	0,00	0,00	32,30	150,10	226,50	104,90	18,30	62,50	13,50	0,00	28,00
1992	0,00	0,00	17,50	36,20	246,70	305,10	9,70	137,00	25,70	0,00	3,00	0,00
1993	0,00	0,00	0,00	49,00	107,80	134,30	78,60	42,90	2,10	2,00	5,30	0,00
1994	0,00	0,00	0,00	40,10	110,50	108,80	95,10	4,10	18,80	2,60	0,00	2,50
1995	0,00	0,00	0,00	55,00	0,00	214,50	142,00	88,50	17,50	13,80	0,00	0,00
1996	0,00	0,00	0,00	19,30	12,50	68,00	77,00	112,00	2,00	0,00	0,00	0,00
1997	0,00	0,00	0,00	16,00	150,00	467,00	59,00	134,00	118,00	73,00	24,50	0,00
1998	0,00	0,00	0,00	25,00	25,00	12,00	0,00	0,00	20,50	0,00	0,00	0,00
1999	0,00	0,00	11,00	2,00	40,10	69,10	43,00	96,00	174,40	4,00	0,00	0,00
2000	0,00	29,00	0,00	4,50	14,50	517,00	18,00	6,00	154,50	0,00	0,00	0,00
2001	0,00	0,00	0,00	20,00	124,00	21,00	285,60	163,00	19,50	0,00	0,00	0,00
2002	0,00	0,00	0,00	0,00	235,50	196,00	150,00	234,00	14,50	18,00	0,00	0,00
2003	0,00	0,00	0,00	0,00	119,00	136,50	79,50	20,00	40,00	5,00	16,00	0,00
2004	0,00	0,00	18,00	58,00	36,00	90,00	148,00	101,50	24,50	0,00	50,00	0,00
2005	0,00	0,00	10,50	5,00	178,00	198,00	70,00	132,00	20,20	10,00	29,50	0,00
2006	0,00	0,00	0,00	15,00	65,00	147,00	240,00	96,00	17,00	50,50	0,00	0,00
2007	0,00	20,00	0,00	0,00	14,00	75,00	76,50	49,50	0,00	0,00	0,00	0,00
2008	0,00	0,00	20,00	6,00	203,50	83,00	81,00	206,50	2,50	0,00	0,00	0,00
2009	0,00	0,00	0,00	0,00	19,50	164,50	26,50	130,50	45,00	0,00	0,00	0,00
2010	0,00	0,00	0,00	0,00	41,00	174,50	90,10	7,40	21,50	11,00	1,80	0,00
2011	1,00	2,00	5,10	27,00	1,60	98,50	89,00	102,00	0,60	0,00	0,00	0,00
2012	0,00	0,00	1,20	0,00	159,00	154,50	1,50	50,00	0,00	40,00	4,50	51,00
2013	0,00	0,00	0,00	0,00	145,50	45,00	46,50	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2014	0,00	0,00	2,00	0,00			50,00	80,50	55,50	0,00	25,00	0,60
2015	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	67,00	118,00	53,00	68,00	11,80	0,00
2016	0,00	0,00	0,00	173,00	28,00	32,00	136,50	0,00	0,00	39,00	0,00	1,50
2017	0,00	0,00	0,00	12,00	101,00	184,00	40,00	126,50	0,00			
Media mensual	0,04	1,82	3,60	21,46	86,97	145,54	85,11	83,34	34,58	13,77	6,35	3,10

Fuente: Dirección General de Aguas (2017)

5.2.2 Temperatura

La Región Metropolitana se caracteriza por una alta oscilación térmica a escala anual y diaria que puede producir temperaturas inferiores a 0°C durante los meses invernales y superiores a 30°C durante el verano. Este comportamiento térmico anual se ve influenciado por la orografía del lugar, ya que hacia el oeste ejerce su accionar la cordillera de la costa, hacia el este la cordillera de Los Andes y en su parte central los valles transversales principales comprendidos por el río Maipo y Mapocho. Estas condiciones físicas de la región permiten fuertes gradientes de temperatura entre una zona y otra, llegando hasta 6°C en aquellas áreas ubicadas hacia el sector cordillerano, en relación con aquellos sectores de los valles intermedios.

La comuna de Melipilla se caracteriza por tener un clima mediterráneo marino. Se caracteriza por una estación lluviosa y de bajas temperaturas, abundante niebla (presente en las mañanas inclusive en el verano) por su cercanía con la costa; la estación seca se extiende por unos cinco meses. La cercanía a la costa también influye en que las temperaturas no sean tan extremas en general.

La Tabla 5-2 muestra las temperaturas medias máximas, mínimas y media para la zona del Proyecto. Considerando los datos recogidos por la estación "Melipilla" se tiene que en verano las temperaturas máximas superan los 26°C-28°C, contrariamente a las temperaturas mínimas de invierno en los meses de junio y julio, con mínimas de 5,13 °C.

Tabla 5-2: Temperatura en zona de Proyecto

PERIODO	TEMPERATURA MEDIA(°C)			PERIODO	TEMPERATURA MEDIA(°C)		
	mín.	máx.	media		mín.	máx.	media
Enero	11,85	28,07	19,59	Julio	5,13	14,75	9,79
Febrero	11,80	26,95	19,15	Agosto	6,13	16,21	11,03
Marzo	10,67	25,89	18,04	Septiembre	7,03	18,72	12,89
Abril	9,33	22,45	15,55	Octubre	7,92	21,51	14,52
Mayo	6,87	17,77	12,67	Noviembre	9,11	23,49	16,43
Junio	6,17	15,11	10,86	Diciembre	10,64	26,86	18,51

Fuente: Elaboración propia

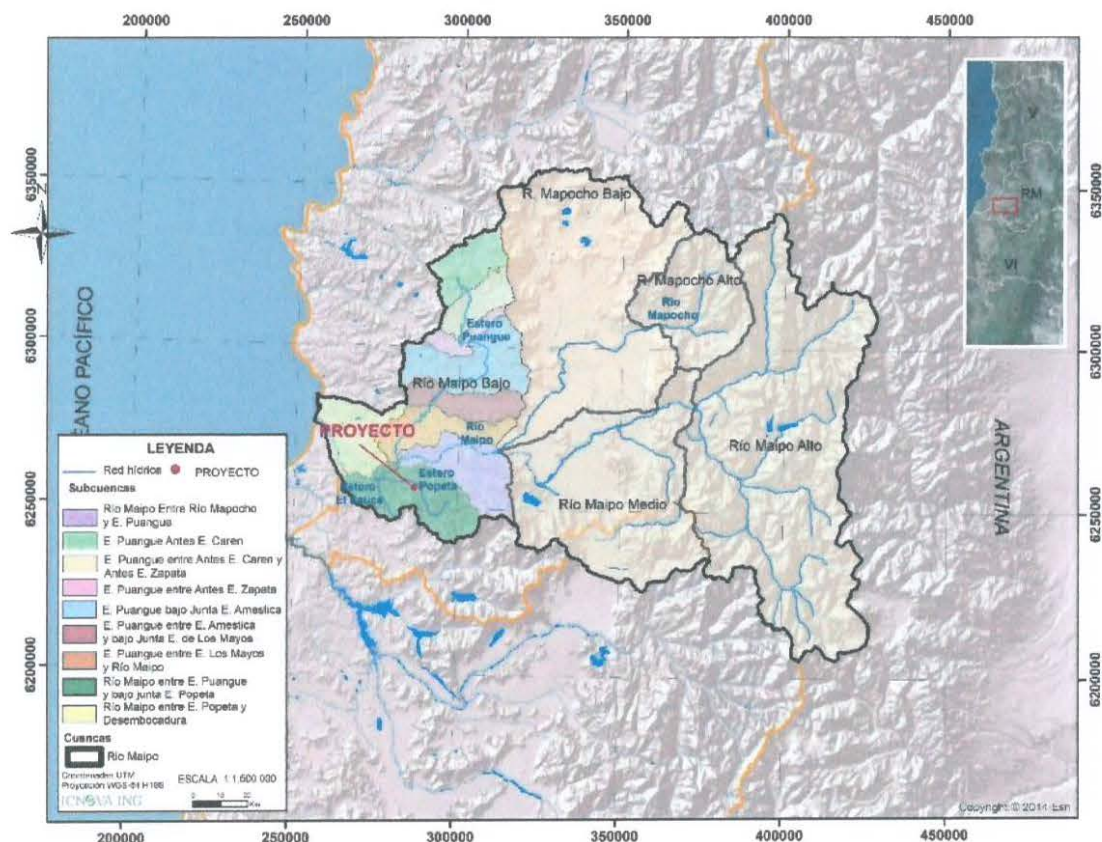
5.2.3 Humedad relativa

La humedad relativa expresada como la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire y la cantidad de vapor en aire saturado a la misma temperatura, es relativamente baja, ligeramente superior al 70%, como promedio anual (Calderón J., Cruz C., 2008).

5.3 Hidrología

De acuerdo a la clasificación de cuencas hidrológicas realizada por la Dirección General de Aguas, el proyecto se encuentra ubicado en la cuenca del Río Maipo. La Figura 5-3 muestra la división en subcuencas de acuerdo a dicha clasificación. Según esta figura, el Proyecto en estudio se encuentra en la subcuenca Río Maipo Bajo, específicamente entre "Estero Puangue y bajo junta Estero Popeta".

Figura 5-3: Cuencas Hidrográficas de acuerdo clasificación DGA



Fuente: Elaboración propia

Dentro de los cuerpos de agua más importantes de esta cuenca, y que se encuentran cerca del área del Proyecto, están el río Maipo, estero Popeta y estero El Sauce.

El Río Maipo tiene una longitud de 250 Km y una superficie aproximada de 15300 km² siendo la principal fuente de agua de la Región Metropolitana. En sus zonas alta y media el río Maipo es de régimen marcadamente nival, presentando un gran aumento de caudal en los meses de primavera producto de los deshielos cordilleranos. En la zona baja, el río Maipo posee un régimen pluvial, por lo cual presenta crecidas asociadas directamente con las precipitaciones.

El río nace en las laderas del volcán Maipo a 5.623 m.s.n.m. con las características de una quebrada cordillerana. Luego de cruzar la ciudad, cerca de la Cordillera de la Costa recibe desde el sur los aportes provenientes del estero Angostura, los que a su vez provienen en parte importante de sus tributarios los ríos Peuco y San Francisco. Al iniciar su recorrido a través de la Cordillera de Costa, recibe por su ribera derecha, los aportes del río Mapocho.

En el curso inferior, luego de recibir los aportes del Mapocho, su principal tributario corresponde al estero Puangue, recibiendo también aportes de los esteros Popeta, El Sauce y San Juan.

El estero Popeta, nace desde el estero Tantehue, junto al cordón de Culiprán y al estero Cholqui, los cuales drenan hacia el río Maipo por la ribera sur y surponiente de la ciudad de Melipilla, respectivamente. Más al poniente se suman al río Maipo, los esteros El Sauce y estero Quincahue.

El estero el Sauce nace en el sector Rinconada de San Pedro, al surponiente de la ubicación del Proyecto. Recibe las aguas del estero Patagual, para luego drenar en el río Maipo.

6. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA

6.1 Geología y volcanismo

Según información recopilada en el Mapa Geológico de Chile del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN, escala 1:1.000.000), en el área de estudio se encuentra la siguiente formación geológica: **PI3t**, **CPg**, **Jsg** y **Q1**, tal como se indica en la Figura 6-1.

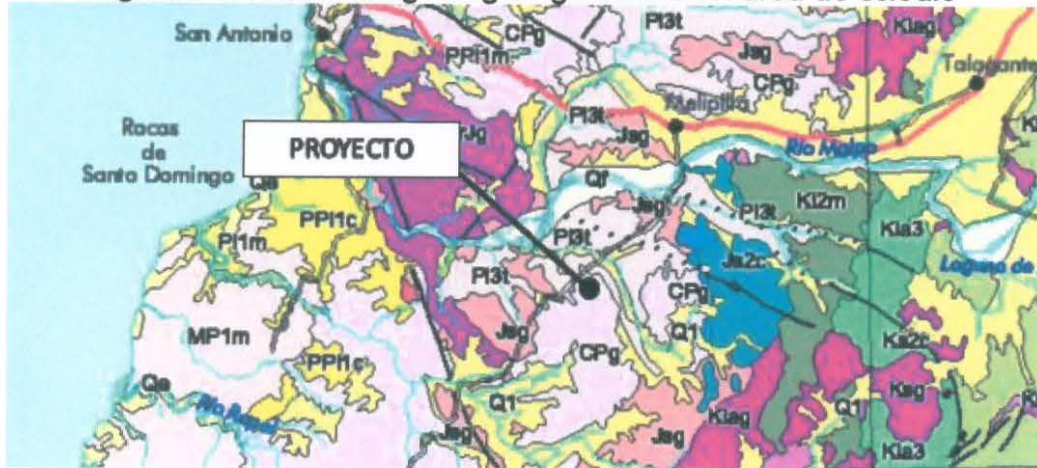
La formación geológica **PI3t** (Pleistoceno), corresponde a depósitos piroclásticos principalmente riolíticos, asociados a calderas de colapso. Estas están presentes en la Depresión Central y valles de la Cordillera Principal, regiones V a VII, por ejemplo, en Ignimbrita Pudahuel y Toba Loma Seca.

La formación geológica **Jsg** (Jurásico Medio-Superior), corresponde a monzodioritas cuarcíferas, dioritas y granodioritas de biotita, piroxeno y hornblenda. En la Cordillera de la Costa, regiones I a VI; en la Cordillera Principal, regiones X y XI: Plutón Panguipulli y borde oriental del Batolito Norpatagónico; en la península Antártica.

La formación geológica **CPg** (Carbonífero-Pérmico), corresponde a granitos, granodioritas, tonalitas y dioritas, de hornblenda y biotita, localmente de muscovita. En la Precordillera y Cordillera Principal, regiones I a IV: Batolitos compuestos, 'stocks' y cuerpos hipabisales (Sierra Moreno, Cordillera de Domeyko, Batolito Elqui-Limarí); en la Cordillera Principal, regiones X y XI: Batolito Panguipulli-Riñihue y 'Stock' Leones.

La formación geológica **Q1** (Pleistoceno-Holoceno), corresponde a depósitos aluviales, coluviales y de remoción en masa y en menor proporción fluvioglaciales, deltaicos, litorales o indiferenciados. En la Depresión Central, que corresponde a las regiones Metropolitana a IX además se presentan abanicos mixtos de depósitos aluviales y fluvioglaciales con intercalación de depósitos volcanoclásticos.

Figura 6-1. Formación geológica general en el área de estudio



Fuente: SERNAGEOMIN (2012).

6.2 Geomorfología

La unidad morfoestructural que predomina en el sector en que se emplaza el Proyecto, es la Cordillera de la Costa.

La Cordillera de la Costa se sitúa entre el Océano Pacífico y la Depresión Central, en ella se encuentran cerros que sobrepasan los 2.000 m.s.n.m. Está formada principalmente por granitoides del Paleozoico Superior en su flanco occidental y por secuencias volcánicas y sedimentarias mesozoicas en la parte más oriental. En este cordón montañoso y en la Cordillera de los Andes se desarrollan principalmente depósitos coluviales, de pie de monte en las laderas y depósitos fluviales en el fondo de los valles, muchas veces acompañados de depósitos fluviales más antiguos que forman terrazas.

En la Cordillera de la Costa se encuentran rocas estratificadas, sedimentarias y volcanosedimentarias de edades neógenas, cretácicas y jurásicas. Las rocas estratificadas están mejor representadas en la parte oriental de la Cordillera donde afloran materiales principalmente cretácicos en los que, por extensión, destacan la Formación Las Chilcas, La Formación Veta Negra y la Formación Lo Prado.

La Formación Quintay se extiende por la costa y consiste en rocas donde predominan las anfíbolitas y gneiss con intercalaciones de esquistos. Las formaciones cretácicas se extienden en el flanco oriental de la Cordillera y están constituidas por ignimbritas, lavas y lavas brechosas con intercalaciones de areniscas y calizas fosilíferas de edad Neocomiana (Formación Lo Prado); por lavas andesíticas porfíricas con intercalaciones de areniscas cementadas de edad

Cretácica (Formación Veta Negra) y por lavas y brechas andesíticas de edad Cretácica superior (Formación Las Chilcas).

Además, se reconocen otras unidades de rocas estratificadas de edad cretácica y jurásica, pero de menor representación a escala regional. También se encuentran rocas estratificadas más recientes como las rocas sedimentarias neógenas de la Estratos de Potrero Alto, con secuencias principalmente aluviales, o la Formación Navidad, con sedimentos marinos. Estas, junto con las lavas basálticas de Patagua, afloran únicamente en la zona más occidental de la Región Metropolitana de Santiago. En algunos valles de la Cordillera de la Costa se encuentran sedimentos no consolidados que conforman acuíferos cubiertos por los depósitos de las Ignimbritas de Pudahuel que se componen de depósitos piroclásticos de flujos de cenizas y lapilli.

Específicamente, el Proyecto se ubica en el sector Río Maipo Bajo, es decir, desde su confluencia con el río Mapocho a Cuncumén. Este sector se caracteriza por la existencia de formaciones rocosas, de composición granítica, que se presentan frecuentemente atravesadas por sistemas de fallas. Característico de estas rocas graníticas, es el severo grado de alteración que las afecta, dando origen a potentes coberturas de suelos residuales conocidos como maicillos.

Los cursos de aguas comenzaron a excavar sus valles a través de las trazas de fallas, permitiendo un desarrollo rectilíneo con paredes abruptas y secciones estrechas en el sector cordillerano, erosionando estos sectores de cabecera y depositando el material extraído hacia el valle principal del río Maipo.

La presencia de los cerros de granito destaca hacia el sur los sedimentos actuales del Maipo; hacia el norte las cenizas volcánicas; hacia el este por materiales aluviales y coluviales que se da entre la localidad de Melipilla y los relieves que encierran la rinconada de Pomaire.

Los depósitos de conos de deyección, genéticamente asociados a acciones aluviales, se desarrollan prácticamente en toda el área, en torno de las cabeceras de las hoyas hidrográficas secundarias, tributarias de los esteros: Alhué, Puangue, Zapata. Del mismo modo, se dispone discontinuamente adosados al pie de empinadas cadenas de cerros. El límite occidental se da por un relieve no pronunciado; son lomajes de la cordillera de la costa, que presentan alturas que disminuyen de sur a norte, donde se destacan en general, sistemas de vertientes de carácter pasivo; es decir, de poca pendiente, de relativa regularidad y poca erosión.

Los esteros Cholqui y Popeta, los cuales drenan hacia el río Maipo al sur y surponiente de la ciudad de Melipilla, respectivamente, presentan una situación morfológicamente distinta al resto del sector, ya que éstos definen valles mucho más amplios y profundos. Su origen provendría de la formación de fosas tectónicas menores que habrían sido rellenadas durante el Cuaternario por flujos o avalanchas laháricas provenientes de la Cordillera de Los Andes.

6.3 Suelos

El Proyecto se desarrolla en una sección baja de la cuenca del Río Maipo, la cual se considera predominantemente una zona costera. Se destaca el Valle estrecho de Melipilla por poseer suelos de material granítico estratificados. Generalmente bien drenados, de fertilidad natural baja o moderada y una subutilización agrícola marcada por la falta de agua. Algunas de las características principales que se pueden mencionar de este tipo de suelo son las siguientes:

- Textura: Moderadamente gruesa, clasificada como franco arenoso, y gruesa, clasificada como arenoso franco o muy arenosa.
- Permeabilidad: presenta un nivel de permeabilidad media-alta.
- Escorrentía: presenta un nivel de escorrentía media-alta.
- Erosión: presenta un riesgo de erosión de nivel medio-bajo.

Esta área es la menos homogénea, producto de los diferentes procesos que se encuentran actuando sobre ella y los distintos materiales generadores que han dado origen a los suelos. Por una parte, se encuentran los suelos provenientes de materiales heterogéneos que ocupan las partes bajas del paisaje y por otras, los materiales graníticos que ocupan las partes altas y muestran en general, los suelos más desarrollados.

Al considerarse materiales de un mismo origen, se observa un ligero incremento en el contenido de materiales finos hacia las terrazas más bajas, un aumento en los problemas de drenaje y la aparición de substratum aluvial dentro de la sección de control (suelo Chiñigue). En las terrazas más bajas predominan los materiales heterogéneos con un moderado aporte de materiales graníticos localmente, los suelos son de texturas más gruesas cuanto más baja sea la posición fisiográfica que ocupan y presentan menor evolución, la pedregosidad superficial se incrementa rápidamente en los suelos de posición más baja y se producen problemas de drenaje de temporada y de inundaciones ocasionales. La siguiente es la asociación catenaria de las series de suelos al considerar un corte en las proximidades de Melipilla: Lo Vásquez - Piedmont Lo Vásquez - Pomaire - Pahuilmo - San Diego o Chiñigue - La Higuera - Codigua. En la ribera izquierda del río Maipo,

la serie Viluma reemplaza a la serie Piedmont Lo Vásquez y la serie Cholqui reemplaza a la serie San Diego, apareciendo un grupo de suelos no diferenciados y estratificados en la misma posición intermedia correspondiente a la serie La Higuera.

El contenido de materia orgánica es bastante reducido, los valores superficiales acusan un 2% para los suelos de piedmonts que no sean de texturas moderadamente gruesas (serie Las Perdices 1%), los suelos de las terrazas acusan valores fluctuantes entre 3 y 4%; el suelo Pahuilmo se aparta de estos valores y las cifras se duplican en relación al resto de los suelos. No hay carbonato de calcio libre en estos suelos excepto en la serie Codigua que se encuentra sometida a inundaciones ocasionales del río Maipo y se riega con agua de este río. La reacción de los suelos es ligeramente ácida en la parte alta de la catena (serie Lo Vásquez, Piedmont Lo Vásquez y Las Perdices) y ligeramente alcalina en todos los miembros restantes, excepto Pahuilmo que es de reacción neutra. Las conductividades eléctricas se mantienen por debajo de 1 mmhos/cm. aunque la serie Pahuilmo muestra valores ligeramente superiores.

6.4 Hidrogeología

La cuenca del río Maipo se extiende desde la latitud 32°55' por el norte hasta la latitud 34°15' por el sur. En esta cuenca tradicionalmente se han distinguido 4 unidades morfoestructurales mayores diferentes, subparalelas entre sí y de rumbo Norte Sur. De Este a Oeste son las siguientes:

- Cordillera de los Andes
- Depresión Intermedia
- Cordillera de la Costa
- Planicie Costera

A nivel regional la hidrogeología de la zona del Proyecto se describe mediante las características de La Cordillera de la Costa, donde la mayor parte de los materiales que afloran corresponden a rocas intrusivas de edades comprendidas entre el Paleozoico y Cretácico, con potencial hidrogeológico de bajo a nulo. Las unidades geológicas de potencial hidrogeológico alto o muy alto corresponden a depósitos no consolidados localizados en los valles. Las secuencias volcano-sedimentarias con intercalaciones de sedimentos continentales y marinos pueden presentar un potencial hidrogeológico de bajo a medio.

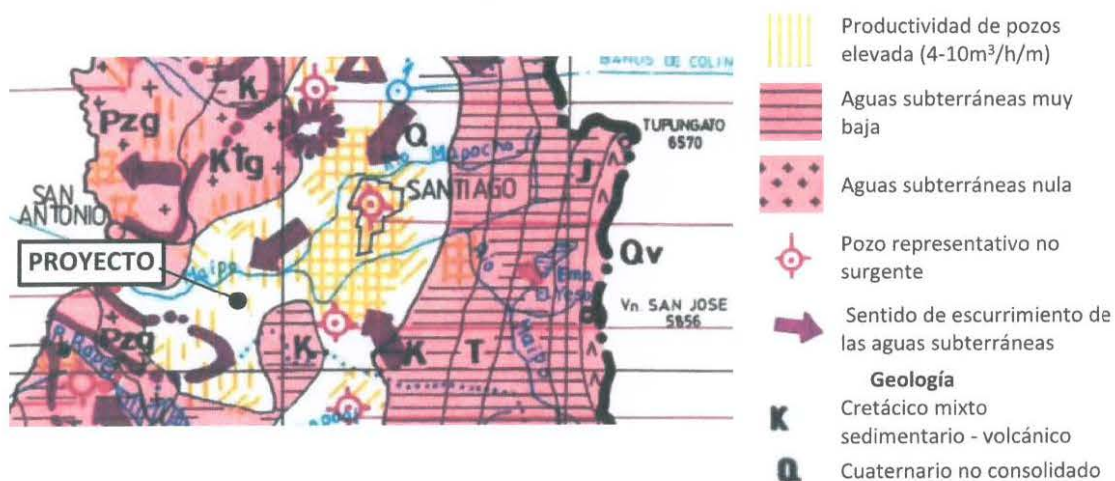
A nivel de sector, en el sistema Melipilla se observa un estrangulamiento de la cuenca, lo que hace aumentar el gradiente hidráulico, al disminuir la sección de

paso. La sección de entrada del acuífero se ubica en la localidad de Pomaire, recibiendo aportes tanto superficiales como subterráneos del Sector de Santiago Sur. La sección de salida se ubica aguas abajo de la confluencia del estero Los Sauces con el Maipo, donde se produce el máximo estrechamiento de la cuenca.

El sector acuífero Estero Popeta se define en función de la cuenca hidrográfica y aporta al sector de Melipilla tanto superficial como subterráneamente. La litología del acuífero se compone principalmente por depósitos fluviales actuales y antiguos aterrazados (gravas arenosas y arenas) y depósitos coluviales y conos de deyección. También este sector se encuentra en gran parte cubierto por cenizas de origen volcánico.

La Figura 6-2, obtenida desde el Mapa Hidrogeológico de Chile, DGA (1986), representa las características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Maipo. En ella se muestra que en la zona de proyecto se presentan pozos de productividad elevada (de 4 m³/h/m a 10 m³/h/m). Asimismo, el flujo de escurrimiento de aguas subterráneas es con dirección oeste.

Figura 6-2: Características Hidrogeológicas de la Cuenca Río Maipo



Fuente: DGA (1986)

6.5 Identificación del Acuífero

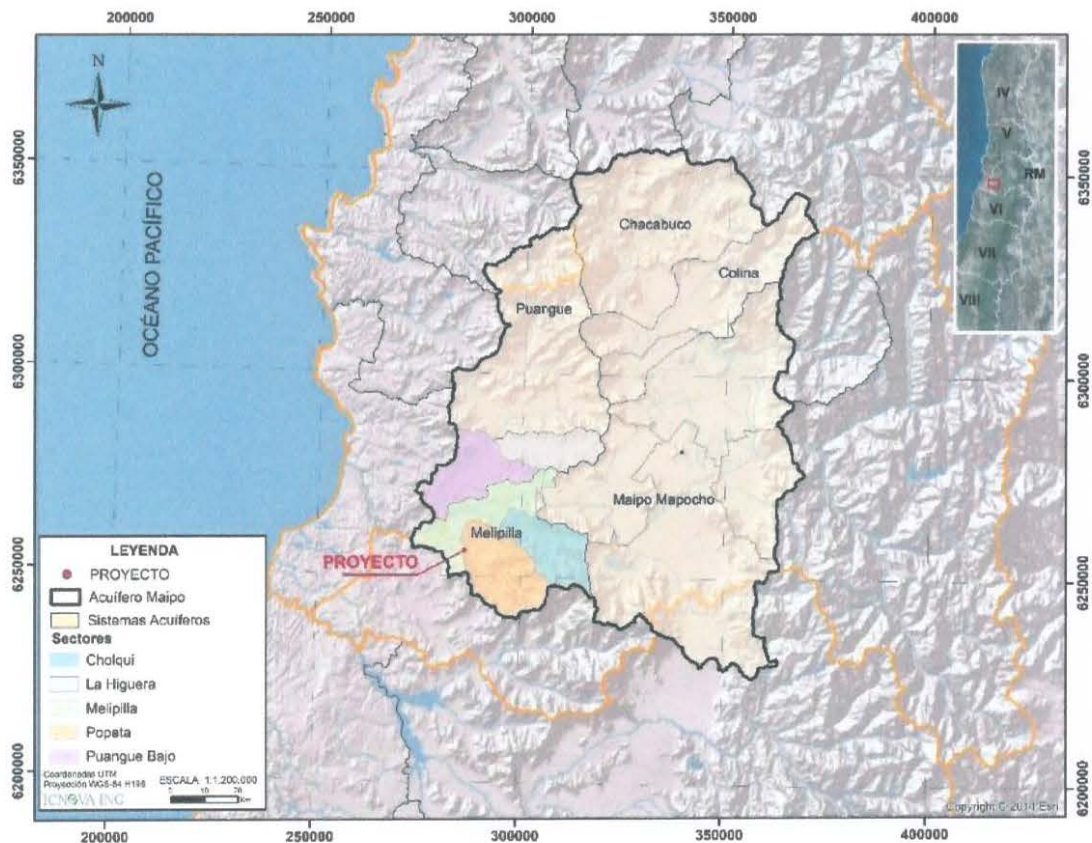
La información de la cuenca del Maipo que se puede extraer del Mapa Hidrogeológico (DGA, 1986) confirma que sólo un acuífero se ubica en el sector cordillerano, específicamente en el sector del río Volcán y Yeso. Esta reserva de aguas subterráneas llamada acuífero de Santiago, se localiza desde la precordillera hasta Talagante, con dimensiones cercanas a 10.000 millones de

metros cúbicos, equivalentes a 40 embalses El Yeso. Siguiendo el sentido de escurrimiento del río Maipo, otro acuífero se localiza en el sector del río Volcán, en que se junta con el río Maipo. En el área restante de la zona cordillerana no hay existencia de acuíferos.

DARH (2002), definió sectores a través de un reconocimiento de la cartografía topográfica y geológica, y levantamiento en terreno. De acuerdo a esta clasificación, el Proyecto se encuentra en el sistema Melipilla, sector Estero Popeta, tal como se indica en la Figura 6-3.

El sistema Melipilla corresponde al sistema ubicado en la zona sur de las cuencas hidrográficas del Puangue y el Río Maipo, siendo precisamente esta última la cuenca que la conforma. Tiene una extensión de 960 km².

Figura 6-3: Acuífero zona del Proyecto



Fuente: Elaboración propia

A su vez, en el sector Estero Popeta el acuífero se desarrolla en una cuenca aportante a la del Maipo y se ha definido en función de la cuenca del Estero

Popeta. Desde el punto de vista hidrológico este sector aporta al Sector de Melipilla, tanto superficial como subterráneamente. Al igual que el sector Estero Cholqui, gran parte del acuífero de este sector se encuentra cubierto por cenizas de origen volcánico y que corresponden a depósitos de cenizas pumiciticas ignimbríticas. El acuífero corresponde a depósitos fluviales actuales y antiguos aterrazados, formados por gravas arenosas y arenas y a depósitos coluviales y conos de deyección, formados por sedimentos diamícticos.

6.6 Caracterización de las aguas subterráneas

En el estero Popeta, la potencia del relleno supera los 130 m. Se constata la presencia de acuíferos confinados por estratos arcillosos a partir de los 20 m de profundidad. El espesor de estas formaciones varía entre 2 y 10 m.

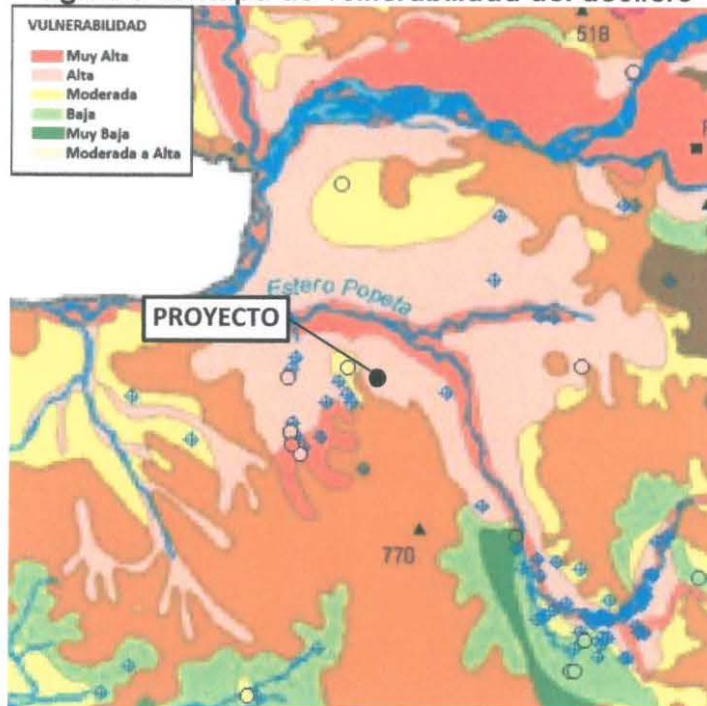
En el sector de la confluencia de los valles anteriores con el río Maipo, existe un acuífero confinado bajo los 10 m de profundidad compuesto de grava, arena y algo de balones. Ya en la zona de la desembocadura del río Maipo, en las cercanías de Llo-Lleo, se aprecia claramente un acuífero más importante y potente bajos los 45 a 50 m de profundidad. El acuífero superficial tiene mejor permeabilidad que el profundo que tiene espesores superiores a los 20 m. En el acuífero inferior se ha detectado intrusión salina.

El nivel estático en la zona alta del valle del estero Popeta la napa se ubica entre los 10 y 15 m de profundidad; hacia la parte central del valle este nivel se encuentra entre los 6 y 13 m. Mientras que en la zona de la desembocadura del río Maipo el nivel estático se constata muy superficial no superando los 2 m de profundidad.

Con respecto a propiedades hidráulicas se tiene que en el valle del estero Popeta existen transmisibilidades medias entre 500 y 750 m²/día y no mayores de 950 m²/día. Los pozos de bombeo muestran productividades del orden de 7 m³/h/m. Y en la zona del río Maipo tanto en la confluencia de los esteros Cholqui y Popeta como en la desembocadura, las transmisibilidades están entre 250 y 400 m²/día.

6.7 Vulnerabilidad del acuífero

La Figura 6-4 presenta la ubicación del Proyecto en relación a la vulnerabilidad de los acuíferos de la Región Metropolitana (SERNAGEOMIN, 2004). De acuerdo a esta figura, la zona del Proyecto presenta una vulnerabilidad alta.

Figura 6-4: Mapa de vulnerabilidad del acuífero


Fuente: SERNAGEOMIN (2004)

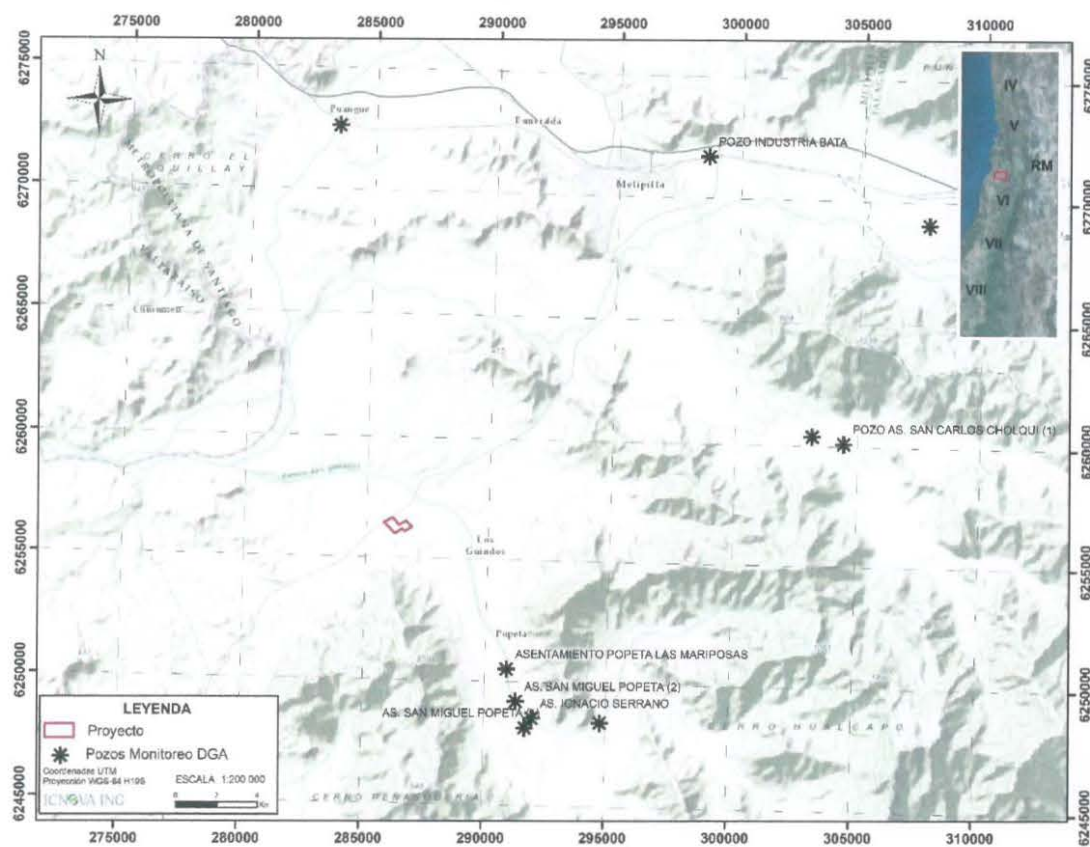
6.8 Información de pozos cercanos a la zona del Proyecto

Con el fin de caracterizar el comportamiento del acuífero en las cercanías del Proyecto, se realiza una búsqueda de los pozos inscritos en la Dirección General de Aguas (DGA) tanto en el registro de Pozos de Monitoreo como en el Catastro Público de Aguas. La información obtenida se resume a continuación:

6.8.1 Recopilación de datos obtenidos de los pozos de monitoreo

Se presentan los registros recopilados de los pozos analizados e inscritos ante la DGA con registros mensuales o bimensuales sobre el nivel estático, en un radio próximo a la zona de estudio.

En la Figura 6-5 se muestra su localización de acuerdo con la ubicación del proyecto, mientras que en la Tabla 6-1 se presenta el detalle de cada uno.

Figura 6-5: Ubicación pozos de monitoreo de DGA


Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6-1: Ubicación pozos DGA

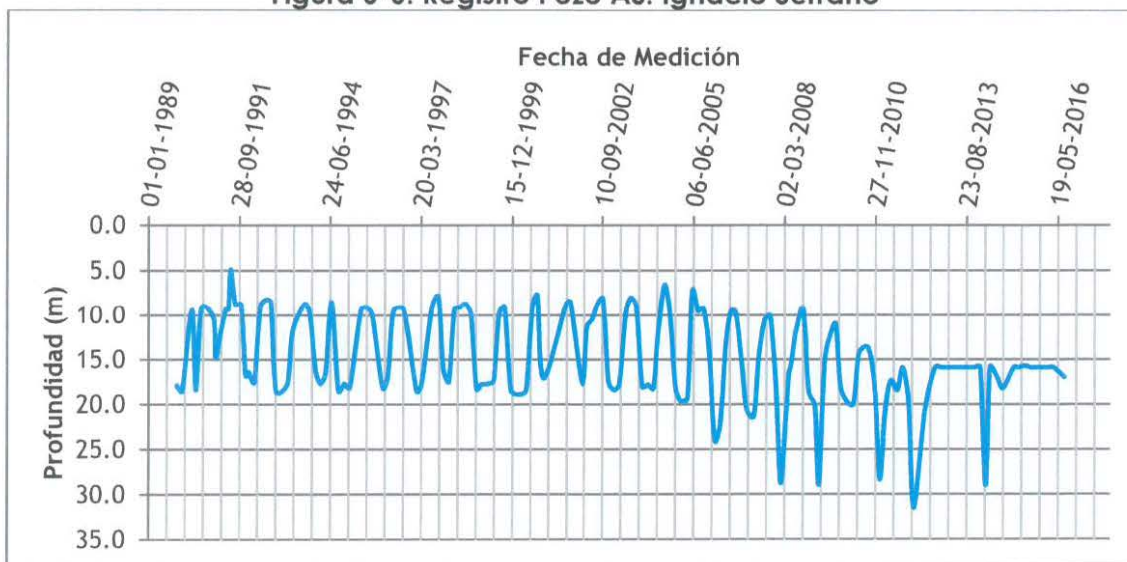
NOMBRE POZO	COMUNA	REGIÓN	UTM NORTE	UTM ESTE	AÑO INICIO	AÑO FIN
AS. Ignacio Serrano	Melipilla	Metropolitana	6.248.848	292.152	1900	Vigente
AS. San Miguel Popeta (1)	Melipilla	Metropolitana	6.248.442	291.878	1900	Vigente
AS. San Miguel Popeta (2)	Melipilla	Metropolitana	6.249.512	291.495	1970	Vigente
Asentamiento Popeta Las Mariposas	Melipilla	Metropolitana	6.250.829	291.080	1900	Vigente
Pozo AS. San Carlos Cholqui (1)	Melipilla	Metropolitana	6.260.425	304.640	1973	Vigente
Pozo Industria Bata	Melipilla	Metropolitana	6.272.016	298.862	1900	Vigente

Fuente: DGA (2017). Dátum: UTM WGS 1984, 19S.

La Figura 6-6 muestra los valores registrados durante 29 años del Pozo AS. Ignacio Serrano, que se ubica a 9,5 km al sureste de la zona del proyecto. Tal como se

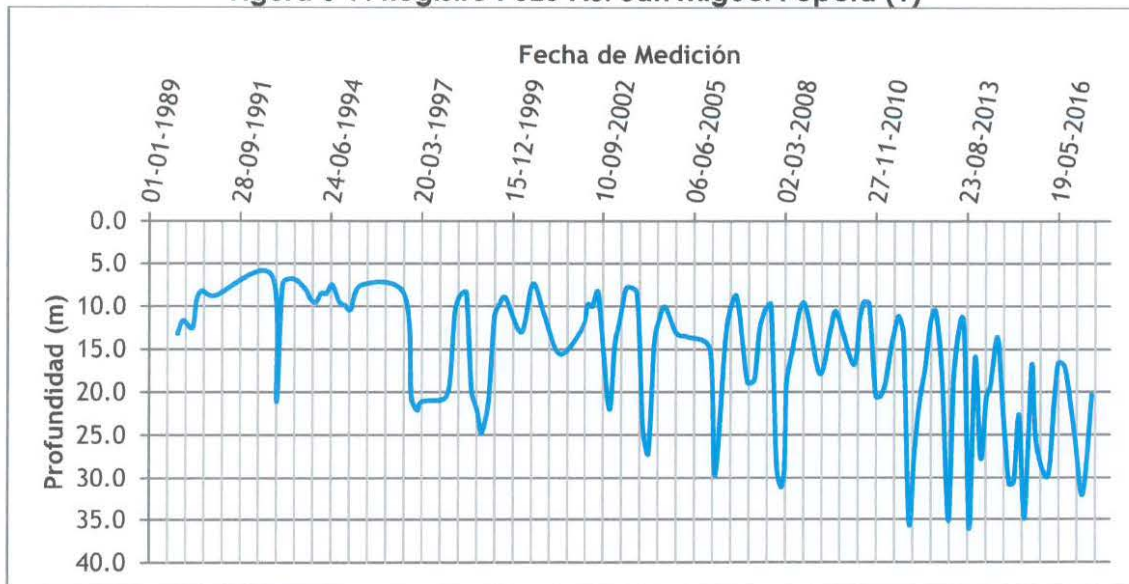
observa, existe una fluctuación de la profundidad entre 30 m y 5 m. Sin embargo, la tendencia de los últimos 10 años indica que la profundidad disminuye 0,018 m cada año. Para mayor detalle, todos estos valores están presentes en la Tabla 9-1 de la sección ANEXOS.

Figura 6-6: Registro Pozo AS. Ignacio Serrano



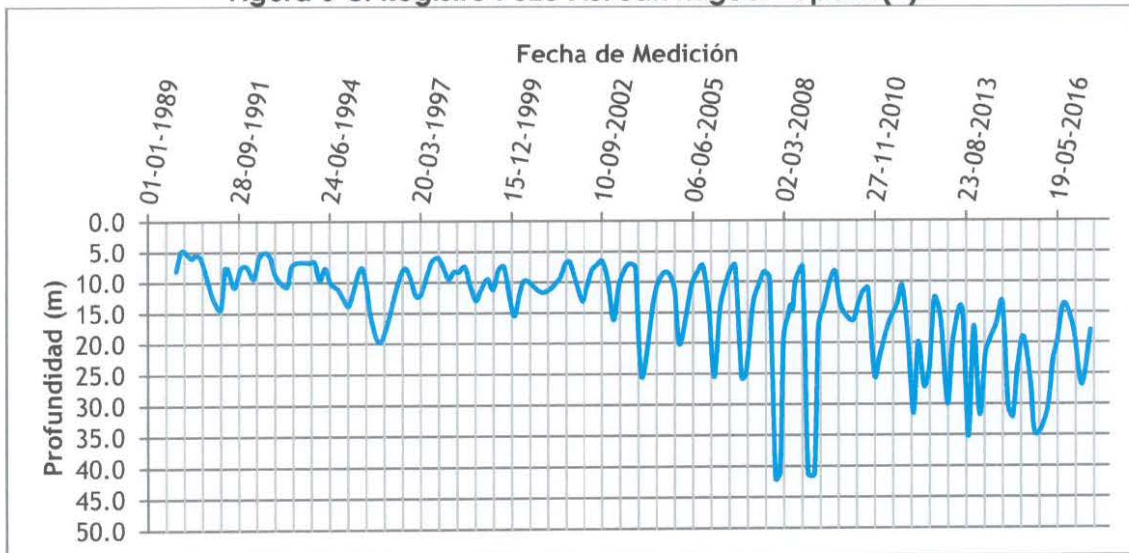
Fuente: DGA (2017)

La Figura 6-7 muestra los valores registrados durante 29 años del Pozo AS. San Miguel Popeta (1), que se ubica a 9,6 km al sureste de la zona del proyecto. Tal como se observa, existe un aumento en la profundidad a la que se encuentra la napa freática. De hecho, la tendencia de los últimos 10 años indica que la profundidad aumenta 0,876 m cada año. Para más detalles, todos estos valores están presentes en la Tabla 9-2 de la sección ANEXOS.

Figura 6-7: Registro Pozo AS. San Miguel Popeta (1)


Fuente: DGA (2017)

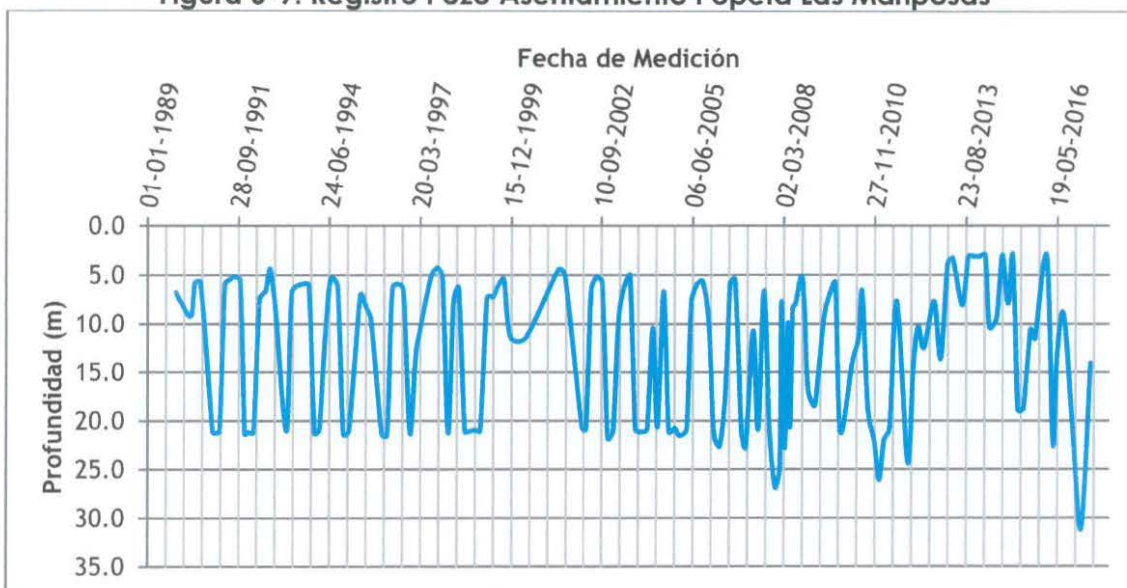
La Figura 6-8 presenta los valores registrados durante 29 años del Pozo AS. San Miguel Popeta (2), que se ubica a 8,5 km al sureste de la zona del proyecto. Tal como se observa, existe un aumento en la profundidad a la que se encuentra la napa. De hecho, la tendencia de los últimos 10 años indica que la profundidad aumenta 0,62 m cada año. Para más detalles, la Tabla 9-3 de la sección ANEXOS presenta todos los registros considerados.

Figura 6-8: Registro Pozo AS. San Miguel Popeta (2)


Fuente: DGA (2017)

La Figura 6-9 presenta los valores registrados durante 29 años del Pozo Asentamiento Popeta Las Mariposas, que se ubica a 7,2 km al sureste de la zona del proyecto, uno de los pozos públicos más cercanos. Tal como se observa, existe una disminución en la profundidad a la que se encuentra la napa. De hecho, la tendencia de los últimos 10 años indica que la profundidad disminuye 0,475 m cada año. Para más detalles, la Tabla 9-4 de la sección ANEXOS, presenta todos los registros considerados.

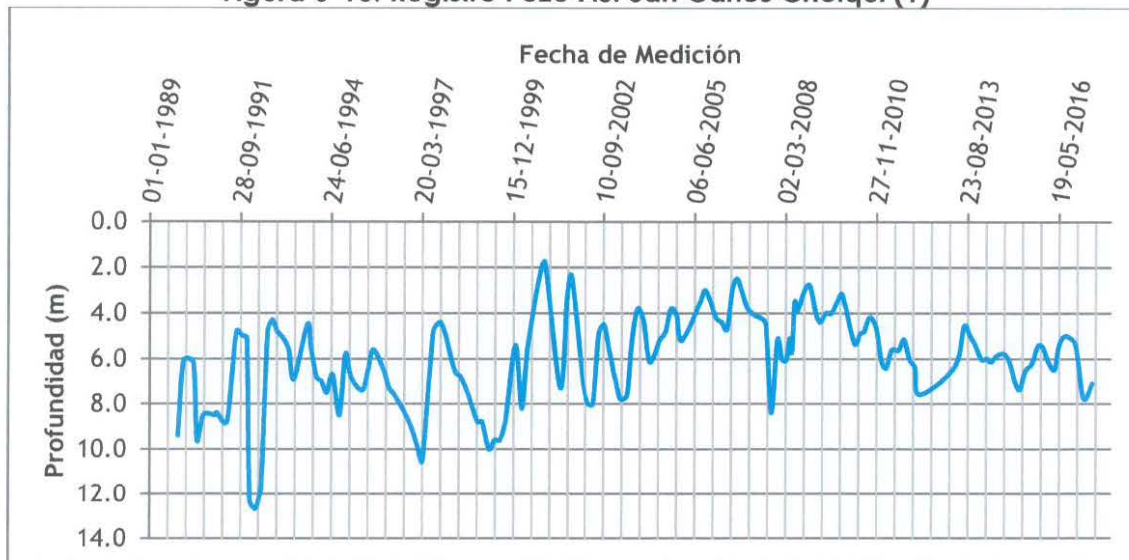
Figura 6-9: Registro Pozo Asentamiento Popeta Las Mariposas



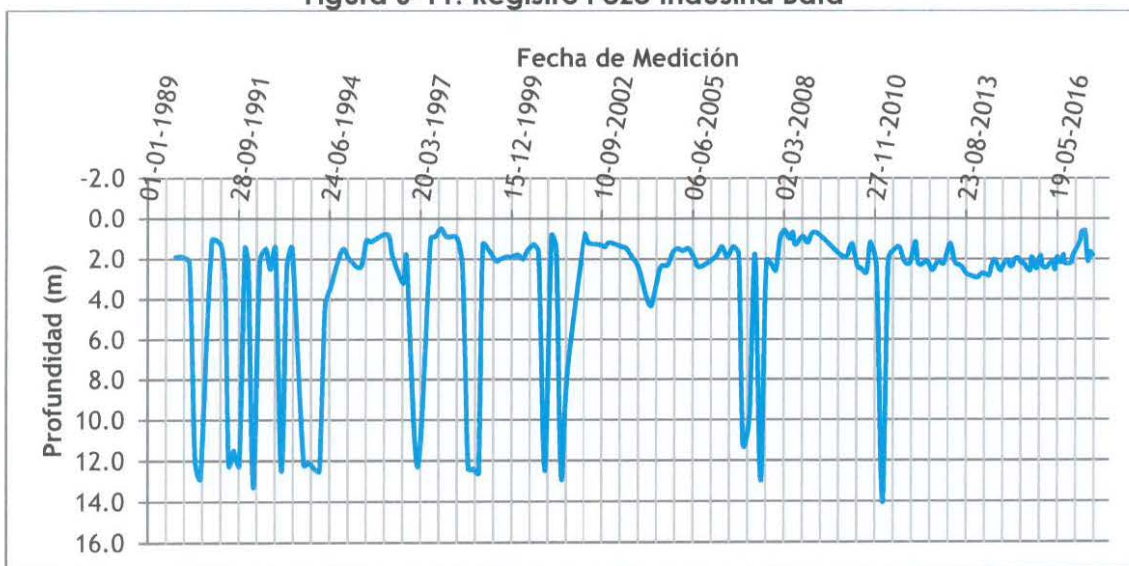
Fuente: DGA (2017)

La Figura 6-10 presenta los valores registrados durante 29 años del Pozo AS. San Carlos Cholqui (1), que se ubica a 18 km al noreste de la zona del proyecto. Si bien, no se observa un gran cambio en la profundidad a la que se encuentra la napa, esta aumenta 0,18 m en promedio durante un año. Para más detalles, la Tabla 9-5 de la sección ANEXOS presenta los registros considerados.

La Figura 6-11 presenta los valores registrados durante 29 años en el Pozo Industria Bata, que se ubica a 20,3 km al noreste de la zona del proyecto, el pozo más lejano considerado en este estudio. Tal como se observa, existe una disminución en la profundidad de la napa freática. De hecho, la tendencia de los últimos 10 años indica que la profundidad disminuye 0,11 m cada año. La Tabla 9-6 de la sección ANEXOS presenta los registros considerados, en caso de que se quiera contar con más detalles.

Figura 6-10: Registro Pozo AS. San Carlos Cholqui (1)


Fuente: DGA (2017)

Figura 6-11: Registro Pozo Industria Bata


Fuente: DGA (2017)

6.8.1.1 Estimación de la época y profundidad crítica

Para la caracterización de la napa se realiza un estudio estadístico basado en el análisis de la información de los registros de los pozos de monitoreo de la DGA, con la finalidad de estimar el nivel crítico de la napa freática en los pozos más cercanos al Proyecto.

Para poder establecer el nivel crítico de la napa, se debe en primer lugar, estimar la época crítica en que este ocurre. Para estos efectos, la época crítica corresponde al periodo en donde el nivel de la profundidad del pozo se encuentra en niveles críticos, es decir, cuando ha alcanzado los valores más cercanos a la superficie.

Para la estimación de estos valores, se procede a establecer anualmente el mes en el que se produce el valor de la napa más cercano a la superficie. Luego, se analizan estadísticamente todos los registros obtenidos para determinar la moda, y de esta forma, obtener el mes crítico para cada pozo.

La Tabla 6-2 muestra como resultado la profundidad crítica de cada año junto al mes en que este valor fue alcanzado.

En la Tabla 6-3, por su parte, se presenta el conteo de los meses críticos considerando todos los registros mostrados en la Tabla 6-2. Para cada pozo el mes crítico corresponde al mes de moda, es decir, aquel que tiene mayor cantidad de registros. Este valor ha sido destacado en la tabla.

Como se observa, la estadística indica que en la mayoría de los casos el mes crítico ocurre en septiembre y el segundo mes que más presenta crisis es junio. Solo se diferencia el Pozo Industria Bata en que su mes crítico es febrero, sin embargo, este es el pozo más lejano a la zona del Proyecto.

Finalmente, considerando estos registros, y ponderando por la cercanía de los pozos con la zona del Proyecto, se ha escogido como mes crítico, el mes de septiembre.

Tabla 6-2: Profundidad mínima de cada pozo y mes de ocurrencia

AÑO	AS. IGNACIO SERRANO		AS. SAN MIGUEL POPETA (1)		AS. SAN MIGUEL POPETA (2)		ASENTAMIENTO POPETA LAS MARIPOSAS		POZO AS. SAN CARLOS CHOLQUI (1)		POZO INDUSTRIA BATA	
	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico
1989	17,9	11	13,2	11	8,1	11	6,75	11	9,4	11	1,9	11
1990	9,2	8	8,2	8	4,8	1	5,75	6	6,1	1	1,1	12
1991	4,9	6	-	-	7,3	12	5,15	8	4,8	8	1,3	3
1992	8,2	7	6,4	9	5,1	7	4,35	9	4,3	9	1,5	7
1993	8,7	9	6,8	5	6,7	9	5,85	9	4,5	9	1,5	5
1994	8,5	7	7,5	7	6,7	1	5,25	7	5,8	11	1,5	11
1995	9,1	7	7,5	5	7,7	5	7,05	5	5,6	9	1,1	7
1996	9,4	9	8,7	9	7,9	9	6,25	5	6,5	1	0,8	3
1997	7,9	9	20,8	11	6	9	4,25	9	4,4	9	0,5	10
1998	8,7	7	8,4	7	7,5	7	6,35	5	5,8	1	1	4
1999	9,1	9	9	9	7,5	9	5,45	9	8,7	9	1,3	2
2000	7,8	9	7,4	7	9,7	5	11,4	5	1,81	11	1,3	8
2001	8,5	9	15,6	5	6,7	9	4,41	5	2,41	9	0,9	2
2002	8,1	9	8,4	7	6,6	9	5,15	7	4,5	9	0,8	2
2003	8	7	7,8	5	7	7	5,05	7	3,8	9	1,4	4
2004	6,6	7	10,1	7	8,5	7	6,65	7	3,8	9	1,5	12
2005	7,3	5	13,6	3	7,4	9	5,65	9	3	9	1,5	4
2006	9,5	7	8,8	9	7,3	9	5,45	9	2,5	9	1,4	4
2007	10,1	9	9,8	9	8,4	7	6,6	7	3,8	1	1,8	4
2008	9,4	9	9,6	9	7,7	9	5,4	9	2,8	11	0,6	3
2009	11,1	9	10,7	9	8,4	9	5,8	9	3,2	11	0,7	2
2010	13,75	9	9,53	7	11,12	9	6,69	7	4,19	9	1,19	10
2011	15,9	9	11,15	7	10,77	9	7,65	7	5,16	9	1,45	8

AÑO	AS. IGNACIO SERRANO		AS. SAN MIGUEL POPETA (1)		AS. SAN MIGUEL POPETA (2)		ASENTAMIENTO POPETA LAS MARIPOSAS		POZO AS. SAN CARLOS CHOLQUI (1)		POZO INDUSTRIA BATA	
	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico	Prof. Mín (m)	Mes crítico
2012	15,9	9	10,62	9	12,7	9	7,68	9	6,4	1	1,16	2
2013	15,9	1	11,84	7	14,66	7	3,11	11	4,58	7	1,25	2
2014	15,9	1	13,66	7	13,47	9	2,98	9	5,8	9	2,04	6
2015	15,7	5	16,92	7	19,1	5	3,14	1	5,43	9	1,85	11
2016	15,9	1	16,6	5	13,64	7	3,09	1	5	7	1,8	7
2017	-	-	20,36	5	18	5	14,04	5	7,1	5	0,63	3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-3: Conteo mes crítico para cada pozo estudiado

MES	AS. IGNACIO SERRANO	AS. SAN MIGUEL POPETA (1)	AS. SAN MIGUEL POPETA (2)	ASENTAMIENTO POPETA LAS MARIPOSAS	POZO AS. SAN CARLOS CHOLQUI (1)	POZO INDUSTRIA BATA
Enero	3	0	2	2	5	0
Febrero	0	0	0	0	0	6
Marzo	0	1	0	0	0	4
Abril	0	0	0	0	0	5
Mayo	2	6	4	6	1	1
Junio	1	0	0	1	0	1
Julio	7	10	7	7	2	3
Agosto	1	1	0	1	1	2
Septiembre	13	8	14	10	15	0
Octubre	0	0	0	0	0	2
Noviembre	1	2	1	2	5	3
Diciembre	1	0	0	0	2	2

Fuente: Elaboración propia

Una vez estudiada la época crítica es posible determinar el nivel crítico para esa época en cada pozo. Esto se realiza calculando el promedio de los valores críticos obtenidos en la época crítica. En la Tabla 6-4 se muestran estos resultados:

Tabla 6-4: Profundidad crítica promedio (m)

AS. IGNACIO SERRANO	AS. SAN MIGUEL POPETA (1)	AS. SAN MIGUEL POPETA (2)	ASENTAMIENTO POPETA LAS MARIPOSAS	POZO AS. SAN CARLOS CHOLQUI (1)	POZO INDUSTRIA BATA
10,435	10,490	8,590	5,286	4,539	1,018

Fuente: Elaboración propia

Tal como se puede observar, en situación de crisis existe una disminución del nivel de la napa a medida que se avanza hacia el Proyecto desde el sureste, pasando de niveles de 10 m a 5 m. Estos resultados se visualizan con la ubicación de los pozos presentada en la Figura 6-5. Sin embargo, los pozos AS. San Carlos Cholqui (1) e Industria Bata, se alejan de esta conclusión, pues son los que se encuentran a mayor distancia de la zona del Proyecto.

6.8.2 Recopilación de datos obtenidos en pozos del CPA

A fin de corroborar la información anterior, se solicitó por ley de transparencia información a la DGA respecto a los pozos privados cercanos al área de estudio que se encuentren inscritos en el Catastro de Público de Aguas (CPA). La Figura 6-12 indica la ubicación de estos pozos en relación al Proyecto, mientras que la Tabla 6-5 indica cierta información relevante.

Figura 6-12: Ubicación de pozos privado registrado en DGA



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6-5: Información Pozos del Catastro Público de Aguas

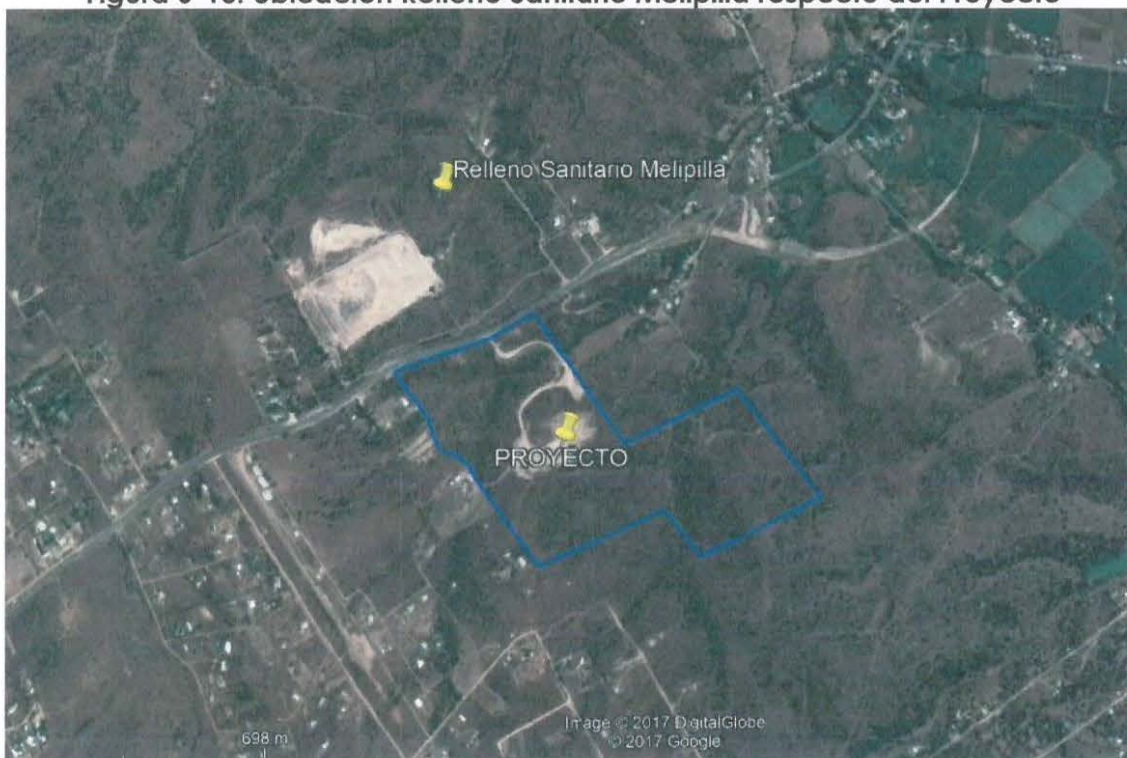
N° EXPEDIENTE	UTM		COTA (M.S.N.M)	DISTANCIA PROYECTO (KM)	NIVEL ESTÁTICO (M)	AÑO MEDICIÓN
	Norte	Este				
ND-1305-524	6.256.990	284.936	121	1,43 -NOROESTE	2,45	2000
ND-1305-636	6.256.100	284.903	129	1,3 - OESTE	25,40	2000
ND-1305-1052	6.257.370	286.814	90	1,6 - NORESTE	6	1998
ND-1305-1713	6.278.977	304.072	241	29,3 - SURESTE	4	1985

Fuente: DGA (2017)

Además, se ha extraído información respecto a otros estudios (EIA o DIA) que corresponden a proyectos ubicados en la zona.

La estratigrafía del sector del Proyecto se puede caracterizar en base a los resultados de estratigrafías y ensayos de laboratorio realizados por TECNOLAB LTDA., quienes realizaron una serie de calicatas y por Quinta empresas, quienes efectuaron 2 sondajes para la obra "Relleno Sanitario Melipilla", ya que como se puede observar en la Figura 6-13, esta obra se desarrolló en una zona muy cercana al Proyecto del presente estudio, a una distancia aproximada de 760 m al noroeste.

Figura 6-13: Ubicación Relleno Sanitario Melipilla respecto del Proyecto

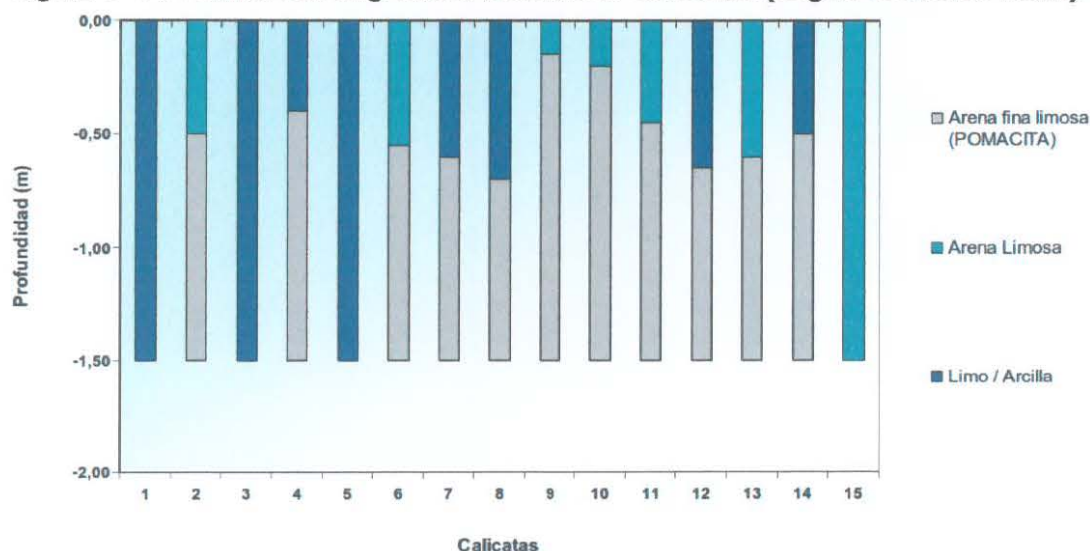


Fuente: Elaboración propia

En las Figura 6-14 y Figura 6-15 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en los ensayos. Con las calicatas se puede concluir que los suelos detectados (hasta la profundidad excavada) corresponden principalmente a suelos areno limosos (algunos tipo pomacita), material que fue detectado en la mayoría de las calicatas excavadas. Por otro lado, mediante los sondajes se pudo concluir que los suelos detectados corresponden principalmente a suelos arenosos. En particular, en el sondaje 1 se clasifica como suelo arenoso limpio, por su bajo porcentaje de material fino, a diferencia del sondaje 2 en que se detectó mayor cantidad de

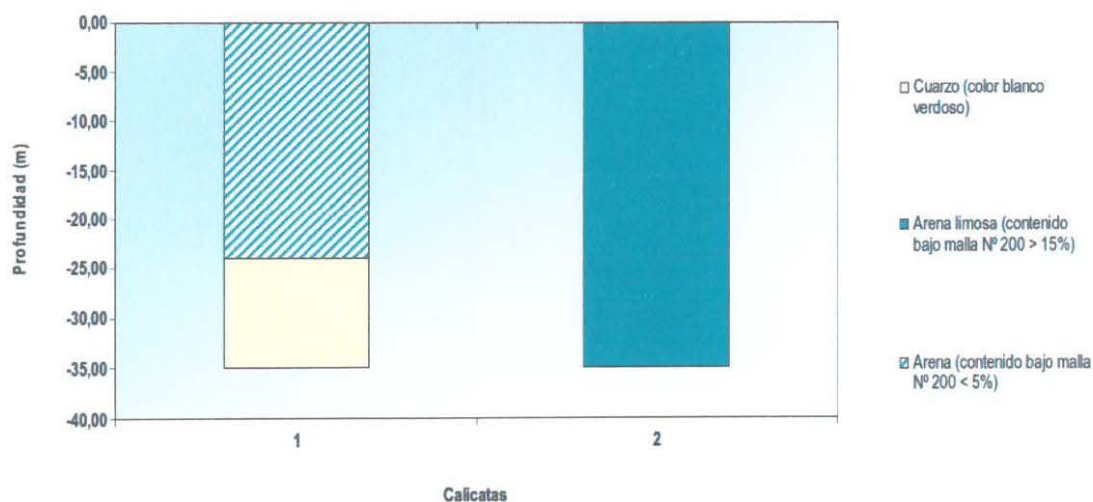
finos. Solo en este último, se detectó la napa freática a una profundidad de 14,74 m.

Figura 6-14: Perfiles estratigráficos resumidos calicatas (según Tecnolab Ltda.)



Fuente: KBA (2007)

Figura 6-15: Perfiles estratigráficos resumidos sondajes (según Quinta Empresas.)



Fuente: KBA (2007)

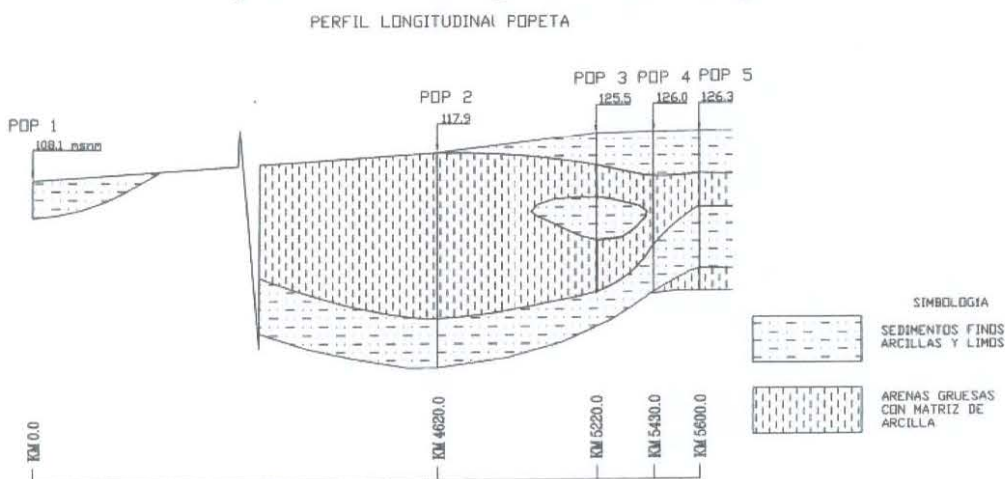
Este análisis es válido solo para las profundidades a que llegaron las prospecciones y para zonas cercanas a ellas. Se debe considerar que los suelos son esencialmente heterogéneos y que no necesariamente serán iguales a los encontrados en las calicatas en puntos razonablemente alejados.

Por otro lado, en el sector del relleno en su etapa 1, se ubica un pozo de observación que ha registrado que el nivel freático se encuentra a aproximadamente 14 m de profundidad. Esta medición se realizó en marzo de 2005, y luego de esta fecha, no se han detectado movimientos del nivel estático relevantes en dicho pozo.

En el Estudio integral de optimización del regadío de la 3era sección del Río Maipo y Valles de Yali y Alhué realizado por la CNR (2001) se establece que en la cuenca del estero Popeta existe un espesor del relleno sedimentario superior a los 130 m. La estratigrafía de los pozos muestra la presencia de acuíferos confinados por estratos arcillosos a partir de aproximadamente los 20 m de profundidad. Del mismo modo, se evidencia que la potencia de estas formaciones es variable, entre un par de metros y unos 10 m como máximo, siendo solamente los primeros 2 acuíferos los que aportan los caudales más importantes en cada pozo. Todo lo anterior explica la naturaleza confinada que tienen las napas en ese sector.

Por otra parte, en el valle mismo del río Maipo, en la zona de la confluencia de los valles de Cholqui y Popeta, se establece la presencia de un acuífero confinado bajo los 10 m de profundidad compuesto de grava, arena y algo de botones. A partir de los 20 m aparece un estrato arenoso con limo, el cual reviste escasa importancia como acuífero. En la Figura 6-16 se muestra el perfil longitudinal del estero Popeta que resume sus características.

Figura 6-16: Perfil longitudinal Estero Popeta



Fuente: CNR (2001)

De acuerdo a los registros históricos que monitorea la DGA, los valles de Cholqui y Popeta, por su régimen hidrológico, la geomorfología del sector y la ubicación de los pozos se produce que los niveles fluctúen entre los 10 y 20 m de profundidad.

6.8.3 Análisis de los resultados

A partir de la búsqueda bibliográfica y del análisis realizado para el "Relleno Sanitario de Melipilla", ya que ésta es una obra ya estudiada que se encuentra muy cerca de la zona del Proyecto, se puede estimar la profundidad a la que se encuentra la napa freática.

En el relleno sanitario se midió que la napa freática se encontraba a 14,74 m de profundidad (medida a través de la realización de un sondaje), estando a una cota de 104 m.s.n.m., entonces, realizando una relación lineal entre las cotas se tendría que en la zona del Proyecto, que está a una altitud aproximada de 122 m.s.n.m., la napa freática se encontraría a unos 32,74 m de profundidad, es decir, a una cota de 89,26 m.s.n.m.

Por otro lado, a partir de los diversos estudios visitados, de la referencia de direcciones de flujo superficiales y de la información de pozos disponible, se puede estimar que las aguas subterráneas de la zona del Proyecto, se dirigen hacia el Río Maipo.

7. PLAN DE MONITOREO

El objetivo del plan de monitoreo es observar de manera sistemática y documentada las aguas subterráneas en la zona del Proyecto, con tal de poder definir si los recursos hídricos están siendo contaminados. Para esto, se realizarán dos pozos de monitoreo, los cuales estarán ubicados aguas arriba y aguas abajo de las instalaciones y pit proyectado.

De acuerdo a lo planteado en este informe, los residuos líquidos generados corresponden a aguas servidas proveniente de los servicios higiénicos. Dado que estas aguas serán tratadas en una fosa séptica, y luego distribuidas por un sistema de drenes para que se infiltren de manera gradual en el terreno, es necesario realizar un monitoreo durante la fase de operación y cierre de la planta.

7.1 Pozos de monitoreo

Tal como se mencionó anteriormente, se instalarán dos pozos de observación, los cuales será ubicados en la localidad de Popeta, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana, específicamente aguas arriba del pit proyectado y aguas abajo del área de las instalaciones. La ubicación de estos pozos se indica en la Figura 7-1. Además, se señalan las coordenadas de ubicación de ambos pozos en la Tabla 7-1.

Tabla 7-1: Coordenadas ubicación de pozos de monitoreo (Datum WGS84, 19S)

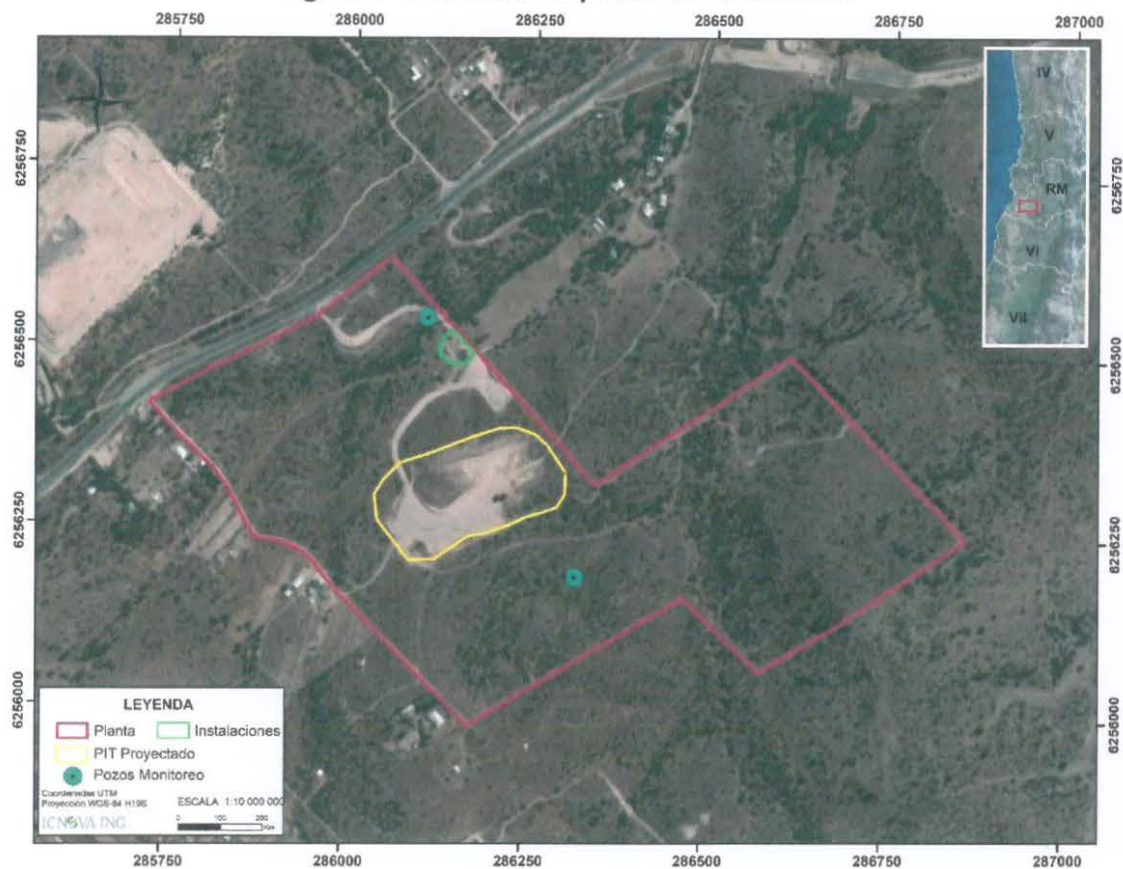
POZO MONITOREO	COORDENADAS	
	Este (m)	Sur (m)
Aguas Arriba	286.319	6.256.188
Aguas Abajo	286.106	6.256.544

Fuente: Elaboración propia

Ambos pozos serán recubiertos con una tubería de PVC ranurada con sello anular de grava limpia y seleccionada. Este ranurado estará ubicado en la formación que contiene el acuífero, mientras que la parte ciega del pozo se ubicará en la zona no saturada, de tal manera que la muestra para determinar la calidad del agua, sea representativa del acuífero.

De acuerdo a los antecedentes presentados, la profundidad de ambos pozos se ha estimado en 30 m, o bien, 4 m a contar de la zona de saturación.

Una vez habilitados los pozos, se hará entrega a la autoridad de los informes de monitoreo, en los cuales se indicará la profundidad del nivel freático medido para cada pozo junto con la ubicación exacta de éstos.

Figura 7-1: Ubicación pozos de monitoreo


Fuente: Elaboración propia

7.2 Parámetros a monitorear

Se propone monitorear al menos, los siguientes parámetros:

Tabla 7-2: Parámetros a monitorear

VARIABLE HÍDRICA	PARÁMETRO A MONITOREAR
NIVEL DE AGUA SUBTERRÁNEA	Se controlará el nivel del acuífero, registrando la profundidad a la que se encuentra el agua, la cota topográfica del pozo y su stick up o sobresaliente.
CALIDAD DEL AGUA	Parámetros de terreno: <ul style="list-style-type: none"> — pH — SDT (Sólidos Disueltos) — Conductividad — Turbidez Parámetros microbiológicos: <ul style="list-style-type: none"> — Coliformes fecales y totales

7.3 Umbral de medición permitido

Dado que se ha determinado la vulnerabilidad del acuífero como alta, los residuos líquidos se pueden infiltrar siempre y cuando la emisión sea de igual o mejor calidad que la del contenido natural del acuífero. Por lo mismo, se espera que la calidad del agua observada en el pozo aguas abajo sea igual a la observada en el pozo aguas arriba.

7.4 Duración y frecuencia de muestreo

Durante la fase de operación se propone mantener un plan de monitoreo semestral durante los 4 primeros años, y un monitoreo anual a partir del quinto.

Por último, se realizará una medición adicional, al transcurso de un año luego de cerrada la planta.

Esta frecuencia se propone para todos los parámetros indicados anteriormente.

7.5 Metodología o procedimiento de medición

7.5.1 Nivel de agua subterránea

La profundidad al nivel de agua subterránea se puede medir con una cinta métrica con un aditamento que está diseñado para hacer ruido o alguna otra señal que indique cuando entre en contacto con el agua.

Los instrumentos que pueden utilizarse para medir la profundidad son: (1) Peso y cinta métrica (plopper), y (2) Medidor de nivel de agua métrico. Luego, para obtener el nivel freático se restará la profundidad medida al nivel de terreno de medición.

Cabe destacar que el nivel del agua subterránea debe ser medida y registrada antes de cada evento de muestreo y ser reportada en los informes de monitoreo.

7.5.2 Calidad del agua

Para la medición de los parámetros en terreno (in-situ) se utilizará una sonda multi-paramétrica Hanna, previamente calibrada. Este instrumento permite obtener mediciones de pH, temperatura (°C), sólidos disueltos (mg/L), conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (mg/L) y porcentaje de saturación de oxígeno (%) en cada punto de muestreo.

Por su parte, la medición de la turbidez y parámetros microbiológicos (Coliformes fecales y totales), se realizarán considerando las metodologías de análisis basadas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater Ed. 22.

Particularmente, para la toma de muestras, se seguirán los procedimientos de la Norma Chilena NCh. 411/6 Of. 96 ("Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua") y la norma NCh. 411/2 Of. 96 ("Guía sobre técnicas de muestreo") para la técnica de muestreo puntual y la selección del tipo de recipiente utilizado en la muestra.

Además, para la preparación de recipientes, identificación de llenado, preservación y transporte de las muestras, se seguirán las técnicas señaladas en la norma NCh 411/3 Of. 96 ("Guía sobre preservación y manejo de las muestras").

Finalmente, cabe destacar que las muestras serán trasladadas y analizadas por una Entidad Técnica de Fiscalización Ambiental (ETFA), la cuenta con Acreditaciones INN LE 214 – LE 2015 – LE 1273, de acuerdo a NCh-ISO 17025 of 2005, otorgadas por el Instituto Nacional de Normalización (INN).

7.6 Entrega de resultados

Los resultados serán entregados de forma semestral y presentados en un informe elaborado en conformidad a las instrucciones generales dictadas por la Superintendencia de Medio Ambiente (SMA), específicamente en la minuta DPCRH N°26/2017.

7.7 Medidas de emergencia en caso de anomalía

En el caso de que se detecte alguna alteración en los parámetros medidos se deberá dar cuenta de éste en el informe de monitoreo.

Además, se deberá determinar el grado de contaminación de la napa, y analizar si ésta contaminación afecta la calidad del recurso, de acuerdo a lo estipulado en la norma NCh 1333-1978.

En caso de afectar la calidad del agua, se deberán tomar las siguientes medidas:

- Identificar la causa de la alteración.
- Paralizar los trabajos si es necesario, o bien clausurar el uso del servicio que esté generando el daño. Por ejemplo, clausurar el uso de servicios higiénicos.
- Dar aviso a los organismos correspondientes (DGA, SMA, entre otros), usuarios de aguas (regantes, habitantes, empresa sanitaria, si corresponde).
- Aplicar medidas correctoras que corresponda.

7.8 Planes de prevención y contingencia en caso de derrame

7.8.1 Plan de prevención

Para este Proyecto, el riesgo de afección de las napas durante la etapa de operación, **podría asociarse a posibles fugas del sistema de aguas servidas, o a algún derrame de residuos o insumos peligrosos.** Por lo mismo, se consideran las siguientes medidas preventivas:

- Almacenar materias primas peligrosas, y/o los residuos peligrosos si eventualmente llegan a existir, en bodegas debidamente acondicionadas para tales propósitos, la cual debe cumplir las exigencias del D.S. N° 148/2003 del Ministerio de Salud, en particular las siguientes:
 - Base continua, impermeable y resistente estructural y químicamente a los materiales almacenados;
 - Cierre perimetral de 180 cm de altura, con acceso sólo a personal autorizado;
 - Espacio cerrado, con techumbre, y receptáculo de para derrames;
 - Señalización interna de acuerdo a la Norma Chilena NCh 2.190 Of 93.
- Mantener un registro del manejo de los insumos peligrosos, a disposición de la Autoridad Sanitaria, indicando el registro de los insumos peligrosos, y de los procedimientos de manejo.
- Se contempla el almacenamiento de residuos sólidos (restos de comida, envases, papeles, cartones, etc.) en contenedores de tapa hermética al interior del predio, siendo su retiro efectuado por una empresa sanitaria autorizada de forma regular, con una frecuencia de dos a tres veces por semana.
- **Durante el cierre, se evaluará la realización de nuevas obras de desvío de aguas lluvias (adicionales a las existentes durante la operación del yacimiento) que permitan reducir el arrastre de material provocado por el escurrimiento superficial.**

7.8.2 Plan de contingencia y/o emergencia

En caso de que ocurra accidentalmente un derrame de líquidos que son transportados o están en etapa de almacenamiento, se deben tomar las siguientes medidas:

- Impedir que aumente la cantidad de líquido derramado, cortando el bombeo del mismo.

- Detener el avance de los líquidos derramados, cubriéndolos con un material absorbente, o instalando un muro de contención si el derrame es imposible de ser absorbido.
- Una vez detenido el avance del líquido, este debe ser reunido y transportado a un sitio más seguro.
- Si el material fue contenido cubriéndolo con material absorbente, será este material el conducido a un sitio más seguro.
- Al estar el líquido contenido en un muro, el líquido debe ser absorbido por un material adecuado (tierra, arena, aserrín, otro). Una vez que el líquido ha sido absorbido en su totalidad, será esta mezcla barrosa conducido a un sitio más seguro.
- Al terminar el control del derrame, se debe avisar al encargado de la planta, respecto al evento y su magnitud, junto con las medidas realizadas para su control.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Agraria Ltda. (2015). Diagnóstico Planes Marco de Desarrollo Territorial. Santiago.
- Geofun Ltda. (2001). Estudio integral de optimización del regadío de la 3ª sección del Río Maipo y valles de Yali y Alhué, vol. 1, 2 y 5. Comisión Nacional de Riego, Santiago.
- CADE-IDEPE (2004): Diagnóstico y Clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad. Cuenca del Río Maipo.
- Comité Chileno para el Programa Hidrológico Internacional (1986): Mapa Hidrogeológico de Chile.
- Departamento de Administración de Recursos Hídricos (2002): Informe de zonificación hidrogeológica para las Regiones Metropolitana y V.
- Departamento de Administración de Recursos Hídricos (2003). Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Maipo.
- Dirección General de Aguas (1986). Mapa Hidrogeológico de Chile. Escala 1:2.500.000. Texto Explicativo.
- Dirección Meteorológica de Chile (2001). Climatología Regional.
- Dirección Meteorológica de Chile (2008). Guía Climática Práctica Chile.
- IGM. (1983). Instituto Geográfico Militar. Geografía de Chile, Tomo II: Geomorfología.
- Departamento de Administración de Recursos Hídricos (2007). Evaluación de la explotación máxima sustentable del acuífero Puangue-Melipilla. Dirección General de Aguas, Santiago.
- Departamento de Estudios y Planificación (2006). Evaluación de los recursos subterráneos del valle del estero Puangue sectores Puangue alto, medio y bajo, La Higuera, Cholqui, Popeta y Melipilla. Dirección General de Aguas, Santiago.
- Departamento de Estudios y Planificación (2006). Evaluación de los recursos hídricos subterráneos del valle del estero Puangue: Diagnóstico situación actual. Dirección General de Aguas, Santiago.
- Ilustre Municipalidad de Melipilla (2002). Declaración de Impacto Ambiental. Santiago.
- KBA (2007). Informe Geotécnico Preliminar, Estudio Mecánica de Suelos Para obra "Relleno Sanitario Melipilla". Santiago.
- MOP-DGA. (2004). Manual para la aplicación del concepto de vulnerabilidad de acuíferos establecido en la norma de emisión de residuos líquidos a aguas subterráneas. DS N°46 2002. Santiago.

- SERNAGEOMIN. (2004). Geología para el ordenamiento territorial de la Región Metropolitana de Santiago. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, Informe Registrado, IR-04-24.
- SERNAGEOMIN. (2004). Geología para el ordenamiento territorial de la Región Metropolitana de Santiago. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapas escala 1:250.000.
- SERNAGEOMIN. (2002). Servicio Nacional de Geología y Minería. Mapa Geológico de Chile. Escala 1:1.000.000.
- SGA S. A. (2016). Diagnóstico de calidad de aguas subterráneas en la Región Metropolitana-complementario Diagnóstico Plan Maestro de Recursos Hídricos Región Metropolitana de Santiago.

9. ANEXOS

9.1 Registro pozos DGA

A continuación, se presenta el registro mensual de la napa freática de los pozos presentes en el catastro público de la DGA, ubicados en la zona cercana al Proyecto:

Tabla 9-1: Registro de Pozo AS. Ignacio Serrano

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
09-11-1989	17,90	17-05-1996	9,50	15-09-2003	9,00	13-05-2009	15,40
08-01-1990	18,50	09-09-1996	9,40	20-11-2003	18,00	14-07-2009	12,30
23-04-1990	9,40	28-01-1997	18,50	22-01-2004	17,80	15-09-2009	11,10
07-06-1990	18,40	24-03-1997	17,80	23-03-2004	18,20	11-11-2009	18,30
06-08-1990	9,20	17-07-1997	9,00	14-05-2004	11,70	23-03-2010	20,00
17-12-1990	10,30	25-09-1997	7,90	20-07-2004	6,60	27-05-2010	14,30
10-01-1991	14,80	18-11-1997	16,00	15-09-2004	9,40	08-09-2010	13,75
05-03-1991	12,10	20-01-1998	17,40	18-11-2004	18,00	19-11-2010	18,58
30-04-1991	9,30	19-03-1998	9,30	12-01-2005	19,60	12-01-2011	28,35
30-05-1991	9,30	15-05-1998	9,10	31-03-2005	19,30	07-03-2011	21,10
24-06-1991	4,90	21-07-1998	8,70	20-05-2005	7,30	06-05-2011	17,40
13-08-1991	8,80	16-09-1998	9,90	25-07-2005	9,50	22-07-2011	18,40
16-10-1991	8,80	18-11-1998	18,30	22-09-2005	9,20	20-09-2011	15,90
06-12-1991	16,80	06-01-1999	17,80	25-11-2005	14,20	22-11-2011	19,65
10-01-1992	16,40	22-03-1999	17,70	24-01-2006	24,00	20-01-2012	31,50
12-03-1992	17,50	25-05-1999	17,30	28-03-2006	22,00	16-05-2012	20,90
15-05-1992	9,00	21-07-1999	9,80	25-05-2006	13,20	07-09-2012	15,90
21-07-1992	8,20	22-09-1999	9,10	20-07-2006	9,50	15-11-2012	15,90
09-09-1992	8,50	30-11-1999	18,40	13-09-2006	9,70	29-01-2013	15,90
04-11-1992	18,50	17-03-2000	18,90	24-11-2006	16,00	27-03-2013	15,90
10-03-1993	17,70	18-05-2000	18,30	09-01-2007	20,50	09-07-2013	15,90
07-05-1993	11,80	19-07-2000	9,20	30-03-2007	21,30	12-09-2013	15,90
14-09-1993	8,70	14-09-2000	7,80	25-05-2007	14,60	12-11-2013	15,90
11-11-1993	9,80	21-11-2000	17,10	27-07-2007	10,50	16-01-2014	15,90
11-01-1994	16,00	24-07-2001	8,80	26-09-2007	10,10	18-03-2014	29,00
07-03-1994	17,70	13-09-2001	8,50	29-11-2007	18,20	02-05-2014	15,90
04-05-1994	16,50	25-01-2002	17,70	18-01-2008	28,70	18-07-2014	16,92
07-07-1994	8,50	21-03-2002	11,40	13-03-2008	22,00	24-09-2014	18,20
22-09-1994	18,50	17-05-2002	10,50	16-04-2008	16,70	16-01-2015	15,90
23-11-1994	17,70	16-07-2002	8,70	08-05-2008	15,70	12-03-2015	15,90

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
25-01-1995	18,10	14-09-2002	8,10	06-06-2008	13,70	13-05-2015	15,70
29-05-1995	9,30	15-11-2002	17,50	04-07-2008	11,80	27-07-2015	15,90
31-07-1995	9,10	15-01-2003	18,40	22-09-2008	9,40	16-09-2015	15,90
27-09-1995	9,90	14-03-2003	17,70	20-11-2008	18,40	22-01-2016	15,90
19-01-1996	18,10	26-05-2003	9,50	30-01-2009	20,40	30-03-2016	15,90
21-03-1996	16,60	17-07-2003	8,00	13-03-2009	28,90	27-07-2016	16,98

Fuente: DGA (2017)

Tabla 9-2: Registro de Pozo AS. San Miguel Popeta (1)

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
09-11-1989	13,20	16-09-1998	19,70	13-09-2006	8,80	11-07-2012	11,97
08-01-1990	11,70	18-11-1998	22,10	09-01-2007	18,80	07-09-2012	10,62
23-04-1990	12,50	06-01-1999	24,70	30-03-2007	18,60	15-11-2012	17,89
05-06-1990	9,30	22-03-1999	21,10	25-05-2007	12,70	29-01-2013	35,22
06-08-1990	8,20	25-05-1999	11,20	27-07-2007	10,40	27-03-2013	17,78
17-12-1990	8,80	21-07-1999	9,70	26-09-2007	9,80	09-07-2013	11,84
09-09-1992	6,40	22-09-1999	9,00	29-11-2007	28,50	12-09-2013	36,09
04-11-1992	21,10	17-03-2000	13,00	18-01-2008	31,20	12-11-2013	16,02
08-01-1993	7,40	19-07-2000	7,40	22-02-2008	29,60	16-01-2014	27,76
07-05-1993	6,80	21-11-2000	11,00	13-03-2008	19,40	18-03-2014	20,60
14-09-1993	8,00	14-05-2001	15,60	16-04-2008	16,80	02-05-2014	19,29
11-11-1993	9,20	25-01-2002	12,30	08-05-2008	15,70	18-07-2014	13,66
11-01-1994	9,50	21-03-2002	9,80	22-09-2008	9,60	24-09-2014	23,35
07-03-1994	8,50	17-05-2002	10,00	13-03-2009	17,90	25-11-2014	30,78
04-05-1994	8,50	16-07-2002	8,40	14-07-2009	12,50	16-01-2015	30,41
07-07-1994	7,50	15-11-2002	21,90	15-09-2009	10,70	12-03-2015	22,70
22-09-1994	9,50	15-01-2003	14,50	23-03-2010	16,83	13-05-2015	34,90
23-11-1994	9,90	14-03-2003	11,50	27-05-2010	11,49	27-07-2015	16,92
25-01-1995	10,40	26-05-2003	7,80	09-07-2010	9,53	16-09-2015	25,90
29-05-1995	7,50	15-09-2003	8,50	08-09-2010	9,72	22-01-2016	29,80
09-09-1996	8,70	20-11-2003	24,10	19-11-2010	20,49	30-03-2016	21,14
26-11-1996	20,60	22-01-2004	27,10	12-01-2011	20,49	13-05-2016	16,60
28-01-1997	22,10	23-03-2004	14,30	07-03-2011	18,87	27-07-2016	17,18
24-03-1997	21,10	14-05-2004	11,60	06-05-2011	14,86	14-11-2016	25,30
18-11-1997	20,80	20-07-2004	10,10	27-07-2011	11,15	08-02-2017	32,06
20-01-1998	19,10	18-11-2004	13,10	20-09-2011	13,32	15-05-2017	20,36
19-03-1998	10,50	31-03-2005	13,60	22-11-2011	35,37		
15-05-1998	8,70	25-11-2005	15,00	20-01-2012	27,00		

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
21-07-1998	8,40	24-01-2006	29,70	13-03-2012	21,32		

Fuente: DGA (2017)

Tabla 9-3: Registro de Pozo AS. San Miguel Popeta (2)

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
09-11-1989	8,10	17-07-1997	6,70	18-11-2004	11,30	19-11-2010	25,33
08-01-1990	4,80	25-09-1997	6,00	12-01-2005	20,20	12-01-2011	22,41
23-04-1990	6,00	18-11-1997	7,30	20-05-2005	10,60	07-03-2011	19,18
05-06-1990	5,60	20-01-1998	9,50	25-07-2005	8,40	06-05-2011	16,31
06-08-1990	6,00	19-03-1998	8,30	22-09-2005	7,40	27-07-2011	13,60
17-12-1990	12,50	15-05-1998	8,30	25-11-2005	13,90	20-09-2011	10,77
15-03-1991	14,30	21-07-1998	7,50	24-01-2006	25,50	22-11-2011	19,23
30-04-1991	7,70	16-09-1998	10,60	28-03-2006	14,70	20-01-2012	31,50
30-05-1991	7,70	18-11-1998	13,00	25-05-2006	10,60	13-03-2012	19,90
24-06-1991	8,90	06-01-1999	11,40	20-07-2006	8,10	16-05-2012	27,12
13-08-1991	10,80	22-03-1999	9,50	13-09-2006	7,30	11-07-2012	24,32
16-10-1991	7,80	25-05-1999	11,20	24-11-2006	25,70	07-09-2012	12,70
06-12-1991	7,30	21-07-1999	8,00	09-01-2007	25,10	15-11-2012	16,15
10-01-1992	7,80	22-09-1999	7,50	30-03-2007	13,50	29-01-2013	29,96
12-03-1992	9,30	06-01-2000	15,40	25-05-2007	10,70	27-03-2013	19,76
15-05-1992	5,70	17-03-2000	11,40	27-07-2007	8,40	09-07-2013	14,66
21-07-1992	5,10	18-05-2000	9,70	26-09-2007	9,40	12-09-2013	35,22
09-09-1992	5,90	21-11-2000	11,70	29-11-2007	42,00	12-11-2013	17,29
04-11-1992	8,80	14-05-2001	9,60	18-01-2008	41,10	16-01-2014	31,68
10-03-1993	10,70	24-07-2001	7,00	22-02-2008	20,00	18-03-2014	22,10
07-05-1993	7,20	13-09-2001	6,70	13-03-2008	17,40	02-05-2014	19,64
30-09-1993	6,70	25-01-2002	13,00	16-04-2008	15,60	18-07-2014	16,81
11-11-1993	6,80	21-03-2002	11,10	08-05-2008	13,90	24-09-2014	13,47
11-01-1994	6,70	17-05-2002	8,20	06-06-2008	14,40	25-11-2014	30,42
07-03-1994	9,70	16-07-2002	7,20	04-07-2008	9,90	16-01-2015	32,02
04-05-1994	7,70	14-09-2002	6,60	22-09-2008	7,70	12-03-2015	23,22
07-07-1994	10,20	15-11-2002	9,80	20-11-2008	41,20	13-05-2015	19,10
22-09-1994	11,10	15-01-2003	16,20	30-01-2009	41,30	27-07-2015	26,30
23-11-1994	12,70	14-03-2003	10,60	13-03-2009	17,50	16-09-2015	34,76
25-01-1995	13,70	26-05-2003	7,70	13-05-2009	14,00	22-01-2016	31,30
29-05-1995	7,70	17-07-2003	7,00	14-07-2009	10,10	30-03-2016	22,63
31-07-1995	10,50	15-09-2003	7,70	15-09-2009	8,40	13-05-2016	20,00
27-09-1995	16,20	20-11-2003	25,50	11-11-2009	13,86	27-07-2016	13,64
19-01-1996	19,40	23-03-2004	13,70	23-03-2010	16,40	14-11-2016	18,02

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
09-09-1996	7,90	14-05-2004	10,30	27-05-2010	13,55	08-02-2017	26,84
28-01-1997	12,20	20-07-2004	8,50	09-07-2010	11,80	15-05-2017	18,00
24-03-1997	12,00	15-09-2004	8,70	08-09-2010	11,12		

Fuente: DGA (2017)

Tabla 9-4: Registro de Pozo Asentamiento Popeta Las Mariposas

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
09-11-1989	6,75	26-11-1996	21,25	15-09-2004	21,15	09-07-2010	6,69
08-01-1990	7,85	28-01-1997	13,25	18-11-2004	20,75	08-09-2010	18,65
23-04-1990	9,15	24-03-1997	10,25	12-01-2005	21,55	19-11-2010	22,12
05-06-1990	5,75	17-07-1997	5,05	31-03-2005	20,85	12-01-2011	26,09
06-08-1990	5,75	25-09-1997	4,25	20-05-2005	7,75	07-03-2011	21,90
17-12-1990	21,15	18-11-1997	5,25	25-07-2005	5,85	06-05-2011	20,70
10-01-1991	21,25	20-01-1998	21,25	22-09-2005	5,65	22-07-2011	7,65
05-03-1991	21,05	19-03-1998	7,65	25-11-2005	9,45	22-11-2011	24,30
30-04-1991	5,95	15-05-1998	6,35	24-01-2006	21,45	20-01-2012	14,42
24-06-1991	5,45	21-07-1998	21,05	28-03-2006	22,65	13-03-2012	10,25
13-08-1991	5,15	16-09-1998	21,05	25-05-2006	17,70	16-05-2012	12,45
16-10-1991	5,55	18-11-1998	20,95	20-07-2006	5,85	04-09-2012	7,68
06-12-1991	21,35	06-01-1999	21,05	13-09-2006	5,45	15-11-2012	13,60
10-01-1992	21,15	22-03-1999	7,25	24-11-2006	21,20	29-01-2013	3,85
12-03-1992	21,15	25-05-1999	7,25	09-01-2007	22,75	27-03-2013	3,30
15-05-1992	7,55	21-07-1999	6,05	30-03-2007	10,70	09-07-2013	8,07
21-07-1992	6,65	22-09-1999	5,45	25-05-2007	20,90	12-09-2013	3,16
09-09-1992	4,35	30-11-1999	11,30	27-07-2007	6,60	12-11-2013	3,11
04-11-1992	8,15	18-05-2000	11,40	26-09-2007	20,90	16-01-2014	3,10
10-03-1993	21,05	14-05-2001	4,41	29-11-2007	26,90	18-03-2014	3,00
07-05-1993	6,75	24-07-2001	5,15	18-01-2008	24,90	02-05-2014	10,31
14-09-1993	5,85	25-01-2002	20,65	04-02-2008	7,70	18-07-2014	9,52
11-11-1993	6,05	21-03-2002	20,85	13-03-2008	22,80	20-08-2014	6,14
11-01-1994	21,25	17-05-2002	6,45	16-04-2008	9,90	24-09-2014	2,98
07-03-1994	20,95	16-07-2002	5,15	08-05-2008	20,70	25-11-2014	7,91
04-05-1994	11,75	14-09-2002	5,75	06-06-2008	8,30	16-01-2015	3,14
07-07-1994	5,25	15-11-2002	21,75	04-07-2008	8,00	12-03-2015	18,90
22-09-1994	6,15	15-01-2003	20,95	22-09-2008	5,40	13-05-2015	18,70
23-11-1994	21,35	14-03-2003	9,45	20-11-2008	16,70	27-07-2015	10,60
25-01-1995	21,05	26-05-2003	5,75	30-01-2009	18,50	16-09-2015	11,44
29-05-1995	7,05	17-07-2003	5,05	13-03-2009	15,40	22-01-2016	3,09

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
31-07-1995	8,25	15-09-2003	20,85	13-05-2009	9,40	30-03-2016	22,40
26-09-1995	9,75	20-11-2003	21,15	14-07-2009	7,00	13-05-2016	13,25
19-01-1996	21,35	22-01-2004	20,85	15-09-2009	5,80	27-07-2016	9,08
21-03-1996	21,45	23-03-2004	10,45	11-11-2009	21,10	14-11-2016	22,35
17-05-1996	6,25	14-05-2004	20,65	23-03-2010	13,82	08-02-2017	31,05
09-09-1996	6,35	20-07-2004	6,65	27-05-2010	11,54	15-05-2017	14,04

Fuente: DGA (2017)

Tabla 9-5: Registro de Pozo AS. San Carlos Cholqui (1)

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
09-11-1989	9,40	26-11-1996	9,10	22-01-2004	6,10	23-03-2010	5,32
08-01-1990	6,10	28-01-1997	9,90	23-03-2004	5,80	27-05-2010	4,90
29-04-1990	6,20	24-03-1997	10,50	14-05-2004	5,20	09-07-2010	4,80
07-06-1990	9,60	17-07-1997	4,80	20-07-2004	4,80	08-09-2010	4,19
13-08-1990	8,50	25-09-1997	4,40	15-09-2004	3,80	19-11-2010	4,65
17-12-1990	8,50	18-11-1997	4,80	18-11-2004	4,10	12-01-2011	6,04
10-01-1991	8,40	20-01-1998	5,80	12-01-2005	5,20	07-03-2011	6,42
30-04-1991	8,80	19-03-1998	6,60	25-07-2005	3,60	06-05-2011	5,62
24-06-1991	6,80	15-05-1998	6,80	22-09-2005	3,00	22-07-2011	5,63
13-08-1991	4,80	21-07-1998	7,40	25-11-2005	3,50	20-09-2011	5,16
16-10-1991	5,00	16-09-1998	8,10	24-01-2006	4,20	22-11-2011	6,05
06-12-1991	5,10	18-11-1998	8,80	28-03-2006	4,40	20-01-2012	6,40
10-01-1992	12,30	06-01-1999	8,80	25-05-2006	4,70	13-03-2012	7,60
12-03-1992	12,70	22-03-1999	10,00	20-07-2006	3,00	27-03-2013	6,37
15-05-1992	11,60	25-05-1999	9,60	13-09-2006	2,50	09-07-2013	4,58
21-07-1992	4,80	21-07-1999	9,60	24-11-2006	3,30	12-09-2013	4,98
09-09-1992	4,30	22-09-1999	8,70	09-01-2007	3,80	12-11-2013	5,41
04-11-1992	4,80	06-01-2000	5,41	30-03-2007	4,10	16-01-2014	6,02
08-01-1993	5,10	17-03-2000	8,20	25-05-2007	4,20	18-03-2014	6,00
10-03-1993	5,60	18-05-2000	5,51	27-07-2007	4,50	02-05-2014	6,13
07-05-1993	6,90	27-09-2000	2,31	26-09-2007	8,40	10-07-2014	5,85
30-09-1993	4,50	24-11-2000	1,81	29-11-2007	5,20	24-09-2014	5,80
11-11-1993	5,50	14-05-2001	7,30	18-01-2008	6,00	25-11-2014	6,18
11-01-1994	6,80	24-07-2001	3,31	22-02-2008	6,10	16-01-2015	6,98
07-03-1994	7,00	13-09-2001	2,41	13-03-2008	6,00	12-03-2015	7,37
04-05-1994	7,50	25-01-2002	7,20	16-04-2008	5,10	13-05-2015	6,55
07-07-1994	6,70	21-03-2002	8,00	08-05-2008	5,70	27-07-2015	6,19
22-09-1994	8,50	17-05-2002	8,00	06-06-2008	3,50	28-09-2015	5,43

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
23-11-1994	5,80	16-07-2002	4,90	04-07-2008	3,90	20-11-2015	5,49
25-01-1995	6,80	14-09-2002	4,50	22-09-2008	3,00	22-01-2016	6,15
29-05-1995	7,40	15-11-2002	5,70	20-11-2008	2,80	30-03-2016	6,47
31-07-1995	6,50	15-01-2003	6,90	30-01-2009	4,10	13-05-2016	5,45
26-09-1995	5,60	14-03-2003	7,80	13-03-2009	4,40	25-07-2016	5,00
19-01-1996	6,50	26-05-2003	7,60	13-05-2009	4,00	14-11-2016	5,40
21-03-1996	7,30	17-07-2003	5,20	14-07-2009	4,00	08-02-2017	7,75
17-05-1996	7,60	15-09-2003	3,80	15-09-2009	3,50	15-05-2017	7,10
09-09-1996	8,40	20-11-2003	4,30	11-11-2009	3,20		

Fuente: DGA (2017)

Tabla 9-6: Registro de Pozo Industria Bata

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
03-11-1989	1,90	27-04-1998	1,00	16-06-2006	1,90	26-06-2013	2,35
09-01-1990	1,90	24-06-1998	2,40	25-08-2006	1,40	28-08-2013	2,75
03-04-1990	2,20	28-08-1998	12,40	24-10-2006	1,80	03-10-2013	2,82
06-06-1990	12,00	23-10-1998	12,40	12-12-2006	11,20	20-12-2013	2,93
06-08-1990	12,80	22-12-1998	12,60	21-02-2007	9,90	16-01-2014	2,82
05-12-1990	1,10	01-02-1999	1,30	19-04-2007	1,80	19-02-2014	2,72
15-03-1991	1,30	28-04-1999	1,70	26-06-2007	13,00	23-04-2014	2,83
30-04-1991	3,10	25-06-1999	2,10	24-08-2007	2,10	02-05-2014	2,83
10-06-1991	12,20	20-08-1999	2,00	29-11-2007	2,60	25-06-2014	2,04
05-08-1991	11,50	18-10-1999	1,90	18-01-2008	1,00	28-08-2014	2,56
07-10-1991	12,20	16-12-1999	1,90	22-02-2008	0,64	24-09-2014	2,44
02-12-1991	1,50	21-02-2000	1,80	13-03-2008	0,60	20-10-2014	2,15
09-01-1992	2,30	18-04-2000	2,00	16-04-2008	0,90	25-11-2014	2,07
09-03-1992	13,30	03-06-2000	1,60	08-05-2008	1,00	18-12-2014	2,36
15-05-1992	2,10	18-08-2000	1,30	06-06-2008	0,70	16-01-2015	2,32
21-07-1992	1,50	06-10-2000	1,70	04-07-2008	1,30	05-02-2015	2,03
09-09-1992	2,50	18-12-2000	12,50	22-09-2008	0,90	12-03-2015	1,96
04-11-1992	1,50	22-02-2001	0,90	20-11-2008	1,20	27-04-2015	2,22
12-01-1993	12,50	18-04-2001	1,60	13-02-2009	0,70	13-05-2015	2,18
10-03-1993	2,40	14-06-2001	12,80	14-12-2009	1,90	25-06-2015	2,50
07-05-1993	1,50	20-08-2001	7,60	24-02-2010	1,42	27-07-2015	2,56
14-09-1993	12,20	27-02-2002	0,80	23-03-2010	1,28	13-08-2015	1,92
11-11-1993	12,10	10-04-2002	1,20	19-05-2010	2,40	28-09-2015	2,47
11-01-1994	12,40	21-08-2002	1,30	22-06-2010	2,46	21-10-2015	2,17
07-03-1994	12,50	10-10-2002	1,40	25-08-2010	2,67	20-11-2015	1,85

FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)	FECHA	NIVEL (M)
04-05-1994	4,40	05-12-2002	1,20	07-10-2010	1,19	11-12-2015	2,37
07-07-1994	3,40	16-04-2003	1,40	14-12-2010	2,43	22-01-2016	2,42
22-09-1994	2,10	09-06-2003	1,50	22-02-2011	14,07	30-03-2016	2,10
23-11-1994	1,50	21-08-2003	2,00	20-04-2011	2,05	22-04-2016	2,53
25-01-1995	2,00	15-10-2003	2,40	22-06-2011	1,55	13-05-2016	1,92
29-05-1995	2,40	19-02-2004	4,30	24-08-2011	1,45	28-06-2016	2,18
31-07-1995	1,10	22-04-2004	3,40	18-10-2011	2,15	25-07-2016	1,80
20-09-1995	1,15	16-06-2004	2,40	16-12-2011	2,20	09-08-2016	2,20
21-03-1996	0,80	02-09-2004	2,30	14-02-2012	1,16	21-10-2016	2,19
17-05-1996	1,90	25-10-2004	1,70	13-03-2012	2,20	07-11-2016	1,84
13-09-1996	3,20	14-12-2004	1,50	17-04-2012	2,30	23-01-2017	1,13
17-10-1996	1,90	15-02-2005	1,60	21-06-2012	2,10	08-02-2017	0,67
20-02-1997	12,30	21-04-2005	1,50	17-08-2012	2,56	21-03-2017	0,63
08-07-1997	1,00	24-06-2005	2,00	19-10-2012	2,11	17-04-2017	2,10
29-08-1997	0,90	19-08-2005	2,40	19-12-2012	2,22	15-05-2017	1,67
31-10-1997	0,50	09-02-2006	1,90	28-02-2013	1,25	13-06-2017	1,82
30-12-1997	0,90	19-04-2006	1,40	22-04-2013	2,17		

Fuente: DGA (2017)



MEMO : N° 94/
ANT. : Memorandum DGA RM N°96
MAT. : Envía informe corregido Plan de Monitoreo de Aguas subterráneas - Yacimiento de Puzolana Popeta, Comuna de Melipilla, Región Metropolitana.



Santiago, 8 de mayo 2018.

**DE: JEFE (S) DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS REGIÓN METROPOLITANA**

**A: CARMEN HERRERA INDO – DIRECTORA REGIONAL
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS - MOP**

En relación con vuestra solicitud realizada mediante Memorandum N°96, cumpla con informar que este Departamento efectuó la revisión del Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas del proyecto Yacimiento de Puzolana Popeta, ingresado el 16 de abril de 2018 en Oficina de Partes de la Dirección General de Aguas de la Región Metropolitana, el cual atiende los requerimientos del Memo N°56 del Departamento de Conservación y Protección del Recurso Hídrico.

Sin otro particular,

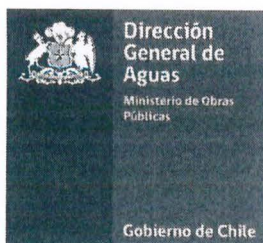
Saluda atentamente a Ud.,

DIEGO SAN MIGUEL
INGENIERO JEFE SUBROGANTE DEL
DEPTO. DE CONSERVACIÓN Y P.R.H.

DSM/SVE/BVM
DISTRIBUCIÓN:

- Destinatario
- Archivo DCPRH

Proceso N° 11957974/



ORD. DGA RMS N°

826 /

ANT.: Memo N° 94 del Depto. de Conservación y Protección del Recurso Hídrico – DGA.

Memo DGA RMS N° 96 de fecha 17/04/2018.

Carta ING-052-17 ingresada a DGA RMS con fecha 16/04/2018, por Ingeniería y Proyectos ICNOVA SpA, que da respuesta a Observaciones al “Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas. Yacimiento de Puzolana Popeta”.

MAT.: Responde ante solicitud asociada al “Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas. Yacimiento de Puzolana Popeta”.

INCL: Memo N° 94 del Depto. de Conservación y Protección de Recursos Hídricos - DGA.

SANTIAGO,

17 MAY 2018

**DE : DIRECTORA REGIONAL DE AGUAS
REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO**

**A : SRA. JOSEFINA HERRERA RONDA
INGENIERÍA Y PROYECTOS ICNOVA SpA**

En atención a lo expuesto en el ANT, y revisado el “Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas. Yacimiento de Puzolana Popeta”, en su versión corregida, este Servicio manifiesta su conformidad con el contenido del Informe, en el cual se han atendido los requerimientos del Memo N° 56 del Departamento de Conservación y Protección del Recurso Hídrico.

Por tanto, el Considerando 5.5.1 de la RCA N° 349/11, deberá ser cumplido atendiendo las condiciones establecidas en el proceso de revisión.

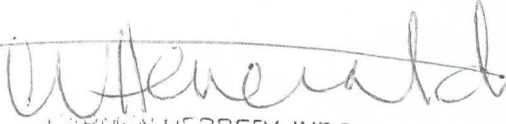
Sin otro particular, saluda atentamente a usted,

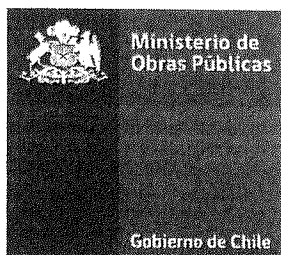
CHI/DAG/

DISTRIBUCIÓN:

- Sra. Josefina Herrera Ronda. Dirección: Guardia Vieja 490, Of. C, Providencia.
- Sr. Diego San Miguel C. Jefe (S) Depto. de Conservación y Protección de Recursos Hídricos – DGA
- Sra. María Isabel Mallea. Jefa Oficina Región Metropolitana – Superintendencia del Medio Ambiente – Teatinos 280, Piso 8, Santiago.
- **Unidad de Medio Ambiente DGA RMS**
- Oficina de Partes DGA RMS
- Archivo

Nº Proceso DGA-RMS 11991139 /


CARMEN HERRERA INDO
DIRECTORA REGIONAL
DIRECCION REGIONAL DE AGUAS
M.O.P. REGION METROPOLITANA



MEMO : N° 94/

ANT. : Memorandum DGA RM N°96

MAT. : Envía informe corregido Plan de Monitoreo de Aguas subterráneas - Yacimiento de Puzolana Popeta, Comuna de Melipilla, Región Metropolitana.

DIRECCION GENERAL DE AGUAS
REGION METROPOLITANA
OFICINA DE PARTES
11 MAY 2018
N° DE PARTES 1098
N° DE PROCESO 11957974

Santiago, 8 de mayo 2018.

**DE: JEFE (S) DEPTO. CONSERVACIÓN Y PROTECCIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS REGIÓN METROPOLITANA**

**A: CARMEN HERRERA INDO – DIRECTORA REGIONAL
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS - MOP**

En relación con vuestra solicitud realizada mediante Memorandum N°96, cumplo con informar que este Departamento efectuó la revisión del Plan de Monitoreo de Aguas Subterráneas del proyecto Yacimiento de Puzolana Popeta, ingresado el 16 de abril de 2018 en Oficina de Partes de la Dirección General de Aguas de la Región Metropolitana, el cual atiende los requerimientos del Memo N°56 del Departamento de Conservación y Protección del Recurso Hídrico.

Sin otro particular,

Saluda atentamente a Ud.,

DIEGO SAN MIGUEL
INGENIERO JEFE SUBROGANTE DEL
DEPTO. DE CONSERVACIÓN Y P.R.H.

DSM/SVE/BVM
DISTRIBUCIÓN:

- Destinatario
- Archivo DCPRH

Proceso N° 11957974/



Responde solicitud N° AM006T0017279

Santiago, 18 de junio de 2024

Señor (a) René Elgueta Pérez,

En relación a su Solicitud de Información amparada en Ley de Transparencia Nro. AM006T0017279, ingresada a la Dirección General de Aguas (DGA), recepcionada el 29/5/2024 a través del Portal de Transparencia, donde usted nos ha requerido:

'Se solicita documentación y antecedentes, dice relación con el informe de Seguimiento Ambiental ING-052-17 de fecha 16 de abril de 2018, ante el cual la DGA emitió los ORD N° 94 de fecha 8 de mayo de 2018 y 826 de fecha de fecha 17 de mayo de 2018, se pronuncia conforme respecto del requerimiento establecido en Considerando 5.5 de la RCA N°349/2011'

La respuesta de nuestro Servicio es:

Se envía Informe corregido por el titular y visado por este Servicio, junto con el Memo DCPRH DGA N°94, de fecha 8 de mayo de 2018, y Oficio ORD. DGA RMS N° 826, de fecha 11 de mayo de 2018:

https://drive.google.com/drive/folders/1tfOcGABo_5IzU154kYLsgw9idMioScbe?usp=sharing

Por orden del Director General de Aguas

(Según Resolución DGA Exenta N° 2.455 de 6 de octubre de 2021)

Saluda atentamente a usted,

Luis Huerta Valdés

Jefe Departamento de Información de Recursos Hídricos
Dirección General de Aguas
Ministerio de Obras Públicas

Unidad de Información Pública
Departamento de Información de Recursos Hídricos



Derivación

Desde SIAC <sop.atencionciudadana@mop.gov.cl>

Fecha Mié 06-08-2025 12:24

Para Rene Elgueta Perez <rene.elgueta@UNACEM.CL>



Estimado/a Sr. (a)

Rene Elgueta Pérez

Informamos a usted que la solicitud ingresada, Código AM001W0190945, luego de ser analizada, ha sido derivada por competencia total/parcial a: Dirección de Vialidad (VIALIDAD) - VALPARAÍSO..

La cual solicita lo siguiente:

"Solicito vuestra ayuda y gestión, para saber como proceder para dar cumplimiento con lo establecido en el Considerando 5.8.1 de nuestra RCA N°349/2011, y obtener la aprobación de la Dirección Regional de Vialidad del MOP para implementar y materializar pista de aceleración y desaceleración de acceso a la Ruta G-60, Km 15-16 por donde actualmente transitan nuestros camiones con carga, de manera de poder obtener la evidencias necesarias respecto de los expedientes de tramitación y resolución gestionados en vuestro Servicio, para lo cual adjunto diversos documentos como respaldo"

POR FAVOR NO RESPONDA A ESTE MAIL. ESTE ES UN MENSAJE AUTOMÁTICO

Las solicitudes pueden ser derivadas a otras Direcciones MOP más de una vez.

Cordialmente,

Sistema Integral de Gestión de Solicitudes - SIAC

Ministerio de Obras Públicas

CONFIDENCIALIDAD: La información contenida en este mensaje y/o en los archivos adjuntos es de carácter confidencial o privilegiada y está destinada al uso exclusivo del emisor y/o de la persona o entidad a quien va dirigida. Si usted no es el destinatario, cualquier almacenamiento, divulgación, distribución o copia de esta información está estrictamente prohibido y sancionado por la ley. Si recibió este mensaje por error, por favor infórmenos inmediatamente respondiendo este mismo mensaje y borre todos los archivos adjuntos. Gracias.

CONFIDENTIAL NOTE: The information transmitted in this message and/or attachments is confidential and/or privileged and is intended only for use of the person or entity to whom it is addressed. If you are not the intended recipient, any retention, dissemination, distribution or copy of this information is strictly prohibited and sanctioned by law. If you received this message in error, please reply us this same message and delete this message and all attachments. Thank you.



Notario Público Primera Notaría de La Reina Pablo Javier Martínez Loaiza

Certifico que el presente documento electrónico es copia fiel e íntegra de AUTORIZACION DE FIRMA otorgado el 05 de Agosto de 2025 reproducido en las siguientes páginas.

Notario Público Primera Notaría de La Reina Pablo Javier Martínez Loaiza.-
Avenida Príncipe de Gales 5841, La Reina.-
La Reina, 05 de Agosto de 2025.-



123456918601
www.fojas.cl



Emito el presente documento con firma electrónica avanzada (ley No19.799, de 2002), conforme al procedimiento establecido por Auto Acordado de 13/10/2006 de la Excm. Corte Suprema.-

Certificado N° 123456918601.- Verifique validez en www.fojas.cl.-

CUR N°: F4660-123456918601.-

FORMULARIO TIPO
SOLICITUD DE ACCESO A RUTAS NACIONALES Y RUTAS CONCESIONADAS

Acceso nuevo ☐

Acceso existente

☒

Si el acceso es existente responda:

Acceso autorizado por la Dirección de Vialidad
(marcar X)

Sí

☒

No

Si su respuesta es sí, indicar y adjuntar

Fecha

1. Antecedentes del solicitante (el solicitante debe ser el representante legal o dueño)

Nombre
empresa:
(Razón social)

Unacem Chile S.A.

Nombre solicitante:

Jose Esteban Rojas Perez

RUT solicitante:

9855311-8

Domicilio:

Avenida Las Industrias 4651 San Antonio

Comuna:

San Antonio

Teléfono:

Celular: 988188753

Fax:

E-mail: Esteban.rojas@unacem.cl

Dirección postal:

Avenida Las Industrias 4651 San Antonio

2. Información de propiedad

Propietario del
terreno:

Minera Rio Teno S. A.

RUT:

76296780-4

Propiedad inscrita en el Conservador de Bienes Raíces
de:

Melipilla

Según fojas:

1546

Nº:

2731

Del año:

2008

Rol de Avalúo
Nº:

2821-174

3. Información del acceso

Rol o nombre de la ruta:

RUTA G-60

Sector:

POPETA

Lote
Nº:

356-D

Comuna:

Melipilla

Región: Valparaíso

Orientación:

Derecho

Izquierdo

☒

(marcar una
X)



***Nota: la orientación es en sentido de avance del km.**

Acceso:

Directo a la ruta

Calle de servicio

(marcar una X)

Km. inicio predial:

Km. término predial:

Kilómetro acceso:

15

***Nota: kilometraje según baliza de la ruta**

4. Uso de la propiedad

Uso del terreno:

Residencial

Industrial

Comercial

(Marcar una X)

Agrícola

Otro (especificar)

Minería

Superficie del predio:

233.800 m2

Superficie edificada:

30 m2

Nº de estacionamientos:

Autos

6

Camiones

4

5. Croquis de emplazamiento



Certificado
123456918601
Verifique validez
<http://www.fojas.cl>





El croquis deberá incluir:

- Ubicación del emplazamiento solicitado.
- Puntos singulares (puentes, alcantarillas, túneles, terraplenes, entre otros).
- Puntos de referencia (balizas, grifos, señalización, postes numerados, entre otros).
- Sentido del camino hacia localidades más cercanas.
- Norte magnético.
- Referencia respecto a localidades cercanas.

6. Declaración de tránsito

Se debe indicar la cantidad total de flujo de entrada y salida que se efectúa por cada tipo de vehículo en un día.

Tipo de vehículo	Flujo	
	Entrada	Salida
<div>Autos y camionetas</div> <div></div>	2	2
<div>Camión + 2 ejes</div> <div></div>	20	20
<div>Camión + 2 ejes</div> <div></div>		

Tipo de vehículo	Flujo	
	Entrada	Salida
<div>Camión simple</div> <div></div>	1	1
<div>Buses</div> <div></div>		
<div>OTRO (Especificar)</div>		



Firma

9.855.311-8

Rut

AUTORIZO LA (S) FIRMA (S)
PRECEDENTEMENTE ESTAMPADAS
05 AGO 2025
PABLO MARTÍNEZ LOAIZA
NOTARIO PÚBLICO
LA REINA

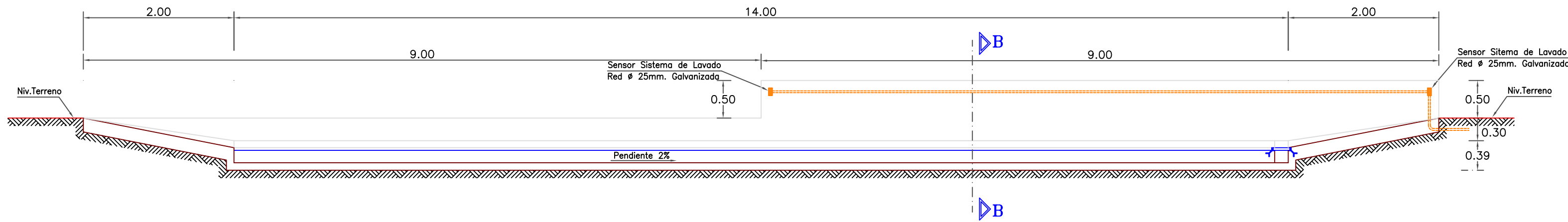


Todas las páginas deben ser validadas ante notario

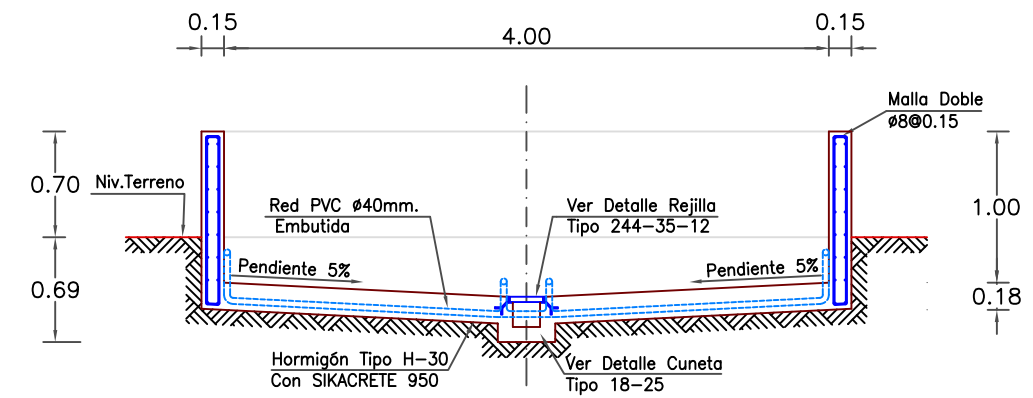


Certificado
123456918601
Verifique validez
<http://www.fojas.cl>

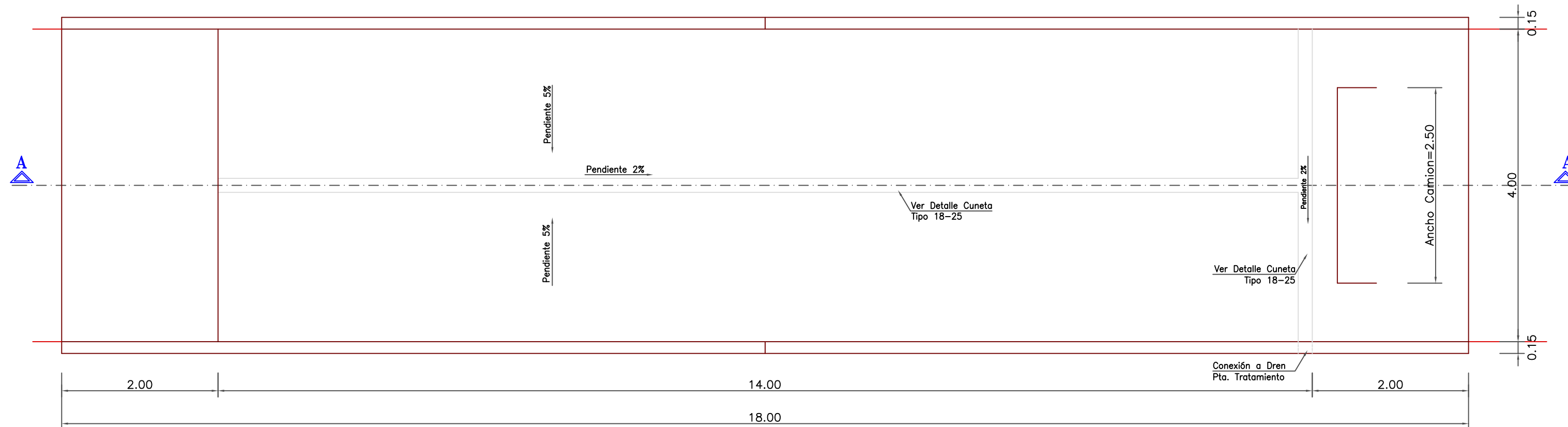




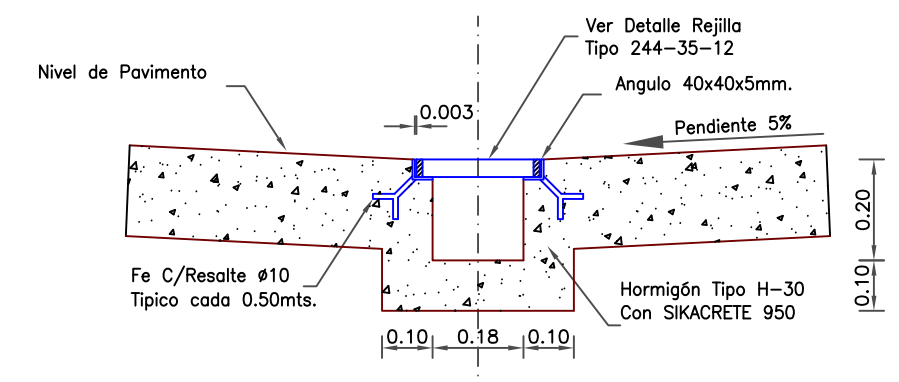
PERFIL A-A



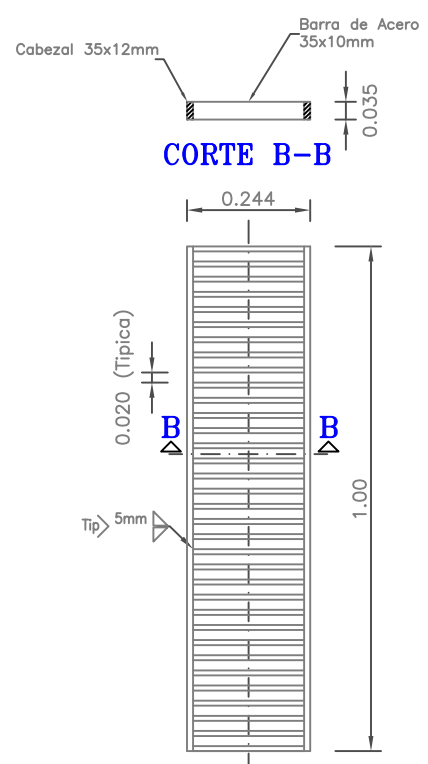
PERFIL B-B



PLANTA



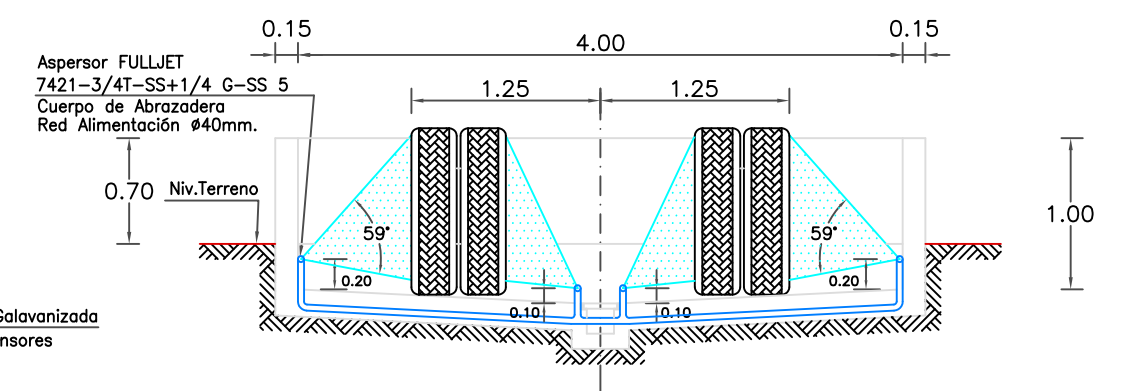
CUNETAS TIPO 18-20
ESCALA 1:15



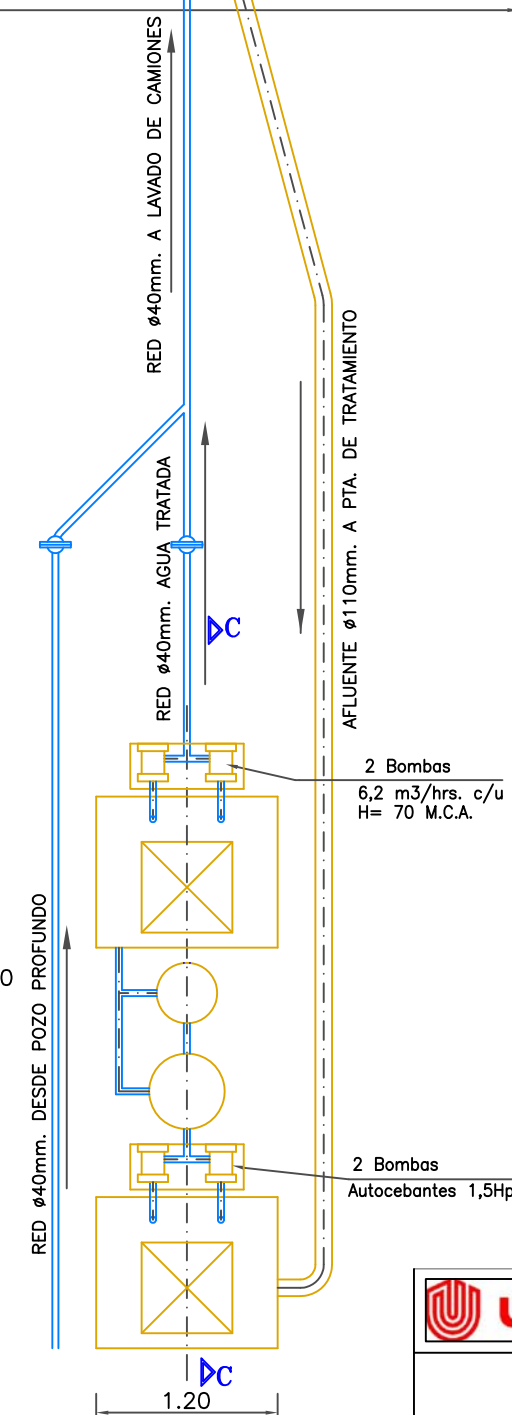
REJILLA TIPO 244-35-12
ESCALA 1:15

- NOTA.-
- LOSA DE HORMIGON TIPO H-30
 - ADHITIVO SIKACRETE 950
 - DOSIFICACION ADHITIVO 15% DEL PESO CEMENTO
 - CURADO HORMIGON SIKA ANTISOL 180gr x M2
 - RED DE EMBUTIDA SISTEMA ASPERSION CAÑERIA GALVANIZADA ϕ 40mm.
 - RED DE EMBUTIDA SISTEMA SENSORES CAÑERIA GALVANIZADA ϕ 25mm.

UNACEM		UNACEM CHILE S.A. GERENCIA DE OPERACIONES CEMENTO		PLANO N° POPETA - 001 - 1	
FOSA DE HORMIGÓN SISTEMA LAVADO DE RUEDAS CANTERA PUZOLANAS POPETA - UNACEM CHILE S.A.				ESCALA: 1:50 1:15	ARCHIVO: p-fosa.dwg
DIBUJO: RENÉ ELGUETA		REVISION 2:			
REVISION 1: TOMÁS ORTUZAR		APROBO: JAVIER LOPEZ		FECHA: JULIO - 2025	



PERFIL B-B



- BOMBAS AUTOCEBANTES
- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RILES A DEFINIR SEGUN MONITOREO
- ESTANQUES DE FIBRA DE VIDRIO REFORZADA EN PTA. TRATAMIENTO
- RED PVC Ø40mm. DESDE POZO Y SISTEMA DE RECIRCULACION
- RED EMBUTIDA SISTEMA ASPERSION CAÑERÍA GALVANIZADA Ø 40mm.
- TIPO DE ASPESOR FULLJET
- MODELO PUNTA ASPERSOR 1/8 G-SS 5
- CONECTOR DE ABRAZADERA MODELO 7421-3/4T-SS
- CAPACIDAD APERSOR 5.1 lts/min
- PRESION ASPERSOR 6 BAR
- ANGULO DE ASPERSION 59°



**"TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE , CANTERA
POPETA"**

Mandante Sr. René Elgueta
Ubicación Avenida las industrias, San Juan
Fecha 31 de julio de 2025

ITEM I		ACCESO POPETA			
N°	DESCRIPCION	UN.	CANTIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1.0	Topografía y señalización de obra	M2	1750	\$ 786	\$ 1.375.000
1.1	Perfilamiento y compactación terreno	M2	1750	\$ 2.454	\$ 4.295.000
1.2	Preparación de superficie e imprimación	M2	1750	\$ 4.197	\$ 7.345.000
1.3	Tratamiento Superficial simple doble	M2	1750	\$ 17.854	\$ 31.245.000

Subtotal I \$ 42.885.000

Todas las actividades a realizar serán supervisadas.

Se consideran todas las maquinarias (Rodillo liso, motoniveladora, retroexcavadora, Gravilladora, Barredora, camion imprimador, Rodillo neumatico)

El plazo para ejecutar los trabajos no superará los 10 días Hábiles

Se solicitará un area destinada para dejar en custodia maquinarias

Se solicitará un adelanto inicial de un 30%

Todos los suministros estan incluidos en la cotización

El valor de los m2 estarán a precio unitario

Esta cotización tiene una validez de 45 días, despues de eso se tendran que actualizar precios

COSTO DIRECTO	\$ 42.885.000
GG Y UT (15%)	\$ 6.432.750
Total Neto	\$ 49.317.750
IVA (19%)	\$ 9.370.373
TOTAL	\$ 58.688.123


DIEGO ROJAS C.
INGENIERO CONSTRUCTOR
56 9 48628753

PRESUPUESTO ESTIMADO

Obra : Sistema Lavado de Ruedas y Estructura de Camiones
Propietario : Unacem Chile S.A.
Ubicación : Cantera Popeta

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	TOTAL
	OBRAS CIVILES				
1	Fosa de Lavado				
1.1	Trazado y Niveles	GL			\$667.443
1.2	Excavaciones	M3	77,50	14.800	\$1.147.000
1.3	Base Estabilizada	M3	19,50	40.500	\$789.750
1.4	Emplantillado	M2	77,50	12.500	\$968.750
1.5	Hormigón Losa	M3	13,00	147.190	\$1.913.464
1.6	Hormigón Muros de Retención	M3	5,20	147.190	\$765.385
1.7	Hormigón Cuneta Receptora	M3	1,80	147.190	\$264.941
1.8	Enfierraduras Muros	KG	186,00	7.200	\$1.339.200
1.9	Moldajes	M2	45,00	22.800	\$1.026.000
1.10	Curado Hormigón	M2	75,00	6.350	\$476.250
1.11	Angulo Descanso Rejilla	ML	36,00	8.250	\$297.000
1.12	Anclajes	CU	6,17	4.200	\$25.914
1.13	Rejilla	KG	531,00	6.200	\$3.292.200
1.14	Red Alimentación Aspersores d= 40mm.	ML	36,00	25.500	\$918.000
1.15	Red Alimentación Sensores d= 25mm.	ML	10,00	12.500	\$125.000
2	Sistema de Recirculación				
2.1	Trazado y Niveles	GL			\$715.260
2.2	Excavaciones Estanques	M3	20,00	15.200	\$304.000
2.3	Excavaciones Red PVC	M3	45,00	15.200	\$684.000
2.4	Emplantillado	M2	70,00	12.500	\$875.000
2.5	Red Afluentes PVC d= 110mm.	ML	132,00	12.800	\$1.689.600
2.6	Estakes de H.A. 7 m3	CU	2,00	1.800.000	\$3.600.000
	IMPLEMENTACION				
3	Sistema de Aspersores				
3.1	Aspersores Fulljet	CU	20,00	62.500	\$1.250.000
3.2	Conectores de Abrazadera	CU	20,00	25.500	\$510.000
4	Sistema de Recirculación				
4.1	Bombas de Impulso entre Estanques	CU	2,00	850.000	\$1.700.000
4.2	Bombas de Impulso para Recirculación	CU	2,00	1.350.000	\$2.700.000
4.3	Red PVC d= 40mm.	ML	132,00	9.650	\$1.273.800
4.4	Red Alimentación Pozo d= 40mm.	ML	252,00	9.650	\$2.431.800
5	Sistema de Sensores				
5.1	Sensores	CU	4,00	98.800	\$395.200
5.2	Tablero de Control	CU	1,00	650.000	\$650.000
5.3	Red Galvanizada d= 25mm.	ML	210,00	12.500	\$2.625.000
6	Obras Complementarias				
6.1	Pinturas	M2	60,00	9.500	\$570.000
6.2	Aseo y Retiro de Escombros	GL			\$883.063
6.3	Imprevistos	GL			\$1.799.498

Costos Directos	\$38.672.518
Gastos Generales	\$5.800.878
TOTAL NETO	\$44.473.395

René Elgueta P.