

Memo

Para:	Andrés Cabello	Fecha:	05-02-2018
Empresa:	AES Gener	De:	José Miguel García
Copia a:		N° Proyecto:	02-2354-06
Referencia:	Respuesta a Observaciones del PDC entregadas en la Resol Ex N°22 / ROL D-001-2017		

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo dar respuesta a las observaciones entregadas en la Resolución Exenta N°22 / ROL D-001-2017 de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), con relación al Programa de Cumplimiento (PDC) presentado por Alto Maipo SPA.

En este caso en específico, este documento da respuesta al N° Identificador 14 de las observaciones específicas previo a resolver la aprobación o rechazo del PDC que tiene relación a las conclusiones 5,6 y 7 entregadas en el documento “*Estudio de origen de aguas en túneles, Proyecto Alto Maipo*”, de las cuales se pide entregar, a lo menos, los antecedentes y análisis que fundan dichas conclusiones.

Además, esta respuesta se debe complementar con un análisis del radio de influencia del drenaje producido el túnel Las Lajas, sector L1, considerando un perfil longitudinal que identifique las cotas del frente de trabajo del túnel, las cotas que delimitan el radio de influencia generado por el túnel y las cotas del nivel piezométrico de los pozos con derechos de aprovechamiento de aguas subterráneas constituidas en la zona, con el objetivo de determinar o descartar la posibilidad de afectación en los pozos cercanos al túnel Las Lajas L1.

2 CONCLUSIONES COMPROMETIDAS

Las conclusiones que deben ser complementadas son:

- De acuerdo a estudios ejecutados en el sector, se establece que las aguas provenientes de las precipitaciones se infiltran en el suelo, avanzando con un movimiento vertical lento por estructuras, zonas de contacto y niveles de mayor fracturamiento, pudiendo provocar una variación en la calidad debido al aumento del tiempo de residencia, el lento movimiento y la interacción con la roca.
- Se ha estimado un porcentaje de infiltración entre 6% y 8% de la precipitación debido a la muy baja permeabilidad de los depósitos del sector (10^{-2} y 10^{-4} m/d), calculado a partir de ensayos hidráulicos en la zona de los túneles. Se considera que el porcentaje de infiltración y la calidad de las aguas superficiales no variarían por la construcción de los túneles ya que el radio de influencia generado por el drenaje inducido por los túneles no alcanzaría la superficie del terreno.

7. Por ende, a partir de la muy baja permeabilidad de los depósitos, el lento movimiento y el alto tiempo de residencia de las aguas subterráneas almacenadas en los niveles de mayor fracturamiento y estructuras del sector, se considera que el caudal entrante a los túneles sería bajo y sin tener influencia sobre la cantidad y calidad de los caudales superficiales existentes.

3 RESPUESTAS A OBSERVACIONES

Según el documento “*Revisión y Actualización del Modelo Geológico, Proyecto Hidrológico Alto Maipo*” (GEOAV, 2017)” y el Mapa Geológico de Chile (SERNAGEOMIN, 2013), el sector de los túneles pertenecientes al Proyecto Alto Maipo se caracteriza por la presencia de depósitos volcano-sedimentarios continentales cenozoicos, formados por niveles de tobas, brechas y andesitas pertenecientes a la Formación Abanico e instruidas por abundantes filones y diques miocenos. Los depósitos volcánicos han sufrido distintos procesos tectónicos que han provocado deformaciones débiles a medianas que han provocado la formación de pliegues y la presencia de estructuras subverticales.

Los valles se encuentran rellenos por depósitos sedimentarios modernos no consolidados de origen fluviales y aluviales en su mayoría, que forman terrazas asociados a la presencia de los ríos principales o abanicos desde quebradas secundarias y que contienen materiales que varían desde bloques y gravas, hasta arcillas.

En la Figura 3-1 se muestra la geología en el sector de Las Lajas, junto con un perfil de los túneles, donde se corrobora la presencia de estructuras subverticales en los depósitos volcánicos, destacando las andesitas y brechas volcánicas de la Fm Abanico (TiaL) en el límite poniente de los túneles (segmento L1'-L1”) y los depósitos de tobas de lapilli, tobas de ceniza y, en menor proporción, tobas con texturas de flujo y brechas volcanoclásticas (I1 e I2) hacia el oriente (segmento L1”-L4). En el sector del Estero Manzano, las rocas volcánicas han sido instruidas por cuerpos de granitoides mesozoicos (Mg).

El valle relacionado a los ríos Maipo y Colorado y Estero Manzano está relleno por sedimentos cuaternarios de origen aluvial (Qa), fluvial (Qf) y coluvial (Qc) y materiales provenientes de remociones en masas (Qrmd).

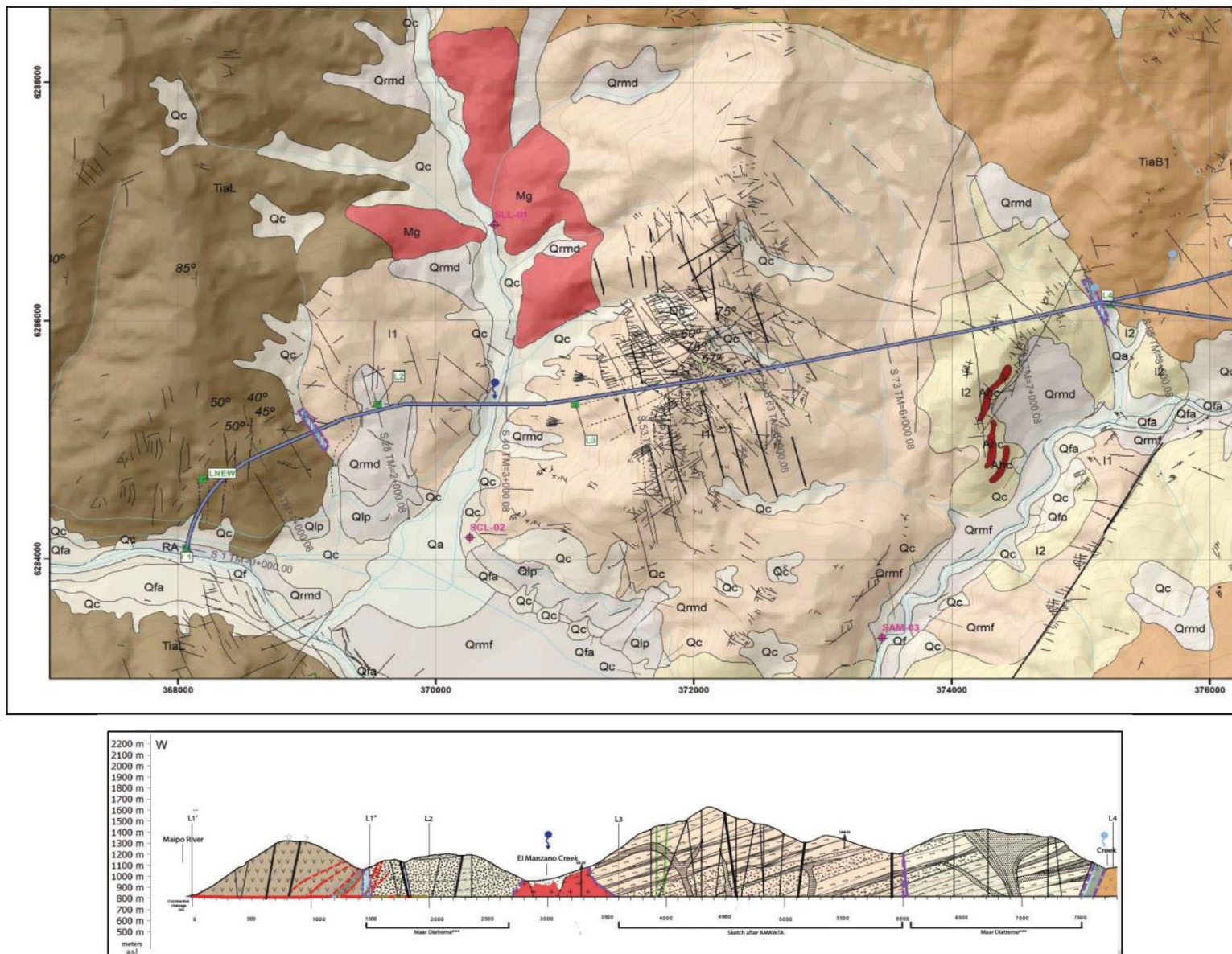


Figura 3-1: Mapa y Perfil Geológico, Sector Las Lajas (GEOAV, 2017)

Tal como se menciona en el documento “*Estudio de origen de aguas en túneles, Proyecto Alto Maipo*”, en los túneles se ha detectado la presencia de filtraciones de agua relacionadas a fallas, niveles fracturados y zona de contacto entre distintos depósitos o eventos de depositación. En función de los resultados isotópicos, estas aguas almacenadas en las rocas tienen su origen en las precipitaciones locales del sector, sin provenir de filtraciones desde los ríos principales del sector, cuyo contenido isotópico corresponde a una recarga a mayor altura.

Ahora bien, en el documento “*Origen de Filtraciones en Túnel VL4, Central Las Lajas, PHAM*”, se analizó la composición de las aguas de distintos afloramientos del túnel VL4, teniendo en cuenta que las muestras han sido tomadas entre las cotas 1.004 y 869 msnm, siendo el único túnel que ha sido posible el muestreo a distintas alturas debido a la pendiente que presenta. En la Figura 3-2 se muestra los Diagramas de Stiff y valores de conductividad eléctrica en función de la altura de muestreo dentro del túnel VL4.

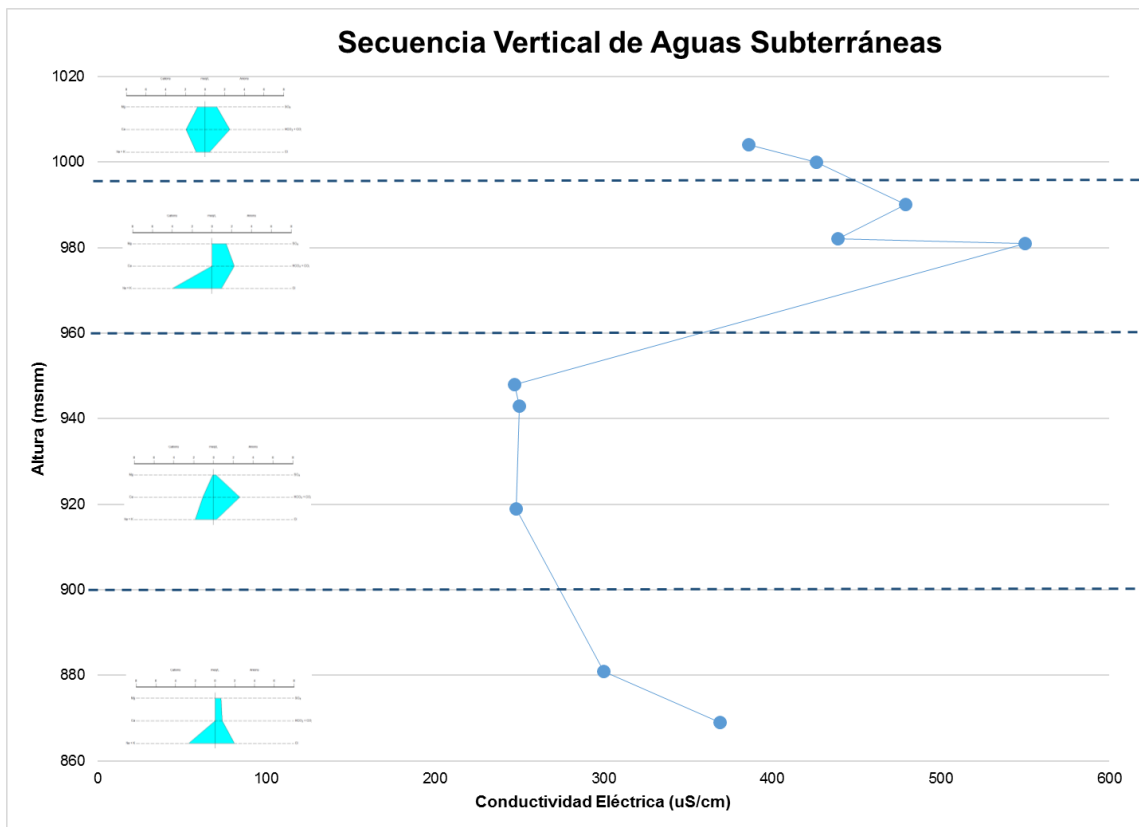


Figura 3-2: Secuencia Vertical de Aguas Subterráneas, PHAM (SRK, 2016a)

A pesar de que se ha demostrado que las señales isotópicas de las muestras tomadas en el túnel VL4 son similares y sugieren su origen en las precipitaciones locales (SRK, 2016a y SRK, 2017a), las composiciones químicas varían en profundidad de bicarbonatadas cálcicas a cloruradas sódicas.

En la Figura 3-2, se aprecia que la muestra de mayor cota, la composición de agua es similar a la de las precipitaciones (bicarbonatadas cálcicas). Al aumentar la profundidad, las variaciones de composición química del agua están asociadas a la interacción con los depósitos existentes, lo que

provoca también un aumento en su salinidad. Al alcanzar una cota aproximada de 950 msnm, donde un flujo menos salino recarga el sector, la composición de las aguas cambia, disminuyendo su salinidad, desde donde vuelve a cambiar su composición, hasta detectarse del tipo cloruradas sódicas en una cota cercana a los 860 msnm.

Las variaciones de bicarbonato a cloruro en los aniones y calcio a sodio en cationes están asociados a un mayor tiempo de residencia y es un funcionamiento normal en las aguas subterráneas que es denominado como *Secuencia de Chevotareb*. Esta situación indica que los flujos subterráneos, posterior a la infiltración y recarga del sistema proveniente de las precipitaciones, tienen un movimiento vertical que avanzaría por estructuras, zonas de contacto y niveles fracturados, el que tendería a ser más lento en profundidad permitiendo una mayor interacción con los depósitos volcánicos.

Este análisis explica el funcionamiento descrito en la **conclusión 5**, donde las aguas provenientes de las precipitaciones se filtran por estructuras y zonas de contacto de depósitos del sector, avanzando de manera lenta y provocando las variaciones en su composición química, lo que provoca que las aguas se almacenen en los niveles fracturados de la roca.

Acerca de los valores de conductividad eléctrica entregados en la **conclusión 6** (entre 10^{-2} a 10^{-4} m/d), en el sector de la Caverna de Máquinas, que forma parte de la Central de Las Lajas (Figura 3-3) se han desarrollado sondajes desde túneles superiores con la finalidad de conocer las características geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas cercanas a estas cavernas. Las características de estos sondajes se presentan en la Tabla 3.1 y su litología descrita se muestra en la Figura 3-4.

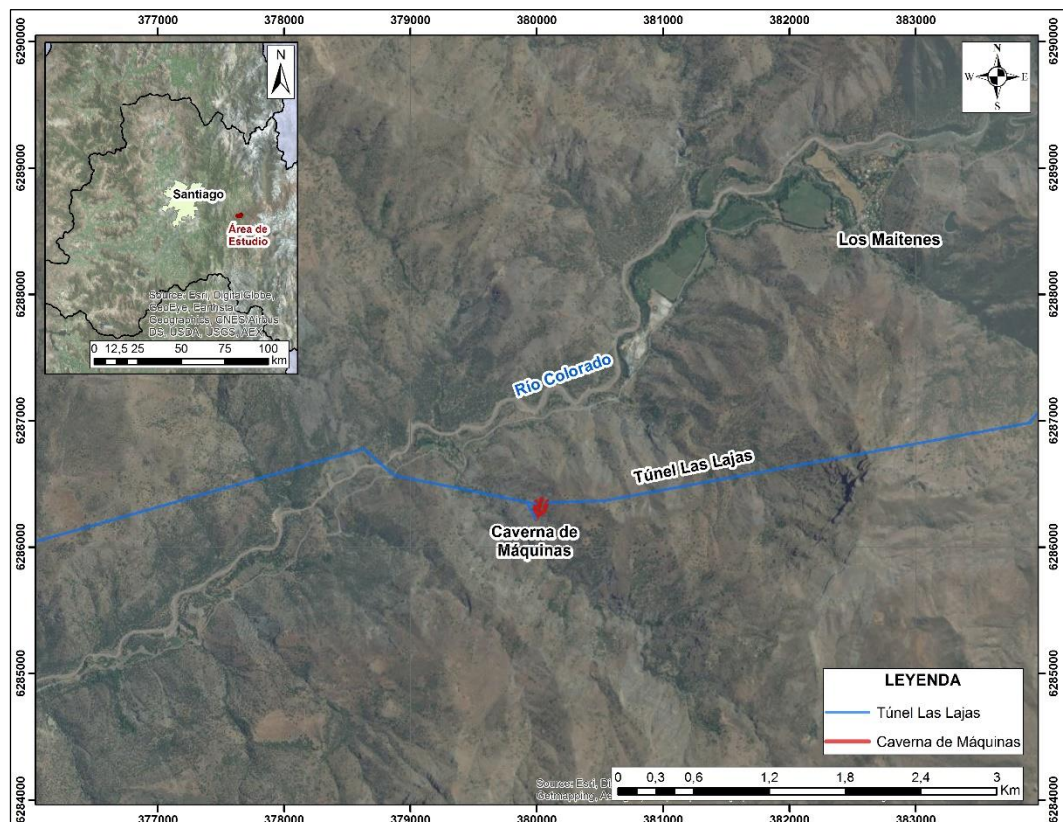


Figura 3-3: Localización de Caverna de Maquinas (SRK, 2016b)

Tabla 3.1: Información para Sector Caverna de Máquinas (SRK, 2016b)

Sondaje	Coordenadas UTM (WSG84)		Cota (msnm)	Profundidad (m)	Inclinación (°)
	E (m)	N (m)			
TPS-BH-001	380103.81	6286368.55	999.38	205	73
TPS-BH-002	380105.27	6286367.46	999.42	213	59
TPS-BH-003	380101.52	6286373.05	999.57	210.2	63
TPS-BH-004	380112.11	6286367.45	999.40	213.1	61
TPS-BH-005	380115.52	6286367.46	999.56	235.1	60
TPS-BH-006	380114.29	6286367.56	999.55	265	49

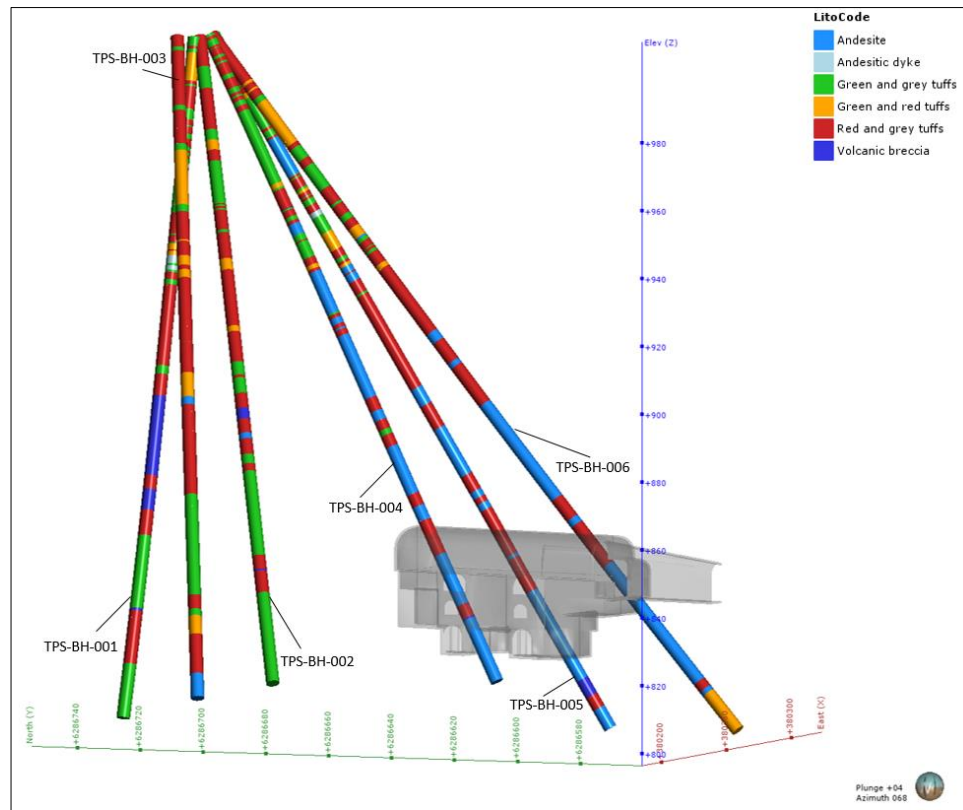


Figura 3-4: Litología Descrita en Sondeos

En el año 2016, durante la perforación de estos sondeos se ejecutaron ensayos hidráulicos en depósitos de baja permeabilidad (Ensayos de Lugeon). Estos ensayos fueron desarrollados por la empresa “MIG Geosoft” y “Strabag”, entregando los resultados en UL. En el Anexo A se entregan los documentos con la información y resultados de los ensayos de Lugeon.

Este tipo de ensayo consiste básicamente en medir el caudal de agua que es posible inyectar, en un tramo del sondeo (cámara), a una presión determinada previamente. El tramo para evaluar es aislado mediante un doble packer, lo que permite que el flujo de agua solo pueda avanzar por las estructuras existentes en la cámara ensayada. La finalidad es obtener una permeabilidad estimada del tramo evaluado.

Estos ensayos fueron realizados en tramos de 5 metros, para TPS-BH-001 desde los 115 a los 205 metros de longitud del sondaje y para TPS-BH-005 desde los 128 a los 198 metros. En total se realizaron 32 ensayos.

Ahora, con el valor de la Unidad de Lugeon (UL) calculado para cada ensayo, se estimó la conductividad eléctrica a partir de la siguiente aproximación (Fell et al., 2005):

$$1 \text{ UL} = 1,4 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

Las conductividades hidráulicas estimadas a partir de los ensayos se presentan en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2: Permeabilidades obtenidas del ensayo de Lugeon

Sondaje	Tramo ensayado		Lugeon	Conductividad Hidráulica (m/s)
	Desde (m)	Hasta (m)		
TPS-BH-001	115	120	0	0
	120	125	0.15	2.1 E-08
	125	130	5.43	7.6 E-07
	130	135	0	0
	135	140	0.33	4.6 E-08
	140	145	0.52	7.3 E-08
	145	150	0.91	1.3 E-07
	150	155	0.76	1.1 E-07
	155	160	1.4	2.0 E-07
	160	165	21	2.9 E-06
	165	170	68.57	9.6 E-06
	170	175	2.33	3.3 E-07
	175	180	2.08	2.9 E-07
	180	185	0.48	6.7 E-08
	185	190	0.24	3.4 E-08
	190	195	0.6	8.4 E-08
	195	200	1.8	2.5 E-07
	200	205	0.26	3.6 E-08
TPS-BH-005	128	133	0.07	9.8 E-09
	133	138	1.63	2.3 E-07
	138	143	0.21	2.9 E-08
	143	148	0.89	1.2 E-07
	148	153	1.21	1.7 E-07
	153	158	0.4	5.6 E-08
	158	163	0.07	9.8 E-09
	163	168	0.06	8.4 E-09
	168	173	0.17	2.4 E-08
	173	178	0.56	7.8 E-08
	178	183	0.25	3.5 E-08
	183	188	0.06	8.4 E-09
	188	193	0.36	5.0 E-08
	193	198	1.59	2.2 E-07

Además, en el año 2016, la empresa “MeSy-Solexperts GmbH” desarrolló pruebas de hidrofracturamiento en los sondajes TPS-BH-001, TPS-BH-002 y TPS-BH-005. Las mediciones de presiones de agua a distintos intervalos han sido utilizadas para la estimación de la Unidad de Lugeon

(UL) y la conductividad eléctrica, los que se presentan en el Anexo A. En la Tabla 3-3 se muestran los valores de Lugeon y conductividad eléctrica estimados.

Tabla 3-3: Permeabilidades obtenidas a partir de las medidas de los ensayos de hidrofracturamiento

Sondaje	Longitud Sondaje (m)	Lugeon	Conductividad Hidráulica	
			R=30m (m/s)	R=3m (m/s)
TPS-BH-001	39,6	0,3	4,3 E-08	2,8 E-08
	42,0	0,3	5,6 E-08	3,6 E-08
	45,5	0,3	5,7 E-08	3,8 E-08
	48,4	0,5	8,9 E-08	5,8 E-08
	52,5	0,2	3,5 E-08	2,3 E-08
	60,8	0,6	1,0 E-07	6,8 E-08
	71,2	0,3	5,4 E-08	3,5 E-08
	107,2	0,3	4,3 E-08	2,8 E-08
	123,0	0,1	1,2 E-08	8,0 E-09
	141,5	0,2	2,6 E-08	1,7 E-08
	149,0	1,1	1,9 E-07	1,3 E-07
	153,0	0,4	7,5 E-08	4,9 E-08
	158,0	0,3	5,7 E-08	3,8 E-08
	160,0	10,6	1,8 E-06	1,2 E-06
	163,0	6,3	1,1 E-06	7,2 E-07
	166,0	1,1	1,9 E-07	1,3 E-07
	168,5	0,3	4,7 E-08	3,1 E-08
	171,0	3,7	6,4 E-07	4,2 E-07
TPS-BH-002	40,0	0,5	7,8 E-08	5,1 E-08
	42,0	0,5	9,2 E-07	6,2 E-08
	44,0	1,1	2,0 E-07	1,3 E-07
	51,3	0,3	4,9 E-08	3,2 E-08
	60,0	0,1	2,9 E-08	1,5 E-08
	62,9	0,1	1,4 E-08	9,1 E-09
	66,7	0,4	6,8 E-08	4,4 E-08
	70,0	0,2	2,8 E-08	1,8 E-08
TPS-BH-005	124,5	0,1	1,4 E-08	9,1 E-09
	132,5	0,1	1,4 E-08	9,1 E-09
	144,5	0,5	9,4 E-08	6,1 E-08
	156,1	0,1	1,4 E-08	9,1 E-09
	164,1	0,1	1,0 E-08	6,8 E-09
	169,6	0,1	1,9 E-08	1,3 E-08
	171,8	2,1	3,6 E-07	2,4 E-07
	179,0	0,4	6,6 E-08	4,3 E-08
	182,0	0,2	3,6 E-08	2,4 E-08
	193,8	0,2	4,2 E-08	2,7 E-08

A partir de estos antecedentes, se fundamentan los supuestos usados para llegar a la **conclusión 5** de que las permeabilidades de los depósitos volcánicos presentes en el sector de Las Lajas (andesitas, tobas y brechas) son definidas como muy bajas, con valores que varían dentro del rango aproximado de 10^{-7} a 10^{-9} m/s, lo que corresponde a 10^{-2} a 10^{-4} m/d, confirmando lo expuesto en la información entregada en el Mapa Hidrogeológico de Chile (DGA, 1986), que se presenta en la Figura 3-5.

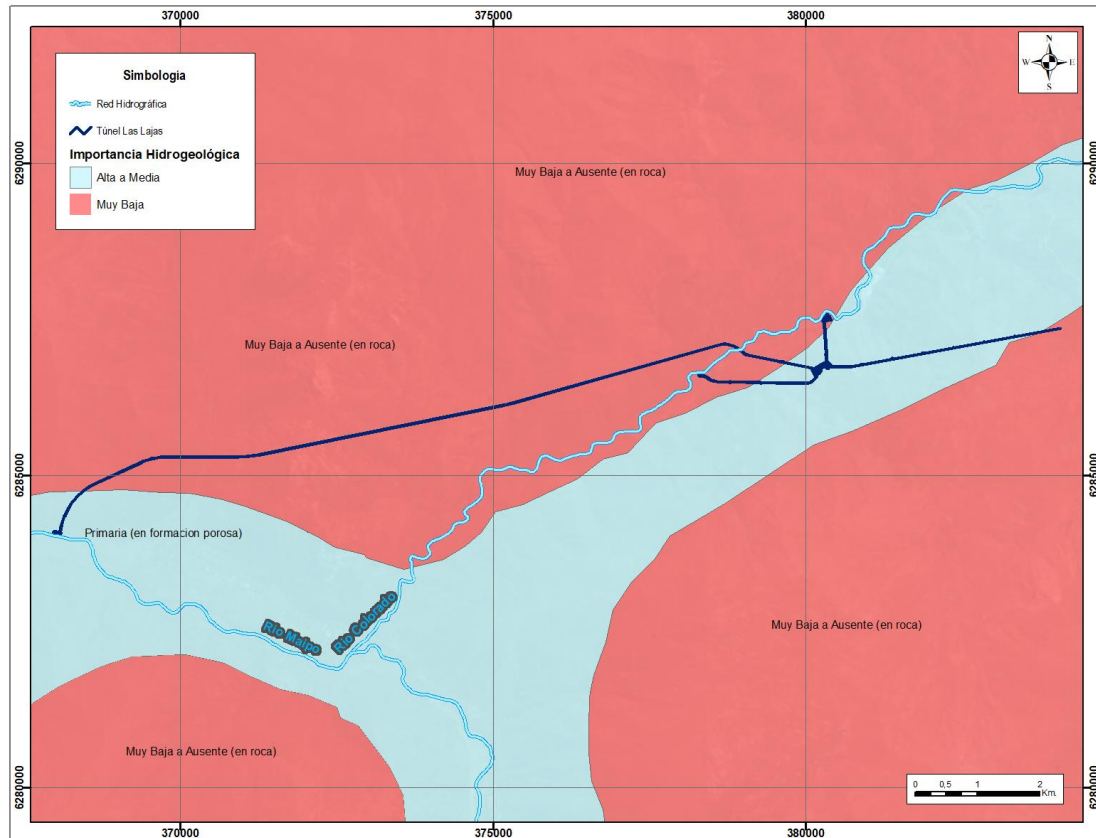


Figura 3-5: Importancia Hidrogeológica, Sector Las Lajas (DGA, 1986)

Por otro lado, en la misma **conclusión 5** se señala un rango de infiltración (6% a 8%) relacionado a la baja permeabilidad de los depósitos del sector, esto último determinado a partir de los ensayos hidráulicos presentados.

Para definir este rango de infiltración, se realizó un balance hidrológico para determinar la recarga directa al macizo rocoso. Hay que destacar que el balance se restringe al área del macizo rocoso y quebradas secundarias en superficie cercanas al túnel debido a la baja permeabilidad de este sector y la misma proveniencia confirmada de las aguas superficiales que avanzan por estas quebradas y la almacenada en el macizo rocoso. El área de los depósitos sedimentarios relacionado a los ríos Maipo y Colorado no ha sido utilizada en esta estimación.

La ecuación desarrollada para esta estimación es:

$$Pp = Evap + Esc. + R.D$$

Despejando las variables, se tiene que:

$$R.D = Pp - Evap - Esc$$

Donde:

Pp: Precipitación

Evap: Evapotranspiración

Esc: Escorrentía directa

R.D: Recarga directa

Para esta estimación se han desarrollado las bandas hipsométricas relacionadas al sector donde se encuentran los túneles de Proyecto Alto Maipo y que se presentan en la Figura 3-6.

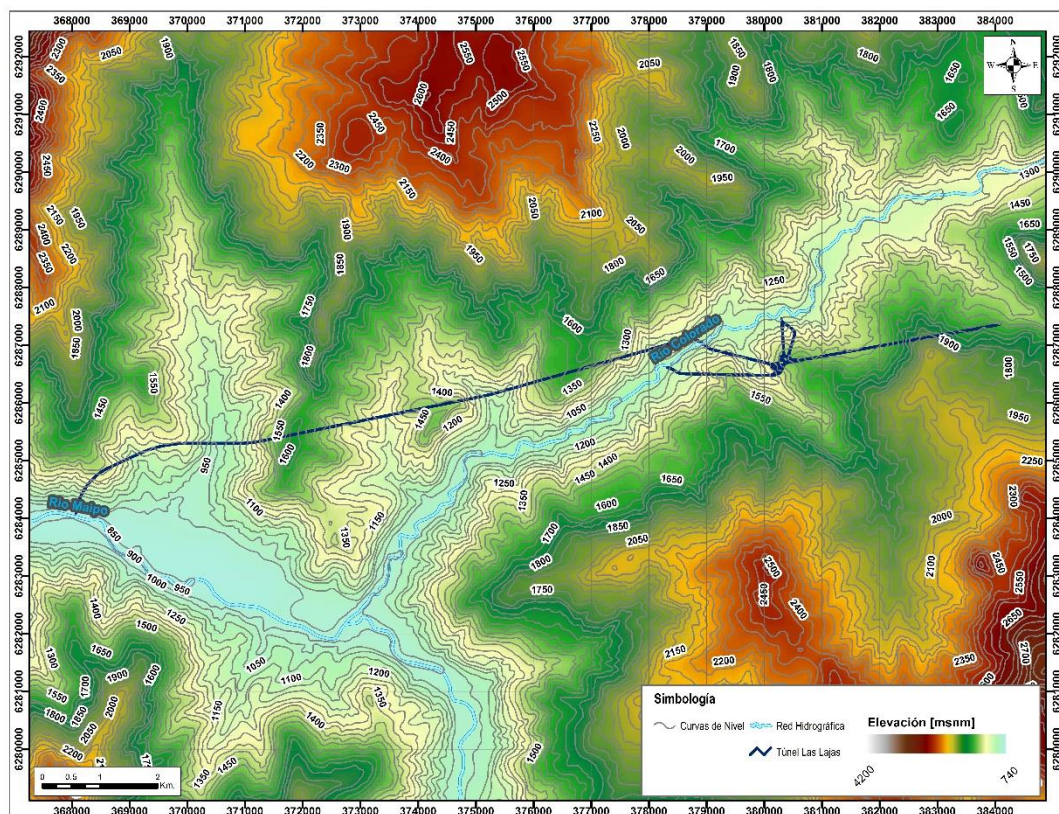


Figura 3-6: Bandas Hipsométricas, Proyecto Alto Maipo

En general, los túneles de Las Lajas están asociados a cotas superficiales entre 1.100 y 1.900 msnm aproximadamente, sin incluir el sector de los valles principales ya que sus potenciales infiltraciones están asociadas al acuífero sedimentario, el que, de acuerdo al estudio isotópico, no estaría interconectado con los niveles saturados en el macizo rocoso.

Debido a que estas variables dependen de la altura, el balance hidrológico se realizará en función de las cotas cada 100 m. A continuación, se presenta la estimación del volumen mensual de cada variable en función de la información existente.

Precipitación

La precipitación se obtiene desde los registros de las estaciones meteorológicas localizadas cercanas a la zona del proyecto. Las estaciones contempladas son: El Yeso, Maitenes Bocatoma, Río Maipo El Manzano, Río San Francisco y San Gabriel como se muestran en la Figura 3-7.

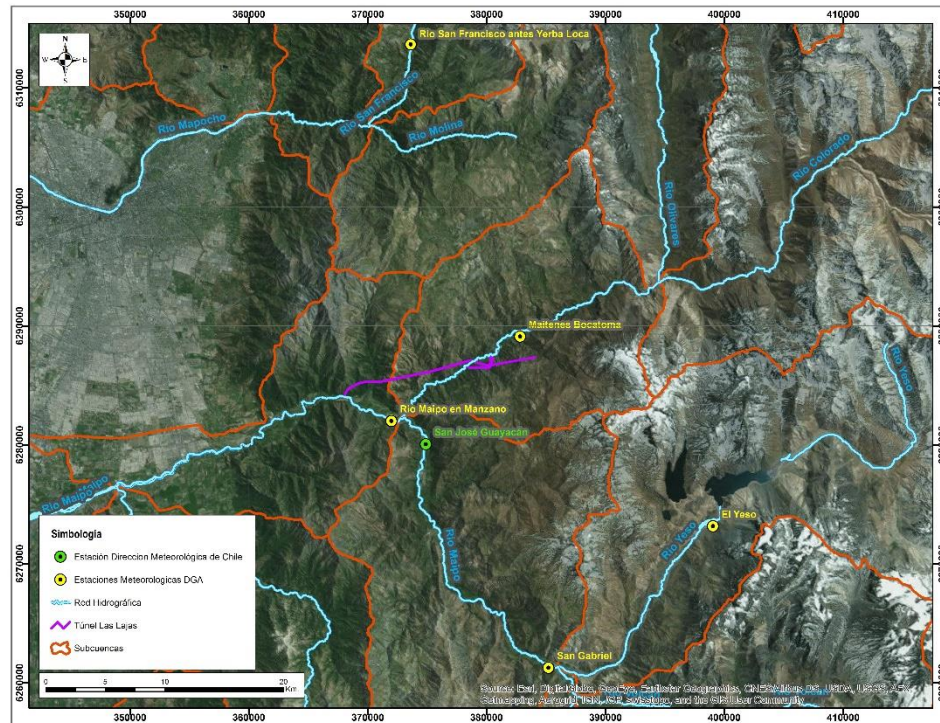


Figura 3-7: Localización estaciones meteorológicas (SRK, 2017b)

La información de precipitación se obtiene desde la Dirección General de Aguas (DGA). Se establecieron de manera preliminar 5 estaciones (Tabla 3-4), donde se analizaron las relaciones de altura con respecto a las precipitaciones medias anuales.

Tabla 3-4: Ubicación estaciones meteorológicas

Estación Meteorológica	Este UTM [m]	Norte UTM [m]	Altitud [msnm]	Ppn Media Anual [mm]	Cantidad Datos
El Yeso	398.880	6.272.785	2.475	52,78	478
Maitenes Bocatoma	382.640	6.288.742	1.143	34,08	296
Río Maipo El Manzano	371.821	6.281.643	890	26,13	77
Río Sn Francisco antes Yerba Loca	373.444	6.313.301	1.550	38,73	44
San Gabriel	385.038	6.260.893	1.266	50,53	465

Las precipitaciones medias anuales con respecto a la altitud muestran una relación de altura con un coeficiente de determinación de un 0,56 (ver Figura 3-8), es decir, si se consideran las cinco estaciones se tiene una correlación media. Si se realiza una selección de las estaciones que se

encuentran más cercanas a la zona de proyecto, se obtiene un coeficiente de determinación de un 0,979 (ver Figura 3-9), es decir, se corrobora una alta correlación entre precipitación media anual y la altitud de las estaciones.

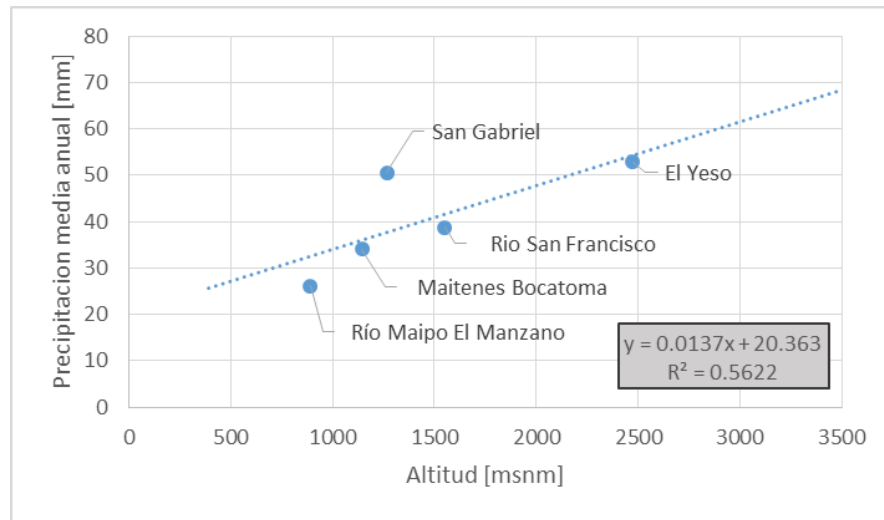


Figura 3-8: Relación de Altura estaciones meteorológicas (SRK, 2017b)

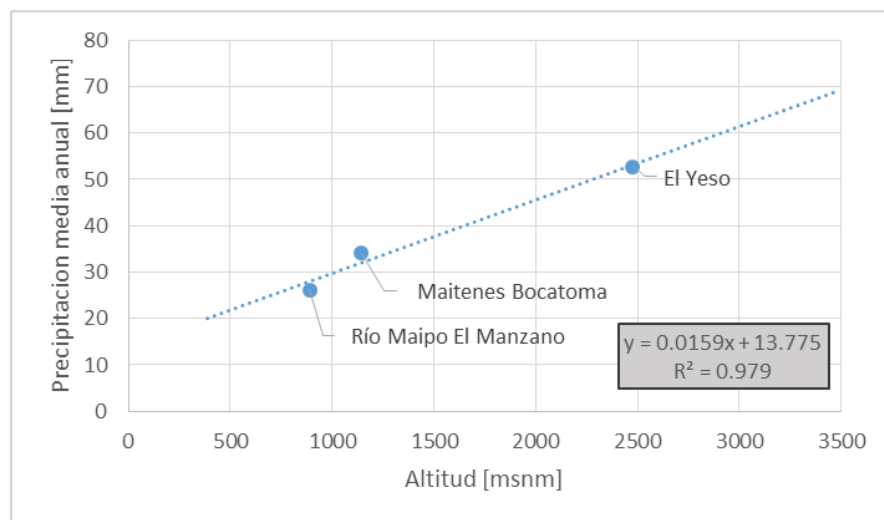


Figura 3-9: Relación de altura estaciones meteorológicas seleccionadas (SRK, 2017b)

De las estaciones seleccionadas, la estación Maitenes Bocatoma y Río Maipo en El Manzano no tienen un registro completo para el periodo enero 1988 – diciembre 2016, por tanto, se consideró como estación base a la estación meteorológica El Yeso, para realizar un relleno de las otras dos. Las correlaciones entre las estaciones seleccionadas están por sobre el 0.8, lo cual es considerado aceptable. Los coeficientes de determinación entre las estaciones se muestran en la **Tabla 3-5**.

Tabla 3-5: Coeficiente de determinación (R2) entre estaciones meteorológicas seleccionadas

	El Yeso	Maitenes Bocatoma	Río Maipo El Manzano
El Yeso	-	0,87	0,83
Maitenes Bocatoma		-	0,86
Río Maipo El Manzano			-

Las estaciones meteorológicas El Yeso, Maitenes Bocatoma y Río Maipo en El Manzano son las que se utilizaron para la determinación de las precipitaciones según la banda hipsométrica. Los máximos valores de precipitación se registran durante los meses de invierno (periodo mayo – agosto), por el contrario, los valores mínimos se tienen durante el periodo diciembre – marzo como se aprecia en la Tabla 3-6.

Tabla 3-6: Precipitación media mensual por altura

Mes	Precipitaciones por altura (mm)								
	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
Enero	3,49	3,72	3,96	4,19	4,43	4,66	4,90	5,13	5,36
Febrero	4,53	4,69	4,86	5,02	5,19	5,35	5,52	5,68	5,84
Marzo	7,79	7,93	8,07	8,21	8,34	8,48	8,62	8,76	8,90
Abril	32,15	32,50	32,85	33,20	33,55	33,89	34,24	34,59	34,94
Mayo	67,25	68,65	70,05	71,46	72,86	74,26	75,66	77,07	78,47
Junio	120,09	122,58	125,06	127,55	130,04	132,52	135,01	137,50	139,98
Julio	74,83	76,44	78,04	79,65	81,25	82,85	84,46	86,06	87,67
Agosto	74,81	76,47	78,13	79,80	81,46	83,13	84,79	86,46	88,12
Septiembre	41,09	42,09	43,08	44,08	45,07	46,07	47,06	48,06	49,05
Octubre	14,87	15,01	15,15	15,29	15,42	15,56	15,70	15,84	15,97
Noviembre	11,31	11,65	11,99	12,32	12,66	13,00	13,33	13,67	14,01
Diciembre	5,20	5,28	5,35	5,43	5,50	5,58	5,65	5,73	5,80
Suma	457,42	467,01	476,59	486,18	495,77	505,36	514,95	524,53	534,12
Promedio	38,12	38,92	39,72	40,52	41,31	42,11	42,91	43,71	44,51

Evapotranspiración

La evapotranspiración se determinó por medio del método de Thornthwaite, el cual tiene como variables la temperatura y la duración media de la luz solar del mes según una latitud indicada. La temperatura es el dato que se obtiene desde las estaciones meteorológicas, mientras que la duración media de la luz solar es un valor empírico establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El método de Thornthwaite tiene como resultante la evapotranspiración potencial a una escala mensual.

Las estaciones meteorológicas que contaban con información de temperatura fueron San José de Guayacán (Dirección Meteorológica de Chile) con registros para el periodo enero 2012 – diciembre 2016 y El Yeso (DGA) con datos para el periodo 1962 – 2016.

El método de Thornthwaite se formula por medio de la siguiente ecuación:

$$e = 16 * \left(10 * \frac{tm}{I}\right)^a$$

Donde:

e : Evapotranspiración mensual sin ajustar en mm

tm : Temperatura media mensual en °C

I : Índice de calor anual

El índice de calor anual se calcula a partir de la sumatoria de los doce índices de calor mensual:

$$I = \sum_{j=1}^{12} I_j \quad \text{donde} \quad I_j = \left(\frac{tm_j}{5} \right)^{1.514}$$

El parámetro “a” se determina por medio de la siguiente expresión:

$$a = 0.000000675 * I^3 - 0.0000771 * I^2 + 0.01792 * I + 0.49239$$

Una vez determinado el valor de evapotranspiración mensual será necesario ajustar mediante un coeficiente, este coeficiente está en función del número de días del mes y la duración astronómica de las horas del día según la latitud en donde se localiza el proyecto. El coeficiente de ajuste (L_i) se muestra en la siguiente ecuación:

$$L_i = \frac{Nd_i}{30} * \frac{N_i}{12}$$

Una vez que se tiene el factor de ajuste, se calcula la evapotranspiración potencial ajustada (ETP), con la siguiente fórmula:

$$ETP = e * L_i$$

El método se determina para las estaciones San José en Guayacán y El Yeso, posterior al cálculo de las dos estaciones se hace una relación de altura para determinar un valor de evapotranspiración por altura, los resultados se muestran en la **Tabla 3-7**.

Tabla 3-7: Evapotranspiración media mensual por altura

Mes	Evapotranspiración por altura (mm)								
	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
Enero	109,28	108,39	107,50	106,60	105,71	104,82	103,93	103,03	102,14
Febrero	87,96	87,22	86,49	85,76	85,03	84,30	83,56	82,83	82,10
Marzo	80,37	79,86	79,35	78,85	78,34	77,83	77,33	76,82	76,31
Abril	50,65	50,55	50,45	50,36	50,26	50,16	50,06	49,97	49,87
Mayo	36,23	35,71	35,18	34,65	34,13	33,60	33,07	32,55	32,02
Junio	24,06	23,45	22,85	22,25	21,64	21,04	20,44	19,83	19,23
Julio	23,72	22,85	21,97	21,10	20,23	19,36	18,49	17,62	16,75
Agosto	30,36	29,63	28,90	28,17	27,43	26,70	25,97	25,24	24,51
Septiembre	36,89	36,10	35,32	34,53	33,75	32,96	32,17	31,39	30,60
Octubre	55,02	54,14	53,26	52,38	51,50	50,63	49,75	48,87	47,99
Noviembre	72,52	71,50	70,48	69,47	68,45	67,43	66,42	65,40	64,38
Diciembre	97,43	96,46	95,50	94,53	93,56	92,59	91,62	90,65	89,69
Suma	704,48	695,87	687,25	678,64	670,03	661,42	652,81	644,20	635,59
Promedio	58,71	57,99	57,27	56,55	55,84	55,12	54,40	53,68	52,97

Los resultados muestran que la evapotranspiración mensual es inversamente proporcional a la altitud de la estación. La razón de que la evapotranspiración sea inversamente proporcional a la altitud es que la única variable que tiene mediciones de terreno es la temperatura, las restantes corresponden a valores tabulados según la latitud de la zona de estudio, por tanto, como la temperatura observada a una mayor altura es menor, se tiene que la evapotranspiración es menor.

Escorrentía Directa

La escorrentía directa se determina a través del método Curva Número (CN) desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS). El método tiene como objetivo estimar las abstracciones de las precipitaciones de una tormenta. La obtención de la escorrentía directa se tiene mediante las siguientes fórmulas:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

$$I_a = 0.2 * S$$

$$P_e = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde el valor de curva número (CN) corresponde a un valor adimensional, tal que $0 < CN < 100$. Mientras mayor sea el valor de CN, la superficie se considerará más impermeable. Los valores de CN se encuentran tabulados para distintos tipos de suelo, utilizándose en este caso la CN presentada por Ven Te Chow et al. (1994). Para la zona de estudio se realizó una aproximación en base a lo observado en terreno sobre las características del uso de suelo y la superficie.

Para el área de influencia directa del Proyecto (Figura 3-10) se estableció el porcentaje que corresponde al macizo rocoso y los sedimentos que rellenan las quebradas secundarias y contienen, en algunos casos, flujos superficiales con el mismo origen que las aguas almacenadas en la roca. Como se ha explicado anteriormente, en esta estimación no se incluyen los sedimentos que rellenan

los valles principales de los Ríos Maipo y Colorado ya que sus aguas no tienen relación con las detectadas en el macizo rocoso cercano a los túneles.

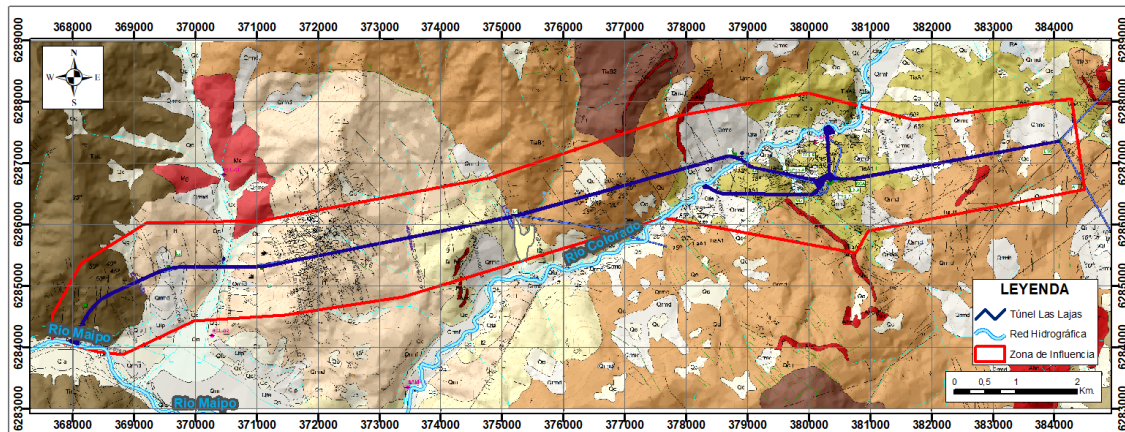


Figura 3-10: Área de Influencia Directa de Túneles

Teniendo en cuenta la geología del sector, se estima que 90% del terreno que puede influir directamente en la recarga del área del túnel corresponde a rocas volcánicas (andesitas y tobas), por lo que se le asigna un valor de CN de 98. El restante 10% corresponde a los sedimentos que rellenan las quebradas secundarias, a las que se les asignó un valor de CN de 85. Calculando un valor ponderado, se tiene que el valor de CN es 96,7.

Para el área analizada se calculó la escorrentía directa para cada periodo considerado (enero 1988 – diciembre 2016). Para los días en que la precipitación es cero se asumió que la escorrentía también iba a ser cero. En términos medios, se tiene que la tasa de escorrentía directa varía entre 0,72 y 0,86 mm/día según la altura considerada. Los resultados a una escala media mensual se muestran en la Tabla 3-8.

Tabla 3-8: Escorrentía directa media mensual por altura

Mes	Escorrentía directa por altura (mm)								
	H1100	H1200	H1300	H1400	H1500	H1600	H1700	H1800	H1900
Enero	1,15	1,23	1,32	1,41	1,51	1,63	1,75	1,87	2,01
Febrero	1,21	1,27	1,33	1,39	1,46	1,54	1,62	1,71	1,81
Marzo	2,77	2,83	2,91	2,98	3,06	3,14	3,22	3,31	3,40
Abril	16,20	16,46	16,72	16,99	17,37	17,67	17,81	18,14	18,48
Mayo	42,06	43,42	44,79	46,20	47,61	49,04	50,48	51,94	53,48
Junio	79,87	82,71	85,60	88,29	91,08	94,03	96,83	99,67	102,63
Julio	42,17	43,70	45,39	47,31	48,96	51,04	52,82	54,56	56,48
Agosto	45,12	46,84	48,60	50,39	52,20	54,35	56,21	58,25	60,44
Septiembre	19,95	20,94	21,97	23,23	24,38	25,65	26,78	27,93	29,19
Octubre	5,57	5,68	5,79	5,91	6,04	6,17	6,30	6,44	6,58
Noviembre	6,03	6,27	6,52	6,79	7,05	7,32	7,59	7,87	8,15
Diciembre	1,80	1,86	1,91	1,97	2,03	2,09	2,15	2,22	2,28
Suma	263,90	273,21	282,85	292,88	302,76	313,65	323,58	333,91	344,93
Promedio	21,99	22,77	23,57	24,41	25,23	26,14	26,96	27,83	28,74

Recarga Directa

Para la obtención de la recarga directa del área de estudio se utilizó la ecuación del balance superficial. Como se tiene los resultados para la precipitación, evapotranspiración y escurrimiento, es posible determinar la recarga directa. Se utilizó una escala temporal mensual, considerando el periodo enero 1988 – diciembre 2016 para el análisis de la información. En la Tabla 3-9 se muestra la recarga para cada mes en función de las curvas de nivel que afectarían al proyecto.

Tabla 3-9: Recarga directa por altura

Mes	Recarga Directa por altura (mm)								
	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,16	0,17
Mayo	1,19	1,31	1,43	1,59	1,76	1,95	2,16	2,41	2,66
Junio	12,27	12,83	13,37	14,13	14,80	15,32	15,98	16,62	17,18
Julio	7,80	8,55	9,21	9,73	10,67	11,27	12,08	13,01	13,81
Agosto	4,90	5,35	5,81	6,29	6,76	6,92	7,37	7,67	7,83
Septiembre	0,39	0,53	0,66	0,76	0,95	0,98	1,18	1,43	1,61
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Suma	26,56	28,57	30,48	32,50	34,95	36,44	38,94	41,30	43,26
Promedio	2,21	2,38	2,54	2,71	2,91	3,04	3,24	3,44	3,61

Por lo tanto, conocido el promedio de precipitaciones y recarga, se ha estimado el porcentaje de infiltración para los depósitos volcánicos en función de las curvas de nivel dentro del sector de Las Lajas que se muestra en la Tabla 3-10.

Tabla 3-10: Porcentaje de infiltración

Variables	H1100	H1200	H1300	H1400	H1500	H1600	H1700	H1800	H1900
Precipitaciones (mm/año)	457,42	467,01	476,59	486,18	495,77	505,36	514,95	524,53	534,12
Recarga Directa (mm/año)	26,56	28,57	30,48	32,50	34,95	36,44	38,94	41,30	43,26
% de Infiltración	6	6	6	7	7	7	8	8	8

Esta información, confirma el valor entregada en la **conclusión 5** relacionado a que el porcentaje de infiltración en los depósitos volcánicos varía entre 6 y 8%. Además, este porcentaje de infiltración es representativo de depósitos de muy baja a baja permeabilidad, de acuerdo a distintos documentos que han estimado el coeficiente de infiltración (DGA, 2009).

Por lo tanto, teniendo en cuenta la baja permeabilidad de los depósitos volcánicos, incluido su bajo almacenamiento, y su distinto origen con las aguas superficiales de los ríos, los cuales tendrían una importante conexión con el acuífero sedimentario superior, que presentarían niveles con conductividades hidráulicas del orden de 1 a 10 m/d, y, por ende, con los pozos con derechos del sector, se puede determinar que el probable drenaje de agua a los túneles no afectaría al acuífero sedimentario superior debido a la inexistencia de una conexión importante. En el caso de existir en

zonas específicas de conexión tales como estructuras, el caudal sería despreciable en comparación con la recarga que sufren las aguas superficiales y acuífero sedimentario superior provenientes de las precipitaciones y deshielos de zonas de mayor altitud, lo que corrobora las aseveraciones de las **conclusiones 6 y 7**.

Es más, el funcionamiento normal de las aguas almacenadas en permeabilidades secundarias en depósitos rocosos debido a la presencia de un túnel o drenaje horizontal es, primeramente, verter el agua almacenada al túnel, disminuyendo su caudal hasta alcanzar un valor mínimo a despreciable en el tiempo. En puntos dentro de los túneles donde se ha detectado ocurrencia de agua, se ha medido la presión, mostrando una disminución continua, lo que demuestra que su nivel piezométrico en los depósitos volcánicos disminuye, sin alcanzar en ningún momento las aguas superficiales o, a lo menos, el acuífero sedimentario del sector.

En el caso del perfil longitudinal del túnel L1 que debe ser presentado a la autoridad con la finalidad de determinar si existe influencia en los túneles a los pozos con derechos, inicialmente se debe explicar lo siguiente:

- Los túneles se localizan en su totalidad en depósitos volcánicos que presentan una baja permeabilidad y su recarga proviene de las infiltraciones relacionadas a las precipitaciones locales.
- Los pozos con derechos se encuentran en el relleno sedimentario superior de media a alta permeabilidad y donde el acuífero presenta una conexión con el río Maipo.

En la Figura 3-11 se muestra en planta la localización del túnel y del pozo con derechos más cercano (Inversiones La Reina SA), a aproximadamente 700 m de distancia. Además, debido a la falta de información del pozo con derecho otorgado, se muestra la localización del piezómetro SAM12, perteneciente de AESG.

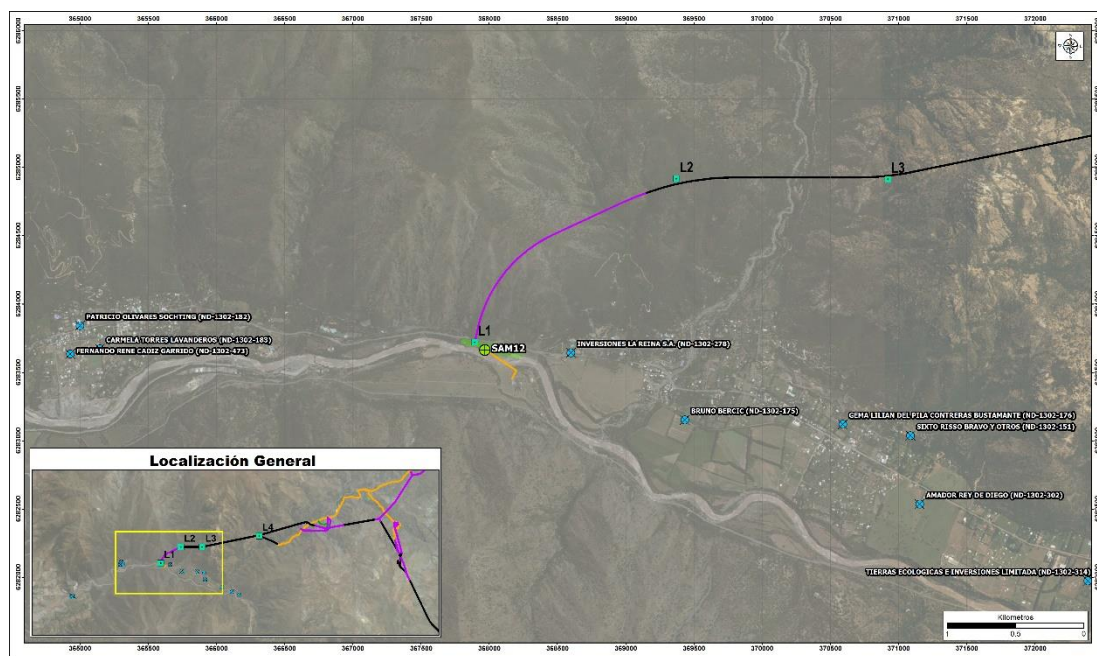


Figura 3-11: Localización de Pozos con Derechos de Agua Otorgados

Tanto el pozo de Inversiones La Reina SA, como el piezómetro SAM12, se encuentran habilitados en las gravas que rellenan el valle, por lo que las aguas almacenadas en estos puntos corresponden al acuífero sedimentario superior, que se encuentra conectado con el Río Maipo en este sector. El grado de conexión río-acuífero se aprecia en la Figura 3-12, donde se muestra la variación de caudal y nivel piezométrico en el punto SAM12.

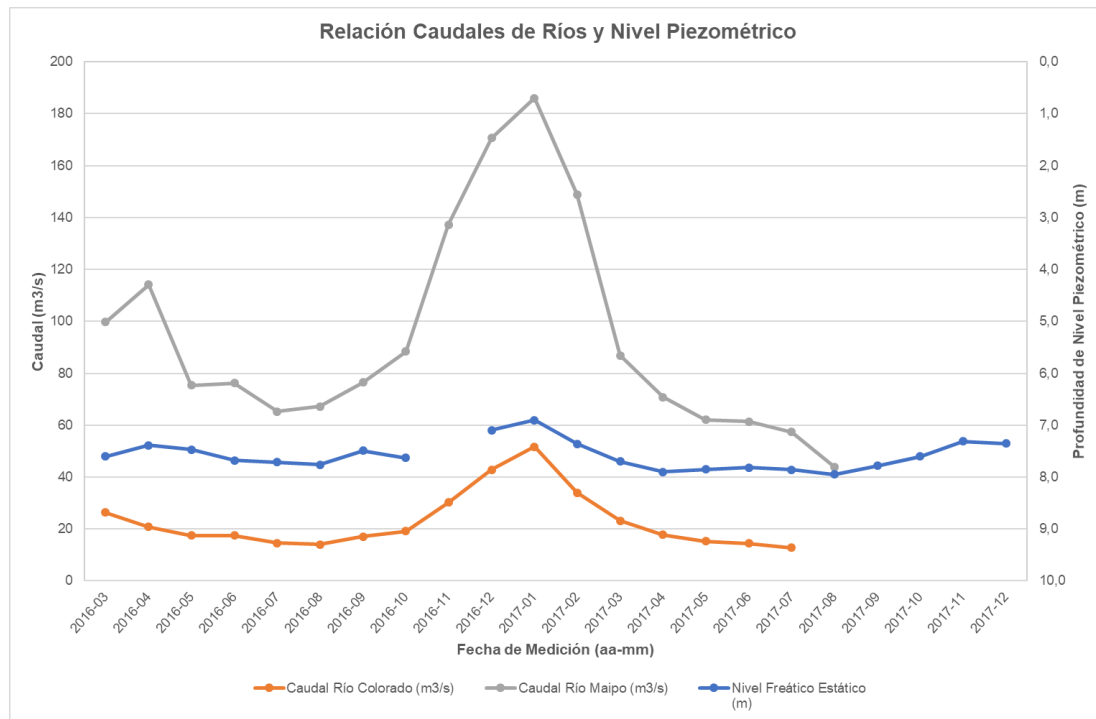


Figura 3-12: Relación Caudal Ríos Maipo y Colorado con Nivel Piezométrico SAM12

En esta Figura se corrobora que las variaciones estacionales medidas en el nivel piezométrico del punto SAM12 (entre 6,9 y 7,95 m de profundidad), están asociados a los cambios de caudal del Río Maipo, lo que confirma que existe una importante interconexión río-acuífero, por lo que la principal recarga al sistema subterráneo del acuífero sedimentario corresponde a las infiltraciones provenientes del río. Esta conexión también se demostró en el estudio isotópico (SRK, 2017a), donde se presentó que los contenidos isotópicos son similares, lo que indica que las aguas subterráneas del acuífero sedimentario y aguas superficiales de los ríos tienen la misma proveniencia y son diferentes con las aguas almacenadas en el macizo rocoso.

Este funcionamiento hidrogeológico sucede a lo largo de las terrazas sedimentarias de los ríos Maipo y Colorado, por lo que los pozos con derechos habilitados en el relleno bombean las aguas subterráneas almacenadas en el acuífero sedimentario, las que tienen su principal recarga en las infiltraciones del río.

Para el caso del túnel L1, en el perfil longitudinal de la Figura 3-13 se muestra su nivel piezométrico estimado a partir de las mediciones de presiones de agua desarrolladas en los afloramientos de flujos subterráneos durante el avance de este túnel.

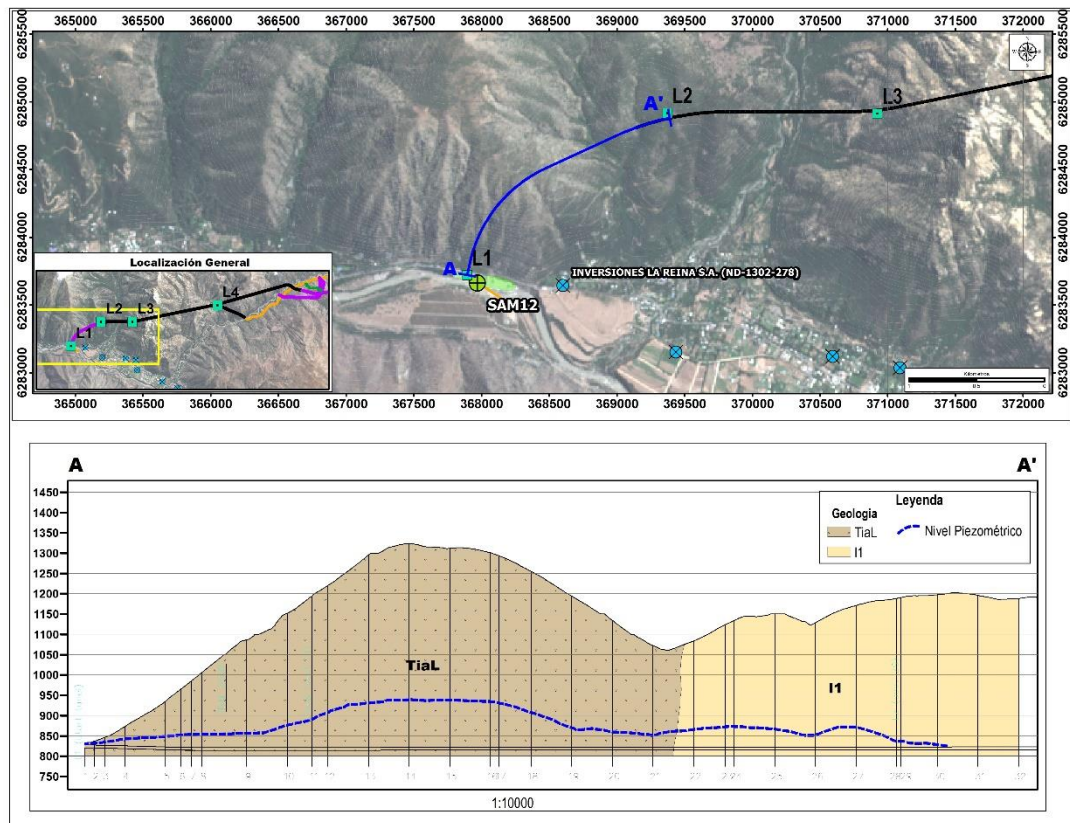


Figura 3-13: Perfil Longitudinal L1

En esta Figura se aprecia que, desde la desembocadura del túnel, las presiones de agua aumentan hasta alcanzar valores máximos de 12 Bar, lo que corresponde aproximadamente a 120 m de columna de agua, estando sus variaciones relacionadas a la topografía del terreno. Al alcanzar el túnel los depósitos tobáceos, la presión disminuye a valores menores a 1 Bar.

Hay que destacar que la construcción del túnel provoca la descompresión de las aguas subterráneas que se encuentran en niveles fracturados y estructuras, lo que implica un descenso en la presión medida y, por ende, un nivel piezométrico más cercano al túnel.

Teniendo en cuenta el túnel y el pozo, en la Figura 3-14, se ha desarrollado un perfil hidrogeológico N-S que une ambos sectores, incluido el pozo de Inversiones La Reina SA.

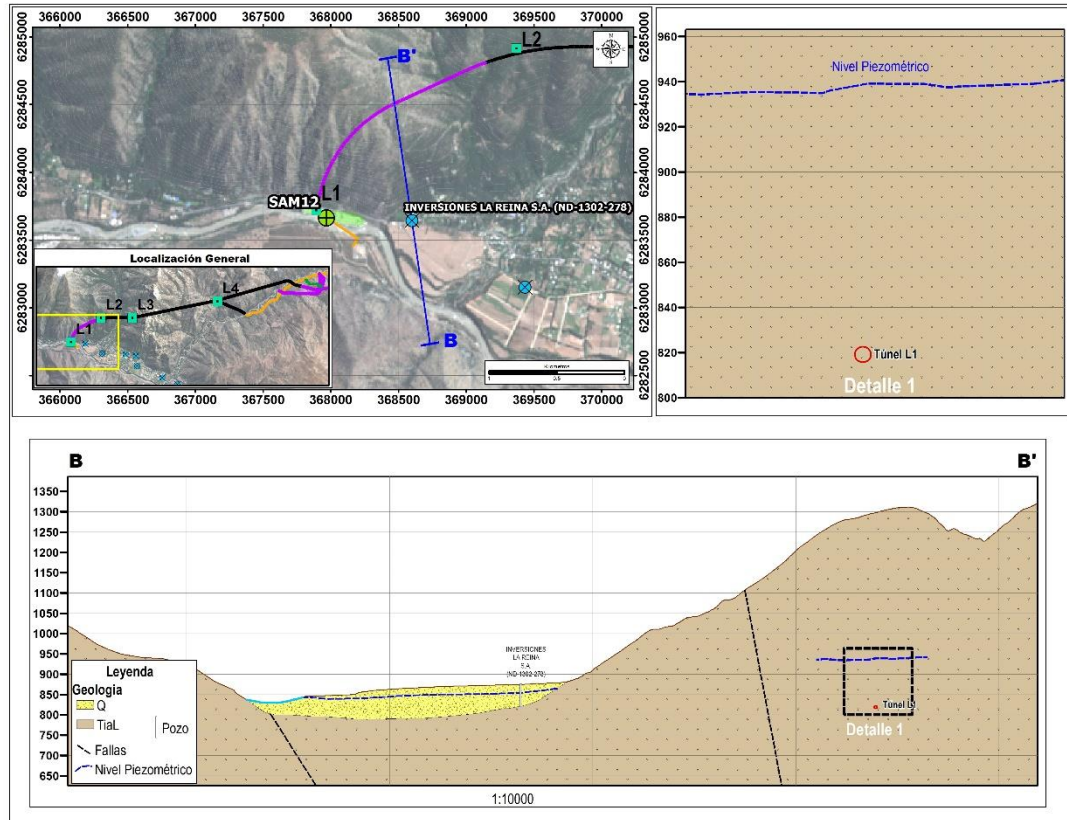


Figura 3-14: Perfil Hidrogeológico N-S

El nivel piezométrico en el macizo rocoso cercano al túnel presenta similitud al del acuífero sedimentario. Sin embargo, en el estudio isotópico demostró que no son las mismas aguas, por lo que no están conectadas. Probablemente, las aguas almacenadas en el macizo rocoso varían su nivel piezométrico al acercarse al relleno sedimentario debido al avance de los flujos por zonas fracturadas y estructuras, sin detectarse afloramientos de agua permanentes, por lo que descendería y estaría almacenada bajo el relleno sedimentario, con un muy bajo movimiento.

En el caso que existe alguna vía preferencial que provoque una recarga al acuífero sedimentario principal desde el sector de las aguas almacenadas cercanas al túnel, será despreciable debido al gran contraste que existe entre la permeabilidad del macizo rocoso (10^{-2} a 10^{-4} m/d) y la de los sedimentos (del orden de 1 a 10 m/d).

Por lo tanto, teniendo en cuenta la distancia cercana a 700 m entre el túnel y el pozo con derecho más cercano, la importante conexión entre las aguas subterráneas del acuífero sedimentario con el río, la diferencia en el origen de las aguas almacenadas en el macizo rocoso con las aguas del río Maipo, las presiones de agua medidas en el túnel L1 que alcanzan un máximo de 4 Bar, lo que corresponde a 40 m de columna de agua, se puede concluir que no existe conexión entre las aguas afloradas en el túnel L1 y los pozos con derechos de agua otorgados, lo que implica que cualquier influencia por el drenaje del túnel L1 no alcanzará o provocará variaciones en el acuífero sedimentario localizado en el fondo del valle, que es alimentado por el río y donde se encuentran habilitados los pozos con derechos otorgados.

4 REFERENCIAS

- Chow V T, Maidment D y Mays L, 1994. *Hidrología Aplicada*.
- DGA, 2018. *Datos relacionados a caudales de ríos* (www.dga.cl)
- DGA, 2009. *Levantamiento Hidrogeológico para Desarrollo de Nuevas Fuentes de Agua en Áreas Prioritarias de la Zona Norte de Chile, Regiones XV, I, II y III*
- DGA, 1986. *Mapa Hidrogeológico de Chile, escala 1:2.500.000*
- Fell R, MacGregor P, Stapledon D, Bell G, 2005. *Geotechnical Engineering of Dams*
- GEOAV, 2017 “*Revisión y Actualización del Modelo Geológico, Proyecto Hidrológico Alto Maipo, Informe Final, Las Lajas, Alfalfal II y Volcán*”
- MeSy-Solexperts Gmbh, 2016. *Hydraulic-Fracturing / Hydraulic Jacking Stress Measurements in Borehole TPS-BH-001*
- MeSy-Solexperts Gmbh, 2016. *Hydraulic-Fracturing / Hydraulic Jacking Stress Measurements in Borehole TPS-BH-002*
- MeSy-Solexperts Gmbh, 2016. *Hydraulic-Fracturing / Hydraulic Jacking Stress Measurements in Borehole TPS-BH-005*
- MIG Geosoft, 2016. *Datos de Ensayos de Lugeon para Proyecto Alto Maipo*
- SAM, 2016 “*Alto Maipo Hydroelectric, Factual Report, Las Lajas Cavern*”
- SERNAGEOMIN, 2013. *Mapa Geológico de Chile*.
- SRK, 2016a “*Estudio de Origen de Filtraciones en Túnel VL4, Central Las Lajas, Proyecto Alto Maipo. Rev0*”
- SRK, 2016b “*Modelo Hidrogeológico Conceptual, Caverna de Máquinas, Central Las Lajas, Proyecto Alto Maipo. Rev A*”
- SRK, 2017a “*Estudio de Origen de Aguas Túneles, Proyecto Alto Maipo. Rev 2*”
- SRK, 2017b “*Modelo Hidrogeológico Conceptual y Numérico Sector Las Lajas, Proyecto Alto Maipo. Rev. 1*”
- STRABAG, 2016. *Datos de Ensayos de Lugeon para Proyecto Alto Maipo*

Atentamente,

SRK Consulting (Chile) S.A.



José Miguel García
Hidrogeólogo Senior

Anexo A: Ensayos de Lugeon

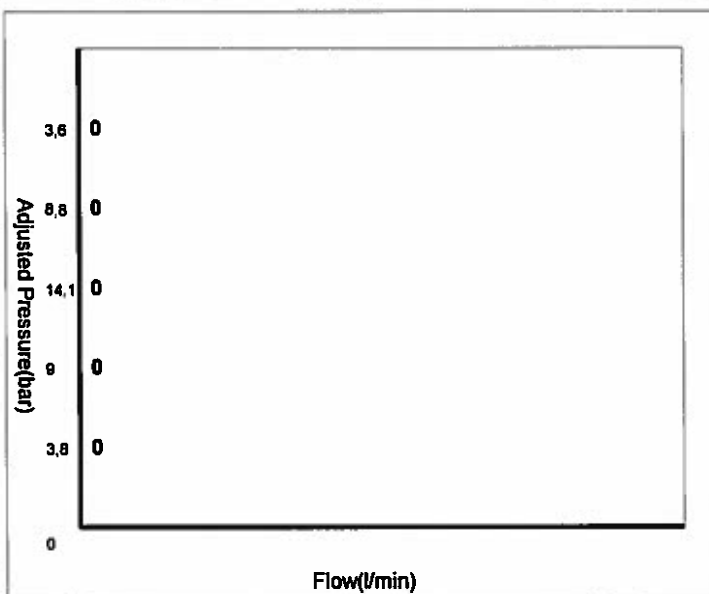
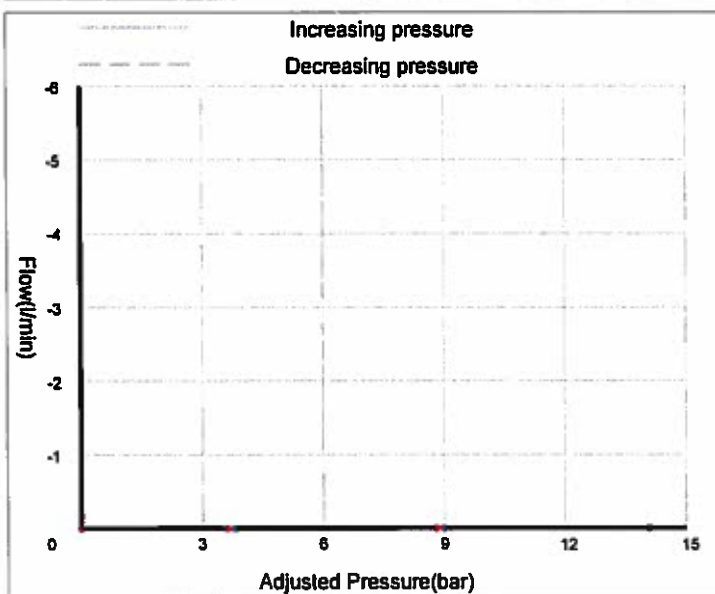


Report

Site ALTO MAIPO
Address
Date 12-05-2016
Borehole TPS-BH-001
Test Duration 30 min 30 sec
Operator Heimo Schober
File 50129160512165203L

Depth of the ground water level 0 m
Depth of the section bottom 120 m
Depth of the section top 115 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 40 bar
Depth of the sensor 114 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15	00:05:02	0	0	1	0	0	3,8	0
20,2	00:04:59	0	1	2	0	0	9	0
25,3	00:04:59	0	2	3	0	0	14,1	0
20	00:04:59	0	4	4	0	0	8,8	0
14,8	00:04:59	0	5	5	0	0	3,6	0



Observations

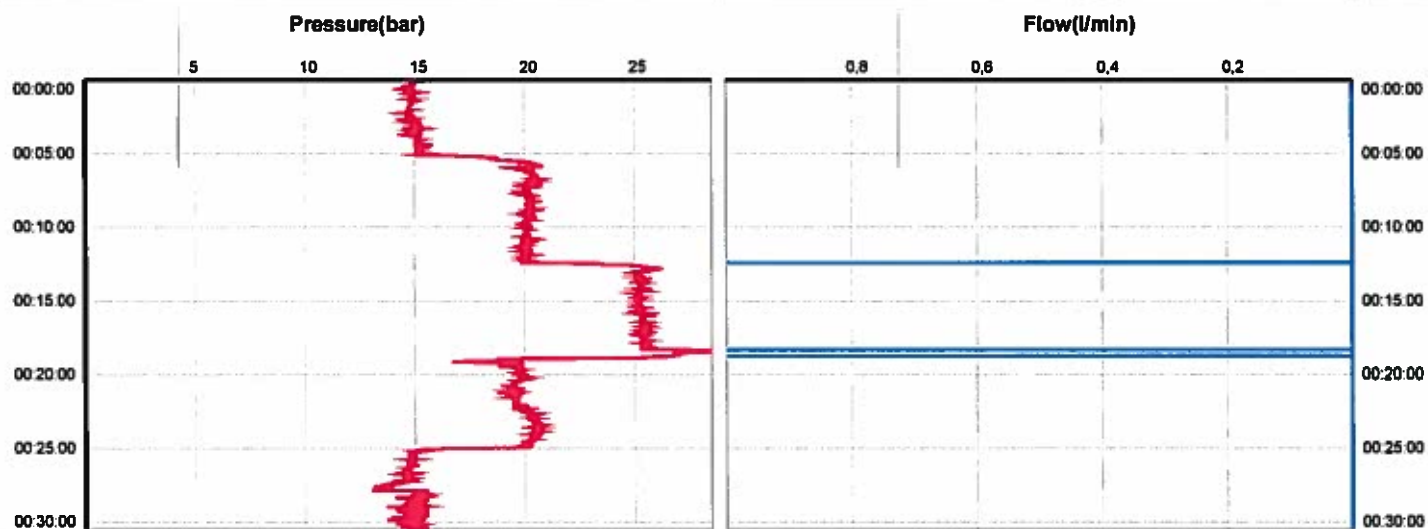
Results

1MPa flow (10 bar)	0 l/min	Lugeon	0
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	120 m
Date	12-05-2016	Depth of the section top	115 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	30 min 30 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	40 bar
File	50129160512165203L	Depth of the sensor	114 m
		Soil type	



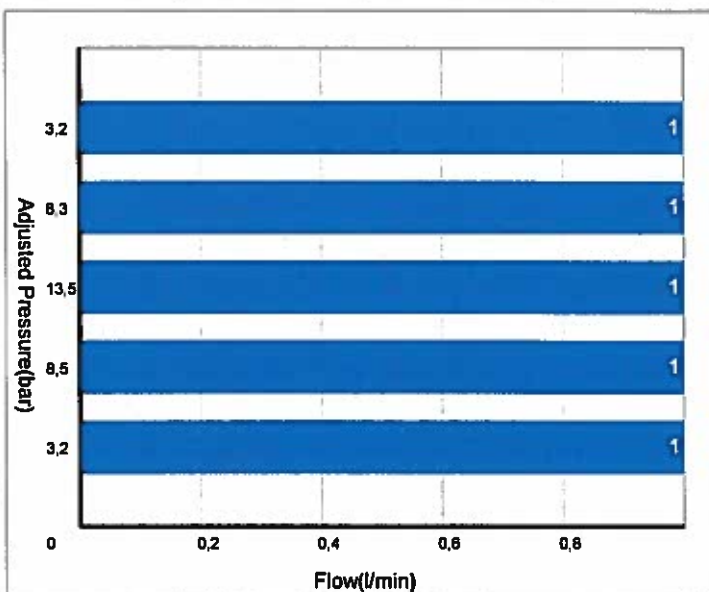
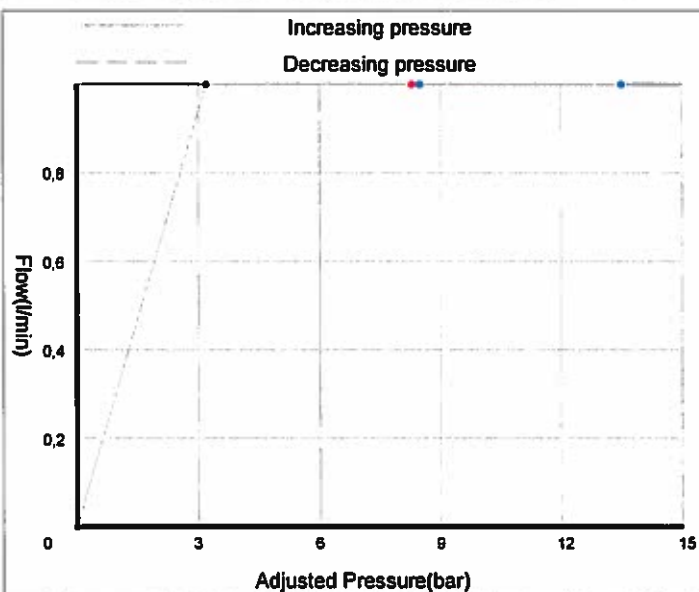
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	12-05-2016	Depth of the section bottom	125 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	120 m
Test Duration	31 min 6 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160512155930L	Packer pressure	40 bar
		Depth of the sensor	119 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
14,9	00:05:25	0	0	3	1	0	3,2	0,2
20,2	00:05:00	0	3	8	1	0	8,5	0,2
25,2	00:05:00	0	11	18	1	0	13,5	0,2
20	00:04:59	0	21	26	1	0	8,3	0,2
14,9	00:05:00	0	26	29	1	0	3,2	0,2



Observations

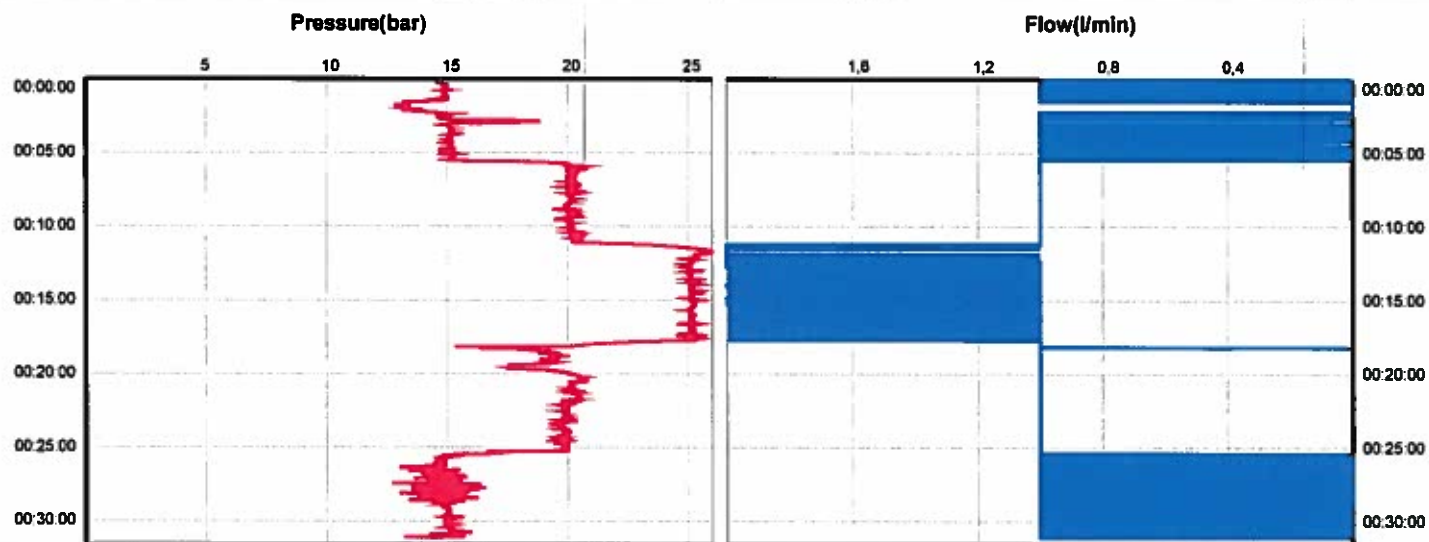
Results

1MPa flow (10 bar)	0,74 l/min	Lugeon	0,15
Section length	5 m		



Test Sheet

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	12-05-2016	Depth of the section bottom	125 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	120 m
Test Duration	31 min 6 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160512155930L	Packer pressure	40 bar
		Depth of the sensor	119 m
		Soil type	



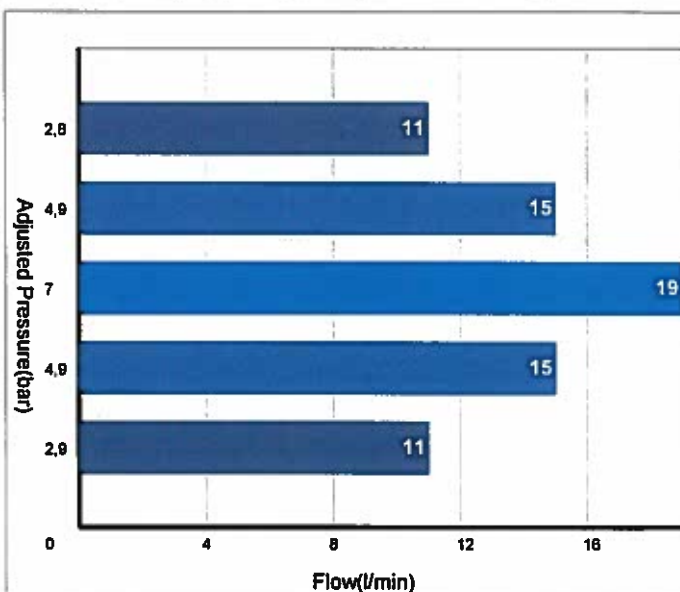
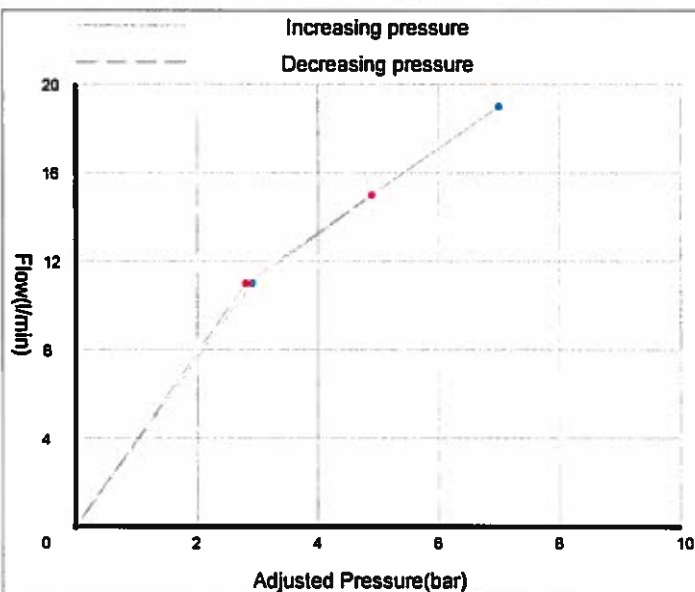
Observations



Report

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	130 m
Date	12-05-2016	Depth of the section top	125 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	30 min 3 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160512084641L	Depth of the sensor	124 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15,1	00:05:05	0	0	57	11	0	2,9	2,2
17,1	00:04:59	0	90	167	15	0	4,9	3
19,2	00:04:59	0	191	285	19	0	7	3,8
17,1	00:05:00	0	301	376	15	0	4,9	3
15	00:05:01	0	385	439	11	0	2,8	2,2



Observations

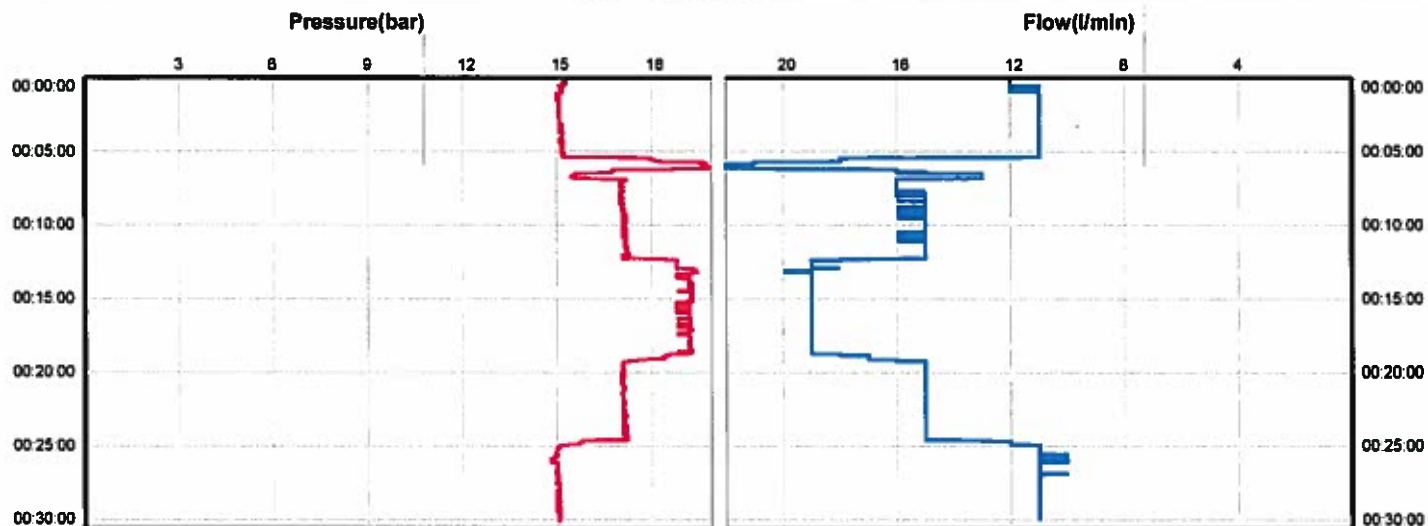
Results

1MPa flow (10 bar)	27,14 l/min	Lugeon	5,43
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	130 m
Date	12-05-2016	Depth of the section top	125 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	30 min 3 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160512084641L	Depth of the sensor	124 m
		Soil type	



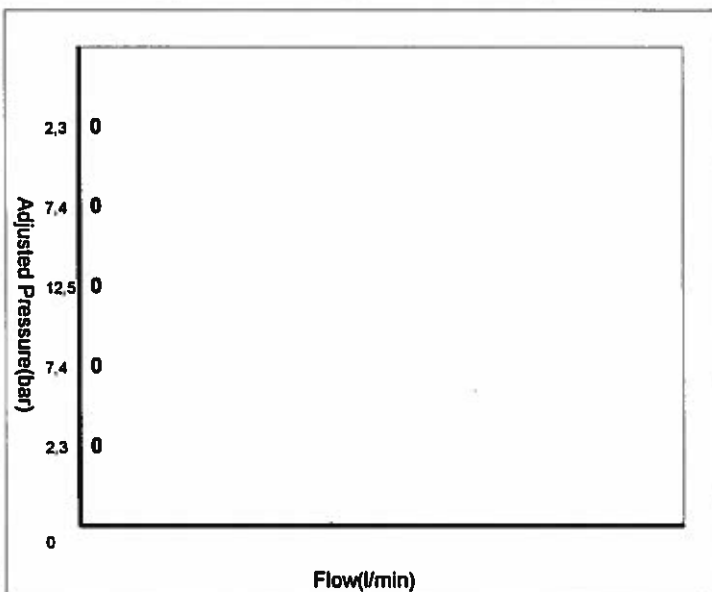
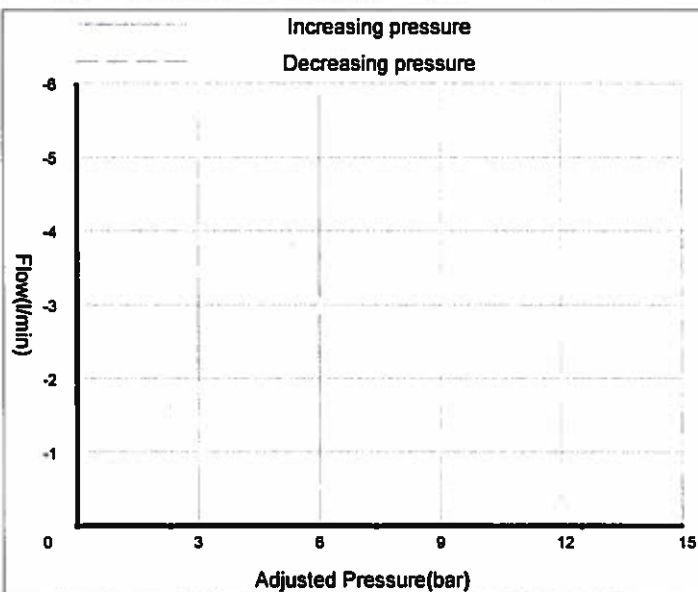
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	12-05-2016	Depth of the section bottom	135 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	130 m
Test Duration	27 min 58 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo	Packer length	50 cm
File	50129160512075709L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	129 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15	00:05:15	0	0	1	0	0	2,3	0
20,1	00:05:00	0	1	1	0	0	7,4	0
25,2	00:04:58	0	2	3	0	0	12,5	0
20,1	00:05:00	0	3	4	0	0	7,4	0
15	00:05:00	0	4	4	0	0	2,3	0



Observations

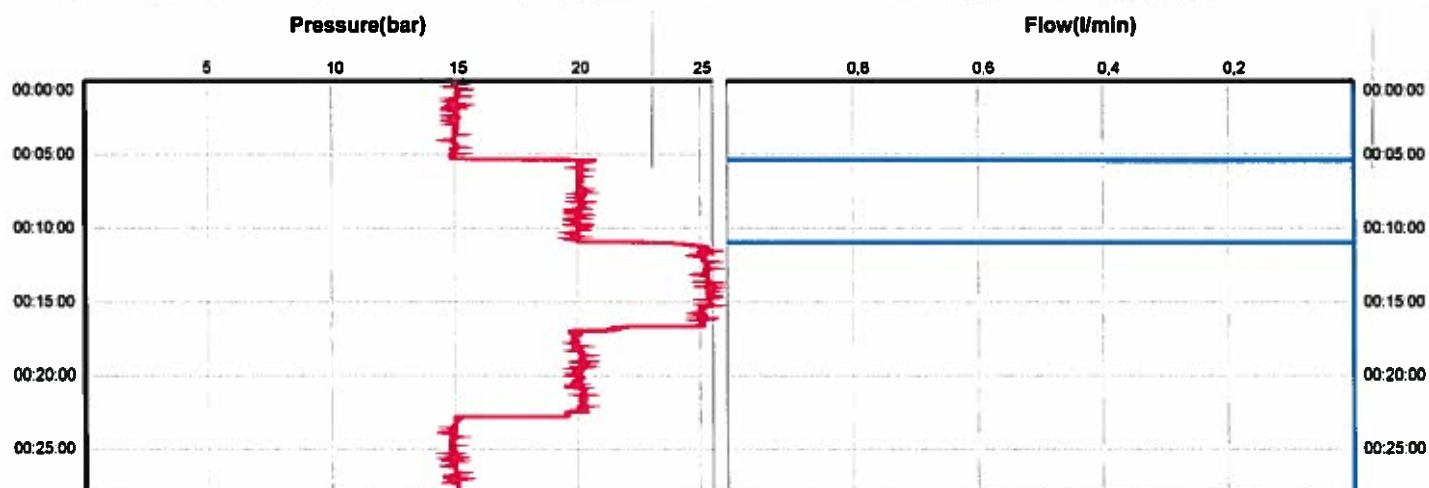
Results

1MPa flow (10 bar)	0 l/min	Lugeon	0
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	135 m
Date	12-05-2016	Depth of the section top	130 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	27 min 58 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo	Packer pressure	50 bar
File	50129160512075709L	Depth of the sensor	129 m
		Soil type	



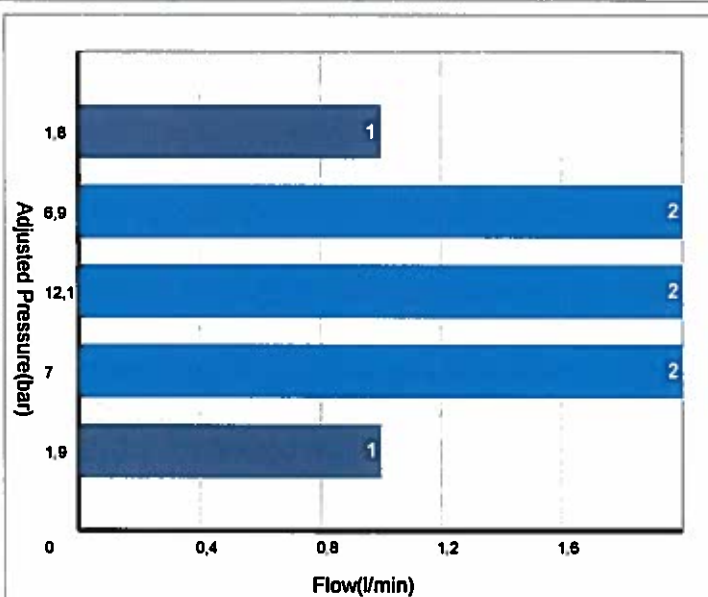
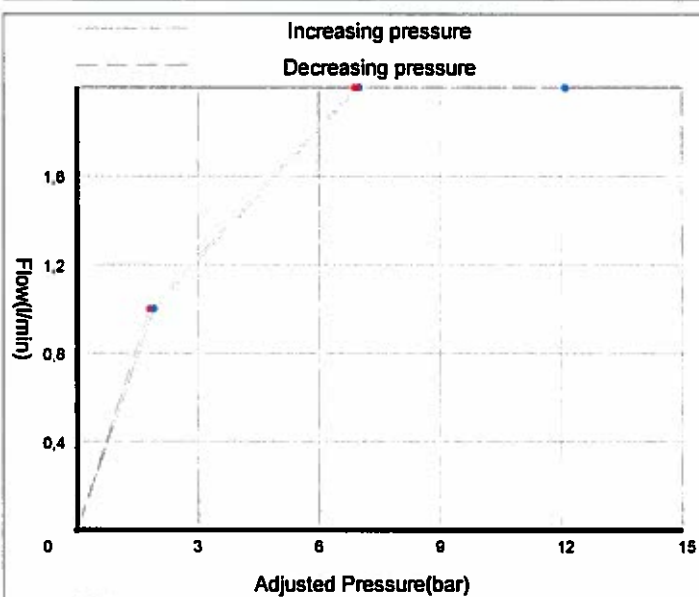
Observations



Report

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	140 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	135 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	28 min 14 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511171428L	Depth of the sensor	134 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15	00:05:10	0	0 5	1	0	1,9	0,2
20,1	00:05:00	0	7 17	2	0	7	0,4
25,2	00:05:00	0	18 30	2	0	12,1	0,4
20	00:05:00	0	32 40	2	0	6,9	0,4
14,9	00:04:59	0	40 44	1	0	1,8	0,2



Observations

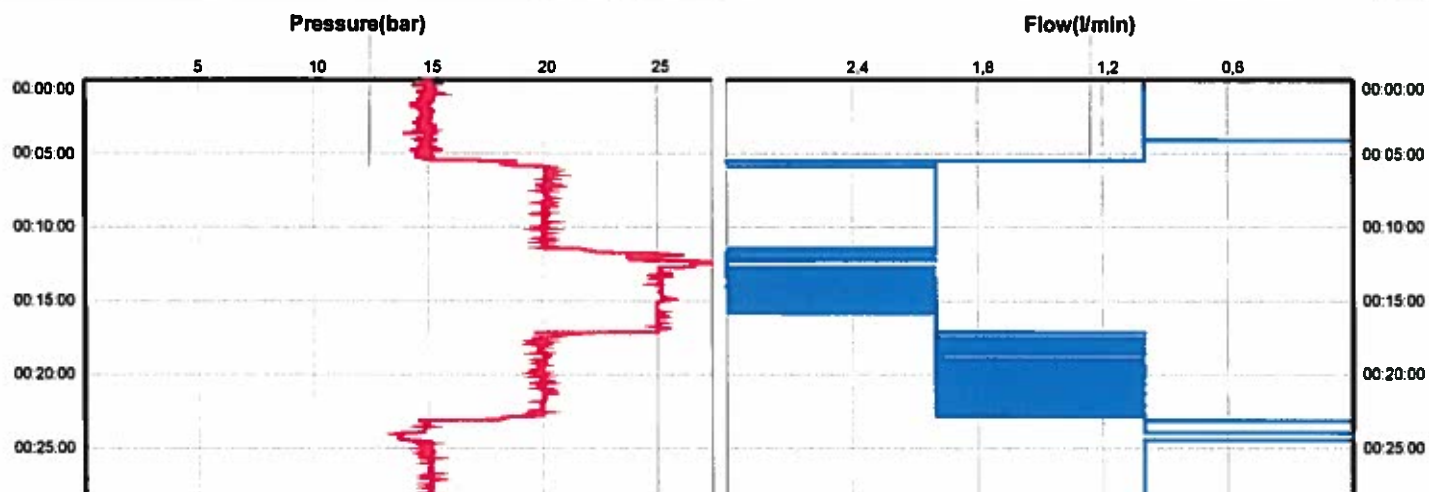
Results

1MPa flow (10 bar)	1,65 l/min	Lugeon	0,33
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	140 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	135 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	28 min 14 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511171428L	Depth of the sensor	134 m
		Soil type	



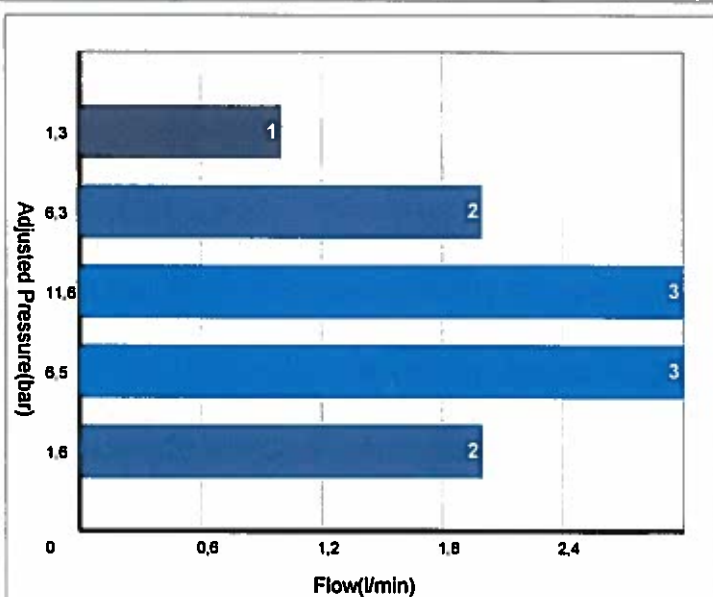
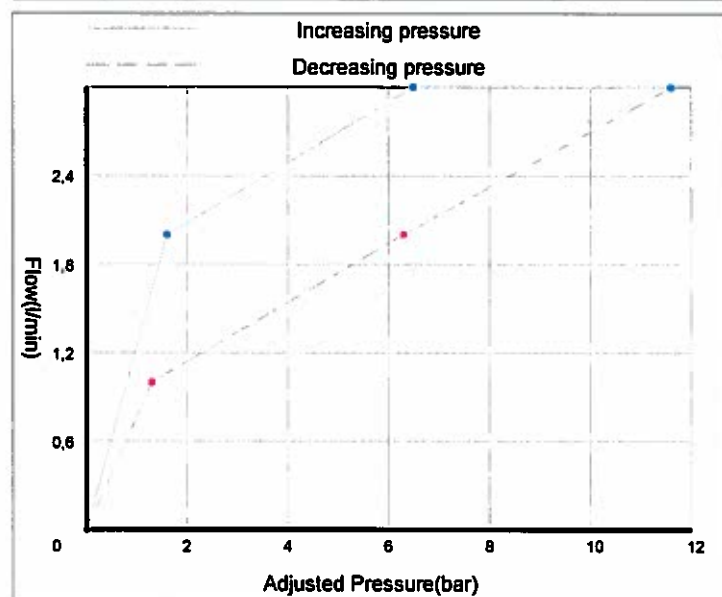
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	11-05-2016	Depth of the section bottom	145 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	140 m
Test Duration	29 min 52 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160511163129L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	139 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15,2	00:05:28	0	0	9	2	0	1,6	0,4
20,1	00:05:00	0	12	26	3	0	6,5	0,6
25,2	00:05:00	0	30	47	3	0	11,6	0,6
19,9	00:04:59	0	48	59	2	0	6,3	0,4
14,9	00:05:00	0	60	64	1	0	1,3	0,2



Observations

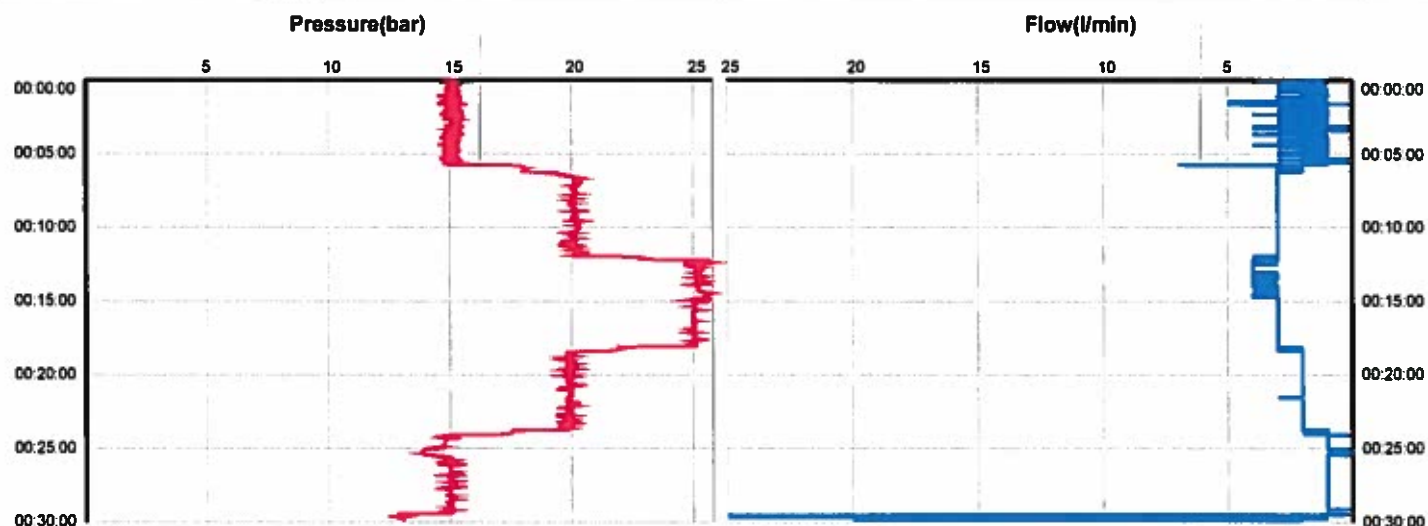
Results

1MPa flow (10 bar)	2,59 l/min	Lugeon	0,52
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	145 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	140 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	29 min 52 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511163129L	Depth of the sensor	139 m
		Soil type	



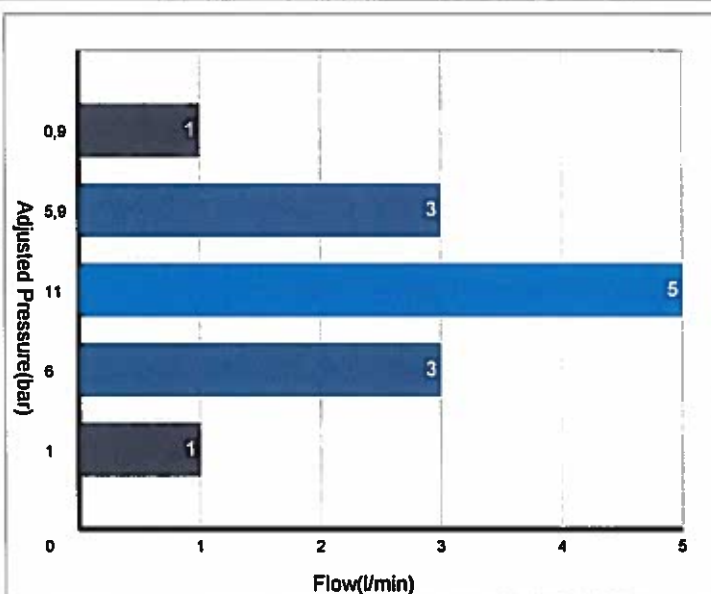
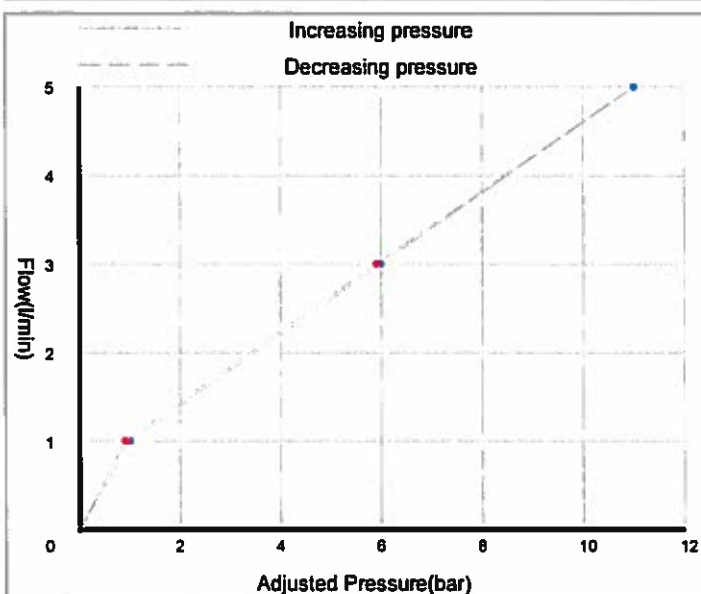
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	11-05-2016	Depth of the section bottom	150 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	145 m
Test Duration	29 min 9 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160511154127L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	144 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15,1	00:05:04	0	0	6	1	0	1	0,2
20,1	00:04:59	0	8	22	3	0	6	0,6
25,1	00:04:59	0	30	56	5	0	11	1
20	00:05:00	0	59	75	3	0	5,9	0,6
15	00:05:00	0	77	82	1	0	0,9	0,2



Observations

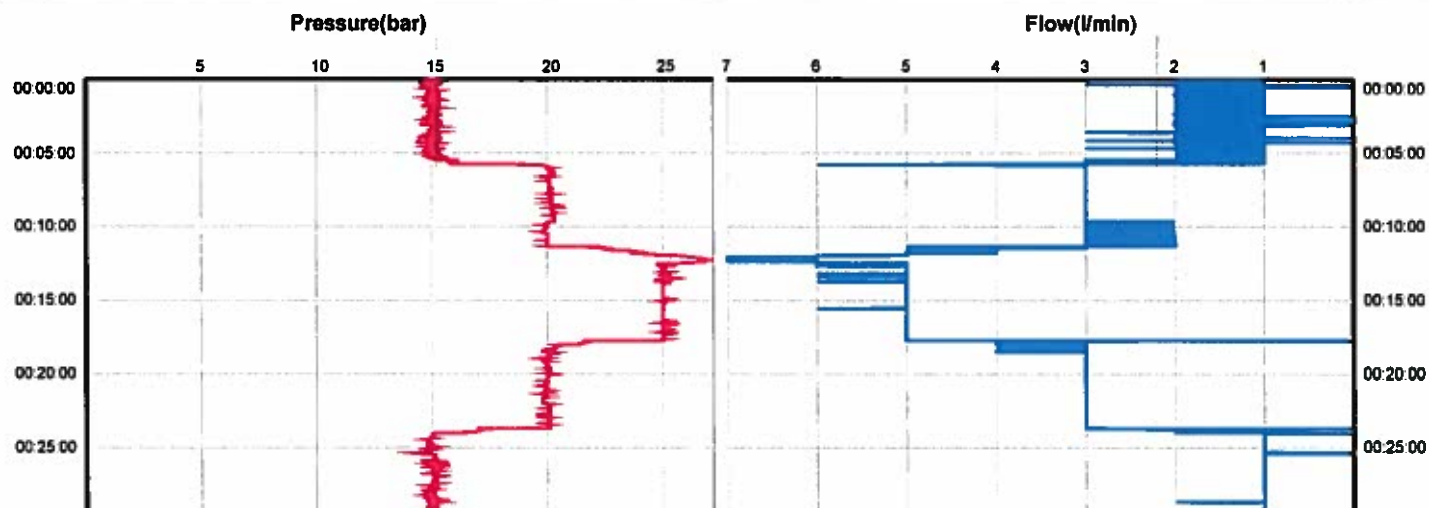
Results

1MPa flow (10 bar)	4,55 l/min	Lugeon	0,91
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	150 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	145 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	29 min 9 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511154127L	Depth of the sensor	144 m
		Soil type	



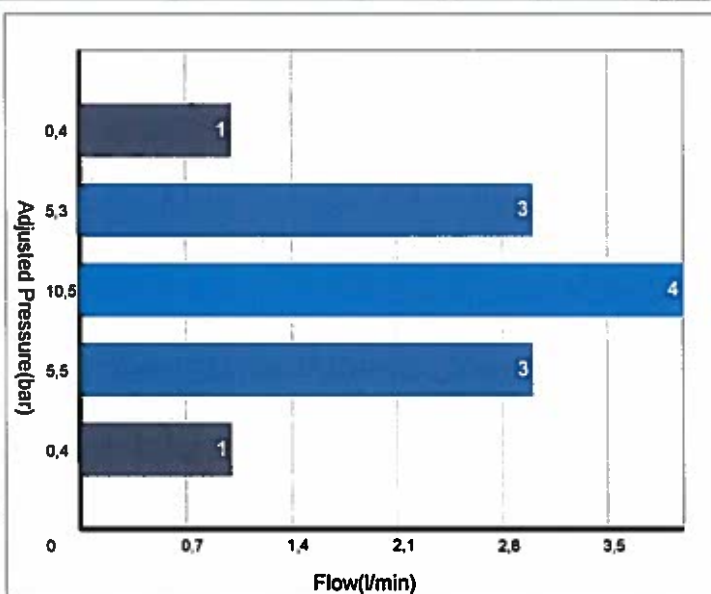
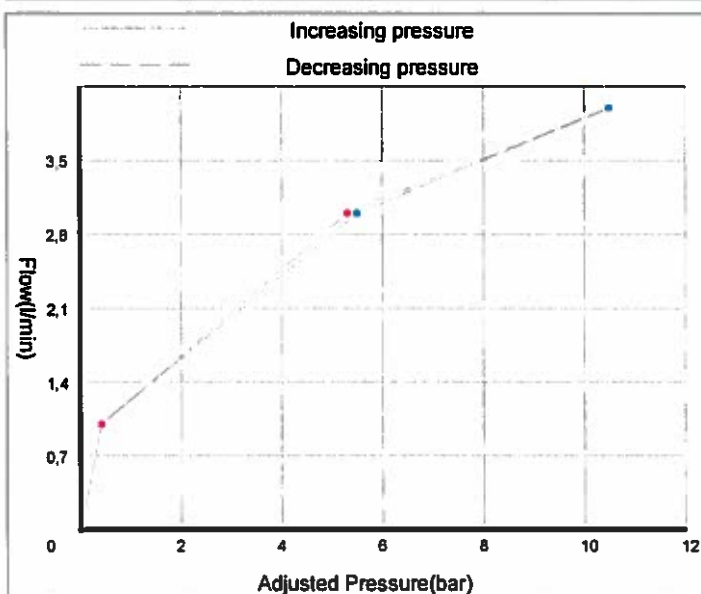
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	11-05-2016	Depth of the section bottom	155 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	150 m
Test Duration	28 min 56 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160511145739L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	149 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15	00:05:03	0	0	4	1	0	0,4	0,2
20,1	00:04:58	0	7	23	3	0	5,5	0,6
25,1	00:05:00	0	27	47	4	0	10,5	0,8
19,9	00:04:59	0	50	62	3	0	5,3	0,6
15	00:04:59	0	64	67	1	0	0,4	0,2



Observations

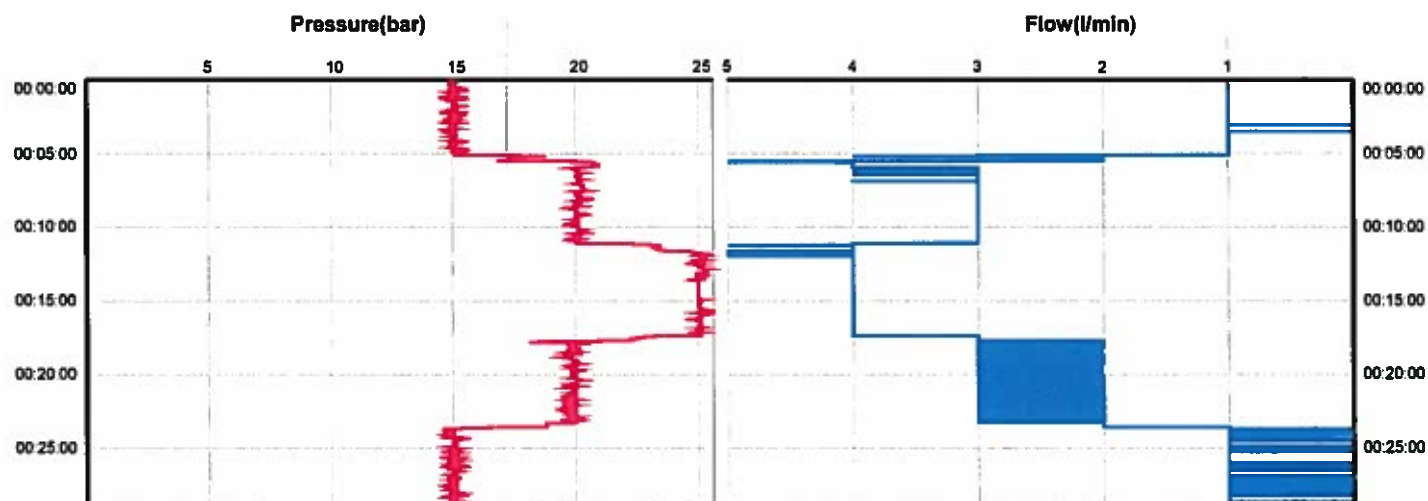
Results

1MPa flow (10 bar)	3,81 l/min	Lugeon	0,76
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	155 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	150 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	28 min 56 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511145739L	Depth of the sensor	149 m
		Soil type	



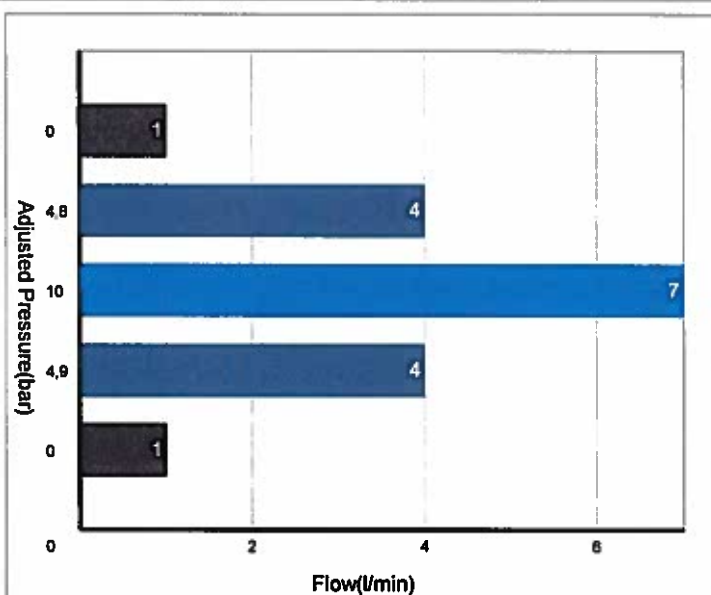
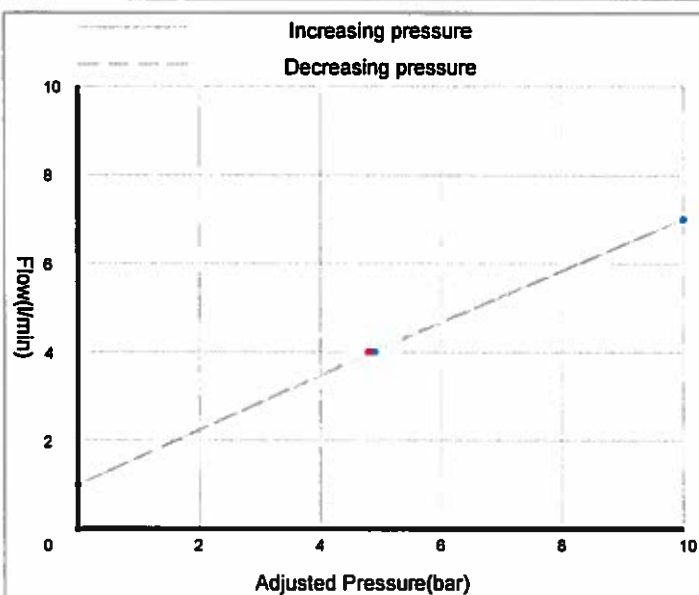
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	11-05-2016	Depth of the section bottom	160 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	155 m
Test Duration	29 min 13 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160511141248L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	154 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15	00:05:04	0	0 4	1	0	0	0,2
20	00:04:59	0	8 28	4	0	4,9	0,8
25,1	00:05:00	0	39 75	7	0	10	1,4
19,9	00:04:59	0	79 101	4	0	4,8	0,8
15	00:05:02	0	102 104	1	0	0	0,2



Observations

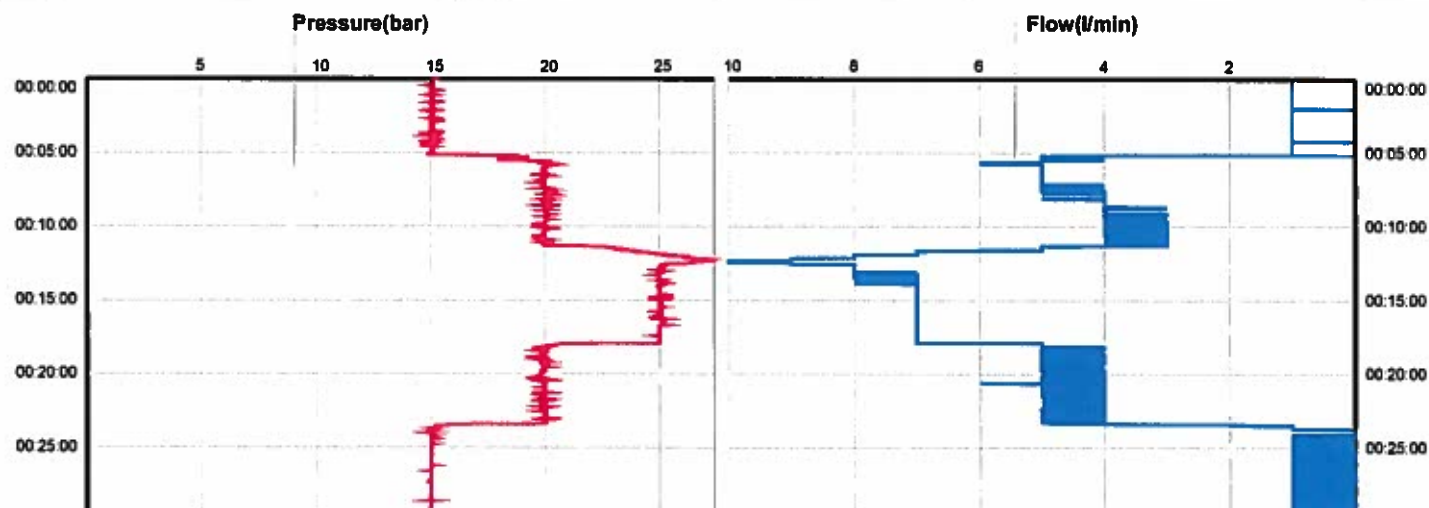
Results

1MPa flow (10 bar)	7 l/min	Lugeon	1,4
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	160 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	155 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	29 min 13 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511141248L	Depth of the sensor	154 m
		Soil type	



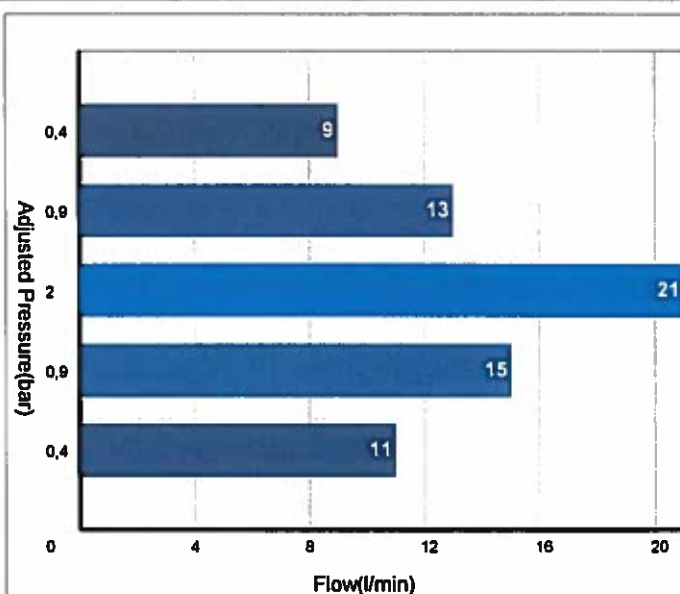
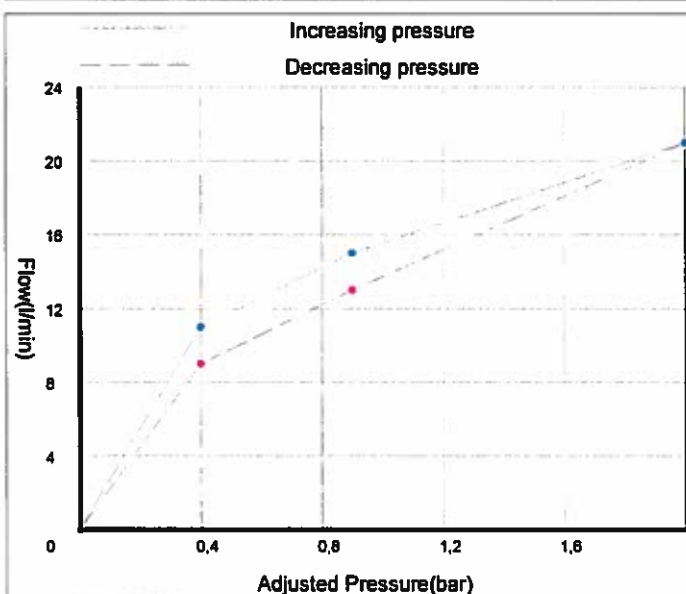
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	11-05-2016	Depth of the section bottom	165 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	160 m
Test Duration	28 min 43 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160511114847L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	159 m
		Soli type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
16	00:05:05	0	0	58	11	0	0,4	2,2
16,5	00:04:59	0	82	156	15	0	0,9	3
17,6	00:04:59	0	169	275	21	0	2	4,2
16,5	00:04:59	0	289	355	13	0	0,9	2,6
16	00:05:04	0	362	405	9	0	0,4	1,8



Observations

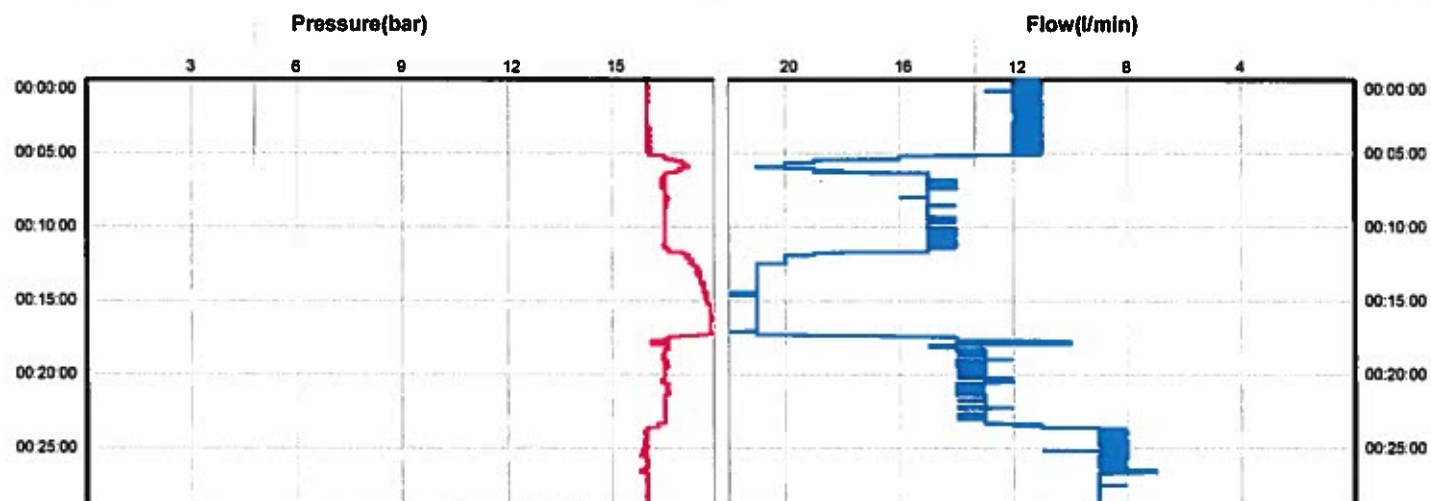
Results

1MPa flow (10 bar)	105 l/min	Lugeon	21
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	165 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	160 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	28 min 43 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511114847L	Depth of the sensor	159 m
		Soil type	



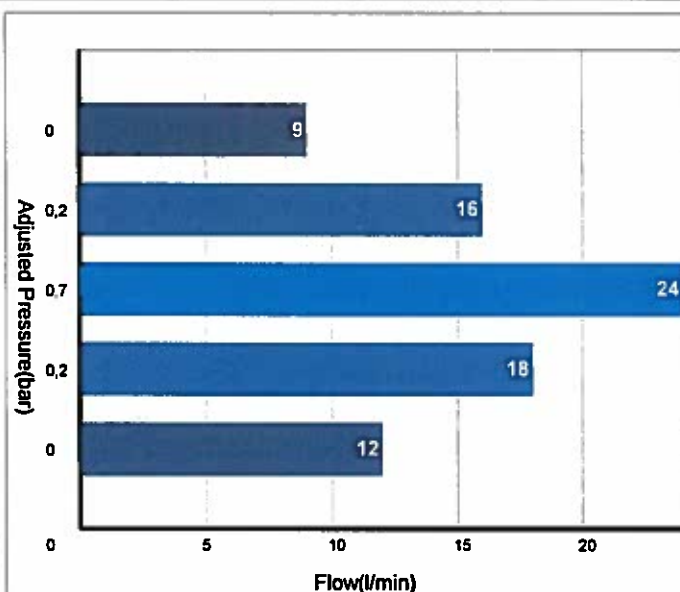
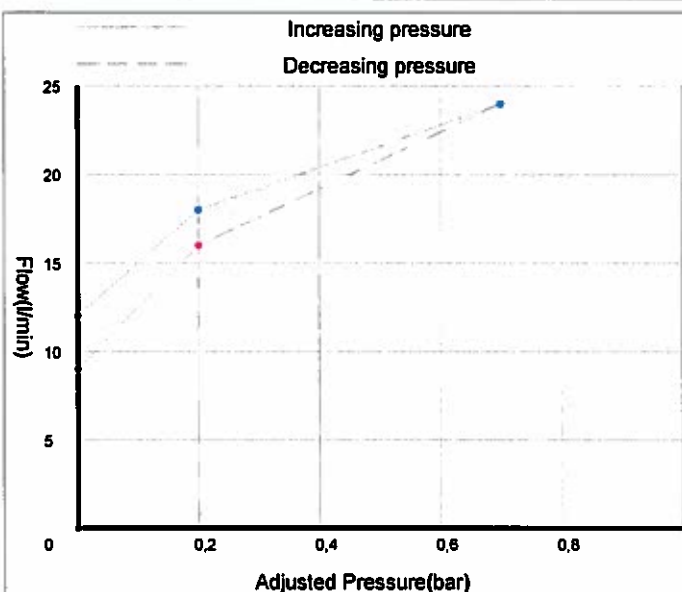
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	11-05-2016	Depth of the section bottom	170 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	165 m
Test Duration	29 min 25 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160511105913L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	164 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
16	00:05:03	0	0	61	12	0	0	2,4
16,3	00:05:00	0	111	202	18	0	0,2	3,6
16,8	00:04:59	0	223	344	24	0	0,7	4,8
16,3	00:04:59	0	353	434	16	0	0,2	3,2
16	00:05:00	0	444	488	9	0	0	1,8



Observations

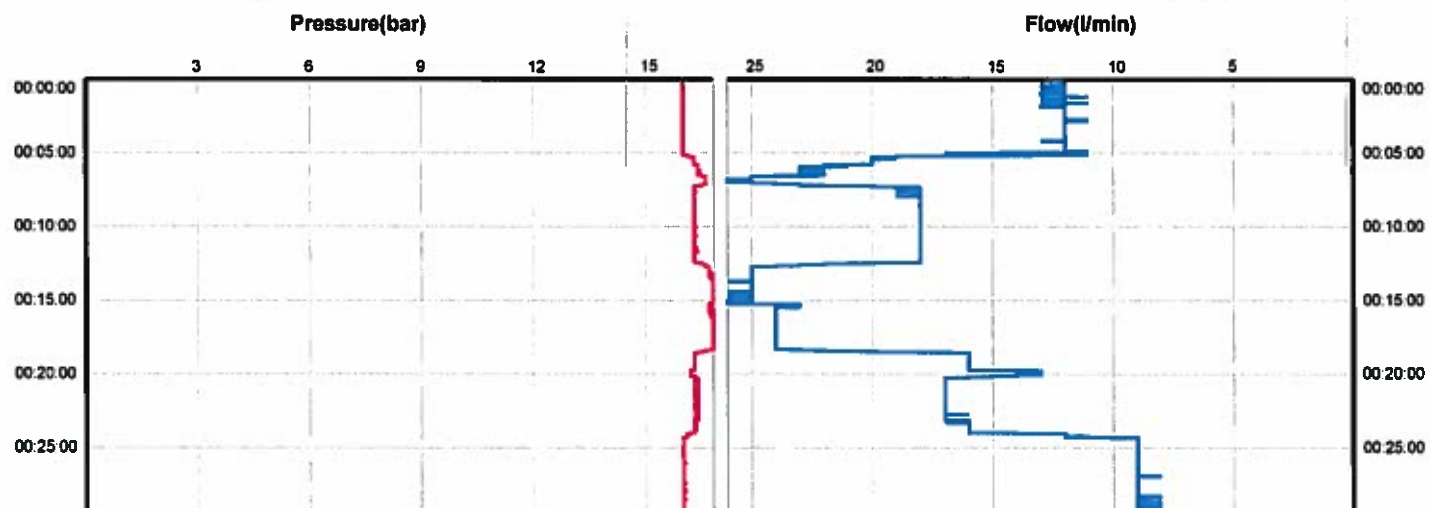
Results

1MPa flow (10 bar)	342,86 l/min	Lugeon	68,57
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	170 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	165 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	29 min 25 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511105913L	Depth of the sensor	164 m
		Soil type	



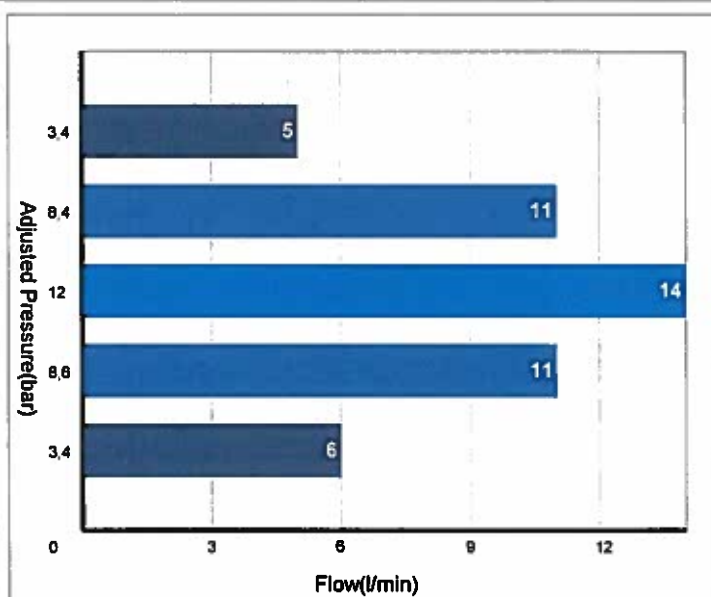
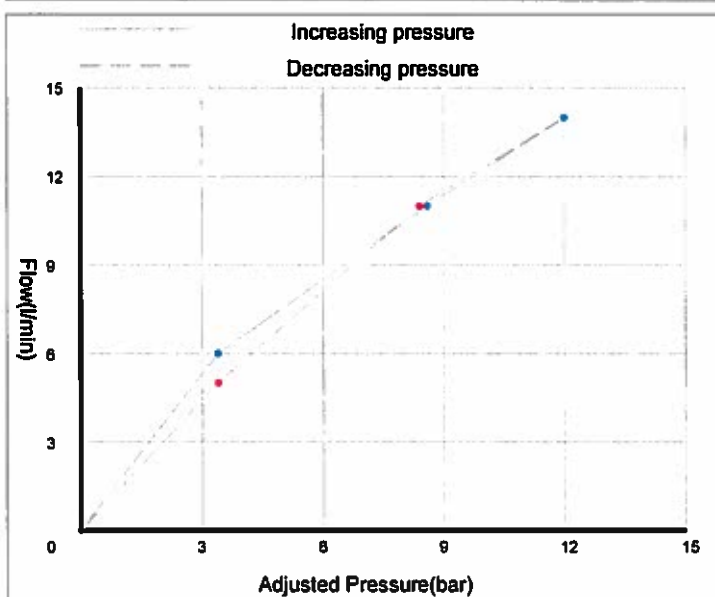
Observations



Report

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	175 m
		Depth of the section top	170 m
Date	11-05-2016	Section diameter	76 mm
Borehole	TPS-BH-001	Packer length	50 cm
Test Duration	30 min	Packer pressure	50 bar
Operator	Heimo Schober	Depth of the sensor	169 m
File	50129160511101233L	Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
20	00:05:09	0	0 34	6	0	3,4	1,2
25,2	00:04:59	0	45 102	11	0	8,6	2,2
28,6	00:05:43	0	117 198	14	0	12	2,8
25	00:05:00	0	210 263	11	0	8,4	2,2
20	00:05:00	0	270 297	5	0	3,4	1



Observations

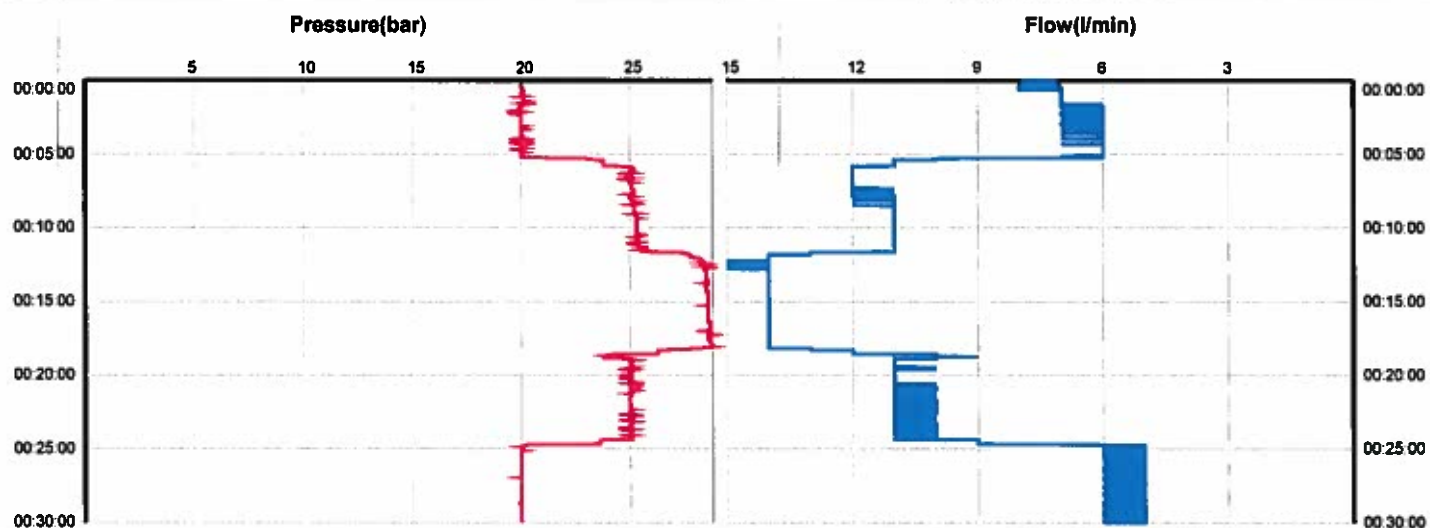
Results

1MPa flow (10 bar)	11,67 l/min	Lugeon	2,33
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	175 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	170 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	30 min	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511101233L	Depth of the sensor	169 m
		Soil type	



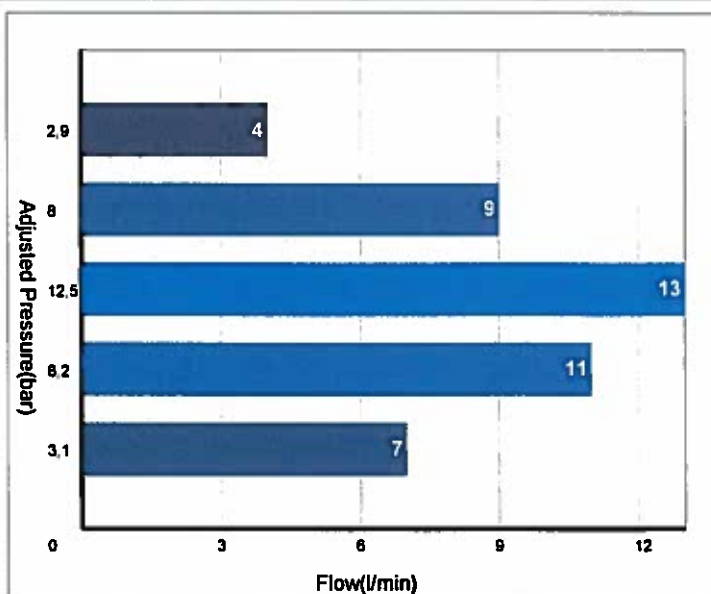
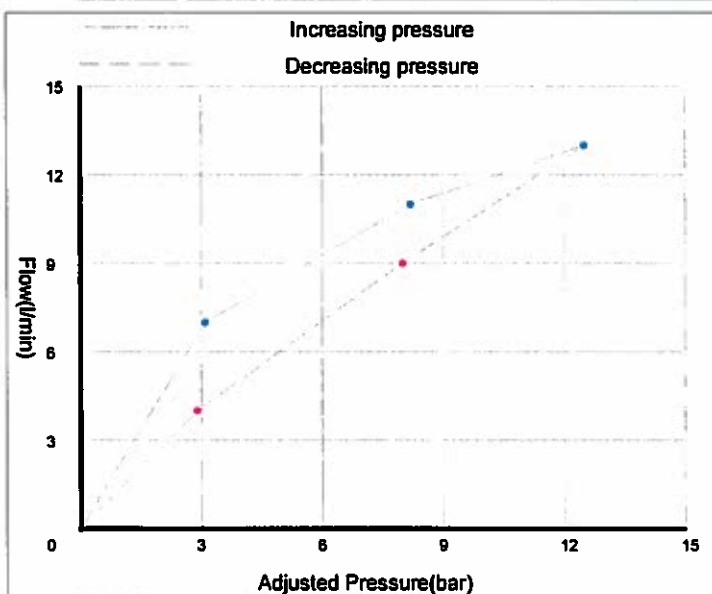
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	11-05-2016	Depth of the section bottom	180 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	175 m
Test Duration	30 min 55 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160511092927L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	174 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
20,2	00:05:22	0	0 40	7	0	3,1	1,4
25,3	00:05:00	0	55 112	11	0	8,2	2,2
29,6	00:04:59	0	140 207	13	0	12,5	2,6
25,1	00:05:17	0	219 266	9	0	8	1,8
20	00:04:59	0	271 291	4	0	2,9	0,8



Observations

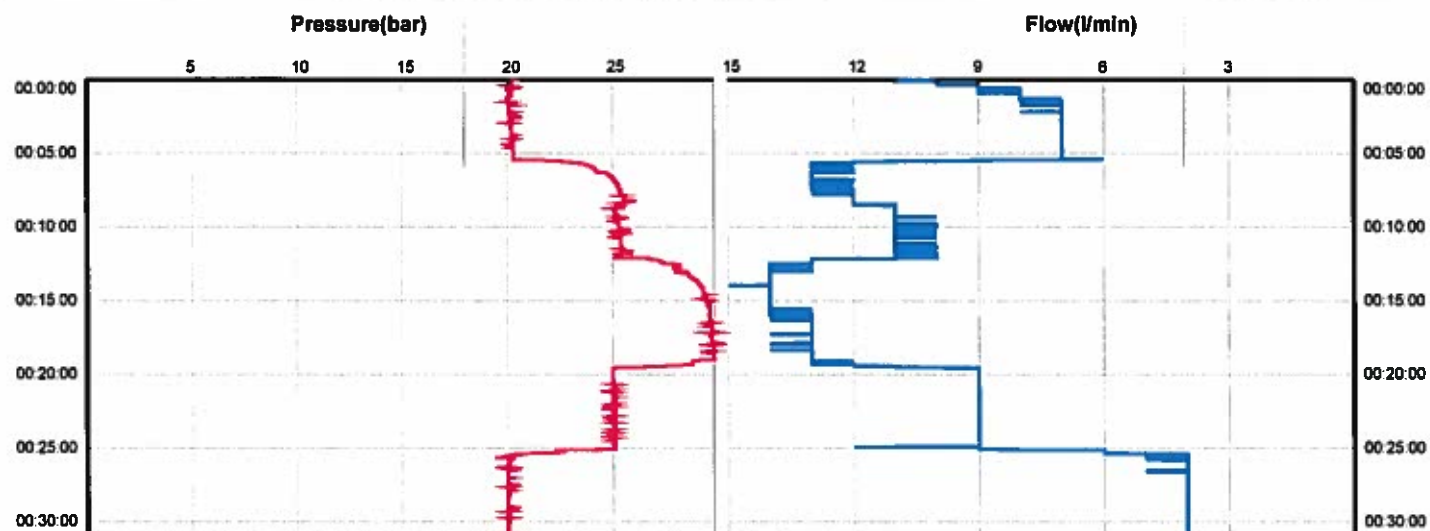
Results

1MPa flow (10 bar)	10,4 l/min	Lugeon	2,08
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	180 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	175 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	30 min 55 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511092927L	Depth of the sensor	174 m
		Soil type	



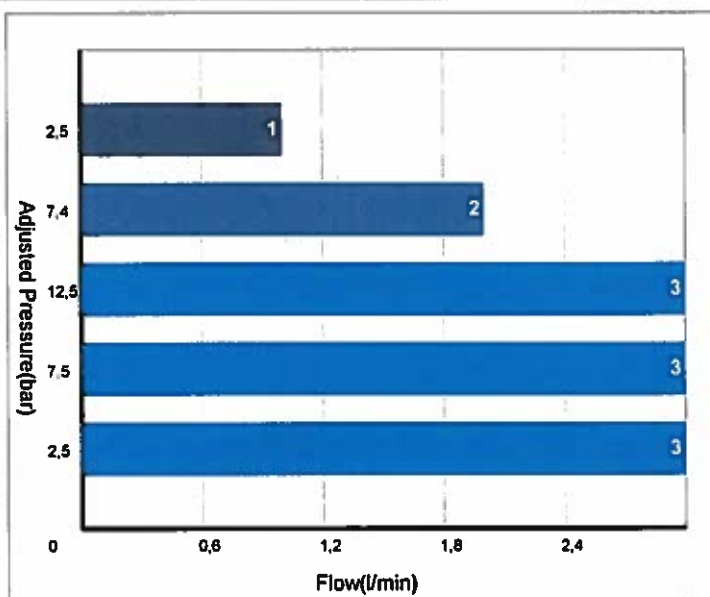
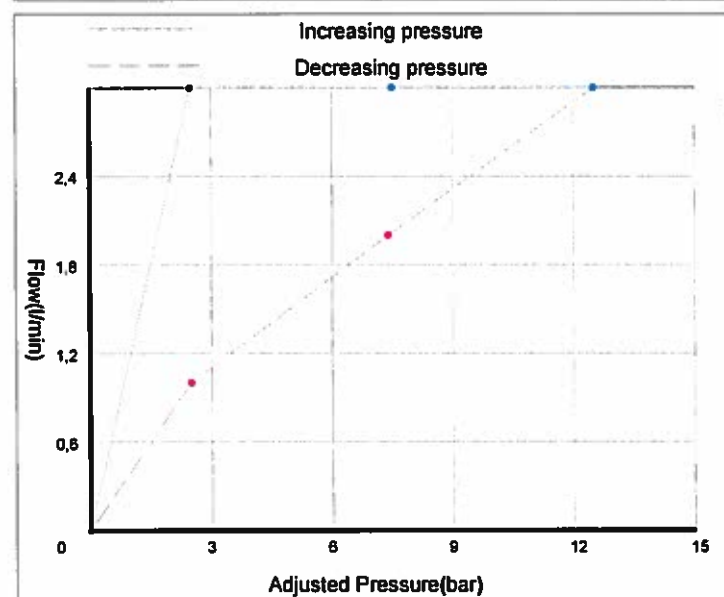
Observations



Report

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	185 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	180 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	28 min 47 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511084540L	Depth of the sensor	179 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
20,1	00:05:08	0	0	13	3	0	2,5	0,6
25,1	00:04:59	0	14	29	3	0	7,5	0,6
30,1	00:04:59	0	32	49	3	0	12,5	0,6
25	00:04:59	0	52	63	2	0	7,4	0,4
20,1	00:05:00	0	64	70	1	0	2,5	0,2



Observations

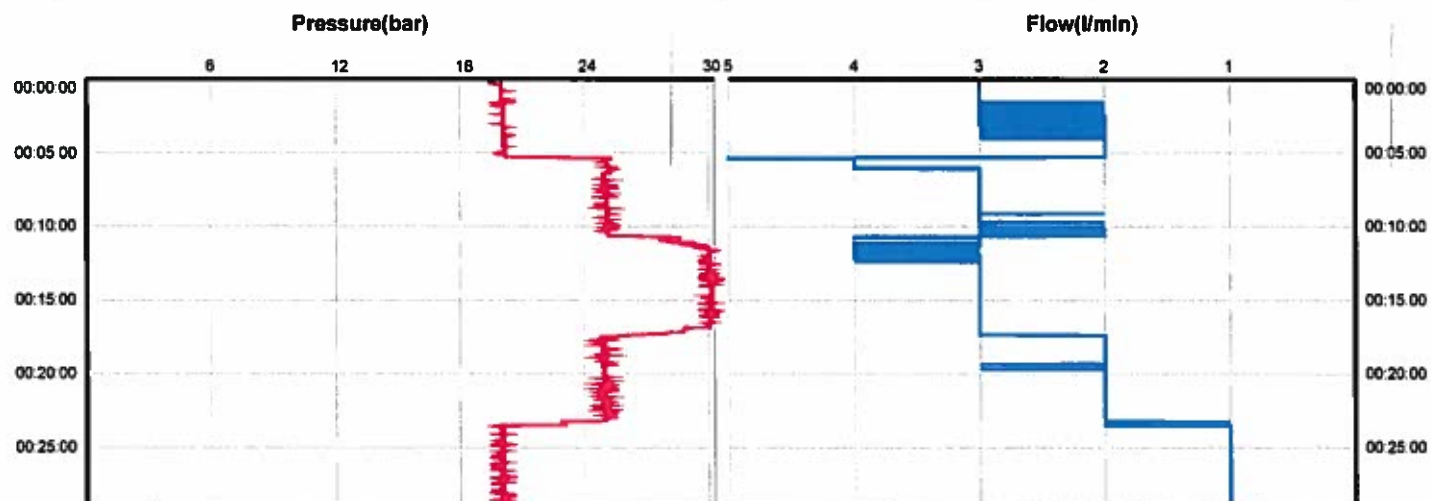
Results

1MPa flow (10 bar)	2,4 l/min	Lugeon	0,48
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	185 m
		Depth of the section top	180 m
Date	11-05-2016	Section diameter	76 mm
Borehole	TPS-BH-001	Packer length	50 cm
Test Duration	28 min 47 sec	Packer pressure	50 bar
Operator	Heimo Schober	Depth of the sensor	179 m
File	50129160511084540L	Soil type	



Observations

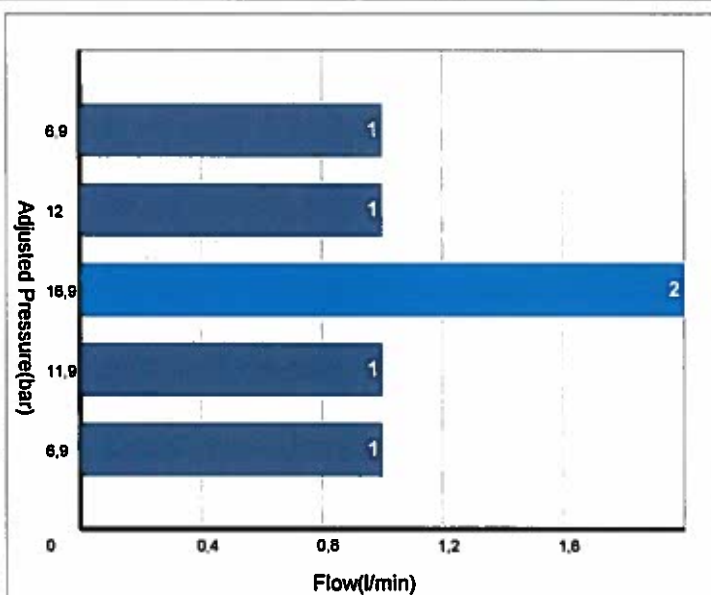
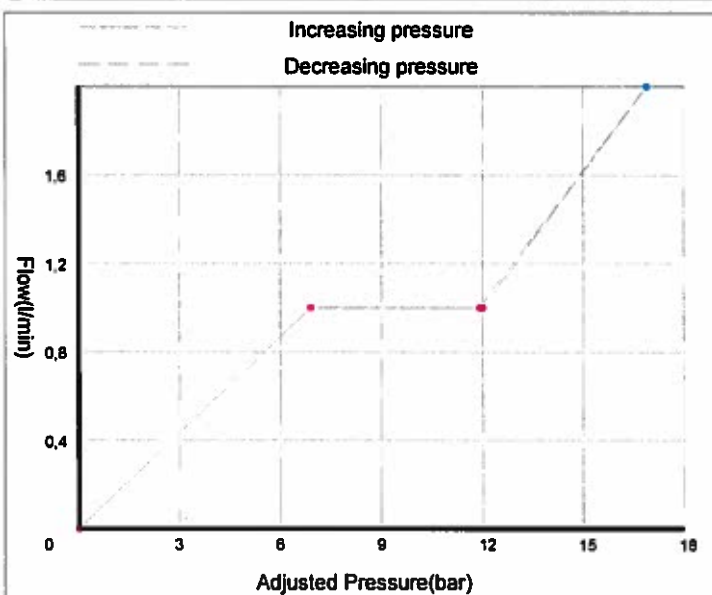


Report

Site Address ALTO MAIPO
Date 11-05-2016
Borehole TPS-BH-001
Test Duration 31 min 4 sec
Operator Heimo Schober
File 50129160511075404L

Depth of the ground water level 0 m
Depth of the section bottom 190 m
Depth of the section top 185 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 50 bar
Depth of the sensor 184 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
25	00:05:06	0	0	5	1	0	6,9	0,2
30	00:04:59	0	6	13	1	0	11,9	0,2
35	00:04:59	0	16	24	2	0	16,9	0,4
30,1	00:05:00	0	27	33	1	0	12	0,2
25	00:04:58	0	34	37	1	0	6,9	0,2



Observations

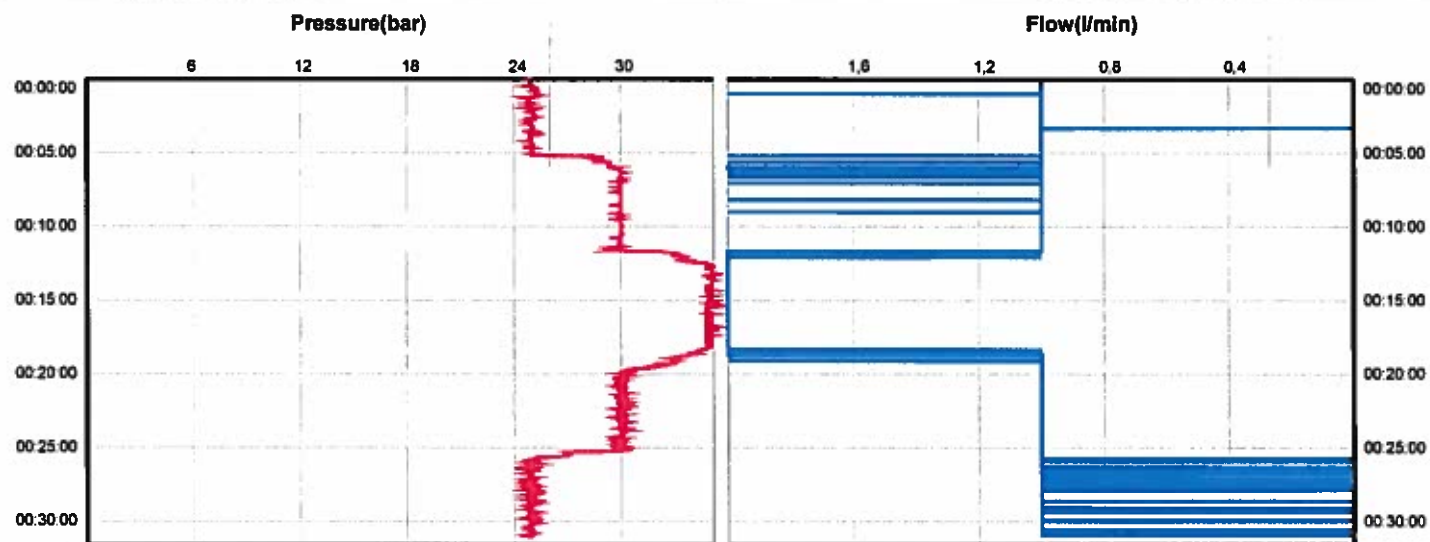
Results

1MPa flow (10 bar)	1,18 l/min	Lugeon	0,24
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	190 m
Date	11-05-2016	Depth of the section top	185 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	31 min 4 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160511075404L	Depth of the sensor	184 m
		Soil type	



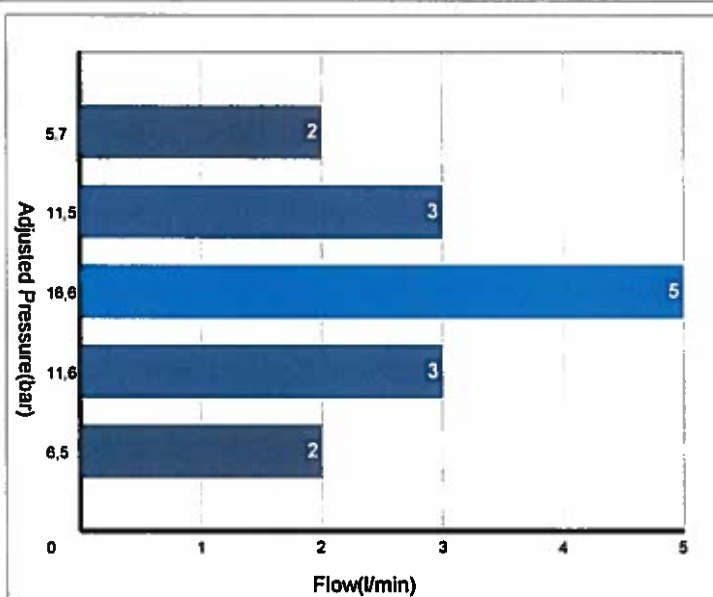
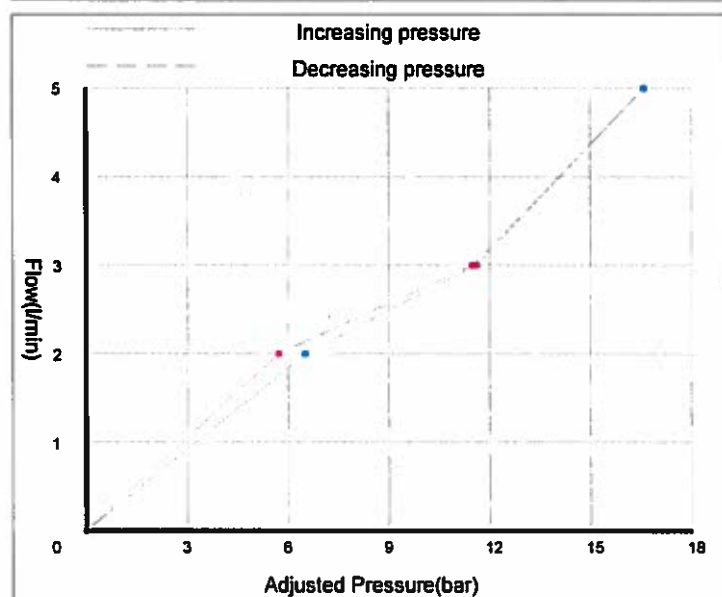
Observations



Report

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	195 m
Date	10-05-2016	Depth of the section top	190 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	31 min 23 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160510175443L	Depth of the sensor	189 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
25	00:05:08	0	0 13	2	0	6,5	0,4
30,1	00:05:00	0	17 33	3	0	11,6	0,6
35,1	00:04:59	0	40 63	5	0	16,6	1
30	00:05:00	0	67 83	3	0	11,5	0,6
24,2	00:06:05	0	86 96	2	0	5,7	0,4



Observations

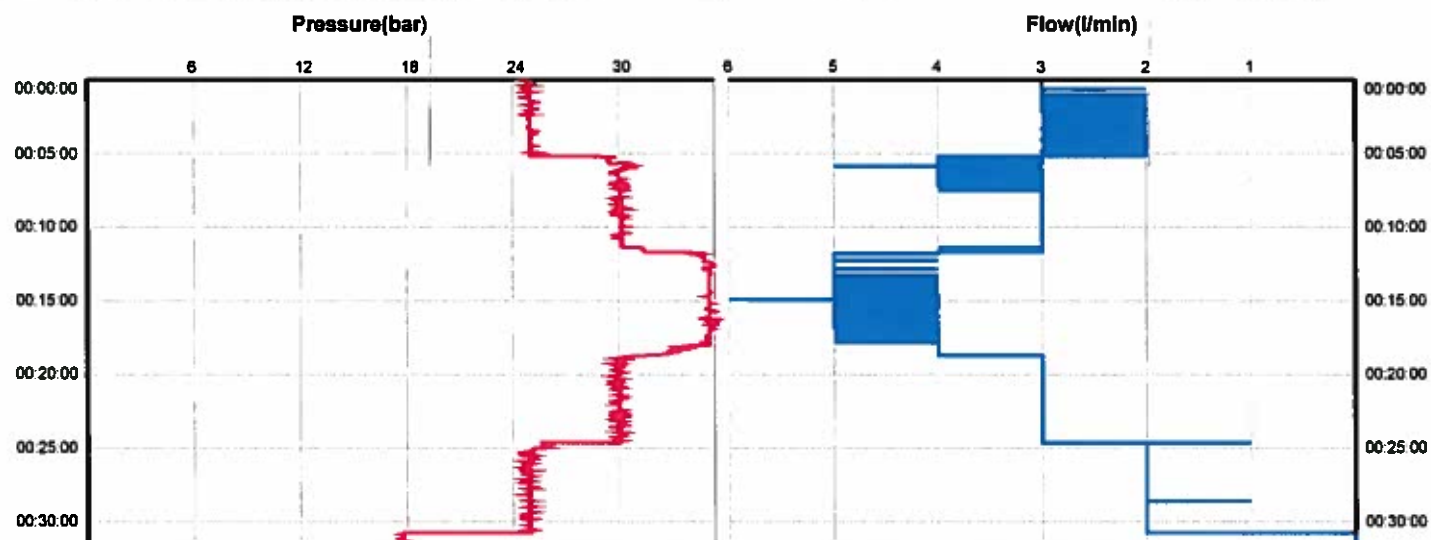
Results

1MPa flow (10 bar)	3,01 l/min	Lugeon	0,6
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	195 m
Date	10-05-2016	Depth of the section top	190 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	31 min 23 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160510175443L	Depth of the sensor	189 m
		Soil type	



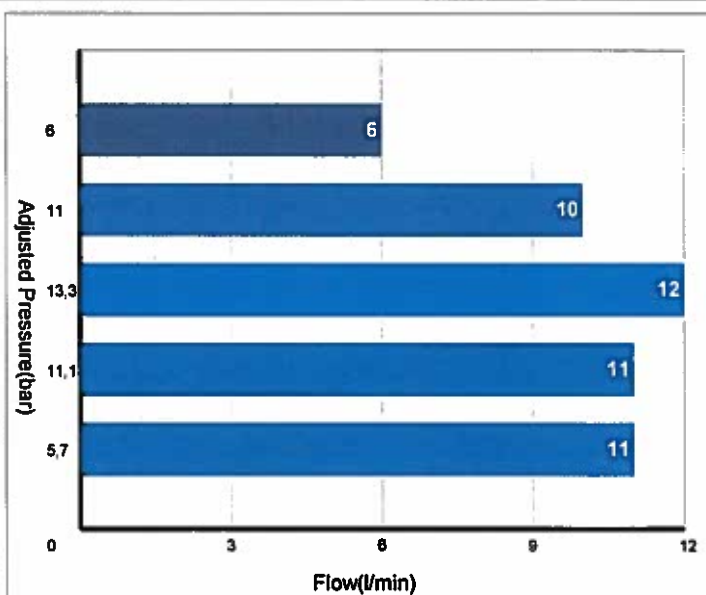
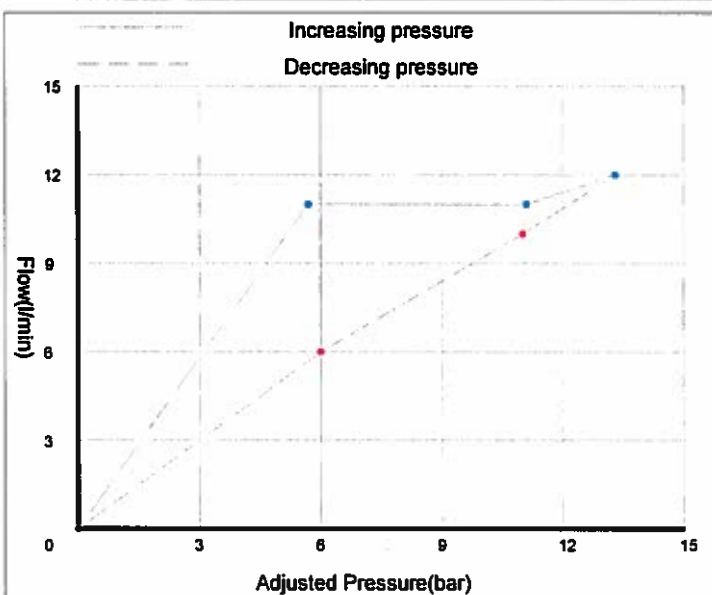
Observations



Report

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	10-05-2016	Depth of the section bottom	200 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	195 m
Test Duration	32 min 43 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160510165931L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	194 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
24,7	00:07:17	0	0 80	11	0	5,7	2,2
30,1	00:05:13	0	98 156	11	0	11,1	2,2
32,3	00:05:01	0	172 231	12	0	13,3	2,4
30	00:05:00	0	244 293	10	0	11	2
25	00:05:00	0	302 332	6	0	6	1,2



Observations

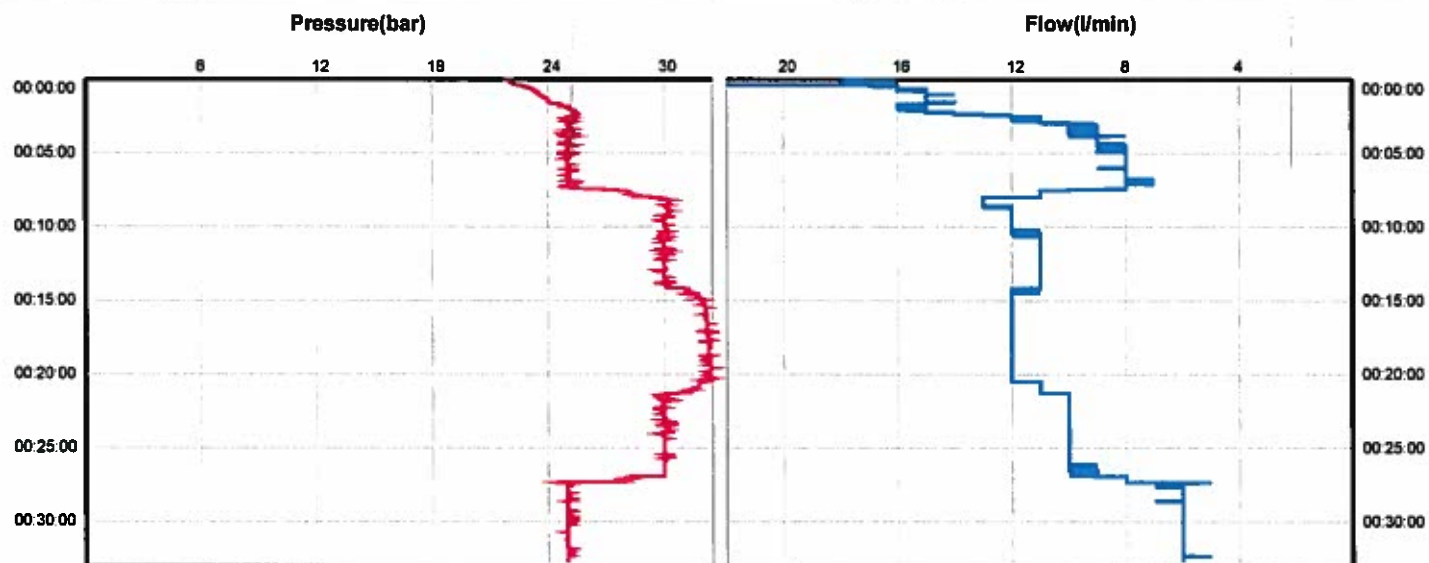
Results

1MPa flow (10 bar)	9,02 l/min	Lugeon	1,8
Section length	5 m		



Test Sheet

Site Address	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Date	10-05-2016	Depth of the section bottom	200 m
Borehole	TPS-BH-001	Depth of the section top	195 m
Test Duration	32 min 43 sec	Section diameter	76 mm
Operator	Heimo Schober	Packer length	50 cm
File	50129160510165931L	Packer pressure	50 bar
		Depth of the sensor	194 m
		Soil type	



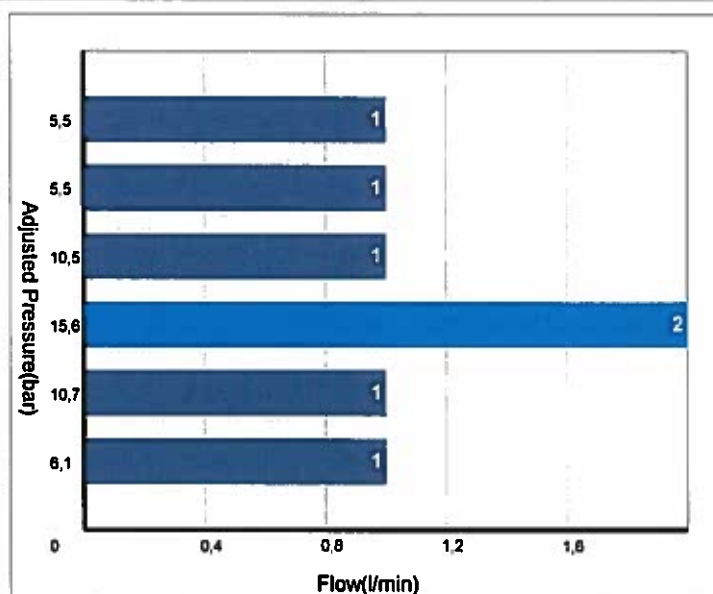
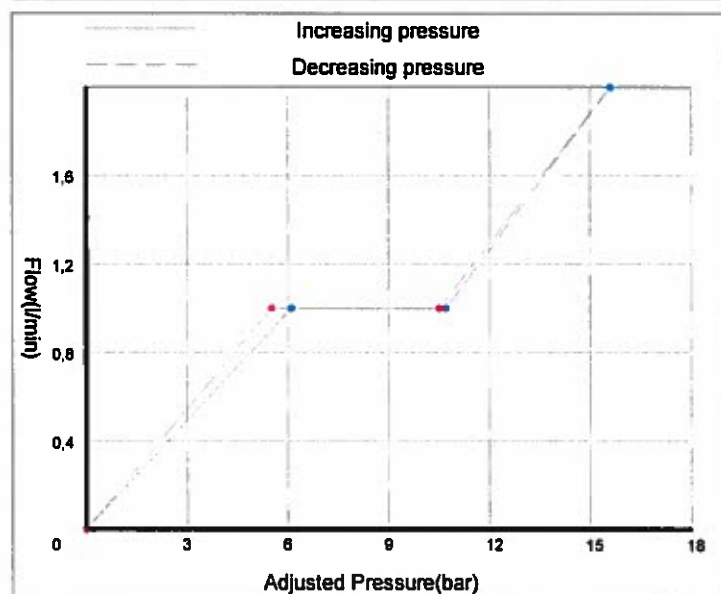
Observations



Report

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	205 m
Date	10-05-2016	Depth of the section top	200 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	29 min 22 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160510144659L	Depth of the sensor	199 m
		Soil type	

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
25,6	00:06:02	0	0	8	1	0	6,1	0,2
30,2	00:05:01	0	9	16	1	0	10,7	0,2
35,1	00:05:00	0	18	26	2	0	15,6	0,4
30	00:05:11	0	28	33	1	0	10,5	0,2
25	00:00:10	0	33	33	1	0	5,5	0,2
25	00:05:00	0	33	36	1	0	5,5	0,2



Observations

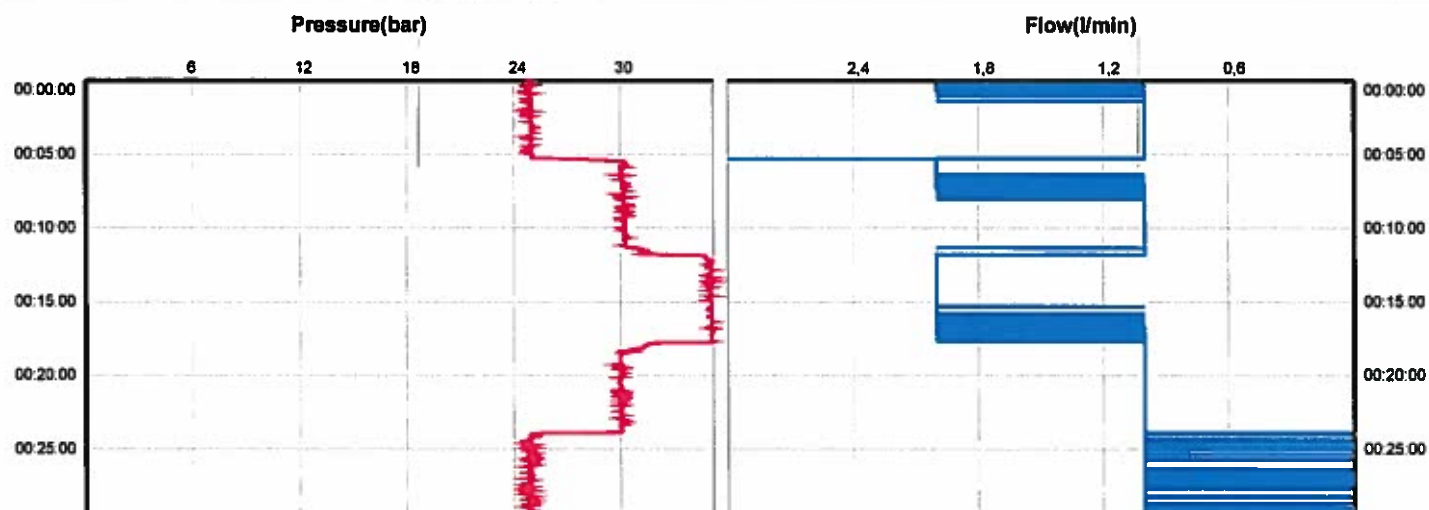
Results

1MPa flow (10 bar)	1,28 l/min	Lugeon	0,26
Section length	5 m		



Test Sheet

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	0 m
Address		Depth of the section bottom	205 m
Date	10-05-2016	Depth of the section top	200 m
Borehole	TPS-BH-001	Section diameter	76 mm
Test Duration	29 min 22 sec	Packer length	50 cm
Operator	Heimo Schober	Packer pressure	50 bar
File	50129160510144659L	Depth of the sensor	199 m
		Soil type	



Observations

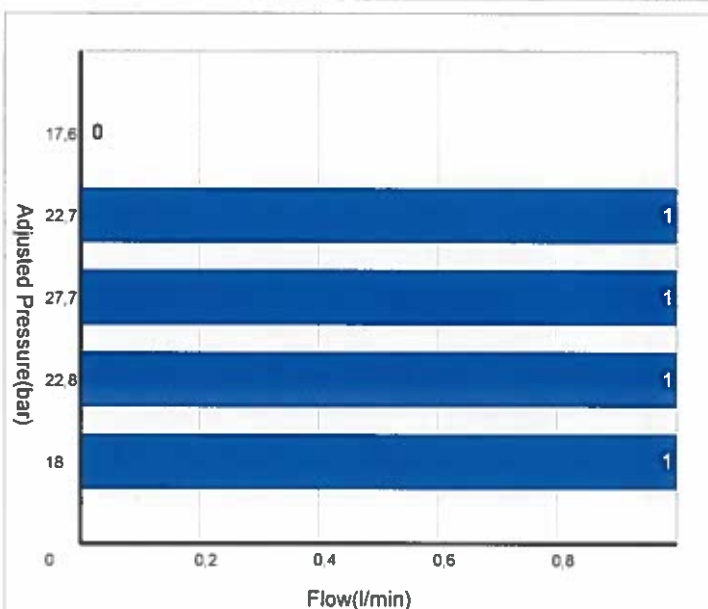
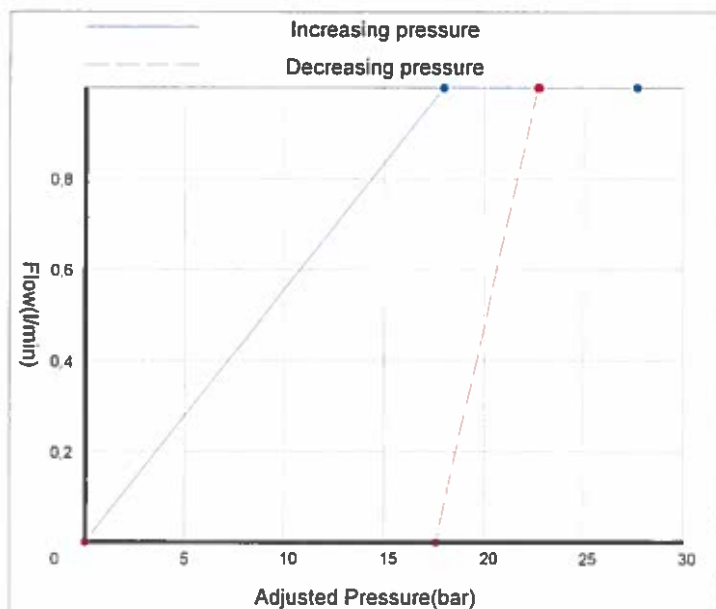


Report

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050014
Test Duration 29 min 55 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814155332L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 133 m
Depth of the section top 128 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,4	00:06:14	-	0	4	1	0	18	0,2
10,2	00:04:59	-	4	8	1	0	22,8	0,2
15,1	00:05:03	-	9	15	1	0	27,7	0,2
10,1	00:05:18	-	16	20	1	0	22,7	0,2
5	00:05:01	-	20	22	0	0	17,6	0



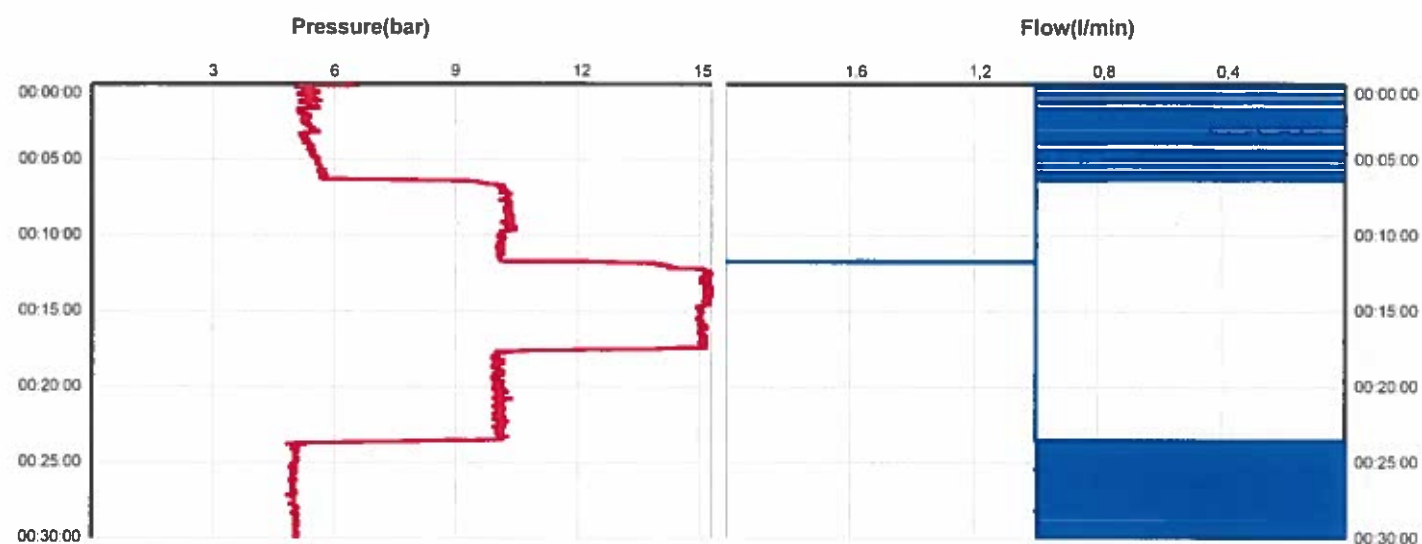
Observations

Results

1MPa flow (10 bar)	0,36 l/min	Lugeon	0,07
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site	ALTO MAIPO	Depth of the ground water level	-
Address		Depth of the section bottom	133 m
Date	14-08-2016	Depth of the section top	128 m
Borehole	TPS BH 0050014	Section diameter	76 mm
Test Duration	29 min 55 sec	Packer length	50 cm
Operator	Adolfo Villalobos	Packer pressure	30 bar
File	50129160814155332L	Depth of the sensor	0 m
		Soil type	

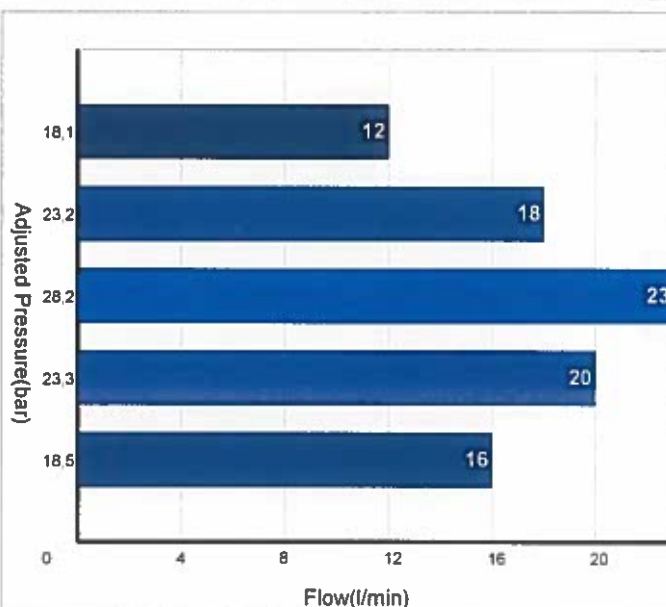
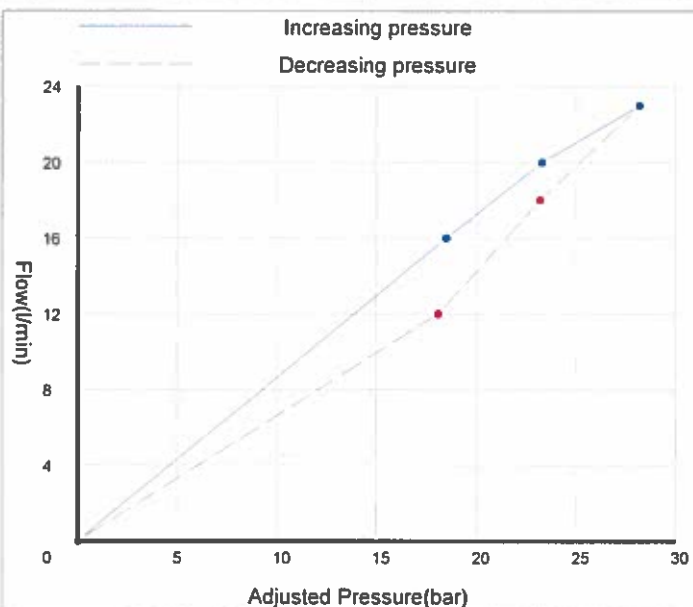
**Observations**

STRABAG**Report**

Site Address ALTO MAIPO
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050013
Test Duration 27 min 16 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814150822L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 138 m
Depth of the section top 133 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,5	00:05:11	-	0	80	16	0	18,5	3,2
10,3	00:05:00	-	88	187	20	0	23,3	4
15,2	00:05:00	-	198	314	23	0	28,2	4,6
10,2	00:05:01	-	325	415	18	0	23,2	3,6
5,1	00:04:59	-	420	481	12	0	18,1	2,4

**Observations****Results**

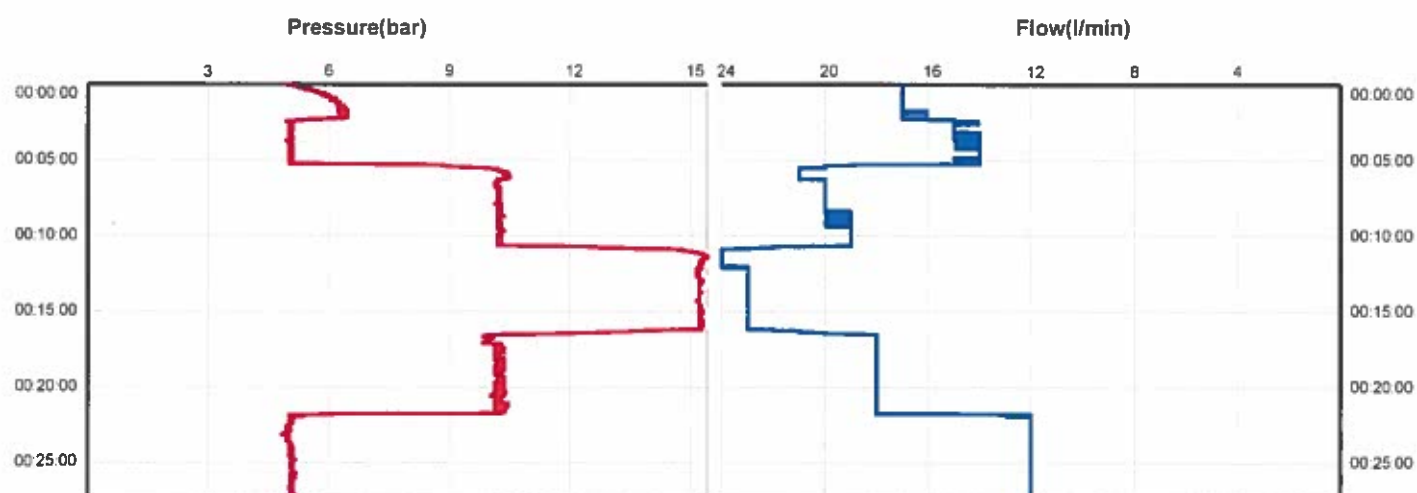
1MPa flow (10 bar)	8,16 l/min	Lugeon	1,63
Section length	5 m		

STRABAG

Test Sheet

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050013
Test Duration 27 min 16 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814150822L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 138 m
Depth of the section top 133 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

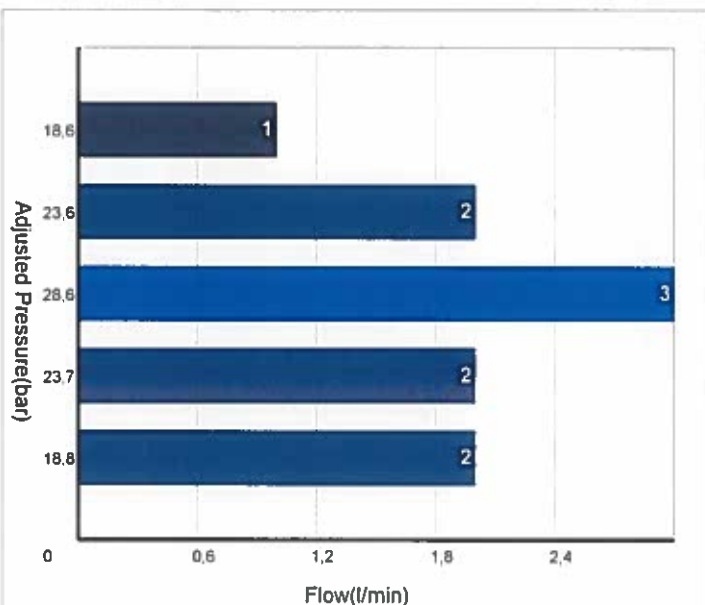
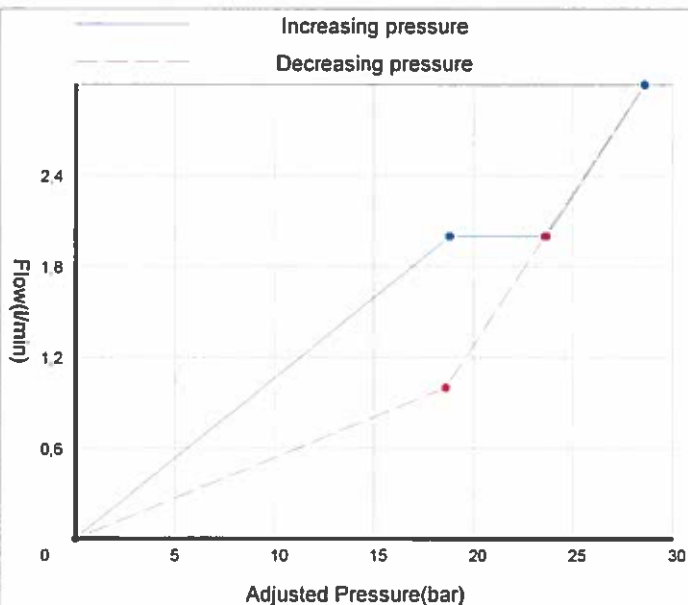
**Observations**

STRABAG**Report**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050012
Test Duration 26 min 57 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814125128L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 143 m
Depth of the section top 138 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,3	00:05:24	-	0 9	2	0	18,8	0,4
10,2	00:05:00	-	10 20	2	0	23,7	0,4
15,1	00:04:59	-	21 34	3	0	28,6	0,6
10,1	00:05:00	-	35 44	2	0	23,6	0,4
5,1	00:05:00	-	45 51	1	0	18,6	0,2

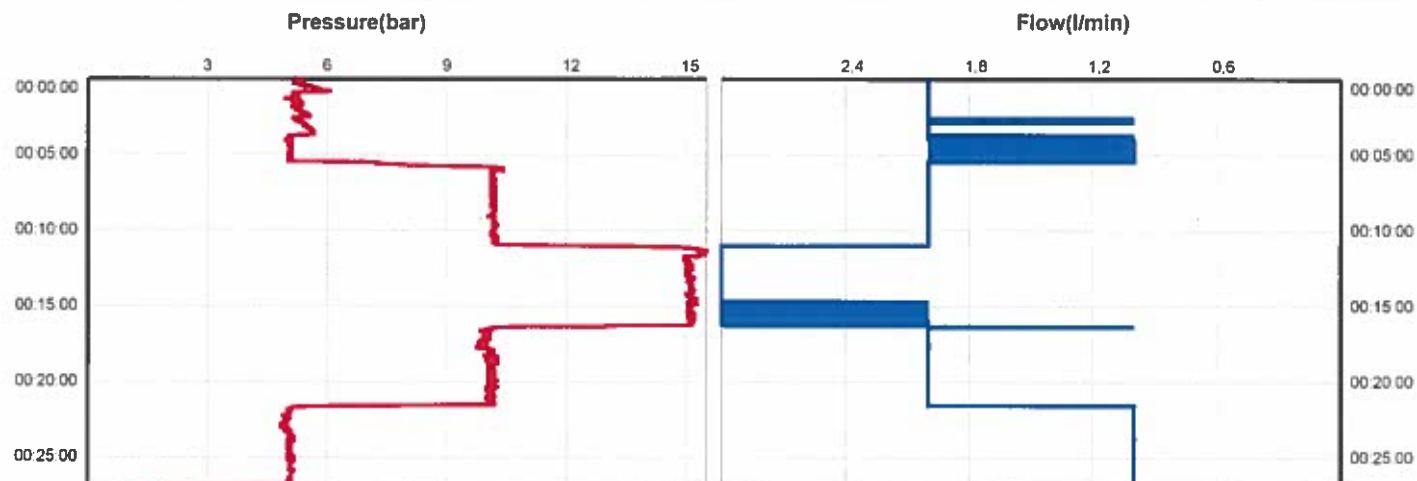
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	1,05 l/min	Lugeon	0,21
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050012
Test Duration 26 min 57 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814125128L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 143 m
Depth of the section top 138 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

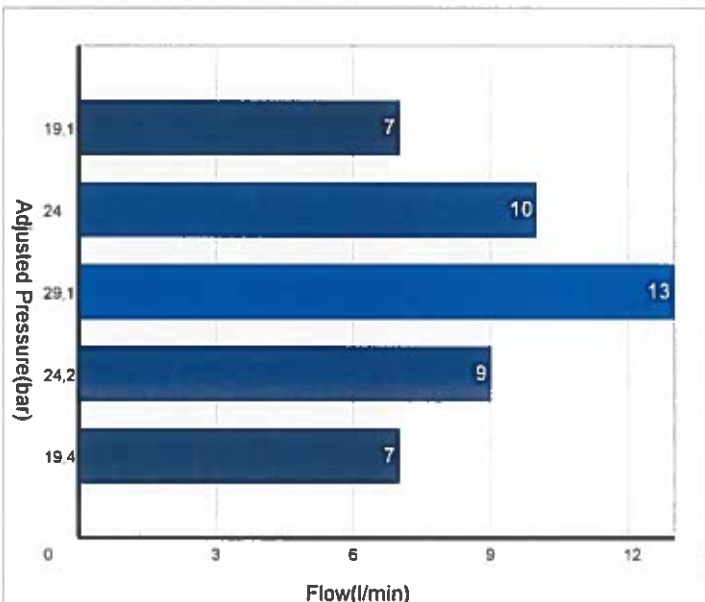
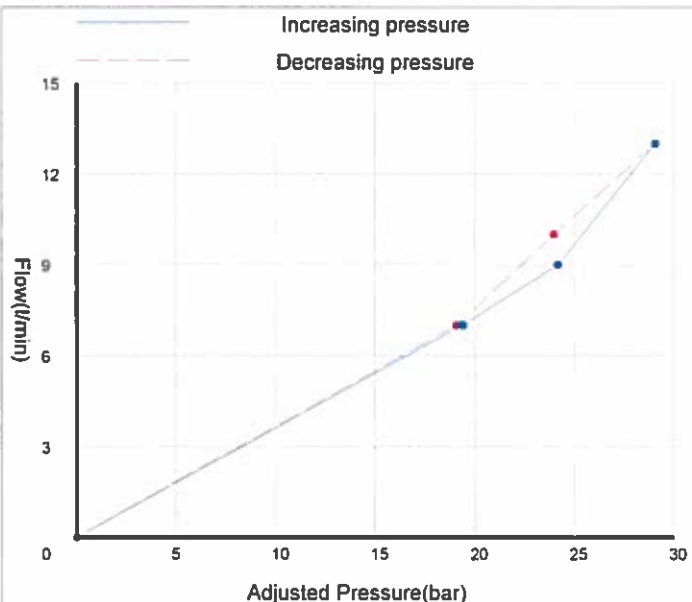
**Observations**

STRABAG**Report**

Site Address ALTO MAIPO
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050011
Test Duration 27 min 56 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814120516L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 148 m
Depth of the section top 143 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,4	00:05:11	-	0	36	7	0	19,4	1,4
10,2	00:05:01	-	40	88	9	0	24,2	1,8
15,1	00:04:59	-	88	155	13	0	29,1	2,6
10	00:06:01	-	163	224	10	0	24	2
5,1	00:05:00	-	227	263	7	0	19,1	1,4

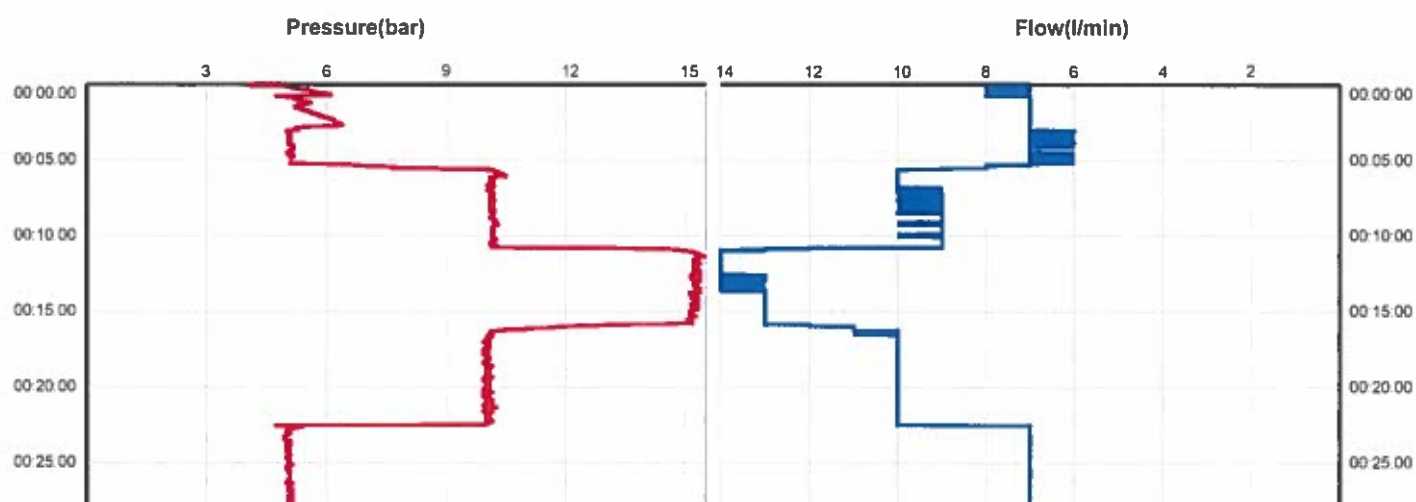
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	4,47 l/min	Lugeon	0,89
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050011
Test Duration 27 min 56 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814120516L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 148 m
Depth of the section top 143 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

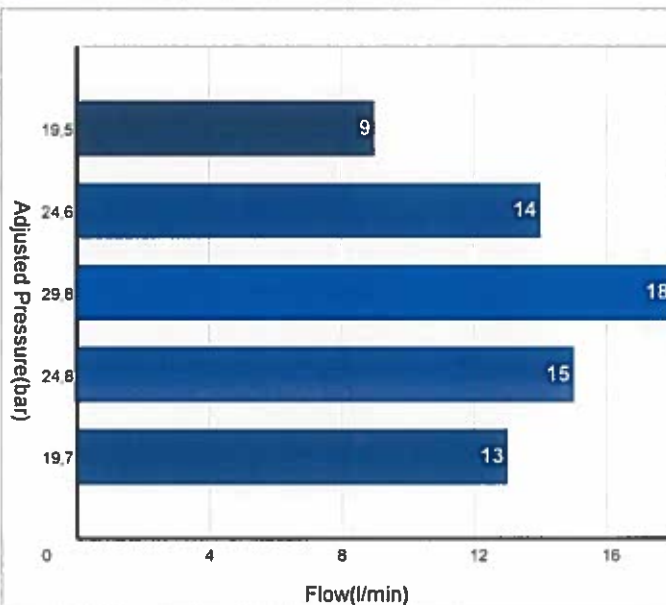
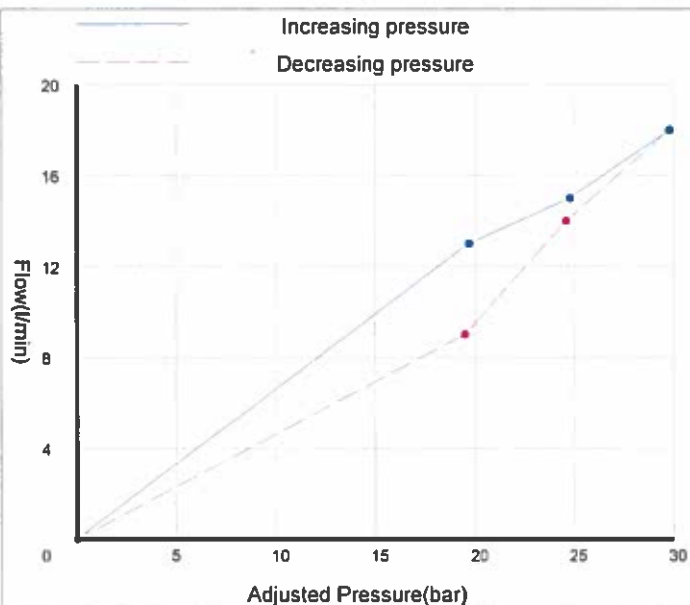
**Observations**

STRABAG**Report**

Site Address ALTO MAIPO
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050010
Test Duration 28 min 55 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814112139L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 153 m
Depth of the section top 148 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,2	00:05:13	-	0	66	13	0	19,7	2,6
10,3	00:04:59	-	79	156	15	0	24,8	3
15,3	00:05:02	-	167	259	18	0	29,8	3,6
10,1	00:05:00	-	266	334	14	0	24,6	2,8
5	00:05:03	-	343	388	9	0	19,5	1,8

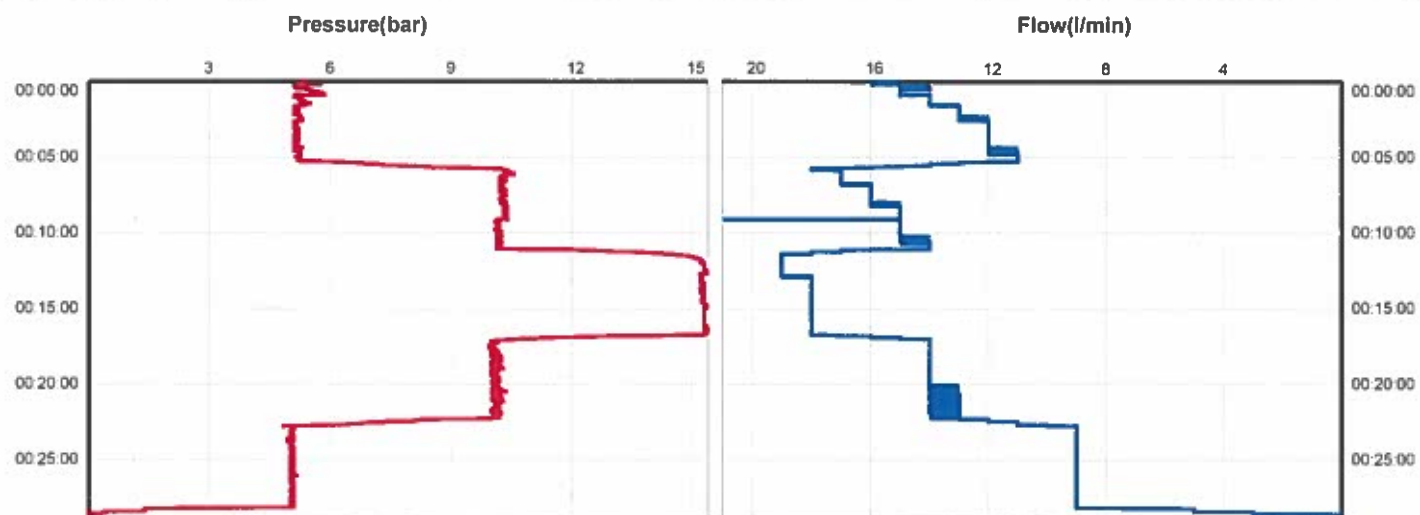
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	6,04 l/min	Lugeon	1,21
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050010
Test Duration 28 min 55 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814112139L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 153 m
Depth of the section top 148 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

**Observations**

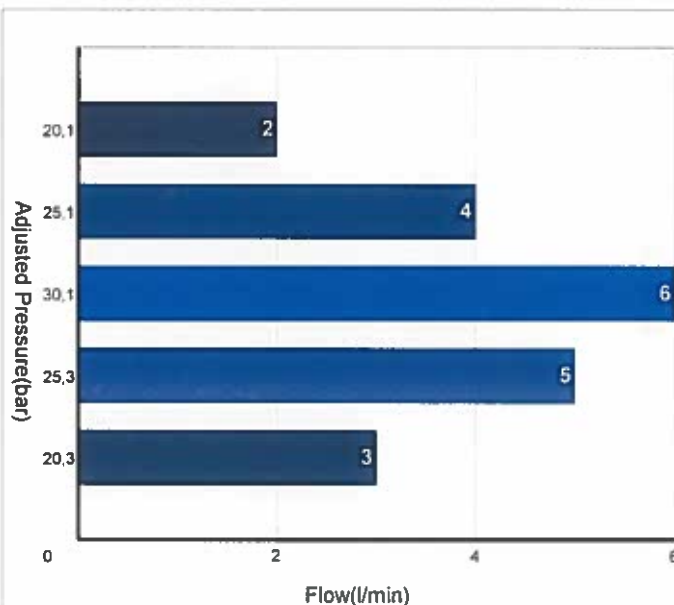
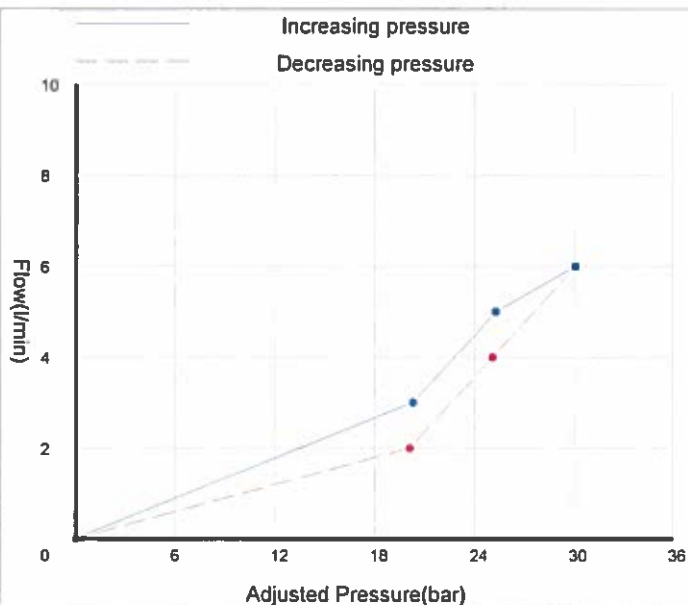


Report

Site Address ALTO MAIPO
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050009
Test Duration 27 min 23 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814103603L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 158 m
Depth of the section top 153 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,3	00:05:51	-	0	17	3	0	20,3	0,6
10,3	00:05:00	-	19	42	5	0	25,3	1
15,1	00:05:15	-	42	72	6	0	30,1	1,2
10,1	00:05:01	-	73	91	4	0	25,1	0,8
5,1	00:05:02	-	92	102	2	0	20,1	0,4



Observations

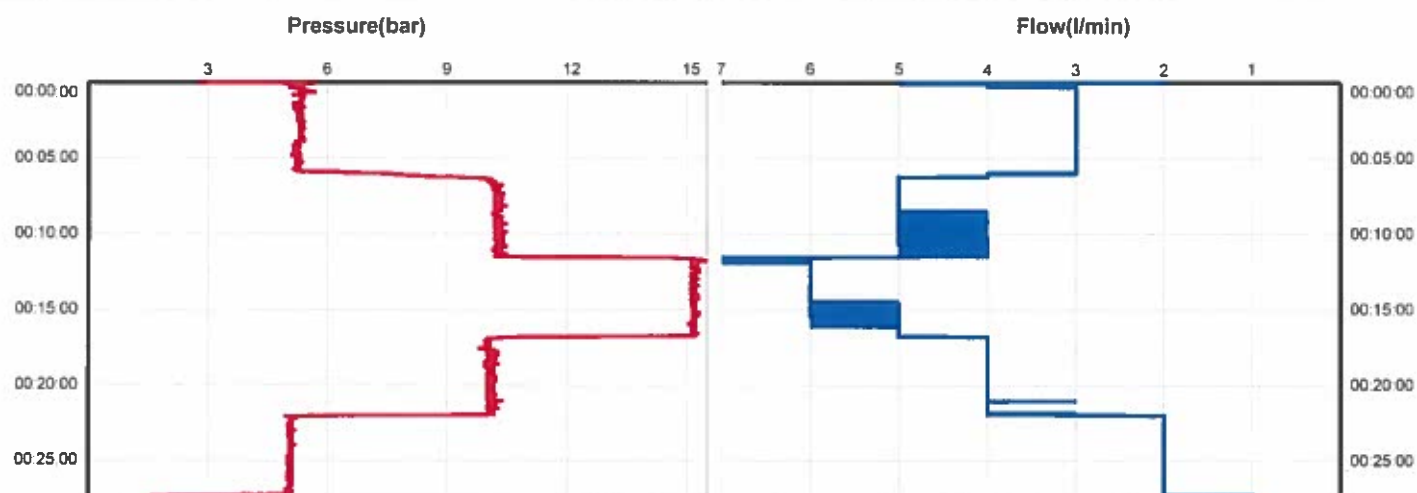
Results

1MPa flow (10 bar)	1,99 l/min	Lugeon	0,4
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050009
Test Duration 27 min 23 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814103603L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 158 m
Depth of the section top 153 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

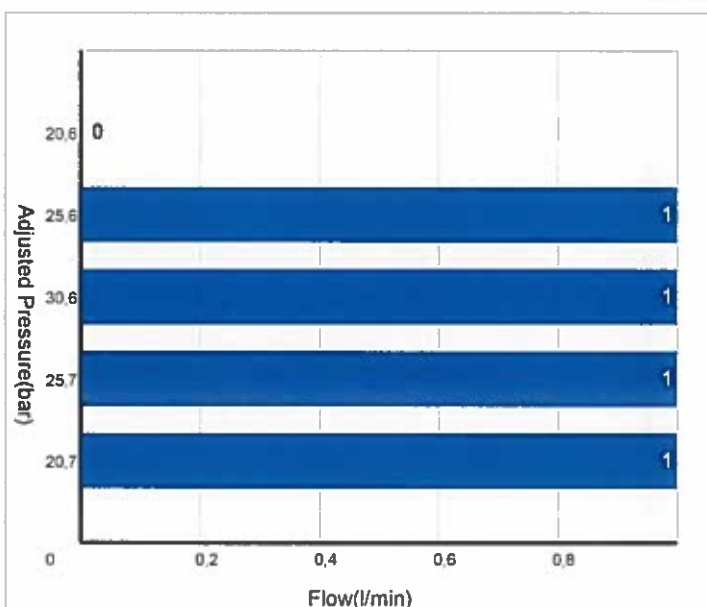
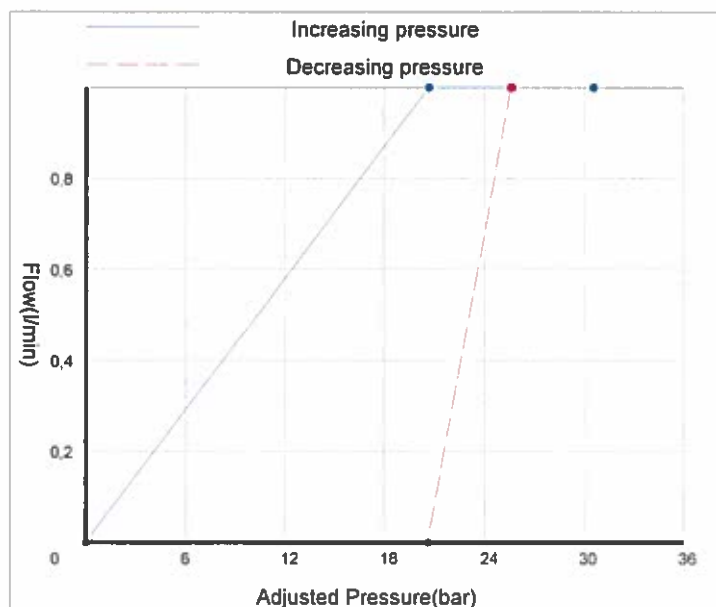
**Observations**

STRABAG**Report**

Site Address ALTO MAIPO
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050008
Test Duration 28 min 1 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814094549L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 163 m
Depth of the section top 158 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,2	00:05:19	-	0	5	1	0	20,7	0,2
10,2	00:05:04	-	6	11	1	0	25,7	0,2
15,1	00:05:01	-	12	17	1	0	30,6	0,2
10,1	00:05:05	-	17	19	1	0	25,6	0,2
5,1	00:05:03	-	20	21	0	0	20,6	0

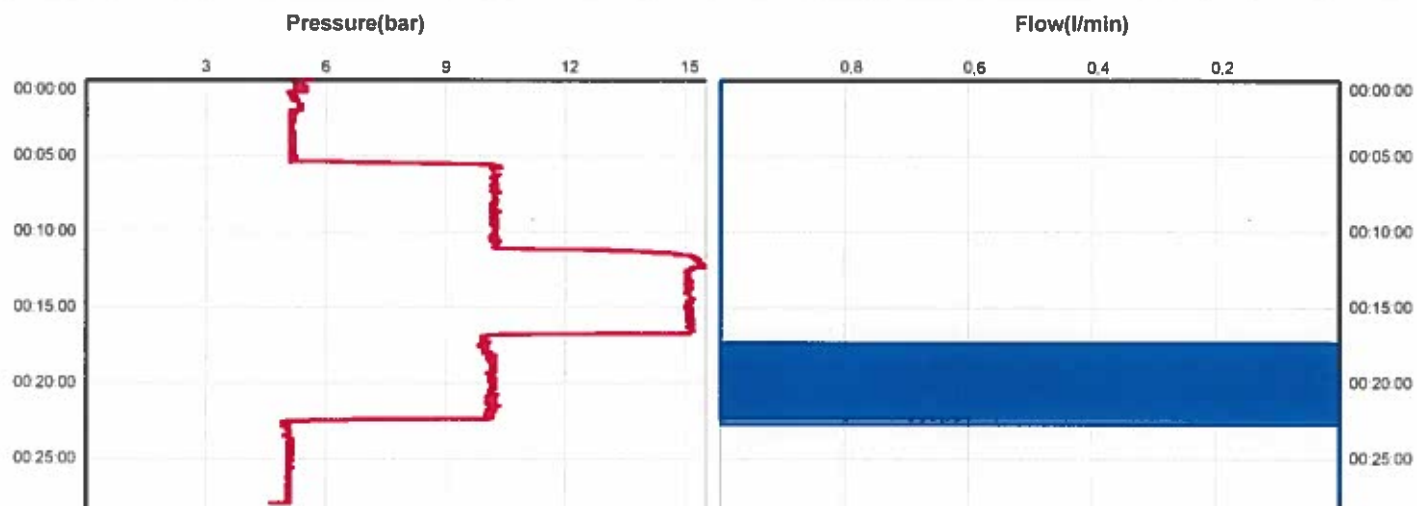
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	0,33 l/min	Lugeon	0,07
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050008
Test Duration 28 min 1 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814094549L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 163 m
Depth of the section top 158 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

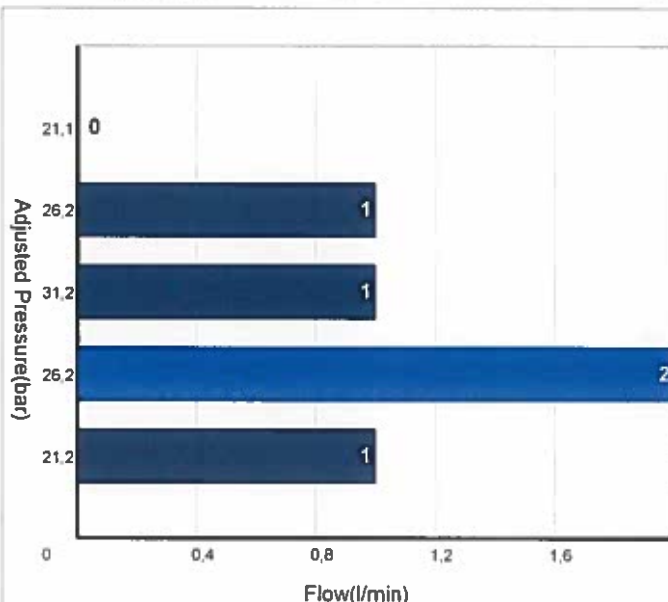
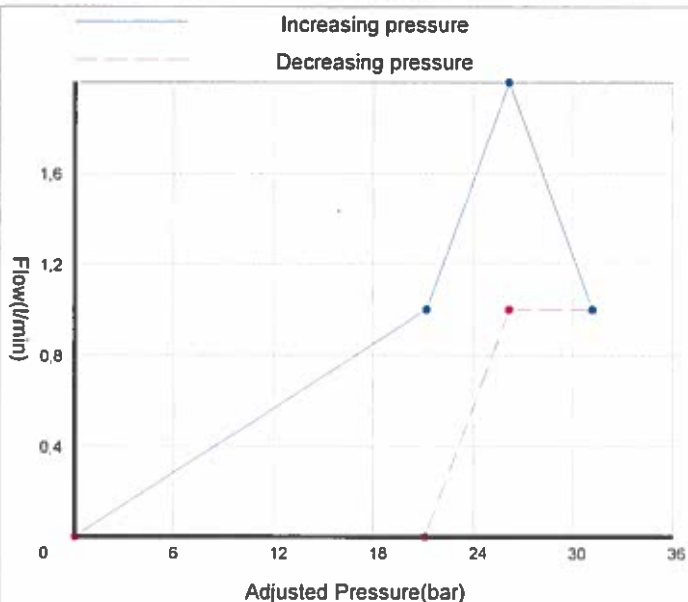
**Observations**

STRABAG**Report**

Site Address ALTO MAIPO
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050007
Test Duration 29 min 43 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814085332L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 168 m
Depth of the section top 163 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,2	00:05:48	-	0	5	1	0	21,2	0,2
10,2	00:05:01	-	6	14	2	0	26,2	0,4
15,2	00:05:00	-	15	22	1	0	31,2	0,2
10,2	00:05:01	-	23	28	1	0	26,2	0,2
5,1	00:05:01	-	28	30	0	0	21,1	0

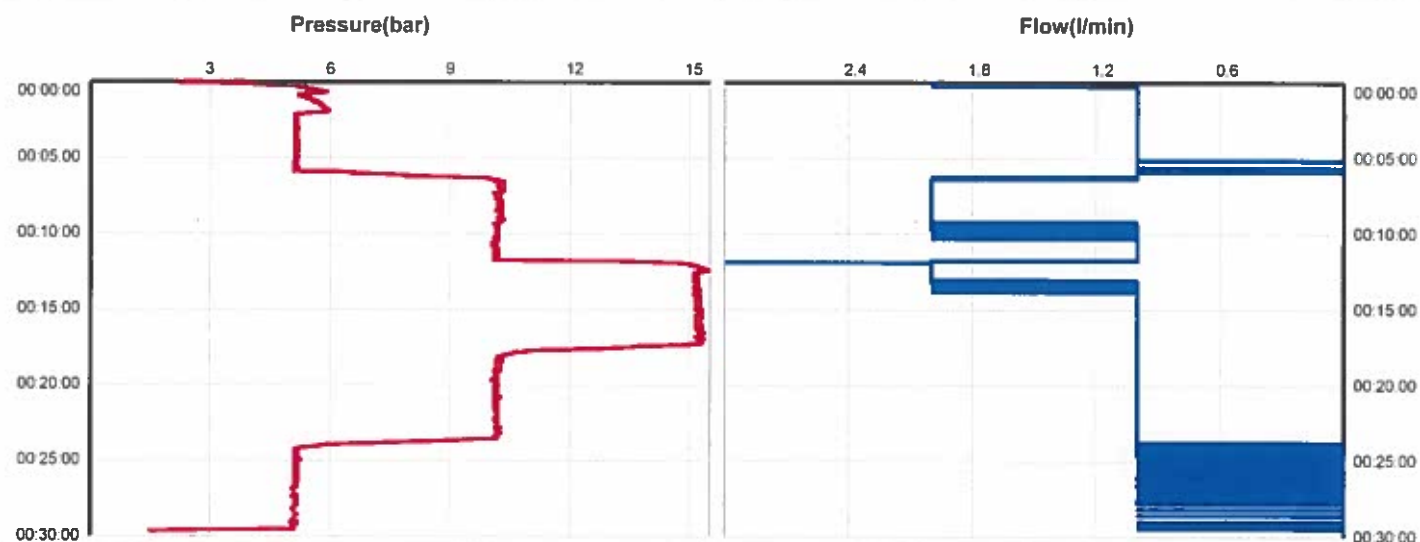
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	0,32 l/min	Lugeon	0,06
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050007
Test Duration 29 min 43 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814085332L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 168 m
Depth of the section top 163 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

**Observations**

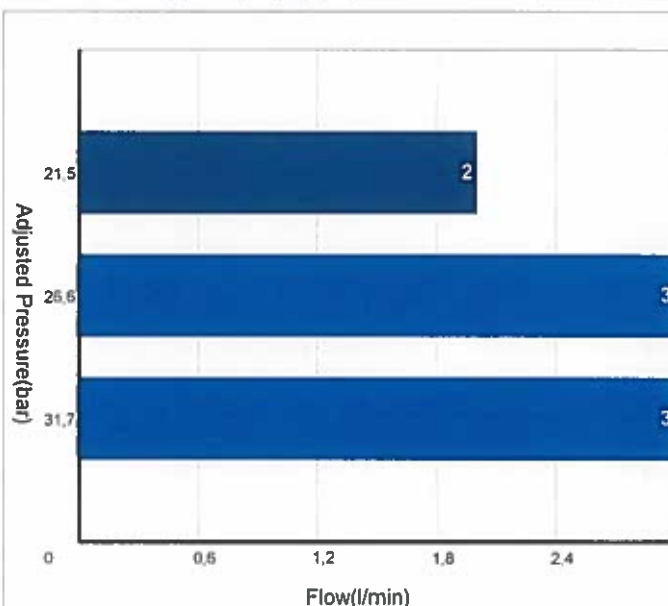
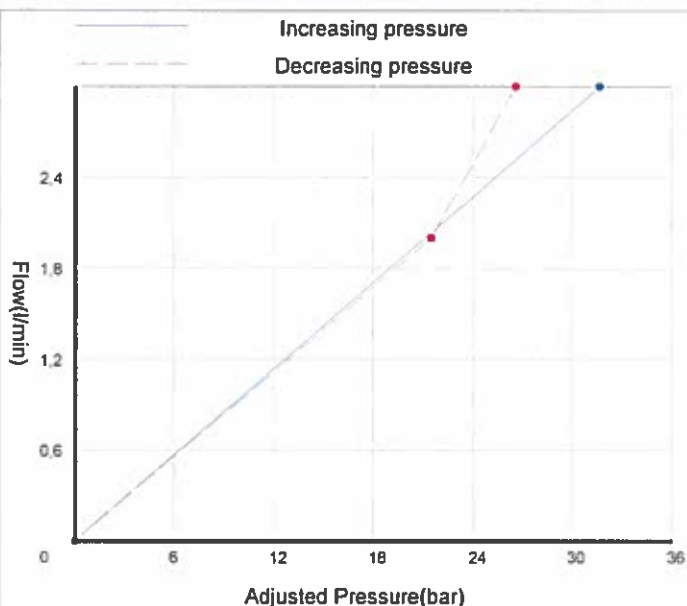
STRABAG

Report

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050006
Test Duration 17 min 19 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814070029L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 173 m
Depth of the section top 168 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
15,2	00:05:29	-	0	15	3	0	31,7	0,6
10,1	00:05:11	-	18	33	3	0	26,6	0,6
5	00:05:01	-	35	43	2	0	21,5	0,4

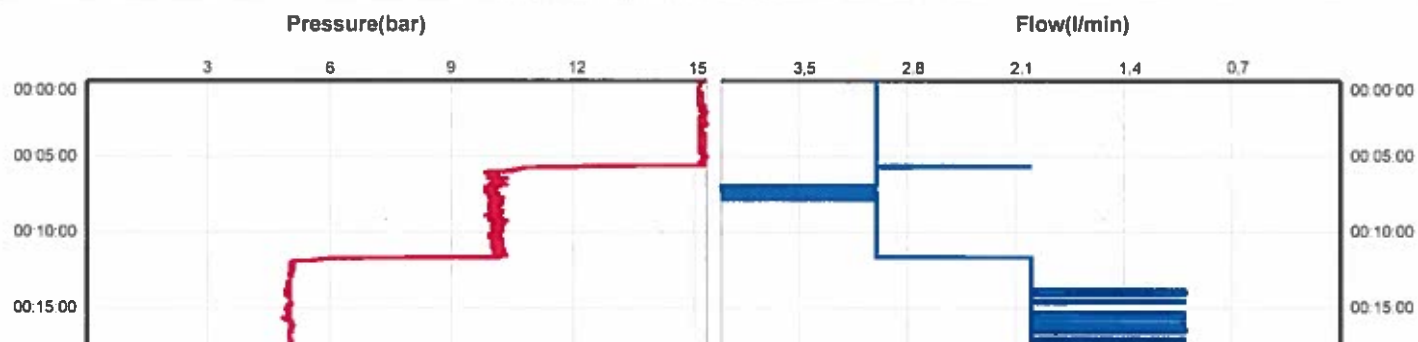
ObservationsResults

1MPa flow (10 bar)	0,95 l/min	Lugeon	0,19
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 14-08-2016
Borehole TPS BH 0050006
Test Duration 17 min 19 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160814070029L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 173 m
Depth of the section top 168 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

**Observations**

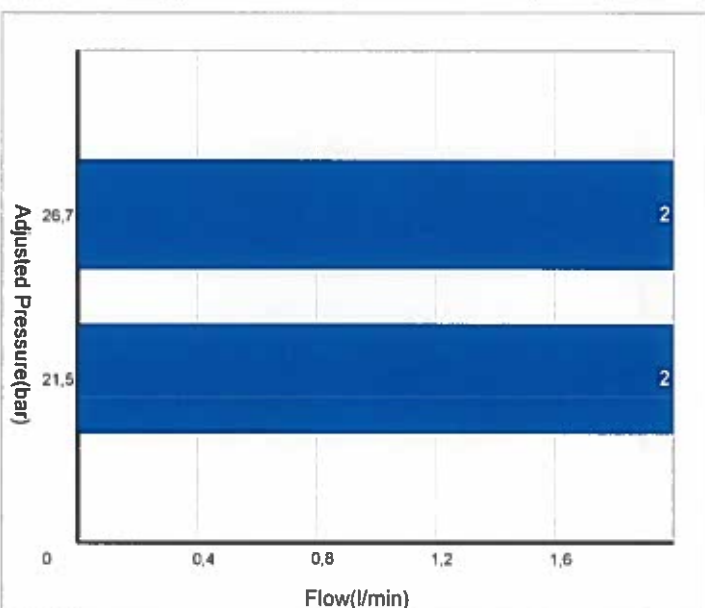
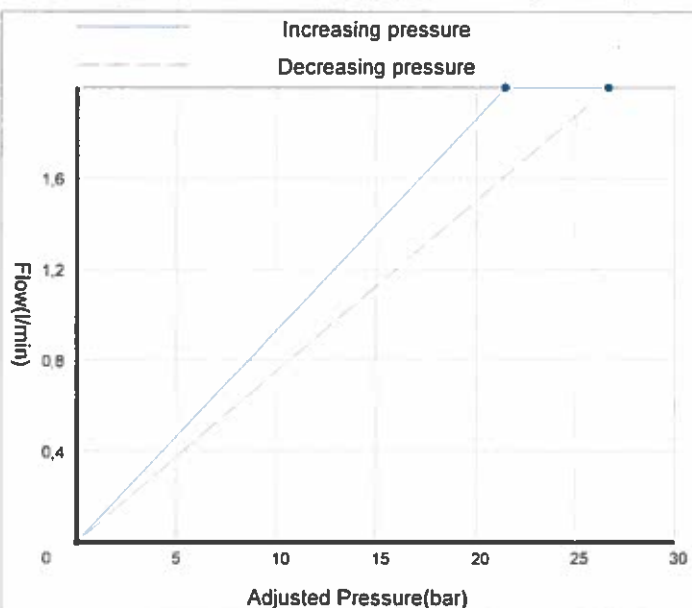
STRABAG

Report

Site Address ALTO MAIPO
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050006
Test Duration 13 min 34 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813180745L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 173 m
Depth of the section top 168 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5	00:06:04	-	0	10	2	0	21,5	0,4
10,2	00:05:01	-	13	23	2	0	26,7	0,4

**Observations****Results**

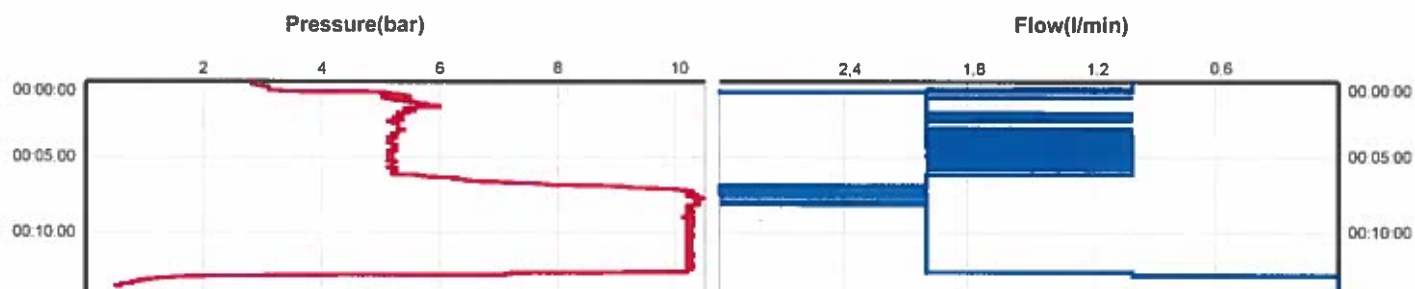
1MPa flow (10 bar)	0,75 l/min	Lugeon	0,15
Section length	5 m		

STRABAG

Test Sheet

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050006
Test Duration 13 min 34 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813180745L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 173 m
Depth of the section top 168 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

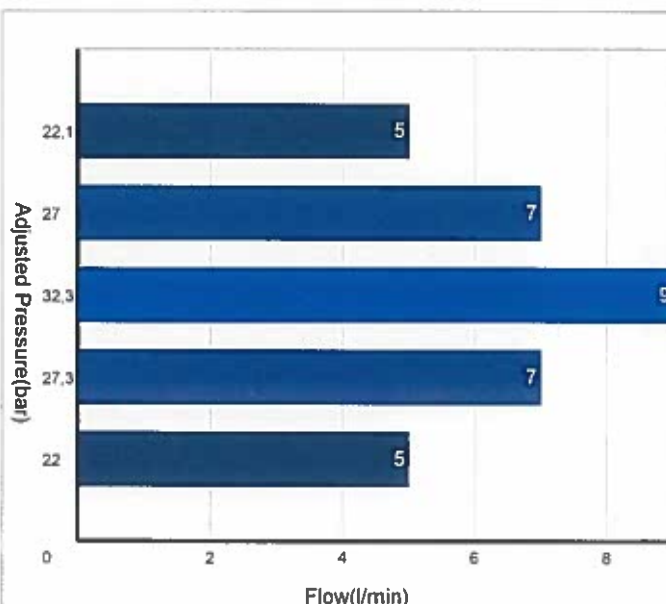
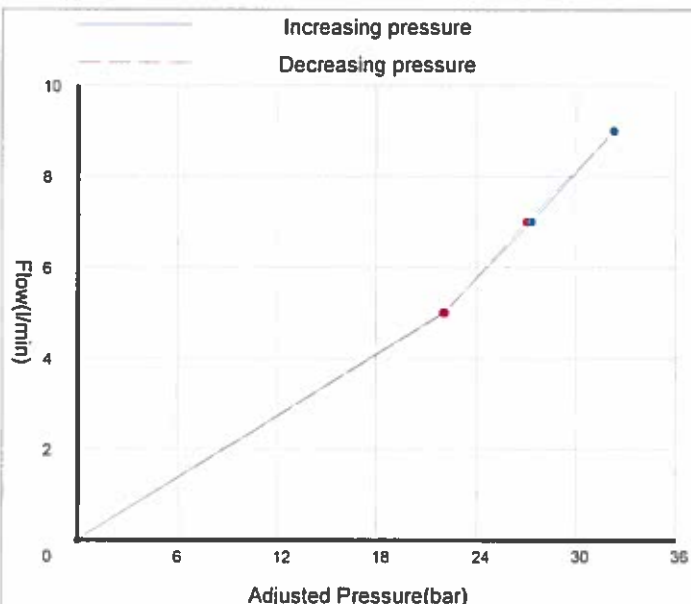
**Observations**

STRABAG**Report**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050005
Test Duration 29 min 19 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813170336L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 178 m
Depth of the section top 173 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5	00:05:23	-	0	26	5	0	22	1
10,3	00:05:01	-	32	68	7	0	27,3	1,4
15,3	00:05:01	-	79	127	9	0	32,3	1,8
10	00:05:00	-	132	168	7	0	27	1,4
5,1	00:05:06	-	171	195	5	0	22,1	1

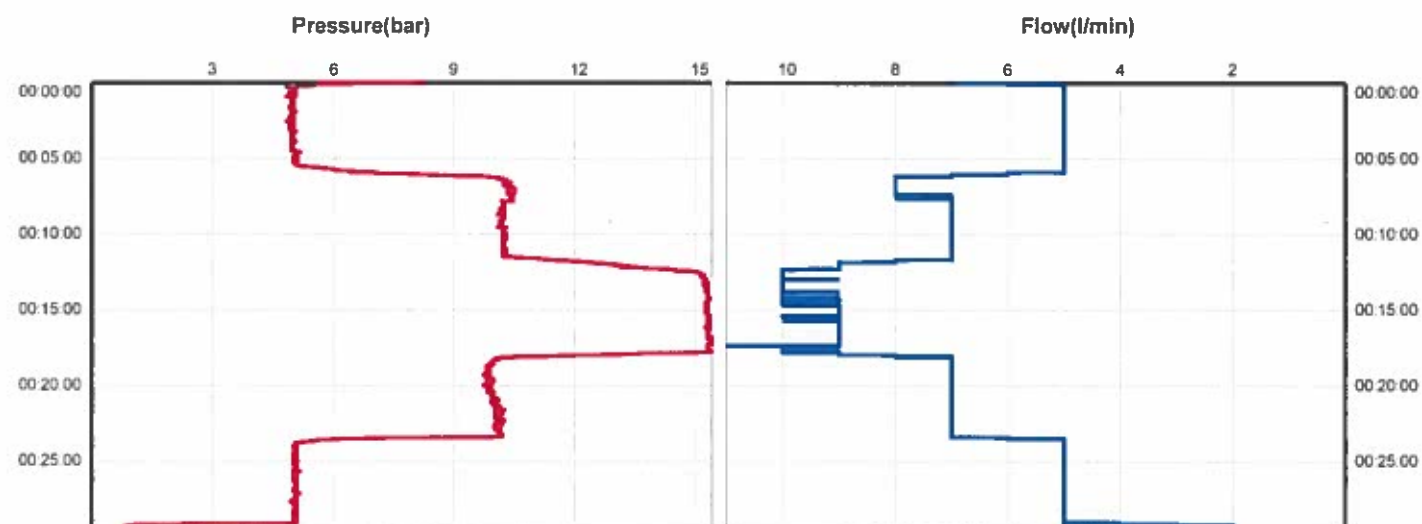
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	2,79 l/min	Lugeon	0,56
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050005
Test Duration 29 min 19 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813170336L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 178 m
Depth of the section top 173 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

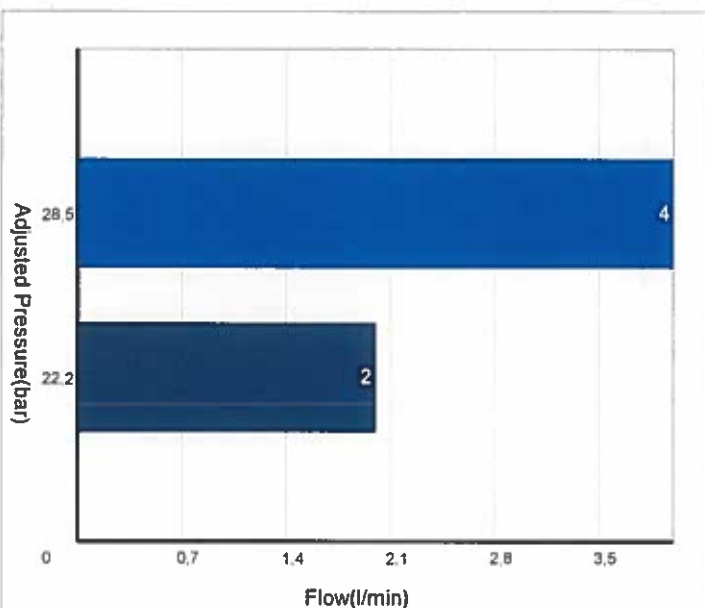
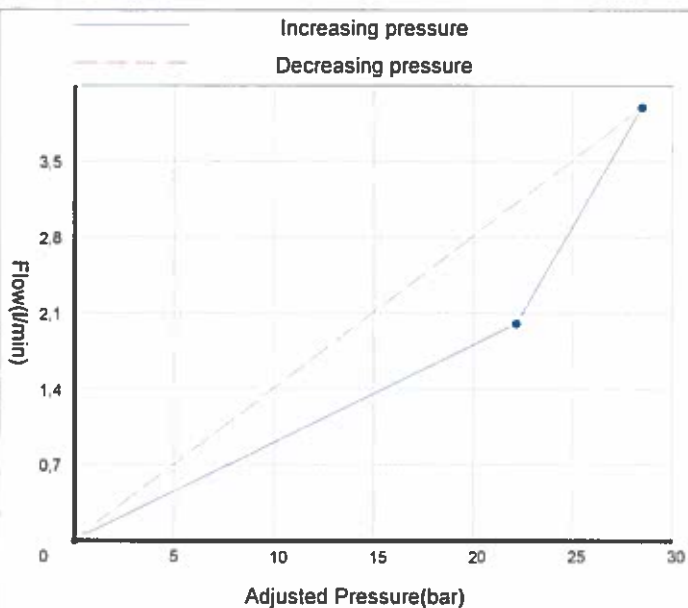
**Observations**

STRABAG**Report**

Site Address ALTO MAIPO
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050004
Test Duration 14 min 29 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813160032L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 183 m
Depth of the section top 178 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
4,7	00:06:04	-	0	14	2	0	22,2	0,4
11	00:06:35	-	20	45	4	0	28,5	0,8

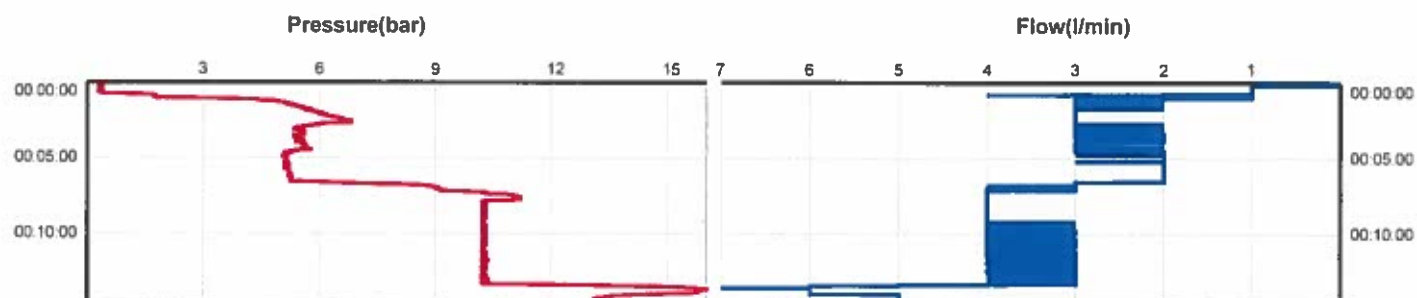
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	1,4 l/min	Lugeon	0,28
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050004
Test Duration 14 min 29 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813160032L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 183 m
Depth of the section top 178 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

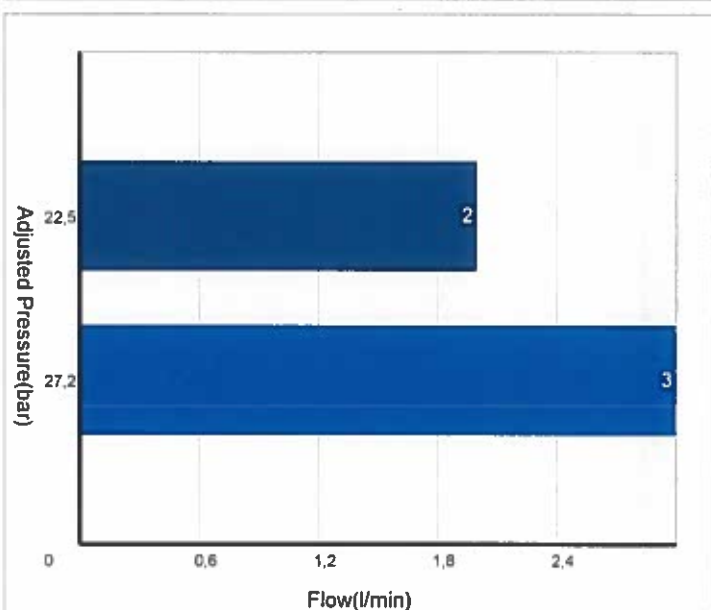
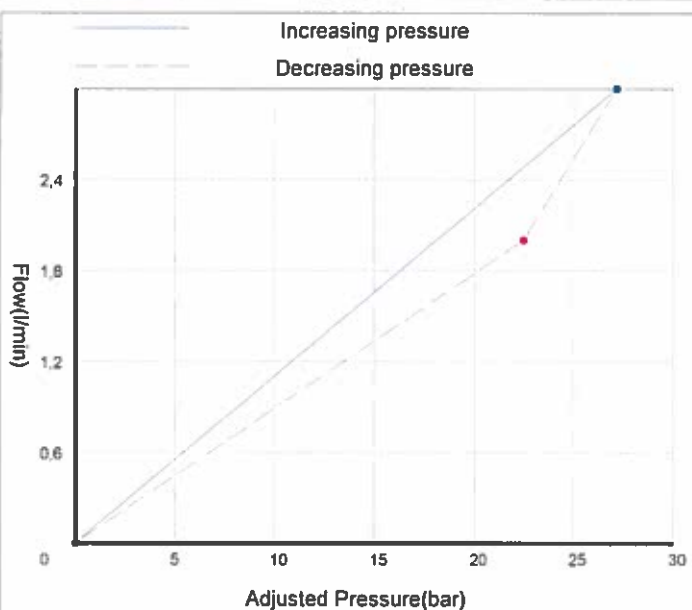
**Observations**

STRABAG**Report**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050004
Test Duration 12 min 51 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813163645L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 183 m
Depth of the section top 178 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
9,7	00:07:08	-	0	24	3	0	27,2	0,6
5	00:05:05	-	25	36	2	0	22,5	0,4

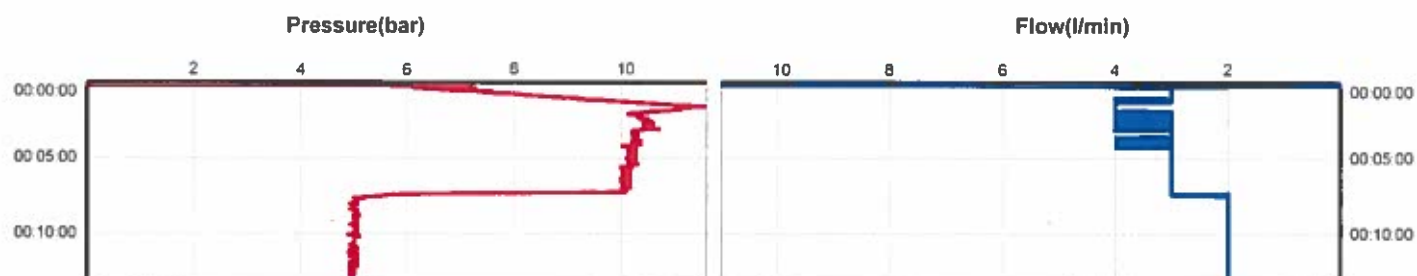
**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	1,1 l/min	Lugeon	0,22
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050004
Test Duration 12 min 51 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813163645L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 183 m
Depth of the section top 178 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

**Observations**

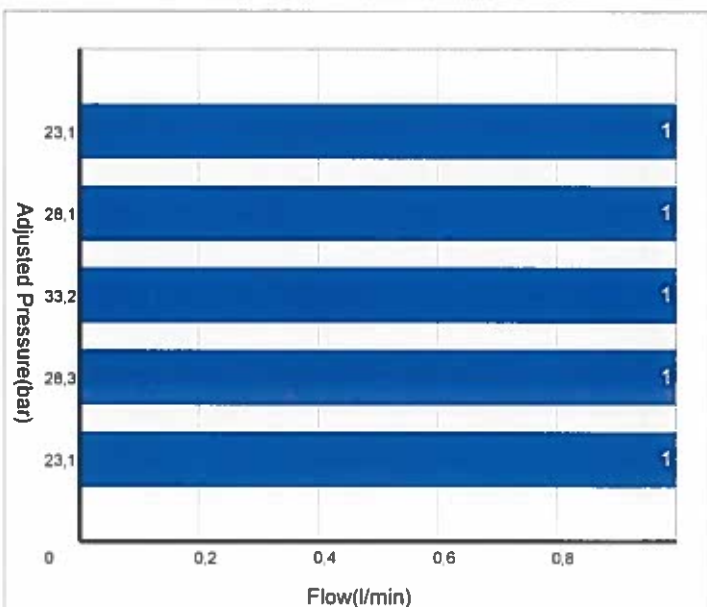
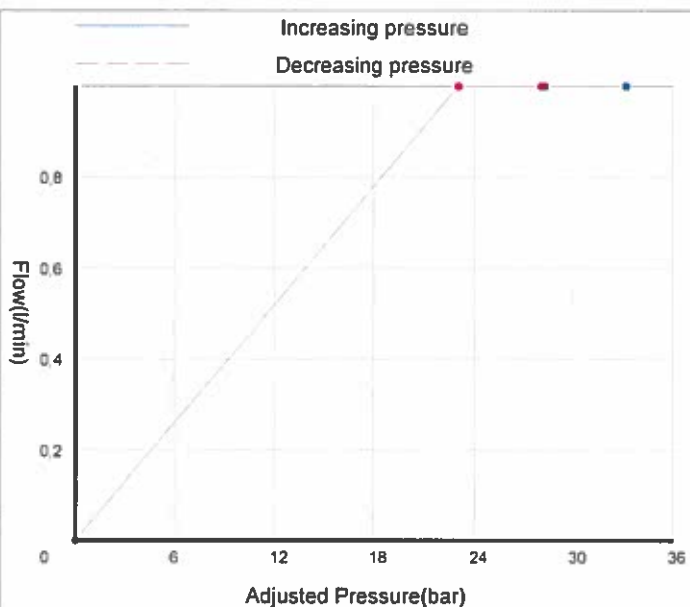


Report

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050003
Test Duration 30 min 55 sec
Operator Adolfo
File 50129160813151357L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 188 m
Depth of the section top 183 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 40 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
5,1	00:05:58	-	0	3	1	0	23,1	0,2
10,3	00:05:00	-	5	10	1	0	28,3	0,2
15,2	00:05:01	-	11	18	1	0	33,2	0,2
10,1	00:05:00	-	19	24	1	0	28,1	0,2
5,1	00:05:00	-	24	28	1	0	23,1	0,2



Observations

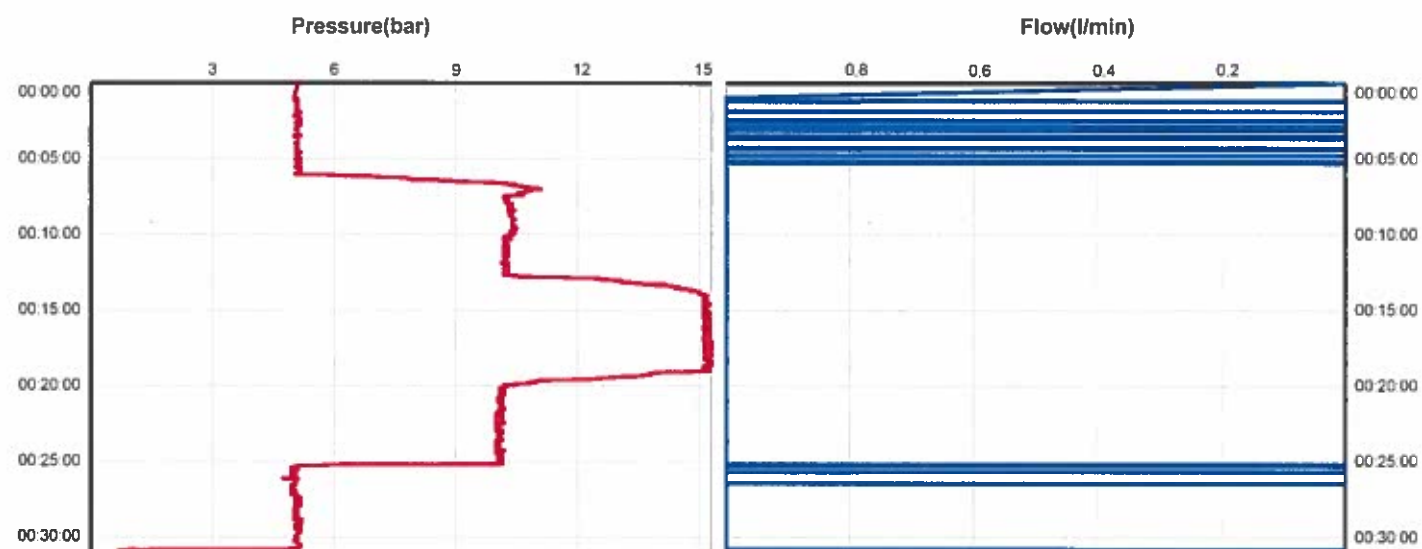
Results

1MPa flow (10 bar)	0,3 l/min	Lugeon	0,06
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050003
Test Duration 30 min 55 sec
Operator Adolfo
File 50129160813151357L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 188 m
Depth of the section top 183 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 40 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

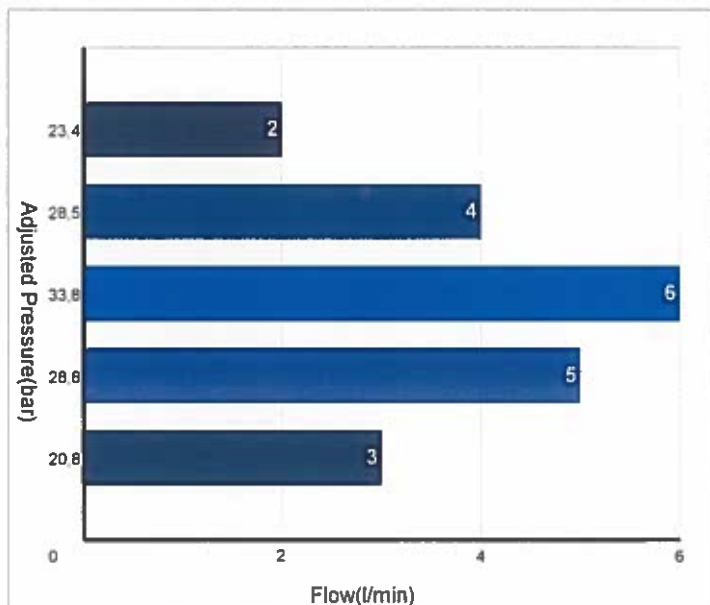
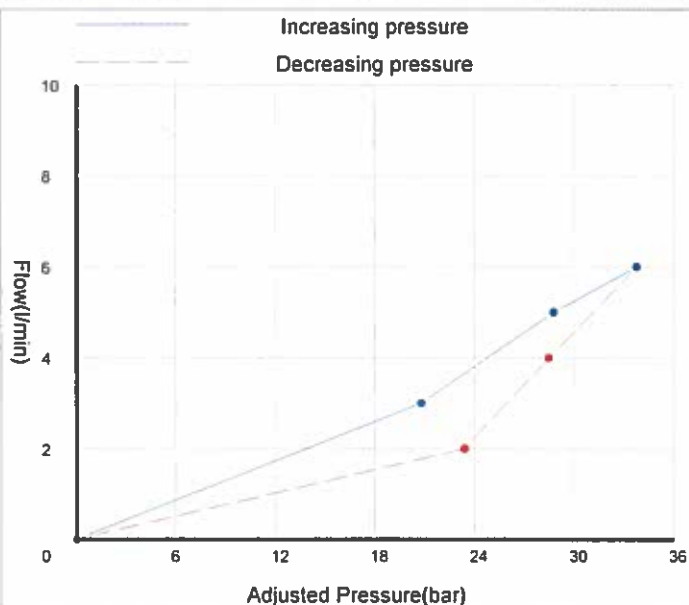
**Observations**

STRABAG**Report**

Site Address ALTO MAIPO
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050002
Test Duration 38 min 21 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813123827L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 193 m
Depth of the section top 188 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

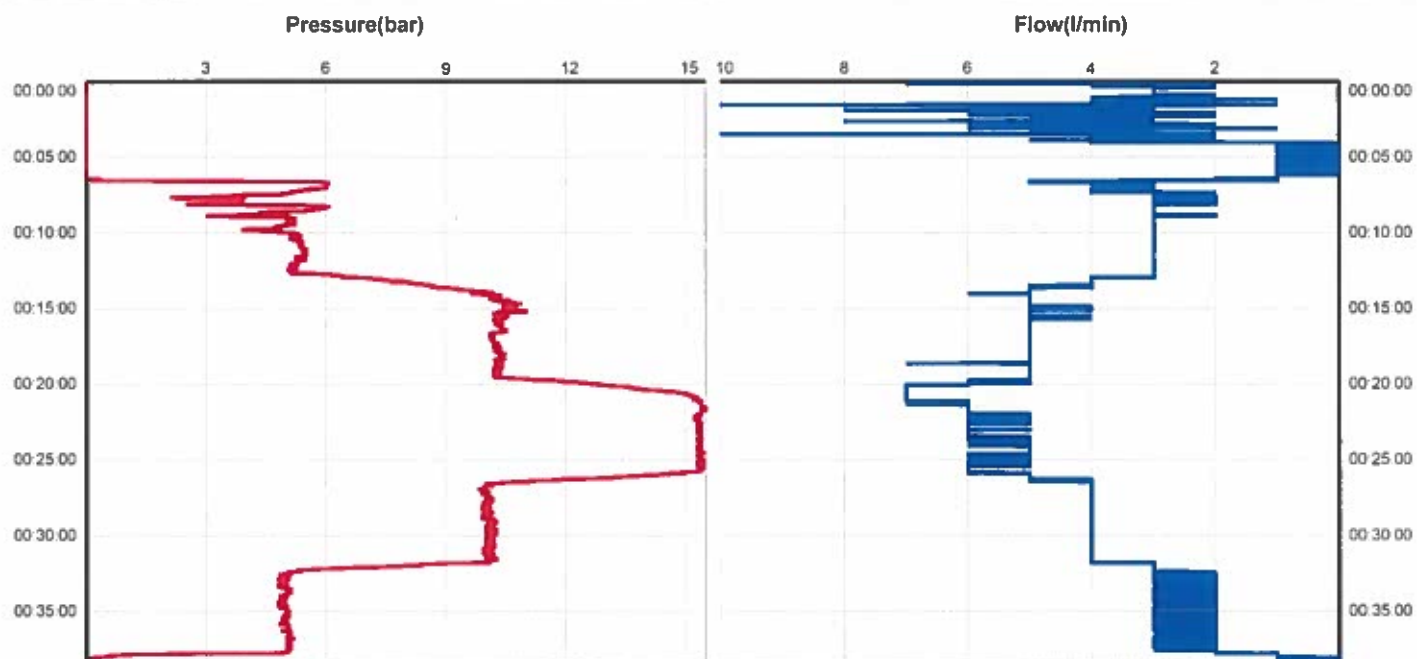
Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)		Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
2,4	00:12:33	-	0	34	3	0	20,8	0,6
10,4	00:05:01	-	42	66	5	0	28,8	1
15,4	00:04:59	-	74	103	6	0	33,8	1,2
10,1	00:05:01	-	107	128	4	0	28,5	0,8
5	00:05:00	-	130	142	2	0	23,4	0,4

**Observations****Results**

1MPa flow (10 bar)	1,78 l/min	Lugeon	0,36
Section length	5 m		

Site Address	ALTO MAIPO
Date	13-08-2016
Borehole	TPS BH 0050002
Test Duration	38 min 21 sec
Operator	Adolfo Villalobos
File	50129160813123827L

Depth of the ground water level	-
Depth of the section bottom	193 m
Depth of the section top	188 m
Section diameter	76 mm
Packer length	50 cm
Packer pressure	30 bar
Depth of the sensor	0 m
Soil type	



pressure measured at surface

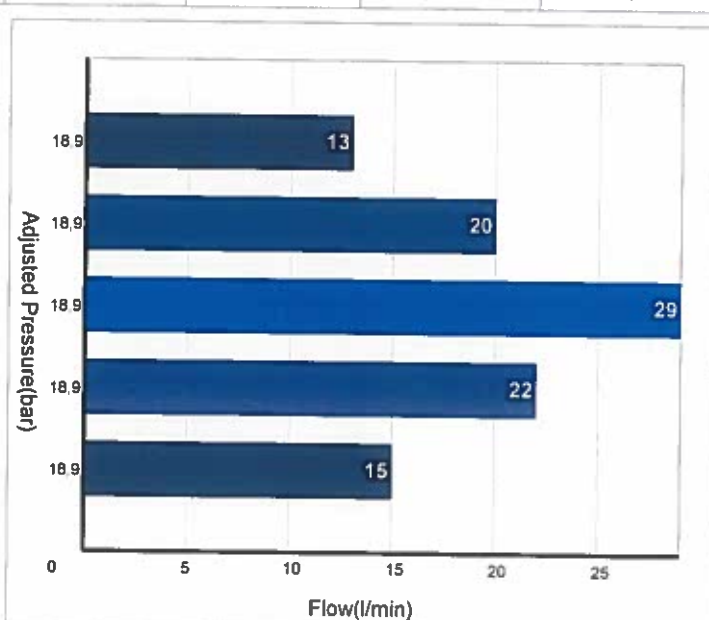
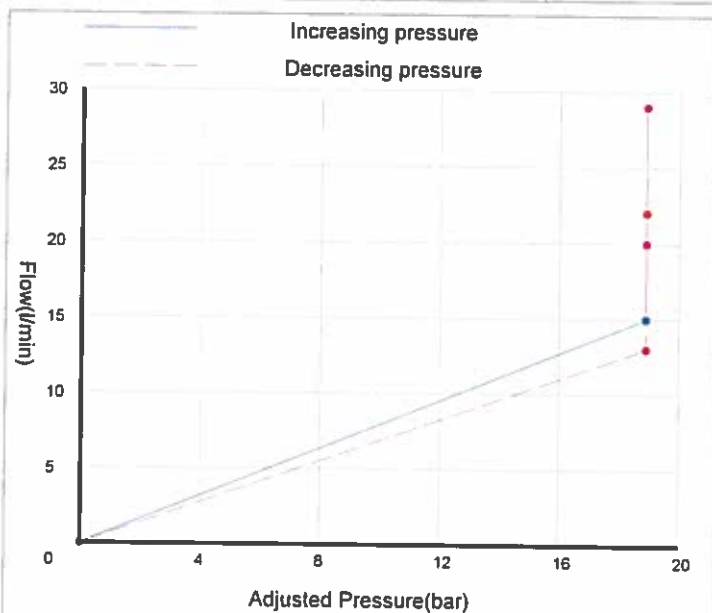
STRABAG

Report

Site Address ALTO MAIPO
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050001
Test Duration 31 min 50 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813115117L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 198 m
Depth of the section top 193 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

Measured pressure (bar)	Duration (hh:mm:ss)	Water level (m)	Volume (l) (start/end)	Flow(l/min)	Pressure drop (bar)	Adjusted Pressure(bar)	Flow / Section length
0	00:07:06	-	0 103	15	0	18,9	3
0	00:05:01	-	113 225	22	0	18,9	4,4
0	00:05:01	-	292 437	29	0	18,9	5,8
0	00:05:03	-	452 551	20	0	18,9	4
0	00:05:03	-	562 625	13	0	18,9	2,6

**Observations**

no digital reading of pressure

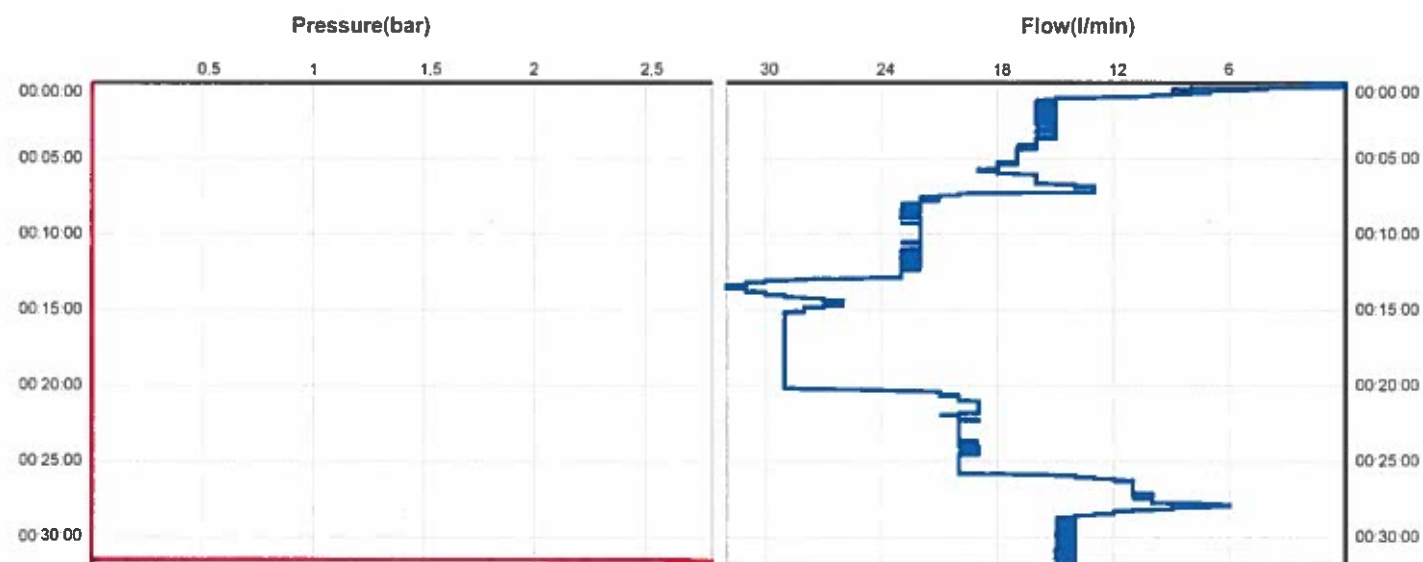
Results

1MPa flow (10 bar)	7,94 l/min	Lugeon	1,59
Section length	5 m		

STRABAG**Test Sheet**

Site ALTO MAIPO
Address
Date 13-08-2016
Borehole TPS BH 0050001
Test Duration 31 min 50 sec
Operator Adolfo Villalobos
File 50129160813115117L

Depth of the ground water level -
Depth of the section bottom 198 m
Depth of the section top 193 m
Section diameter 76 mm
Packer length 50 cm
Packer pressure 30 bar
Depth of the sensor 0 m
Soil type

**Observations**

SRK Registro de Distribución

No. de Informe

02-2354-06

Revisión

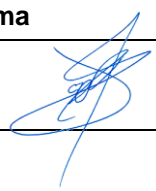
0

Emitido Para

Revisión

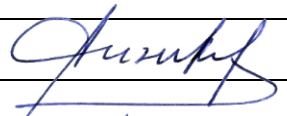
No. de Copia

Digital

Nombre/Cargo	Empresa	Copia(s)	Fecha	Elaborado por	Firma
Andrés Cabello	MGFSN	Digital	05-02-2018	J. M. García	
Archivo	SRK	1	05-02-2018	J. M. García	

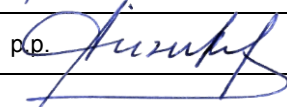
Revisión Técnica:

O. Suzuki

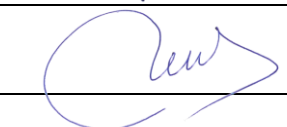


Jefe de Área:

B. Labarca

Firma de Aprobación para
envío a Cliente:

S. Orellana



Este informe está protegido por derecho de autor por parte de SRK Consulting. Prohibida su reproducción o transmisión en cualquier forma o por cualquier medio a cualquier persona sin previa autorización escrita de SRK Consulting.

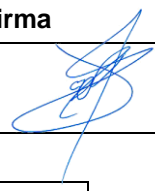
Control de Cambios

No. de Proyecto

02-2354-06

No. de Copia

Digital

Fecha	Rev	Cambio(s)	Elaborado por	Firma
05-02-2018	0	Comentarios del Cliente	J.M. García	
01-02-2018	A	---	J.M. García	

Firma de Aprobación:

S. Orellana

