

**UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**ANÁLISIS DE LAS PORTENCIALES CARACTERÍSTICAS DE UN  
SISTEMA DE AGUAS SUSTERRÁNEAS MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE  
POZOS EXISTENTES**

**CONSTANZA SOLEDAD URIBE CORREA**

PROYECTO DE TÍTULO  
PRESENTADO A LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA AGRÍCOLA DE LA  
UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN,  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERA CIVIL AGRÍCOLA

**CHILLÁN – CHILE**

**2023**

**ANÁLISIS DE LAS PORTENCIALES CARACTERÍSTICAS DE UN  
SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE  
POZOS EXISTENTES**

Aprobada por:

Luis Octavio Lagos Roa  
Ingeniero Civil Agrícola, Ph. D.  
Profesor Asociado

---

Profesor Guía

Nicole Uslar Valle  
Ingeniera Civil Agrícola, Ph. D  
Profesor Asistente

---

Profesor Asesor

José Luis Arumí Ribera  
Ingeniero Civil, Ph. D  
Profesor Titular

---

Profesor Asesor

José Luis Arumí Ribera  
Ingeniero Civil, Ph. D  
Profesor Titular

---

Director de Departamento

María Eugenia Gonzáles Rodríguez  
Ingeniera Agrónoma, Ph. D  
Profesor Asociado

---

Decana

## ÍNDICE DE MATERIAS

Página

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>SUMMARY</b> .....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	7
<b>2.1 Objetivo general</b> .....	7
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	7
<b>3. ANTECEDENTES GENERALES</b> .....	8
<b>3.1 Área de estudio</b> .....	8
<b>3.2 Antecedentes del área de estudio</b> .....	9
<b>3.2 Piezómetro de observación</b> .....	11
<b>3.3 Prueba de bombeo piezómetro de observación</b> .....	14
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	15
<b>4.1 Base de datos creada para el análisis</b> .....	18
<b>5. RESULTADOS</b> .....	24
<b>5.1 Análisis en una distancia de 5 kilómetros para pozos profundos.</b> .....	24
<b>5.2 Análisis en una distancia de 10 kilómetros para pozos profundos.</b> .....	28
<b>5.3 Análisis en una distancia de 5 kilómetros para pozos zanjas y norias.</b> ....	34
<b>5.4 Análisis en una distancia de 10 kilómetros para pozos zanjas y norias.</b> 38	
<b>5.5 Estratigrafía de pozos en el área de trabajo</b> .....	43
<b>6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	46
<b>6.1 Comparación con el piezómetro de observación</b> .....	47
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	48
<b>8. LITERATURA CITADA</b> .....	50
<b>9. ANEXO</b> .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Descripción litológica pozo de monitoreo San Carlos.....	12
Tabla 2. Bases de datos creada con la información de las fichas técnicas con los pozos que se encuentran a 5 km a la redonda. ....	19
Tabla 3. Bases de datos creada con la información de las fichas técnicas con los pozos que se encuentran a 10 km a la redonda. ....	21
Tabla 4. Frecuencias de los niveles estáticos de pozos profundos en 5 km a la redonda, los cuales informaron datos técnicos. ....	26
Tabla 5. Frecuencias de los niveles dinámicos de pozos profundos en 5 km a la redonda, los cuales informaron datos técnicos. ....	27
Tabla 6. Nivel estático de los 5 pozos que informan datos técnicos en los 5 km a la redonda. ....	37
Tabla 10. Nivel dinámico de los 4 pozos que informan datos técnicos en los 5 km a la redonda. ....	37
Tabla 8. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-0801-8442. ....	43
Tabla 9. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-1603-56.....	44

Tabla 10. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-1603-31.....	44
Tabla 11. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-0801-103667.....	44
Tabla 12. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-0801-8203.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Imagen satelital de Google Earth del área de estudio.....	8
Figura 2.	Caracterización predial del área del estudio.....	9
Figura 3.	Ventana emergente al seleccionar un derecho del Observatorio Georreferenciado de la página web de la Dirección General de Agua.....	16
Figura 4.	Ventana donde se descargan las fichas técnicas. Fuente: Observatorio georreferenciado DGA.....	17
Figura 5.	Imagen de los pozos que están siendo analizados a 5 km a la redonda.....	18
Figura 6.	Imagen de los pozos que están siendo analizados a 10 km a la redonda.....	20
Figura 7.	Representación gráfica del año de inscripción de pozos profundos en los 5 km a la redonda. ....	24
Figura 8.	Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 5 km a la redonda para pozos profundos.....	25
Figura 9.	Representación gráfica de caudales ( $L s^{-1}$ ) en 5 km a la redonda de pozos profundos. ....	26
Figura 10.	Representación gráfica del año de inscripción de pozos profundos en los 10 km a la redonda.....	28
Figura 11.	Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 10 km a la redonda para pozos profundos. ....	29

Figura 12.	Representación gráfica de caudales ( $L s^{-1}$ ) en 10 km a la redonda de pozos profundos. ....	30
Figura 13.	Representación gráfica de caudales ( $L s^{-1}$ ) en 10 km a la redonda de pozos profundos eliminado el dato errado. ....	31
Figura 14.	Histograma con los datos de nivel estáticos de pozos profundos a los 10 km a la redonda. ....	32
Figura 15.	Histograma con los datos de nivel dinámico de pozos profundos a los 10 km a la redonda. ....	33
Figura 16.	Representación gráfica de las características físicas de los pozos de poca profundidad en 5 km a la redonda. ....	34
Figura 17.	Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 5 km a la redonda para pozos de poca profundidad. ....	35
Figura 18.	Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 5 km a la redonda para pozos de poca profundidad. ....	35
Figura 19.	Representación gráfica de caudales en 5 km a la redonda de pozos de poca profundidad. ....	36
Figura 20.	Representación gráfica de las características físicas de los pozos de poca profundidad en 10 km a la redonda. . ....	38
Figura 21.	Representación gráfica del año de inscripción en 10 km a la redonda para pozos de poca profundidad. ....	39
Figura 22.	Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 10 km a la redonda para pozos de poca profundidad. ....	40
Figura 23.	Representación gráfica de caudales en 10 km a la redonda de pozos de poca profundidad. ....	41

Figura 24.	Histograma con los datos de nivel estático de pozos de poca profundidad (m). .....	42
Figura 25.	Histograma con los datos de nivel dinámico de pozos de poca profundidad (m). .....	43

## **ANÁLISIS DE LAS POTENCIALES CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS MEDIANTE LA EVALUACIÓN DE POZOS EXISTENTES**

### **ANALYSIS OF THE POTENTIAL CHARACTERISTICS OF A GROUNDWATER SYSTEM THROUGH THE EVALUATION OF EXISTING WELL**

**Palabras claves:** Acuífero, extracción, caudal, subterránea, nivel estático, nivel dinámico.

#### **RESUMEN**

El caudal y la profundidad de una captación de agua subterránea son las primeras variables que se tiene en consideración cuando se quiere analizar las características de una captación de aguas subterráneas. Ambas variables están directamente relacionadas con el nivel estático y dinámico del acuífero que tendrá un nuevo pozo. El objetivo general de este proyecto fue: "analizar las potenciales características de un sistema de aguas subterráneas mediante la evaluación de pozos cercanos existentes". Los resultados indicaron que analizando los datos que entrega la Dirección General de Aguas se puede concluir que el nivel estático de los pozos profundos de un terreno en las cercanías de San Carlos se encuentra entre los 2 a 6 metros de profundidad, un nivel dinámico entre 5 y 17 metros y un caudal promedio de  $42,4 \text{ ls}^{-1}$ . Estos resultados se compararon con la construcción posterior de un pozo de observación en el lugar donde se encontró un caudal de  $20 \text{ ls}^{-1}$ , con un nivel estático de 5,51 m y dinámico de 13,9 m.

En general se puede concluir que, realizando un estudio de los pozos cercanos existentes, sería posible obtener una estimación adecuada de caudal y profundidad asociado a niveles estáticos y dinámicos en una nueva captación.

## **ANALYSIS OF THE POTENTIAL CHARACTERISTICS OF A GROUNDWATER SYSTEM THROUGH THE EVALUATION OF EXISTING WELL**

**Key words:** Aquifer, extraction, flow, groundwater, static level, dynamic level.

### **SUMMARY**

The flow rate and depth of a groundwater withdrawal are the first variables to be taken into consideration when analyzing the characteristics of a groundwater withdrawal. Both variables are directly related to the static and dynamic level of the aquifer that a new well will have. The general objective of this project was: "to analyze the potential characteristics of a groundwater system through the evaluation of existing nearby wells". The results indicated that by analyzing the data provided by the Direction General de Aguas it can be concluded that the static level of the deep wells in a field in the vicinity of San Carlos is between 2 to 6 meters deep, a dynamic level between 5 and 17 meters and an average flow rate of  $42,4 \text{ ls}^{-1}$ . These results were compared with the subsequent construction of an observation well at the site where a flow rate of  $20 \text{ ls}^{-1}$  was found, with a static level of 5,51 m and dynamic level of 13,9 m.

In general, it can be concluded that, by carrying out a study of existing nearby wells, it would be possible to obtain an adequate estimate of flow and depth associated with static and dynamic levels in a new catchment.

## 1. INTRODUCCIÓN

Según el International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC) de la "Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura" (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, en inglés) UNESCO, el agua subterránea es la fuente más abundante de agua dulce en la superficie terrestre, alcanzando un 97% del agua dulce no congelada. Corresponde al 30,28% de la reserva global física disponible de agua, mientras que las aguas superficiales solo representan el 0.31% de estas reservas (lagos, lagunas, ríos, arroyos, presas, entre otros). Por otra parte, en la actualidad, según la UNESCO, al menos la mitad de la población mundial depende del agua subterránea, la cual se distribuye para: a) uso doméstico (22%), b) irrigación y ganadería (67%) y c) industria y minería (11%) (Hatch, 2018).

El agua subterránea es un recurso indispensable en muchas partes del mundo, donde se utiliza para el consumo doméstico, el riego y la industria. Su uso creciente, y a menudo intensivo, durante el último medio siglo ha creado problemas y suscitado inquietudes debido al agotamiento potencial de los acuíferos locales, la degradación de la calidad del agua y diversos peligros geológicos, como la subsidencia de la tierra y los sumideros (Findikakis y Sato, 2013).

En Chile, como una forma de abordar la precariedad en la materia, en el año 2013 fue publicado el Decreto N° 203, que presenta el Reglamento sobre

Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas, donde el Ejecutivo reconoce la necesidad de reglamentar la exploración y explotación de aguas subterráneas y otorgar certeza jurídica y técnica a los usuarios en un contexto de sustentabilidad y eficacia, pero sin afectar el ejercicio de derechos constituidos sobre las mismas aguas. Además, se plantea la necesidad de profundizar ciertos conceptos técnicos y de incorporar otros nuevos para enfrentar la diversidad de aristas que se presentan en este tema (Bravo, 2015).

Considerando la importancia de las aguas subterráneas, es relevante tener un manejo de las extracciones y la calidad de estas. Por esto, la Dirección General de Aguas mantiene un catastro de dichos derechos, que resulta interesante analizar y ver cuál es su condición. La Dirección General de Aguas en la mayoría de sus derechos inscritos tiene a disposición la ficha técnica de éstos, que permiten saber las condiciones de la extracción. Características como nivel estático o dinámico, puede dar una idea de las condiciones del acuífero.

Saber las condiciones de los pozos existentes en un área podría permitir determinar las características de un sistema de aguas subterráneas. Específicamente estimar el potencial caudal que podría tener una nueva extracción y las profundidades de la captación y los niveles estáticos y dinámicos que se esperarían.

La Dirección General de Aguas realizará un pozo de observación de una profundidad estimada de 50 metros en un previo de la Universidad de

Concepción que se encuentra al norte de San Carlos. Dicho pozo de observación o piezómetro permitiría realizar comparaciones con la información que existe en la base de datos de la DGA con los pozos existentes cercanos al área.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar las potenciales características de un sistema de aguas subterráneas mediante la evaluación de pozos cercanos existentes.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Generar una base de datos y analizar la información, de extracciones de aguas subterráneas a partir de los datos en línea recopilados por la Dirección General de Aguas (DGA) en un radio de distancia de 5 y 10 km del sitio de interés.
- Analizar las características de las extracciones existentes: Nivel estático, nivel dinámico, estratigrafía, caudal y las características físicas de las captaciones (ejemplo: diámetro, profundidad, longitudes) en las dos distancias propuestas.
- Comparar la caracterización del sistema de aguas subterráneas con la caracterización teórica de un pozo de observación construido por la DGA.

### 3. ANTECEDENTES GENERALES

#### 3.1 Área de estudio

El área de estudio se trata de una zona cercana a un predio de la Universidad de Concepción, que se encuentra en la intersección de la Ruta 5 con la ruta N 286 al norte de la ciudad de San Carlos (Figura 1). La localidad se encuentra al norte de la región de Ñuble, donde el principal curso de agua es el Río Ñuble.

Respecto del Río Ñuble, este cauce es el principal dren en el transporte de las aguas de las cuencas cordilleranas de la sección norte de la región. Subtendiendo una superficie de 4.774 km<sup>2</sup>, es el dren que recoge los aportes de la sección norte de la región, incluyendo a sus tributarios: Río Chillán, Río Cato y Río Changaral.



Figura 1. Imagen satelital de Google Earth del área de estudio.

### 3.2 Antecedentes del área de estudio

Existe una clasificación de suelos del área, la cual los agrupa dependiendo de la capacidad de uso que estos tengan considerando para esto la textura, las pendientes, profundidad, limitaciones, condiciones de drenaje, entre otros. Considerando los suelos agrupados en “Clases de capacidad de uso” y las clases más importante que predominan, se puede mencionar que en el área donde se realizará el pozo de observación (Figura 2) el suelo que destaca en su mayoría corresponde a suelos de clase III y en algunos sectores con clase II y IV.

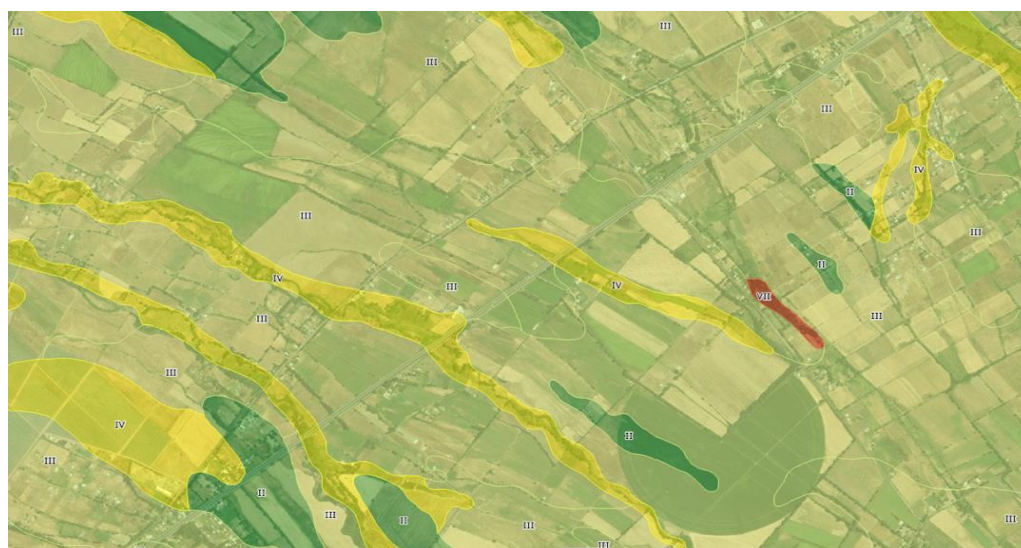


Figura 2. Caracterización predial del área del estudio (Fuente: Visualizador MINAGRI).

En la Figura 2 se muestran una serie de números, los cuales indican la clase de suelo que existe en el lugar, la enumeración presente en la imagen es descrita a continuación.

Clase 2: Terrenos levemente inclinados, de lomajes y pendientes suaves, de profundidad medio, de buena textura y permeabilidad, sin grandes riesgos de erosión, sujeto a moderadas limitaciones de uso, con riesgo para los cultivos por daño de heladas o sequías; puede haber presencia de piedras, pero sin que éstas dificulten el cultivo, pueden ser cultivados con método de protección de fácil aplicación. Terrenos aptos para cultivos tales como: empastadas artificiales, cereales, viñas, chacras, etc.

Clase 3: Terrenos de lomaje con pendientes moderadas, de profundidad que varía de delgada a media dependiente del substrato, texturas livianas, suelos erosionables, pero no al punto de haber afectado ya la productividad del suelo, pueden tener un nivel de agua subterránea que afecta el desarrollo de las raíces. La fertilidad natural de estos suelos hace indispensable el empleo de fertilizantes para asegurar rendimientos medios. Pueden ser usados con cultivos tales como: cereales en rotación, con pastos naturales o artificiales, etc.

Clase 4: Terrenos con limitaciones de pendiente, alta susceptibilidad a la erosión, de mucha pedregosidad, de drenaje pobre; su uso se limita a cultivos ocasionales de cereales y pastos bajo manejo cuidadoso, con bajos rendimientos. En general son suelos que no están adaptados a producción

regular de cultivo escardados. Cuando la pendiente no es una limitante importante, pueden presentar nivel freático muy cerca de la superficie, son suelos delgados sujetos a inundaciones, de baja fertilidad.

### **3.2 Piezómetro de observación**

En el área de interés la Dirección General de Agua (DGA) realizó la licitación para la construcción de un piezómetro de observación. Las bases técnicas para esta solicitud, solicita la construcción de dos pozos: uno en el área de estudio y el otro en dependencias de la Universidad de Concepción, campus Chillán. Dichas bases son mostradas en el ANEXO 1. Al momento de realizar la licitación la DGA eligió a la empresa Hidrosondajes Chile, la cual realizó la construcción del pozo con las condiciones requeridas.

Esta empresa realizó el pozo lo cual conlleva entregar información del suelo que aparece al momento de la perforación. Lo que pueda dar un aproximado de la estratigrafía del lugar. A continuación, en la

Tabla 1 se presentan las características del suelo que fueron apareciendo en la perforación.

Tabla 1. Descripción litológica pozo de monitoreo San Carlos.  
Fuente: Estudio entregado por la empresa Hidrosondaje  
realizado por Alejandra Garrido, Geóloga. ANEXO 2.

Profundidad (m)	Descripción
0-3	Suelo, se reconoce materia orgánica con depósitos de fragmentos menores a 1 cm. de rocas volcánicas.
3-6	Se observa menor cantidad de materia orgánica, Nivel en el cual predomina con un 80% arena de color gris oscuro de origen volcánico, mezclado con fragmentos volcánicos de tamaño 1cm. a 3 cm.
6-9	Nivel arcilloso de color gris oscuro con fragmentos volcánicos que representan entre un 5% a 10%.
9-12	Nivel en que las arcillas representan un 20%, 50% arena y 30% fragmentos sub-angulosos mayores de 5mm.
12-15	Corresponde a bolones de composición volcánicas sub-redondeados tamaño promedio entre 1cm. 5 cm.
15-18	Nivel en el cual predomina con un 70% arena y un 30% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas.
18-21	Nivel que se encuentra con un 50% arena y un 50% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas mayor a 2 cm.
21-24	Nivel que se encuentra con un 50% arena color gris oscuro y un 50% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas mayor a 2 cm.
24-27	Mayor al 70% corresponde a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeados y menor al 30% arena de color gris oscuro a negro de origen volcánico.
27-30	Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 70% de arcillas y un 30% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.
30-33	Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 80% de arcillas y un 20% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.

Tabla 2. Descripción litológica pozo de monitoreo San Carlos.  
 Fuente: Estudio entregado por la empresa Hidrosondaje  
 realizado por Alejandra Garrido, Geóloga. ANEXO 2.  
 (Continuación)

Profundidad (m)	Descripción
33-36	Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 80% de arcillas y un 20% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.
36-39	Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 90% de arcillas y un 10% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.
39-42	Nivel de transición compuesto en su mayoría de arena de color gris oscuro a negro 60%, 30 % de arcillas y 10% de fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeados de tamaño mayor a 1 cm.
42-45	Nivel compuesto en su mayoría de arena de origen volcánico de color gris oscuro a negro.
45-48	Nivel compuesto por fragmentos de rocas de origen volcánico, sub-redondeadas con tamaños que varían entre 1 cm. a 5 cm. con menor al 10% de arena gris.
48-50	Nivel en donde el 60% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas con tamaños que varían entre 0.5 cm. a 4 cm., 35% arena y 5% arcillas.

### 3.3 Prueba de bombeo piezómetro de observación

En conjunto con la información geológica de la perforación se solicitó una prueba de bombeo de la cual fue posible obtener el nivel estático, dinámico y el caudal máximo de la captación. Los resultados de esta prueba indicaron los siguientes valores

- Nivel estático del pozo es 5,51 m.
- Se bombeo con un caudal constante de 20 L s<sup>-1</sup>
- Se obtuvo un nivel dinámico de 13,90 m
- El pozo es capaz de aportar 20 L s<sup>-1</sup>, estabilizado a 13,9 m., garantizando un caudal seguro constante.

La prueba de bombeo fue extraída del informe entregado a la Dirección General de Aguas por la empresa Hidrosondajes Chile. (ANEXO 3). Además, en la solicitud se pidió un estudio geofísico del lugar y para cumplir con este objetivo la empresa Hidrosondajes contrató los servicios de una empresa especializada llamada Georesource. (El informe completo se puede consultar en ANEXO 4.)

Desde la

Tabla 1 se puede decir que hasta los 12 metros es material fino el cual puede ser principalmente limo y arcilla. Luego a los 20 metros la principal textura es de arenas y/o gravas con cantidades menores de finos, el cual se extiende hasta los 90 metros. Desde esta cota hasta los 170 metros el suelo puede estar conformado principalmente por limo, arcillas y arenas finas.

#### **4. METODOLOGÍA**

Primero se reconoció el área de interés con imágenes satelitales obtenidas desde Google Earth. De estas imágenes:

- Se obtuvo una estimación de las coordenadas del lugar.
- Se estimó el área.
- Se analizó la accesibilidad y la cercanía con la urbanización actual.
- Se visualizaron las fuentes y cauces de aguas superficiales que se encuentran cercanas al lugar del análisis.

Luego con las coordenadas del lugar se trabajó en el Observatorio Georeferenciado de la Dirección General de Aguas, donde se obtuvo información de cada uno de los derechos de aguas subterráneos actualmente inscritos que se encuentran a 5 y 10 km. de distancia del área de estudio.

Desde la ventana emergente que se genera (Figura 3) es posible obtener:

- Procedencia de la fuente de agua.
- Uso que se le está dando a la extracción.
- Caudal que se está extrayendo.

- El ejercicio del derecho (permanente, continuo).
- El tipo del derecho (consuntivo, no consuntivo).
- Otros.

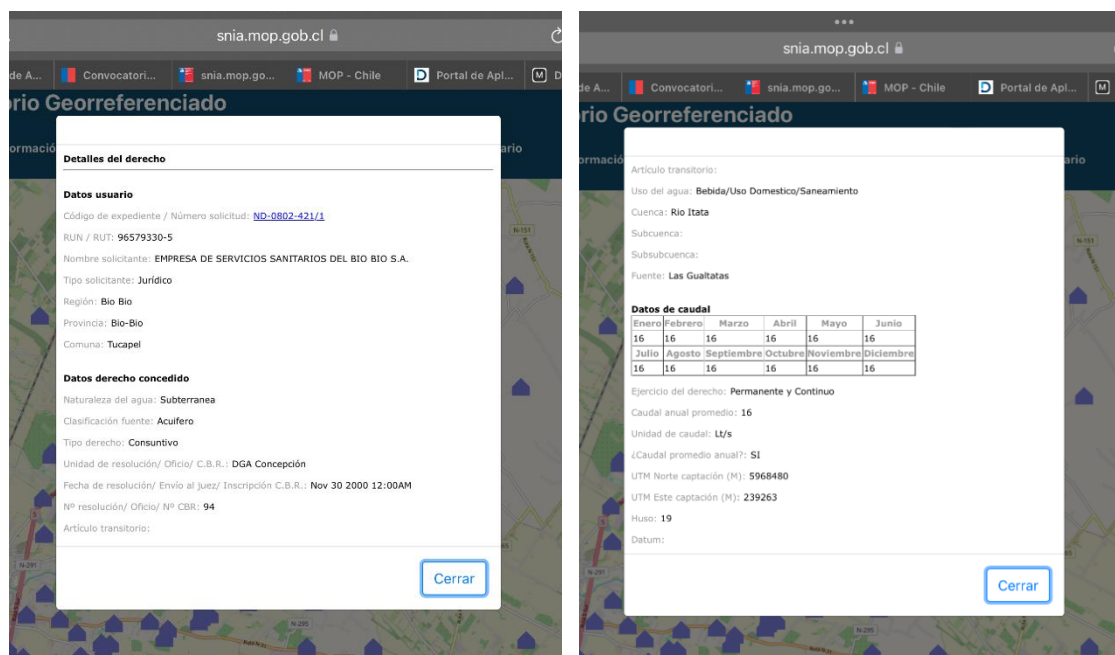


Figura 3. Ventana emergente al seleccionar un derecho del Observatorio Georreferenciado de la página web de la Dirección General de Agua. Fuente: Observatorio georreferenciado DGA.

Luego abriendo el expediente que se encuentra en esta ventana emergente, de cada uno de los derechos se puede acceder a sus fichas técnicas (Figura 4). En las cuales existen antecedentes de la prueba de bombeo, la que nos permite obtener los niveles estáticos y dinámicos y en algunos casos su estratigrafía.

**Búsqueda de Derechos y Solicitudes**

Documentos Solicitud

Nombre	Archivo	Versiones	Acciones
EXTRACTOPUB	EXTRACTOPUB.pdf	1.0	Ver
SOLICITUD ND	SOLICITUD ND.pdf	1.0	Ver
FTC RUN	FTC RUN.pdf	1.0	Ver

Documentos Técnicos

Nombre	Archivo	Versiones	Acciones
PEURBA DE BOMBEO (ND-0801-8812)	PEURBA DE BOMBEO (ND-0801-8812).pdf	1.0	Ver
CROQUIS	CROQUIS.pdf	1.0	Ver

Documentos Legales

Nombre	Archivo	Versiones	Acciones
CERT RADIO	CERT RADIO.pdf	1.0	Ver
DIARIOFICIAL	DIARIOFICIAL.pdf	1.0	Ver
DIARIOSTGO	DIARIOSTGO.pdf	1.0	Ver
DIARIOPROV	DIARIOPROV.pdf	1.0	Ver
ORD DGA ÑUBLE N° 373 DEL 04	ORD DGA ÑUBLE N° 373 DEL 04 08.15 (SOL FONDOS)-ND-0801-8775-76-77-78-79-80-81-82-83-84-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-8800-01-02-03-04-05-06-07-08-09-10-11-12-13-14-15.pdf	1.0	Ver

Figura 4. Ventana donde se descargan las fichas técnicas. Fuente: Observatorio georreferenciado DGA.

Al descargar y revisar las fichas técnicas, se puede comenzar a generar una base de datos con la información de cada extracción. Especialmente se buscan caudales, los niveles estáticos, niveles dinámicos e información de sus estratigrafías.

Al extraer cada uno de los datos de interés de las fichas técnicas se puede ordenar la información de las captaciones y así poder comparar entre ellas y ver si existe una tendencia en los datos existentes.

#### 4.1 Base de datos creada para el análisis

Primero se realizó el análisis para una distancia de 5 km, seleccionando las extracciones presentes en dicha área (Figura 5).

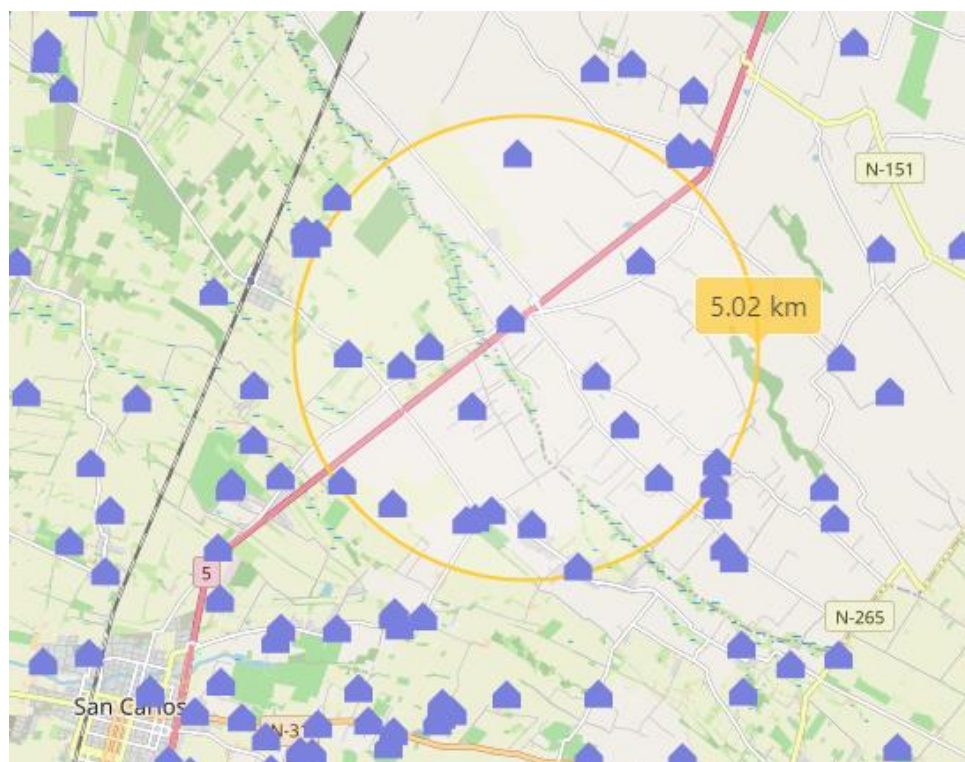


Figura 5. Imagen de los pozos que están siendo analizados a 5 km a la redonda. Fuente: Observatorio georreferenciado DGA.

Luego con la información de las fichas técnicas de los pozos mostrados en la Figura 5 se construyó una base de datos (Tabla 2), que contiene la profundidad, caudal, nivel estático y dinámico de cada extracción.

Tabla 2. Bases de datos creada con la información de las fichas técnicas con los pozos que se encuentran a 5 km a la redonda.

Nº	Expediente	Profundidad (m)	Caudal (ls <sup>-1</sup> )	N. Estático (m)	N. Dinámico (m)
1	ND-0801-6735	6	50,4	0,4	3,25
2	ND-0801-6883		2	3,58	6,55
3	ND-0801-1931	40	10	2,68	6,95
4	ND-0801-5001		3,1		
5	ND-0801-3789	3,5	6,1		
6	ND-1603-76	4	3,5		
7	ND-1603-30	7	9	0,3	0,7
8	ND-0801-9895	7	13	0,2	1,1
9	ND-0801-3822	12,6	5,9		
10	ND-0801-8777	4,4	14,9	0,75	
11	ND-0801-8080				
12	ND-0801-9958		19		
13	ND-0801-2837	10	2,46		4,7
14	ND-0801-2838	11	1,98		4,4
15	ND-0801-421	16			
16	ND-1603-56	40	2	4	30
17	ND-0801-8520		5		
18	ND-1603-101	60	38	5,36	17,5
19	ND-1603-31	62	13	4,38	24,91
20	ND-1603-75	7	3	1,8	2,3
21	ND-0801-6684	140	40	3,14	37,34
22	ND-0801-6684	100	35	6,19	39,81
23	ND-0801-6742	80	27	3,9	25,26
24	ND-0801-6742	100	35	6,19	39,81

Para el análisis de los 10 km se considerarán las extracciones que se muestran en la Figura 6, donde la base de datos se genera con la misma información.

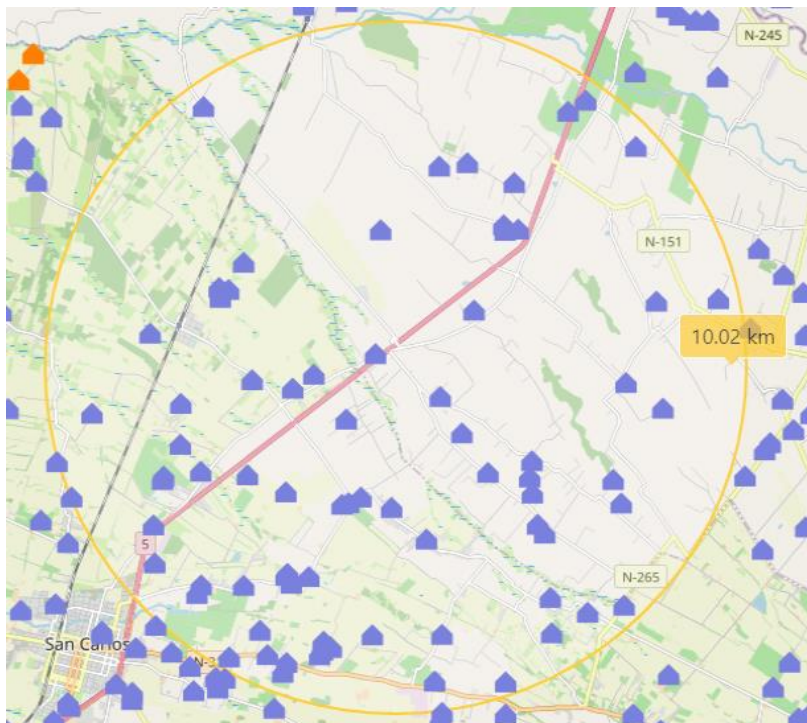


Figura 6. Imagen de los pozos que están siendo analizados a 10 km a la redonda. Fuente: Observatorio georreferenciado DGA.

En la Tabla 3 se muestran los datos a 10 km a la redonda, donde se obtiene un total de 72 captaciones inscritas con las que se realizará el análisis para posteriormente comparar con el piezómetro de observación ya que solo con los datos de 5 km a la redonda no es suficiente.

Tabla 3. Bases de datos creada con la información de las fichas técnicas con los pozos que se encuentran a 10 km a la redonda.

N°	Expediente	Profundidad (m)	Caudal (ls <sup>-1</sup> )	N. estático (m)	N. Dinámico (m)
1	ND-0801-6735	6	50,4	0,4	3,25
2	ND-0801-6883		2	3,58	6,55
3	ND-0801-1931	40	10	2,68	6,95
4	ND-0801-5001		3,1		
5	ND-0801-3789	3,5	6,1		
6	ND-1603-76	4	3,5		
7	ND-1603-30	7	9	0,3	0,7
8	ND-0801-9895	7	13	0,2	1,1
9	ND-0801-3822	12,6	5,9		
10	ND-0801-8777	4,4	14,9	0,75	
11	ND-0801-8080				
12	ND-0801-9958		19		
13	ND-0801-2837	10	2,46		4,7
14	ND-0801-2838	11	1,98		4,4
15	ND-0801-421	16			
16	ND-1603-56	40	2	4	30
17	ND-0801-8520		5		
18	ND-1603-101	60	38	5,36	17,5
19	ND-1603-31	62	13	4,38	24,91
20	ND-1603-75	7	3	1,8	2,3
21	ND-0801-6684	140	40	3,14	37,34
22	ND-0801-6684	100	35	6,19	39,81
23	ND-0801-6742	80	27	3,9	25,26
24	ND-0801-6742	100	35	6,19	39,81
25	ND-1603-384	39	8,1	5,03	8,02
26	ND-0801-10367	25	15	1	12
27	ND-0801-7754	47	9	3,9	37,11
28	ND-0801-10189	60	28	4,98	48,62
29	ND-0801-7373	6	32,4	0,51	1,9
30	ND-0801-7532	37	12,6		15,55
31	ND-1603-236	54	9	2,6	10,35
32	ND-1603-180	86	80,1	7,05	42,65
33	ND-0801-8890	102	92	2,4	46,84
34	ND-0801-1916	40	20	4,46	15
35	ND-1603-277	40	15	4,8	17,4
36	ND-1603-148	30	15	6,3	13,1
37	ND-1603-29	8	7	0,5	0,8
38	ND-0801-10184	9	6,5	0,2	0,6

Tabla 4. Bases de datos creada con la información de las fichas técnicas con los pozos que se encuentran a 10 km a la redonda.  
(Continuación)

N°	Expediente	Profundidad (m)	Caudal (ls <sup>-1</sup> )	N. estático (m)	N. Dinámico (m)
39	ND-1303-105	7	8	2	2,2
40	ND-0801-3917	4,5	0,8		
41	ND-0801-9889	7	9	0,6	1,3
42	ND-0801-3720	5,5	0,8		
43	ND-0801-1327	50	16	3,79	9,95
44	ND-0801-5319		8		
45	ND-0801-7601		0,49		
46	ND-1603-276	4	4	0,3	0,6
47	ND-0801-9881	109	102	9,49	33,31
48	ND-0801-3212	5,2	2	1,2	1,35
49	ND-0801-2363		2		
50	ND-0801-2712		3		
51	ND-0801-2682		3,2		
52	ND-1603-347	4,6	0,51	1,8	2,2
53	ND-10077	40	9,6	2,12	5,69
54	ND-0801-2713		0,44		
55	ND-0801-3261	3,5	1,8	1,34	
56	ND-0801-9908	6	5,5	0,25	0,75
57	ND-0801-9890	36	3,5	3	5
58	ND-0801-9922	36	4,5	5,5	15
59	ND-0801-9781	5	2,2	2	3
60	ND-1603-317	31	4,5	1	26,3
61	ND-0801-1759	10	398	2,35	
62	ND-1603-346	10	1	3,3	5,41
63	ND-1603-51	108	57	8,28	
64	ND-0801-6822		48,6	13,2	46,66
65	ND-1603-22	50	31,5	11,2	40,6
66	ND-1603-307	60	34,7	4,47	46,18
67	ND-0801-8442	7	7		
68	ND-1603-294	6	18	3	3,5
69	ND-0801-1066	13,5	13,5	1,4	11,33
70	ND-0801-8812	3		0,6	
71	ND-0801-10397	110	49,9		
72	ND-0801-8868	152	30	0,78	45,21

Para analizar los pozos existentes en el área de estudio, se realizó una división entre pozos profundos y superficiales. Comenzando primero con 5 kilómetros a la redonda y posteriormente ampliando el área a 10 kilómetros a la redonda. A continuación, se muestra el análisis realizado.

Con los datos presentados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede realizar un análisis de frecuencia y observar si existe alguna tendencia entre sus niveles. Para ello es necesario separar en cada uno de los casos, las extracciones en función de su profundidad.

Considerando la profundidad de las extracciones se generaron tres grupos:

- Pozos zanjas.
- Pozos norias o someros (aquellos con una profundidad menor a 10 metros).
- Pozos profundos (aquellos con una profundidad mayor a 10 metros).

Al dividir las extracciones en estos grupos, fue posible observar si existe una relación entre el nivel donde se encuentra acuífero y la textura del suelo que tiene el perfil.

Además, es necesario destacar que algunas fichas técnicas no cuentan con toda la información solicitada, lo que obliga a dejar captaciones fuera del estudio.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Análisis en una distancia de 5 kilómetros para pozos profundos.

Al observar las captaciones inscritas en esta área se pueden cuantificar 24 derechos inscritos de los cuales 12 entran en la categoría de pozo profundo (profundidades mayores a 10 m).

Comenzando con el año de inscripción de estos derechos se observa en la Figura 7 que en los años 2009 y 2019 existe un leve aumento en las inscripciones alcanzando un 25% del total de inscritos en ambos años. Sin embargo, el 25% corresponden a 3 pozos ya que en el área solo existen 12 extracciones inscritas.

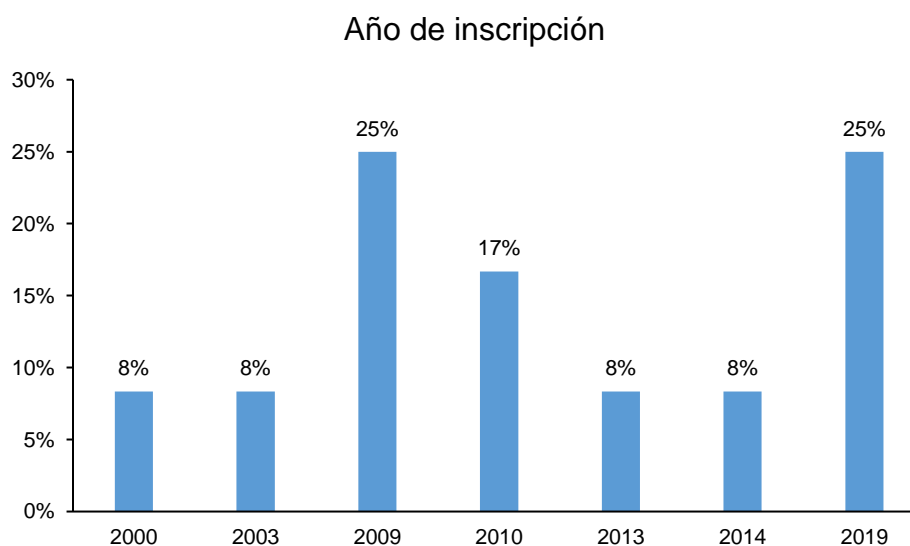


Figura 7. Representación gráfica del año de inscripción de pozos profundos en los 5 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

Con relación al uso que se le está dando al derecho, se observa que el 50% de estas inscripciones no informa el uso. El 33% informa que el uso corresponde a riego y un 17% corresponde a Bebida/Usos doméstico/Saneamiento. (Ver Figura 8).

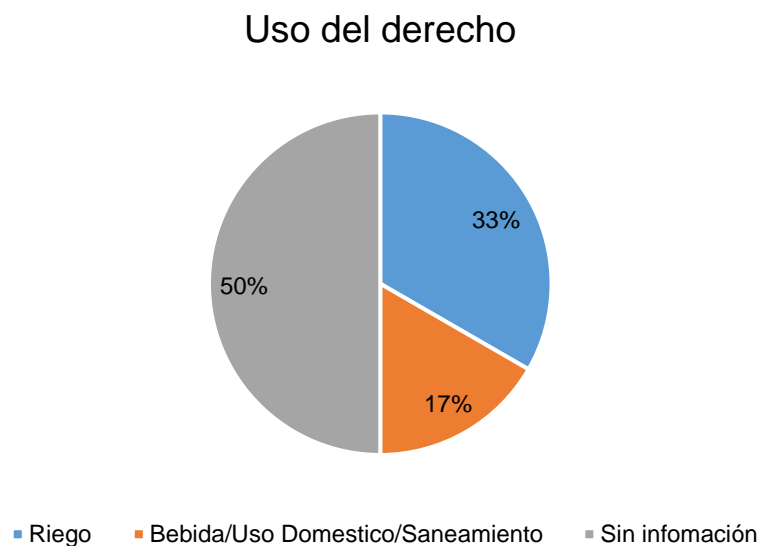


Figura 8. Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 5 km a la redonda para pozos profundos. Fuente: Elaboración propia.

Con relación al caudal se observa que de las 12 captaciones 11 de ellas informan su caudal. Para poder visualizar dicha información los caudales fueron ordenados de forma ascendente, donde el menor caudal extraído es de  $1,98 \text{ L s}^{-1}$  y el mayor es de  $40 \text{ L s}^{-1}$ . El promedio que se da con estos caudales es de  $19,12 \text{ L s}^{-1}$  y una desviación estada de  $15,13 \text{ L s}^{-1}$  (ver Figura 9).

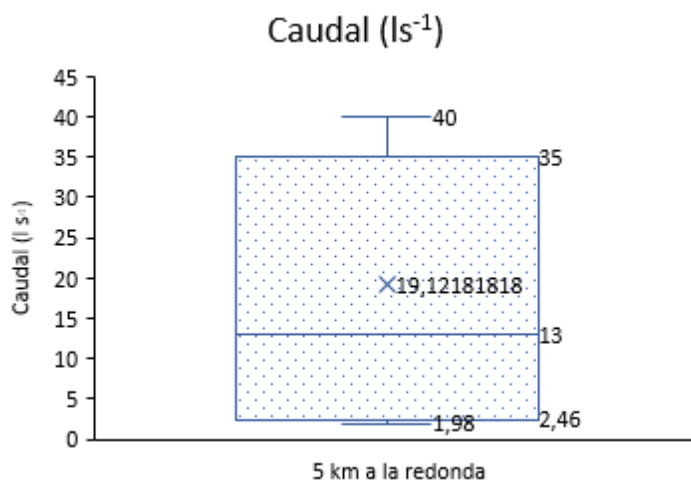


Figura 9. Representación gráfica de caudales (L s<sup>-1</sup>) en 5 km a la redonda de pozos profundos. Fuente: Elaboración propia.

De los 12 derechos inscritos en área de estudio sólo 8 informan su nivel estático, donde 3 de ellos se encuentran entre 2 a 4 metros, 3 entre 4 a 6 metros y 2 entre 6 a 8 metros. Ver Tabla 4.

Tabla 4. Frecuencias de los niveles estáticos de pozos profundos en 5 km a la redonda, los cuales informaron datos técnicos. Fuente: Elaboración propia.

Rango (m)	Frecuencia
[2-4[	3
[4-6[	3
[6-8[	2

Con los datos mostrados en Tabla 4 no se puede concluir ninguna tendencia en sus niveles estáticos, además la cantidad de pozo inscritos no permite concluir.

De los 12 derechos inscritos en el área de estudio 10 informan su nivel dinámico, pero con esa cantidad de datos no se puede marcar una tendencia clara en sus niveles. (ver Tabla 5)

Tabla 5. Frecuencias de los niveles dinámicos de pozos profundos en 5 km a la redonda, los cuales informaron datos técnicos. Fuente: Elaboración propia.

Rango (m)	Frecuencia
[0-5[	2
[5-10[	1
[10-15[	0
[15-20[	1
[20-25[	1
[25-30[	1
[30-35[	1
[35-40[	3

Desde la Tabla 5, no es posible encontrar una tendencia en los niveles, ya que cada extracción se encuentra en un nivel distinto.

## 5.2 Análisis en una distancia de 10 kilómetros para pozos profundos.

En el área de estudio presentan 72 derechos inscritos, de los cuales 37 corresponden a pozos profundos.

Revisando el año de inscripción (ver Figura 10) se puede observar que existe una leve alza con el año 2019, sin embargo, no es una tendencia concluyente ya que el 16% solo corresponden a seis pozos y los otros años no presentan una variación alta en la cantidad de pozos inscritos.

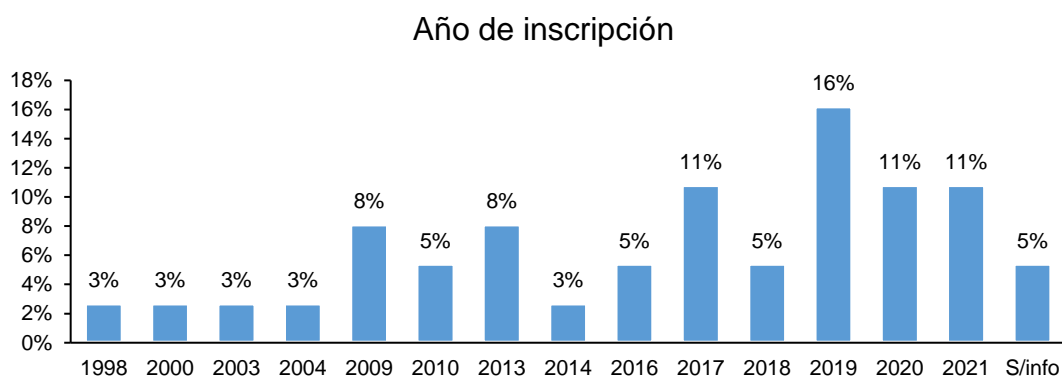


Figura 10. Representación gráfica del año de inscripción de pozos profundos en los 10 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

Con relación al uso se aprecia que el 46% es utilizado para riego, sin embargo, existe un 27% que no está informado, el cual puede marcar una diferencia en cuanto al uso predominante (ver Figura 11).

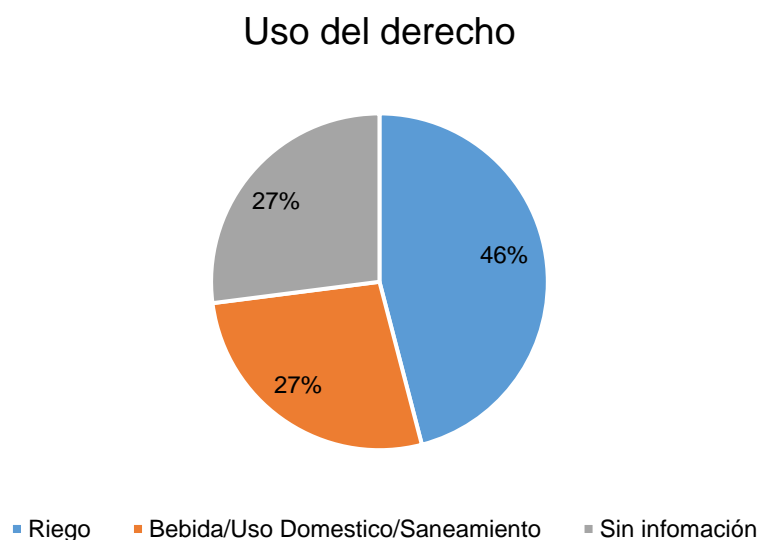


Figura 11. Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 10 km a la redonda para pozos profundos. Fuente: Elaboración propia.

Para el caudal se observa que de las 37 captaciones 36 de ellas informan su caudal. Para poder visualizar dicha información los caudales fueron ordenados de forma ascendente, donde el menor caudal extraído es de 1  $Ls^{-1}$  y el mayor es de 398  $Ls^{-1}$ , donde su valor promedio es de 35,27  $Ls^{-1}$  y la desviación estándar de 66,06  $Ls^{-1}$  (ver Figura 12).

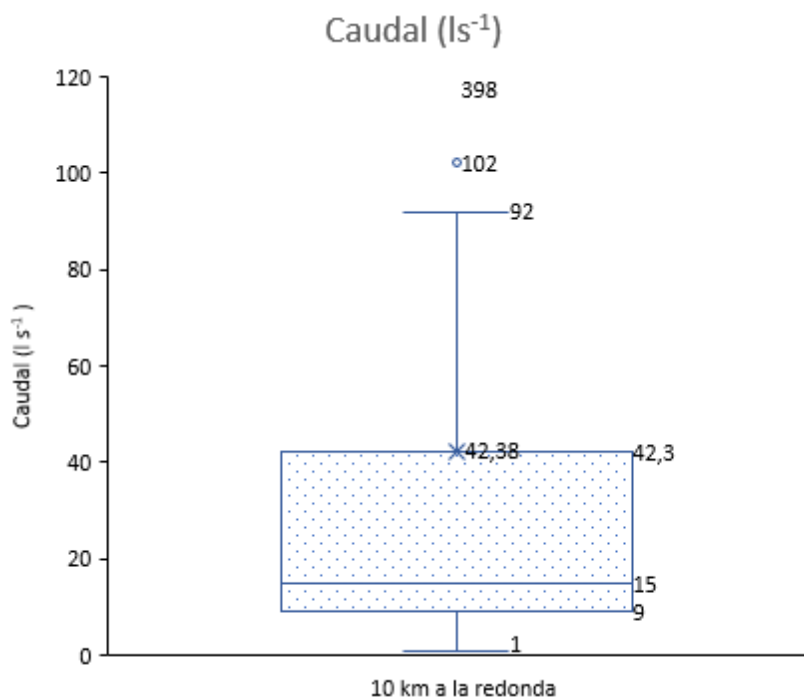


Figura 12. Representación gráfica de caudales ( $L s^{-1}$ ) en 10 km a la redonda de pozos profundos. Fuente: Elaboración propia.

Como existe un caudal de  $398 l s^{-1}$ , el cual podría indicar que existe algún error en la digitación de este dato, se toma la decisión de extraerlo, dejando así un caudal promedio de  $27,56 l s^{-1}$ . Y su representación gráfica queda como se muestra en la Figura 13.

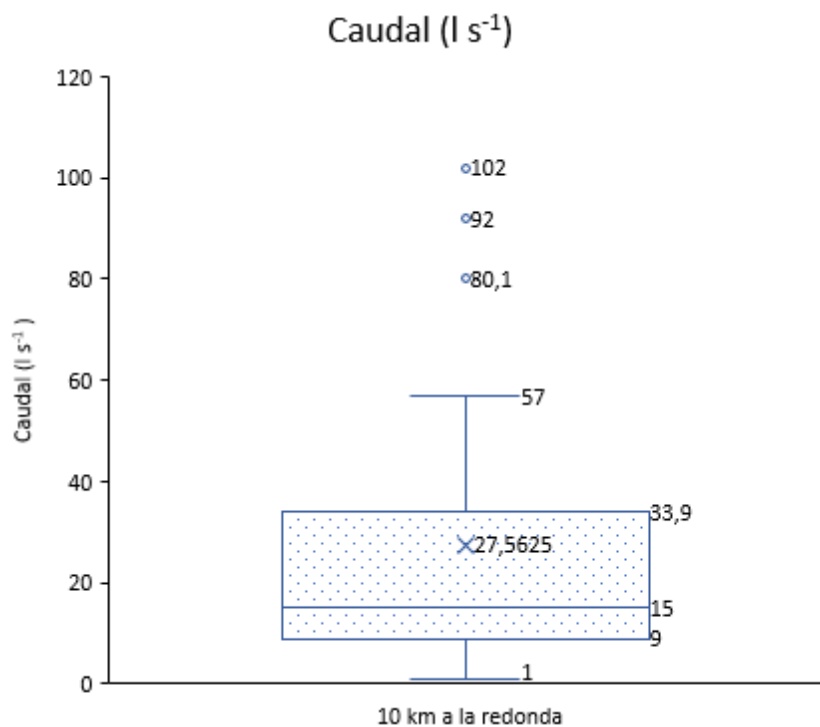


Figura 13. Representación gráfica de caudales ( $\text{L s}^{-1}$ ) en 10 km a la redonda de pozos profundos eliminado el dato errado. Fuente: Elaboración propia.

En el área de estudio se encuentran 37 pozos profundos y de estos 31 informaron su nivel estático. Donde se puede estimar una tendencia de este nivel (ver Figura 14).

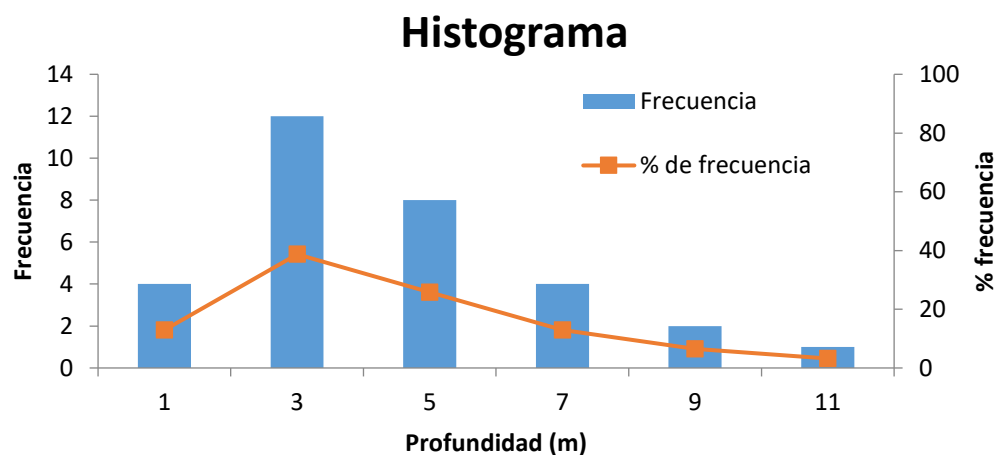


Figura 14. Histograma con los datos de nivel estáticos de pozos profundos a los 10 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 14 se observa que el nivel estático se encuentra principalmente entre 2 a 4 metros.

En el área de estudio existe 37 captaciones de las cuales 32 informan su nivel dinámico y éste se encuentre principalmente entre 5 y 17 metros. (ver Figura 15).

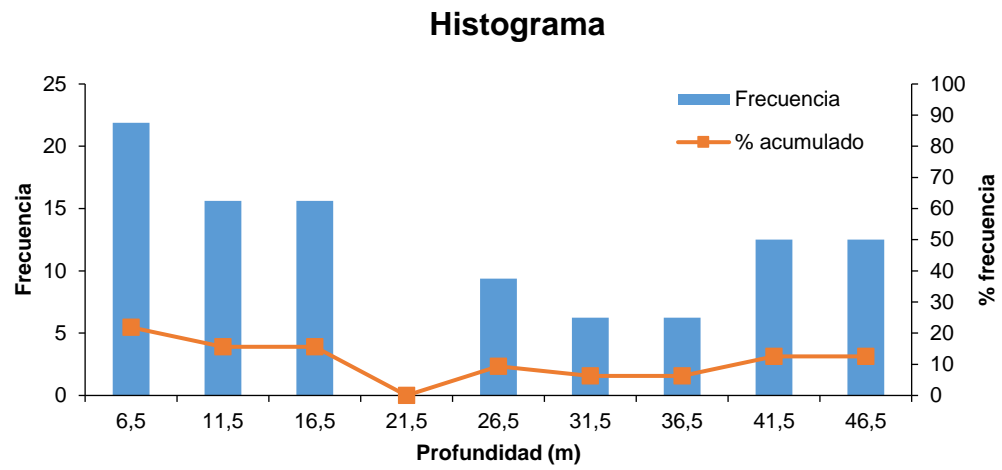


Figura 15. Histograma con los datos de nivel dinámico de pozos profundos a los 10 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

### 5.3 Análisis en una distancia de 5 kilómetros para pozos zanjas y norias.

Como se observa en la Figura 16 el 71% de los pozos inscritos en el área de estudio corresponde a pozo zanjas, y un 29% son pozo norias.

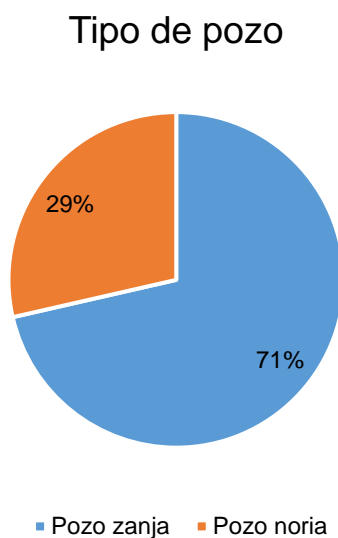


Figura 16. Representación gráfica de las características físicas de los pozos de poca profundidad en 5 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

En los 5 kilómetros a la redonda lo existen 7 pozos de poca profundidad, analizando el año de inscripción se observa que el 43% se realizó el año 2019, pero éste 43% se obtiene de 3 extracciones y el porcentaje que sigue es 29% corresponde a 2 extracciones (ver Figura 17).

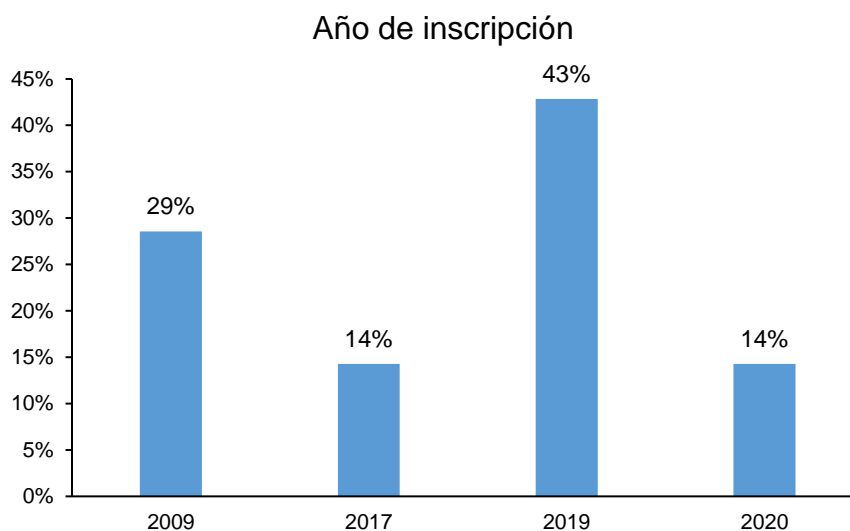


Figura 17. Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 5 km a la redonda para pozos de poca profundidad. Fuente: Elaboración propia.

En relación con el uso de que se les da a los pozos de poca profundidad un 86% corresponde a riego (ver Figura 18).

### Uso del derecho

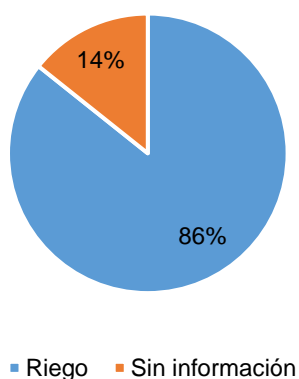


Figura 18. Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 5 km a la redonda para pozos de poca profundidad. Fuente: Elaboración propia.

Para los pozos de poca profundidad se sabe que existen 7 captaciones en los 5 kilómetros, donde su caudal va desde los 3  $\text{L s}^{-1}$  a 50,4  $\text{L s}^{-1}$ . Con un promedio de 14,27  $\text{L s}^{-1}$  y una desviación estándar de 15,33  $\text{L s}^{-1}$  (ver Figura 19).

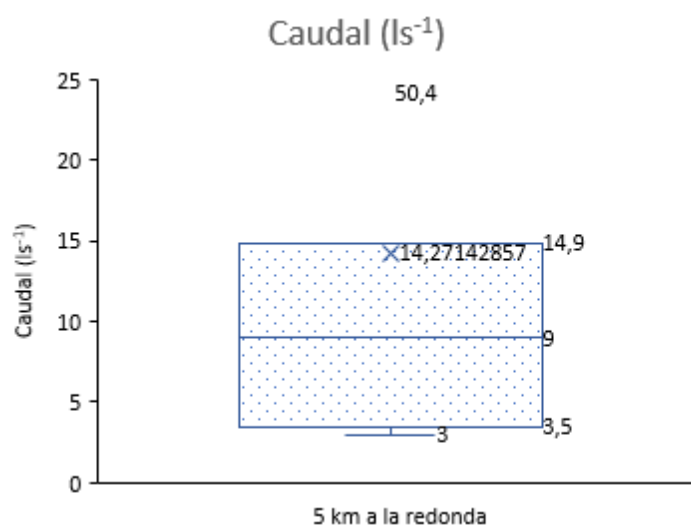


Figura 19. Representación gráfica de caudales en 5 km a la redonda de pozos de poca profundidad. Fuente: Elaboración propia.

Para los pozos de poca profundidad inscritos en 5 kilómetros a la redonda solo 5 informan su nivel estático, donde no se marca un nivel específico como tendencia, pero si se observa que son pozos someros (ver Tabla 6).

Tabla 6. Nivel estático de los 5 pozos que informan datos técnicos en los 5 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

Pozo	N. estático (m)
1	0,4
2	0,3
3	0,2
4	0,75
5	1,8

Para los pozos de poca profundidad inscritos en 5 kilómetros a la redonda solo 4 informan su nivel dinámico, donde se vuelve a ratificar que son pozos someros (ver Tabla 7).

Tabla 7. Nivel dinámico de los 4 pozos que informan datos técnicos en los 5 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

Pozo	N. dinámico (m)
1	3,25
2	0,7
3	1,1
4	2,3

#### 5.4 Análisis en una distancia de 10 kilómetros para pozos zanjas y norias.

Como se observa en la Figura 20 el 70% de los pozos inscritos en el área de estudio corresponde a pozo zanjas, y un 30% son pozo norias.

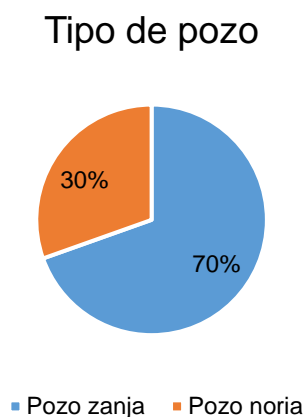


Figura 20. Representación gráfica de las características físicas de los pozos de poca profundidad en 10 km a la redonda. Fuente: Elaboración propia.

Con relación al año de inscripción el año 2017 tiene un leve aumento, sin embargo, no es significativo ya que el 22% del total de las captaciones inscritas corresponde a 5 pozos. (ver Figura 21)

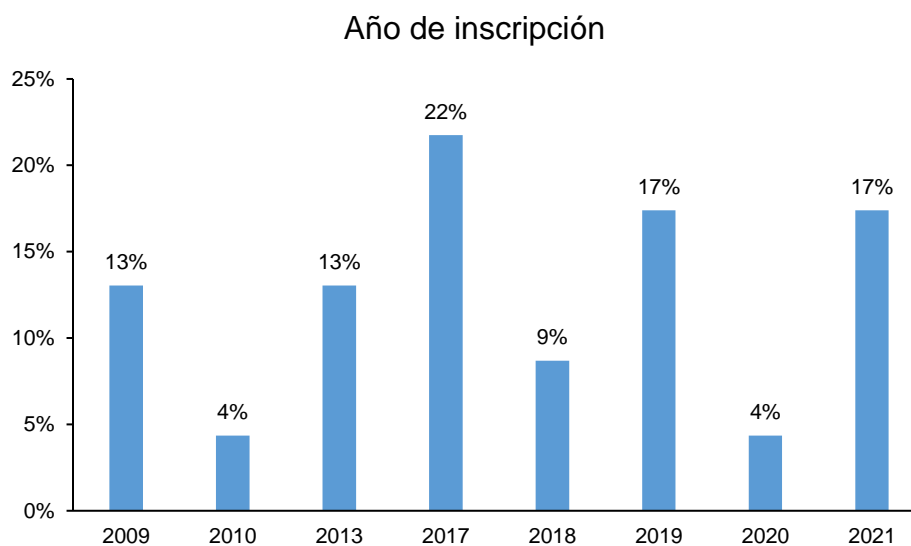


Figura 21. Representación gráfica del año de inscripción en 10 km a la redonda para pozos de poca profundidad. Fuente: Elaboración propia.

Respecto al uso del derecho se puede apreciar en la Figura 22 claramente que en su mayoría es para riego. Identificando a 21 de los 23 pozos inscritos con ese tipo de uso.

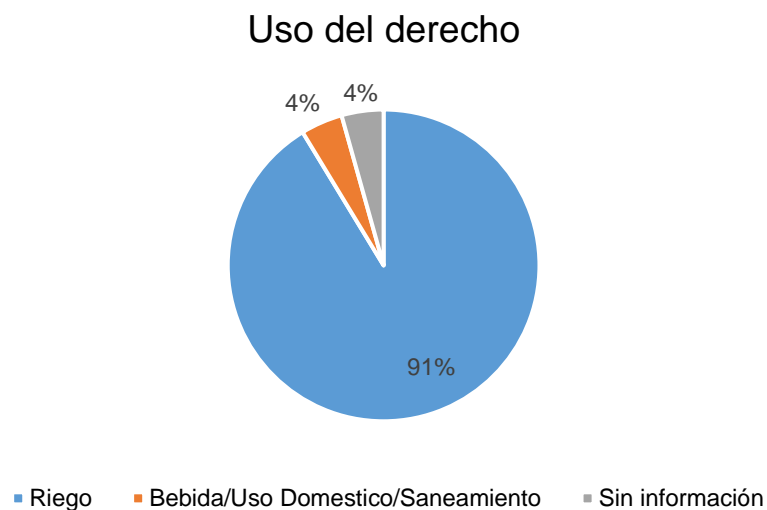


Figura 22. Representación gráfica del uso de los derechos inscritos en 10 km a la redonda para pozos de poca profundidad. Fuente: Elaboración propia.

Para el caudal de los 23 pozos de poca profundidad en los 10 kilómetros a la redonda 22 de ellos informan su caudal, los cuales fueron ordenados de forma ascendente y van desde  $0,51 \text{ Ls}^{-1}$  y  $50,4 \text{ Ls}^{-1}$ . Con un caudal promedio igual a  $9,34 \text{ Ls}^{-1}$  y una desviación estándar de  $11,42 \text{ Ls}^{-1}$ (ver Figura 23)

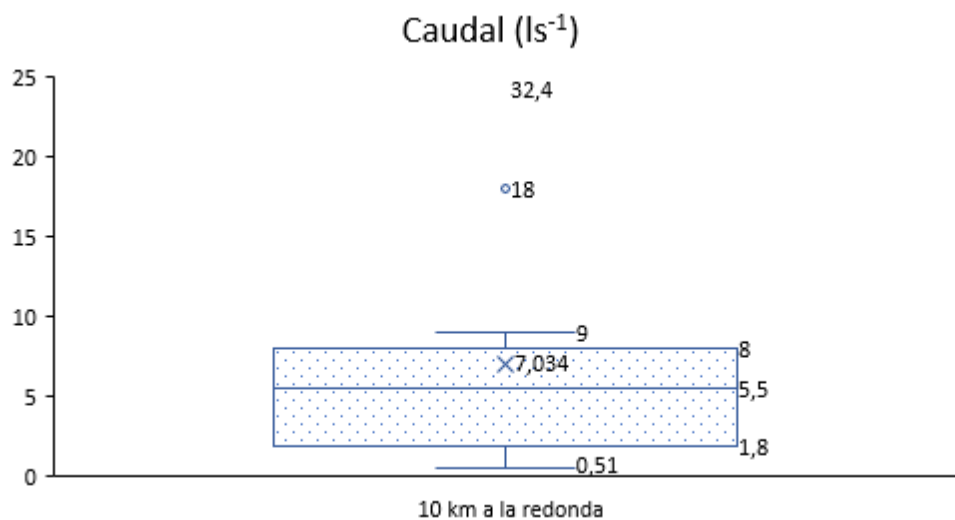


Figura 23. Representación gráfica de caudales en 10 km a la redonda de pozos de poca profundidad. Fuente: Elaboración propia.

En el área de estudio existen 23 captaciones inscritas, de las cuales 18 informan su nivel estático. Con dichos datos se puede realizar un análisis de frecuencias el cual indica que el nivel estático de estas captaciones se encuentra entre 0,2 y 0,4 metros (ver Figura 24).

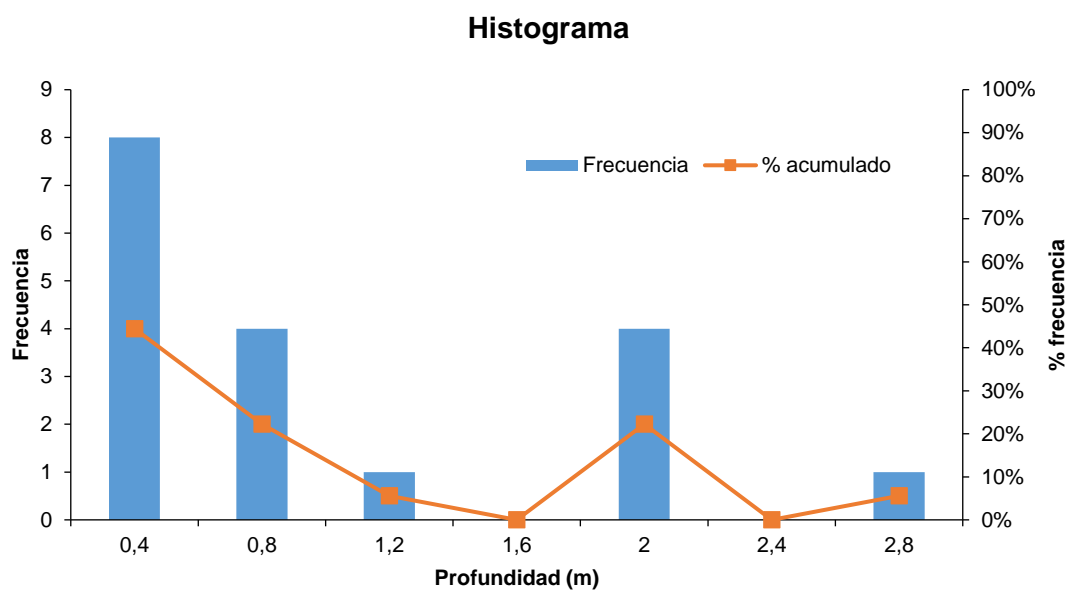


Figura 24. Histograma con los datos de nivel estático de pozos de poca profundidad (m). Fuente: Elaboración propia.

En el área de estudio existen 23 captaciones inscritas, de las cuales 15 informan su nivel dinámico. Con dichos datos se puede realizar un análisis de frecuencias el cual indica que el nivel estático de estas captaciones se encuentra entre 0,5 y 1,5 metros (ver Figura 25).

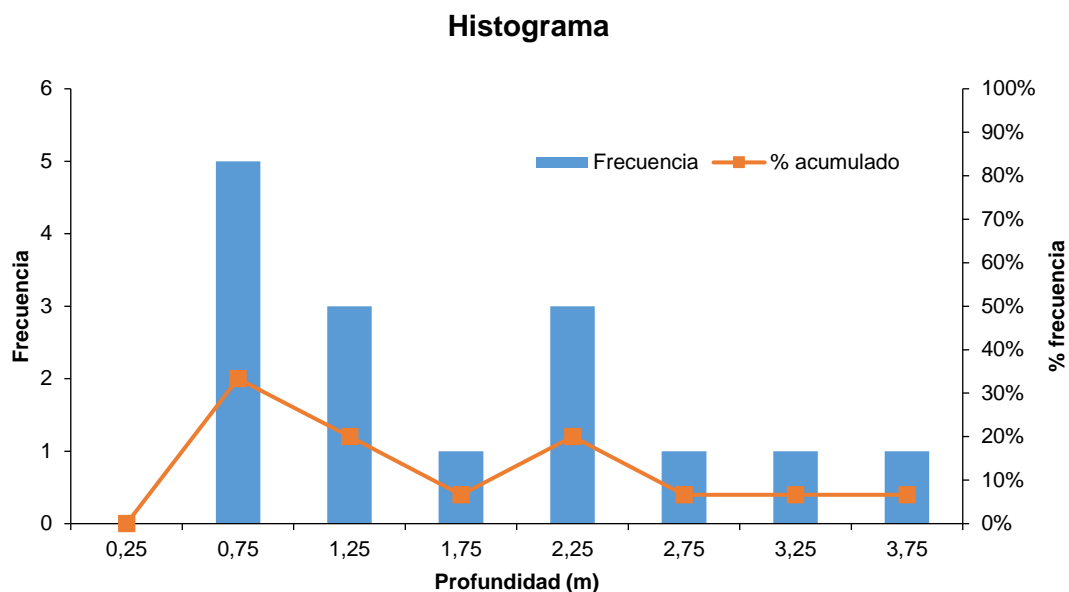


Figura 25. Histograma con los datos de nivel dinámico de pozos de poca profundidad (m). Fuente: Elaboración propia.

### 5.5 Estratigrafía de pozos en el área de trabajo

En algunas de las fichas técnicas con las que se trabajaron tenían estratigrafías las cuales se muestran a continuación mediante tablas identificados con el número de expediente de la captación inscrita.

Tabla 8. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-0801-8442.

Profundidad	Descripción
0-1,5	Suelo vegetal
1,5-3,5	Ripio
3,5-5,5	Tosca
5,5-7	Ripio

Tabla 9. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-1603-56.

Profundidad	Descripción
0-2	Suelo vegetal
2-12	Arcilla
12-15	Tosca
15-21	Ripio fino
21-30	Gravilla
30-40	Ripio Arena

Tabla 10. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-1603-31.

Profundidad	Descripción
0-3	Limo
3-7	Arena arcillosa
7-15	Arena, grava
15-22	Arcilla, arena, grava
22-62	Arena, grava

Tabla 11. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-0801-103667.

Profundidad	Descripción
0-1	Suelo vegetal
1-6	Arcila, ripio fino
6-12	Ripio fino
12-16	Tosca
16-20	Ripio fino, arenisca
20-25	Arenisca

Tabla 12. Estratigrafía entregada a la Dirección General de Aguas para el pozo ND-0801-8203.

Profundidad	Descripción
0-1	Suelo vegetal
1-5	Arena gruesa
5-7	Bolones, grava
7-10	Arena gruesa, grava
10-13	Bolones, grava
13-15	Arena gruesa, bolones
15-18	Arena gruesa
18-21	Arena gruesa, bolones
21-24	Arena gruesa, bolones
24-27	Arena fina, limo
27-30	Arena fina, limo
30-34	Arena fina, limo
34-40	Bolones, arena gruesa

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los datos con los que se trabajaron fueron obtenidos de la Dirección General de Aguas. Dichos datos fueron extraídos de las fichas técnicas, documento que es solicitado al momento de inscribir la captación. Estas fichas técnicas no tienen un formato único lo que dificulta realizar una comparación entre ellas. Es por esto, que la comparación se realizó con los niveles estático y dinámicos presentados en las fichas técnicas ya que esta información es concreta y técnica. Al no tener un formato único existen varias captaciones que no cuentan con toda la información necesaria, dejando captaciones fuera del análisis por falta de información.

Primero se trabajó con las captaciones presentes en un radio de 5 km a la redonda del área de estudio. Al realizar el filtro de las extracciones que cuenta con la información completa quedan muy pocas, además con la información que queda es necesario realizar una división de pozo profundos y norias, lo que no permite realizar un análisis y obtener una tendencia importante de los datos.

Al extender el radio a 10 km ya se puede trabajar con la información entregada y realizar un análisis estadístico con los niveles.

### **6.1 Comparación con el piezómetro de observación**

Los datos obtenidos de la caracterización del acuífero son comparados con el piezómetro de observación que la Dirección General de Aguas construyó en el área de estudio.

En la prueba de bombeo del piezómetro se concluyó que el nivel estático del pozo se encuentra a 5,51 metros. Al observar la Figura 14 se concluye que el nivel estático de los pozos profundos se encuentra entre los 2 y 4 metros. Lo que comparada con el pozo de observación ya se tiene un estimativo del nivel estático en el área de estudio.

Con relación al caudal de los pozos profundos que son los que se compara con el piezómetro de observación se tiene un promedio de es de 27,56 l s<sup>-1</sup>. Con la información analizada se podría estimar los niveles y caudales posibles de una nueva captación en las cercanías del área de estudio.

## 7. CONCLUSIONES

El objetivo general de este proyecto fue analizar las potenciales características de un sistema de aguas subterráneas mediante la evaluación de pozos cercanos existentes.

Como primer objetivo específico se propuso la creación de una base de datos, la cual se construyó con información de la Dirección General de Aguas. Dicha institución solicita al momento de inscribir una captación de aguas subterránea antecedentes técnicos. Son estos los que formaron la base de datos con la que se trabajó. Obteniendo así un listado de 72 captaciones inscritas en un radio de 10 kilómetros a la redonda del área de estudio.

Ya con esta base de datos se pudo comenzar a filtrar la información que se podía analizar, dando así paso al análisis. Al momento de procesar los datos, la tendencia se logró con la información de las captaciones de 10 km a la redonda del área de estudio.

Luego con los datos se realizó una división de pozos profundos (>10m) y de poca profundidad (< 10m), con esta última división y con la extracción de datos como nivel estático, nivel dinámico, caudal y estratigrafía se pudo estimar una tendencia de los niveles, donde se pudo comparar con el piezómetro de observación de la Dirección General de Aguas, donde se entregaron los informes de esa captación.

Como el piezómetro de observación entra en la clasificación de pozo profundo, la comparación se realizó con el análisis de estos. Donde la estadística de los pozos analizados se observó que la mayoría de los pozos tiene un nivel estático entre 2 y 4 metros, dejando como segunda tendencia los pozos con niveles entre los 4 y 6 metros. Con esta información se concluye que la mayoría de los pozos tiene un nivel estático entre los 2 a 6 metros. Si se compara con la información entregada por la DGA donde se dice que el piezómetro de observación tiene un nivel estático de 5,51 metros, se podría concluir que el nivel estático de este sector se encuentra en el nivel ya nombrado.

Respecto al caudal, analizando los datos se obtuvo que el promedio es de  $27,56 \text{ l s}^{-1}$  y el piezómetro de observación tiene un caudal constante de  $20 \text{ l s}^{-1}$  dejando un rango posible de caudales a extraer entre 20 a 30 litros por segundo.

Con respecto a la descripción de suelo el informe entregado por la Dirección General de Aguas y la información extraída desde las fichas técnicas se puede concluir que en la mayoría del sector estudiado presentan suelos arcillosos y arenosos.

En general es posible concluir que, si se realiza un pozo en el radio donde se encontraban las captaciones analizadas, las características de la extracción para un pozo profundo son, un caudal entre 20 a 30 litros por segundo, un nivel estático entre los 2 a 4 metros.

## 8. LITERATURA CITADA

1. Hatch, J. (2018). Informe del International Groundwater Resources Assessment Centre (IGRAC). Recuperado de [enlace web] (si está disponible)
2. Findikakis, A. N., & Sato, Y. (2013). Groundwater Management: A Comprehensive Approach. CRC Press.
3. Bravo, C. (2015). Reglamento sobre Normas de Exploración y Explotación de Aguas Subterráneas (Decreto N° 203). Revista de Derecho de Aguas, 26, 145-160.
4. Biblioteca Nacional de Chile. (Año). Clasificación de terrenos según características agrícolas [Descripción de clases]. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1019962>

## **9. ANEXO**

Anexo 1: Bases técnicas

Anexo 2: Descripción litológica POZO SAN CARLOS

Anexo 3: Informe Prueba de bombeo DGA San Carlos – Chillán

Anexo 4: Propuesta de Tramos Captantes – Pozo de monitoreo DGA – San Carlos

## **BASES TÉCNICAS**

### **1. INTRODUCCIÓN**

La Dirección General de Aguas, en adelante DGA, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Código de Aguas, es el organismo del Estado encargado de mantener y operar el Servicio Hidrométrico Nacional, entre otras funciones fundamentales.

### **2. OBJETIVO**

Conservar y potenciar la red hidrométrica regional, mediante la ampliación de la red de medición de aguas subterráneas de manera de ser operadas con niveles de seguridad adecuados y generar los registros estadísticos que permitan cumplir con las metas de la Unidad y tener a disposición de la ciudadanía de información requerida.

### **3. IDENTIFICACIÓN y UBICACIONES DE LAS ESTACIONES**

Las estaciones incluidas son:

1. Chillán en Campus Universidad de Concepción. Ubicación de la estación: coordenadas UTM (m): N=5.946.059; E=761.218, WGS84. En Universidad de Concepción campus Chillán.
2. San Carlos en predio Universidad de Concepción. Ubicación de la estación: coordenadas UTM (m): N=5.970.010; E=239.398, WGS84. A unos 5,5 km salida Norte de San Carlos, comuna San Carlos.

### **4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONTRATO**

#### **a. Propuesta metodológica.**

Las presentes bases detallan los requerimientos técnicos mínimos que deben ser abordados durante la ejecución de las actividades asociadas a la prestación de servicios personales que se busca contratar.

En éstas se detallan las etapas del trabajo, sus actividades principales, y los informes asociados. Sin perjuicio de lo anterior, y considerando que existe ya una propuesta inicial, cada oferente en su propuesta deberá evaluar si la metodología indicada es la más acertada de acuerdo con su experiencia, y en función de dicha evaluación podrá proponer ajustes que estime convenientes a esta metodología.

Se deberá indicar la forma en que abordará el trabajo, señalando el procedimiento que utilizará en su ejecución. Deberá referirse explícitamente a la información que generará durante el contrato y la forma y tiempo en que hará su presentación.

#### **b. Programa de trabajo.**

Corresponde a la programación en el tiempo de las actividades asociadas a su metodología propuesta. Deberá realizar un programa de trabajo, indicando etapas y plazos, incluyendo una Carta Gantt que indique fechas de cumplimientos de hitos, plazos de revisión y correcciones, así como cronología de los estados de pagos con el consecuente compromiso de productos para cada caso. Además, deberá indicarse el tiempo de participación de cada uno de los profesionales, o técnicos, desglosados por etapas.

**c. Experiencia del Proponente en trabajos similares.**

Para poder evaluar que el proponente posee la experiencia suficiente para asegurar el cumplimiento del objetivo de la prestación de servicios personales que se licita, deberá adjuntar currículum actualizado que dé cuenta de los trabajos realizados como mínimo en los últimos cinco años, en temas similares y/o relacionados con los de la presente licitación, con detalle suficiente de monto y materias, que permita identificar la magnitud y complejidad de los trabajos abordados.

Debe indicar por lo menos la siguiente información asociada a perforaciones ya realizadas: cantidad, profundidad, tipo de método de perforación utilizado, año de los trabajos, mandantes, etc.

**d. Detalle del equipamiento considerado para la ejecución de los trabajos.**

Se deberá describir el equipamiento considerado para realizar los trabajos, certificándolo ya sea a través de fotos y/o facturas.

**e. Organización permanente del Proponente.**

Se deberá describir la estructura orgánica del proponente en términos del personal profesional que labora en forma permanente en la organización, señalando las instalaciones y equipamiento de que dispone.

**f. Organización del Proponente para desarrollar el trabajo.**

El oferente deberá plantear de forma clara cómo se estructurará el equipo de trabajo.

El equipo de trabajo deberá estar compuesto a lo menos por: un jefe de terreno o encargado de faena, de profesión Constructor Civil, Ingeniero Constructor, Ingeniero Civil, Geólogo o profesional afín de más de tres años de experiencia, con presencia permanente en cada actividad desarrollada.

Además, se debe identificar a las personas que cumplirán las funciones comprometidas, distinguiendo entre profesionales, personal técnico y administrativo.

Se debe adjuntar un detalle de las horas comprometidas en el presente contrato y en otros que esté desarrollando o que se encuentren en presentación a la fecha, a fin de evaluar si el tiempo de dedicación comprometido es consistente con lo propuesto.

**g. Currículum del personal que trabajará en la prestación de servicios personales.**

Para cada persona identificada en la organización del proponente para el desarrollo del trabajo, se deberá adjuntar su currículum abreviado actualizado, destacando la experiencia que posee para abordar las labores que le corresponda realizar para el presente trabajo, ciñéndose exclusivamente a las actividades que realizaría en el presente contrato.

**h. Carta compromiso de cada uno de los integrantes del personal comprometido.**

Cada una de las personas que integrarán el equipo de trabajo deberá garantizar, mediante Carta Compromiso, su participación en el equipo de trabajo.

**i. Consultas y aclaraciones si corresponde.**

En la eventualidad que se realicen consultas y/o aclaraciones en el marco del proceso de licitación, se deben incluir en su propuesta técnica, como anexos, a fin

de respaldar que determinadas adecuaciones o propuestas se amparan en las aclaraciones dadas con posterioridad a la publicación de las bases en el Sistema de Información- [www.mercadopublico.cl](http://www.mercadopublico.cl).

## 5. DESCRIPCION DE LOS SERVICIOS

El presente trabajo se desarrollará en la región de Ñuble, y consiste en la adquisición de dos (2) piezómetros ejecutados y perfectamente operativos, que en total comprenden 100 metros lineales de perforación.

Las zonas donde deberán construirse los piezómetros se presentan en el cuadro 5.1, donde se indica la Región, provincia, comuna y las coordenadas referenciales del centroide de la zona (coordenadas UTM, Datum WGS 84, Husos 18 y 19).

Para estimar la profundidad media del total de los pozos a construir, se tomó en consideración los antecedentes de pozos cercanos. El oferente, en base a su experiencia, estimará inicialmente la profundidad que se espera alcanzar para cada piezómetro.

### 5.1.- CUADRO: Listado de zonas de ubicación de pozos a construir

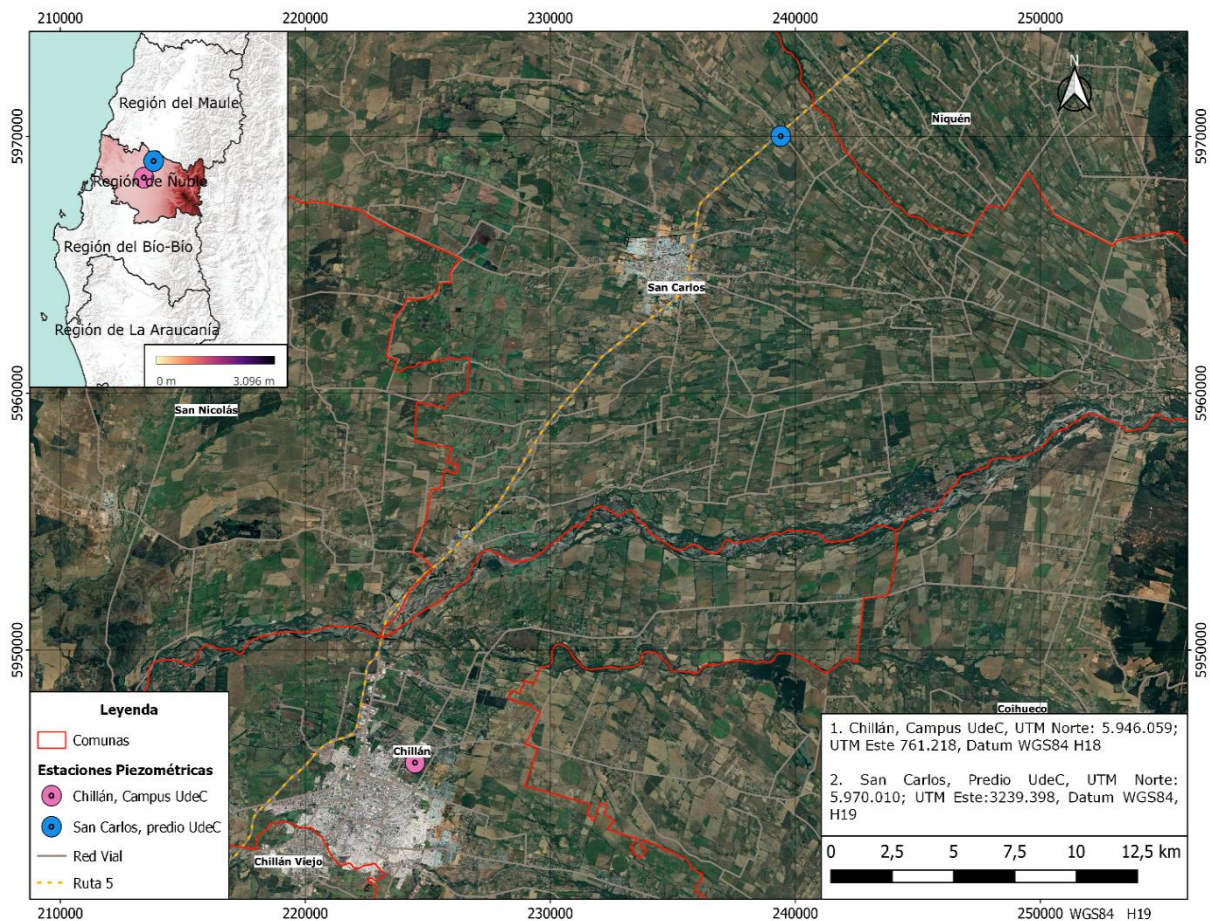
ESTACIÓN	COORDENADAS (Wgs84)		HUSO	COMUNA
	Norte (m)	Este (m)		
Chillán en Campus UdeC	5.946.059	761.218	18	Chillán
San Carlos en predio UdeC	5.970.010	239.398	19	San Carlos

La tabla anterior corresponde a un listado referencial de zonas donde se construirán los piezómetros, incluyendo comuna y región donde se deberán ubicar los dos pozos, puesto que la ubicación definitiva será oficializada por la DGA regional una vez adjudicada la propuesta.

En la figura n°-1 se indican las posibles zonas de ubicación de los pozos. La profundidad estimada promedio es de 50 metros, y es sólo de carácter referencial, debiéndose considerar que el piezómetro finalizado es aquel que cumple con los estándares mínimos para operar adecuadamente en diversas condiciones hidrológicas; en suma, la profundidad debe ser suficiente para asegurar que el control de niveles pueda efectuarse en forma permanente, es decir, debe considerar medir en condiciones de sequía o alta intensidad de uso del acuífero.

La DGA establecerá con precisión los puntos donde corresponde disponer del piezómetro a posteriori, lo cual se materializará en listado con la ubicación precisa y otros antecedentes pertinentes, lo que será analizado y aprobado por la Inspección Fiscal respectiva.

### **Figura n°-1: Zonas de ubicación Pozos Región de Ñuble.**



## 5.2.- Método considerado y Características Generales de la construcción.

Las características generales de los pozos a construir que se deben considerar son las siguientes:

- Perforación en 9 ¼".
- Entubamiento o habilitación en tubería de acero de 6,35 mm y 8" de diámetro interior.
- Prefiltro logrado a través de inyección de aire con el equipo perforador con lo cual se arrastran los materiales finos próximos al pozo. De esta forma quedan aquellos más gruesos y que ofician de prefiltro natural.
- La perforación se hará mediante el método de rotopercusión con entubamiento simultáneo, donde todo el pozo se construye en un único diámetro de perforación (9 ¼"), y la tubería (de 8") se coloca en forma simultánea a medida que se perfora.
- Los tramos filtrantes deben ser propuestos a la Inspección con antelación a la construcción del pozo y una vez aprobados se procede a la construcción del mismo. Además, se deben extraer muestras del material perforado cada vez que se constate un cambio en sus características.
- La terminación superior del pozo se deberá realizar mediante un dado de hormigón que se coloca en superficie con dimensiones de 80 cm. de lado por 30 cm. de altura, medida desde el nivel de terreno. Deberá sobresalir además una tubería de encamisado de al menos 60 cm., medidos desde igual nivel de referencia.
- Se requiere además dejar habilitado el piezómetro para la instalación de sensor de nivel como también un sistema de cierre para la protección de este último. Para ello se debe considerar la incorporación de pletinas horizontales, que permitan la instalación del disco adaptador de 6" que viene con el sensor,

como también una tapa con bisagra portacandado para favorecer la seguridad del equipo instalado (ver fotografías adjuntas n°1 y n°2).

- Se considerará adicionalmente como parte de este contrato, el desarrollo, prueba de caudal estimativo y perfil estratigráfico de cada piezómetro construido.
- El caudal estimativo o de productividad del piezómetro construido, deberá obtenerse mediante el Método Airlift (Estimación de caudal del pozo a partir de la inyección de aire comprimido) u otro método semejante, que cuente con la aprobación previa de la Inspección Fiscal, y que sea debidamente descrito y fundamentado en el informe de etapa correspondiente, el cual deberá ser acorde con los plazos y montos establecidos.
- La estratigrafía debe ser desarrollado y validada por un profesional habilitado para ello, Geólogo o profesional afín.
- Desarrollar, y analizar en cada uno de los puntos, una prospección previa con un método geofísico ya sea SEV, TEM u otro que permita estimar los cambios en profundidad de la litología, la que deberá ser luego con lo obtenido en la construcción de las obras.

**Fotografía n°-1:** Vista superior tapa piezómetro.

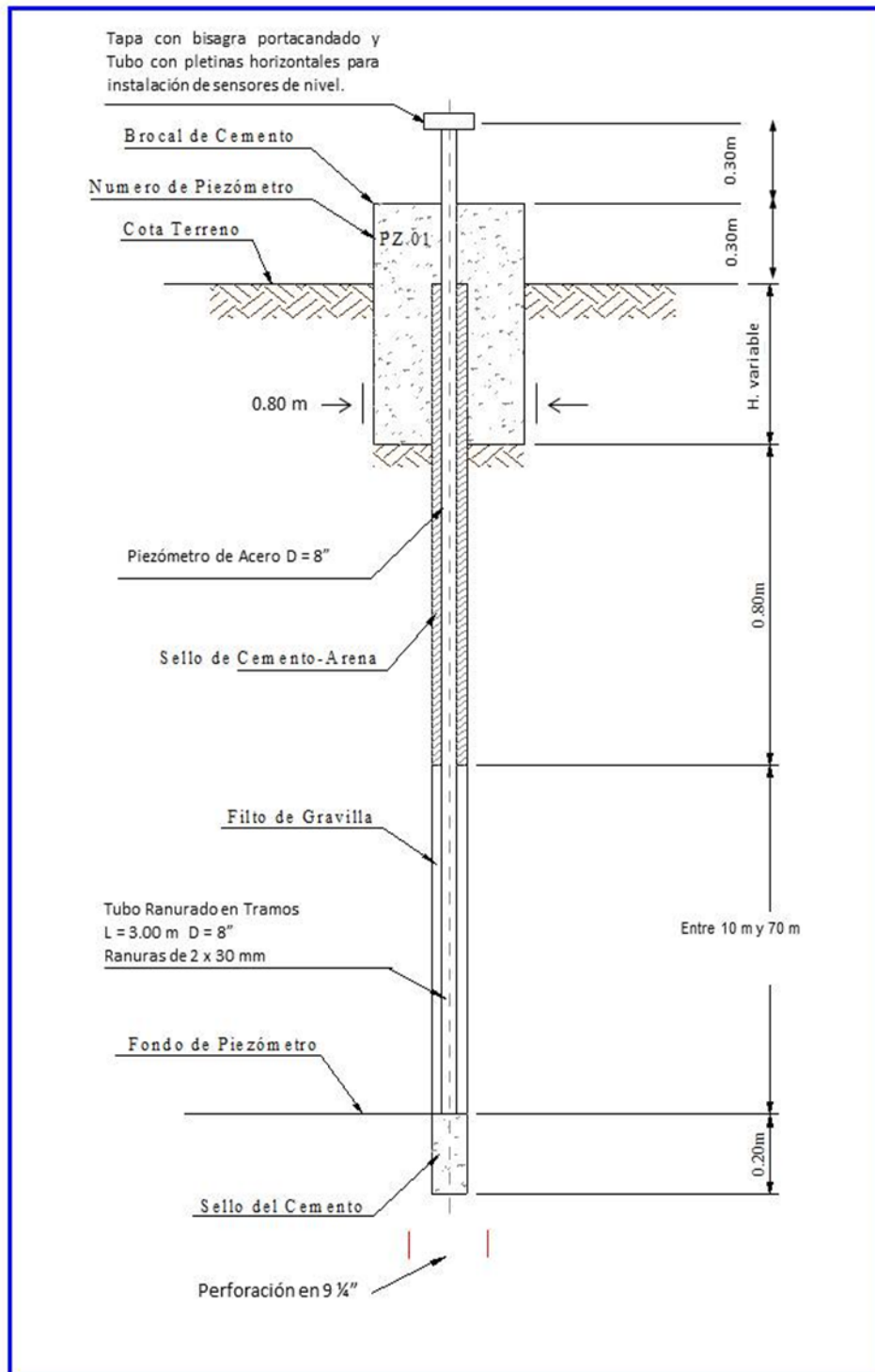


**Fotografía n°-2:** *Vista exterior tapa piezómetro.*



## **ESQUEMA REFERENCIAL DEL TIPO DE POZO A CONSIDERAR**

Las características generales de los pozos se especifican en el numeral 7.2. Sin embargo, las firmas consultoras participantes en el presente proceso de licitación pública deberán proponer las características generales de los pozos a construir.



## **6. PLAZO DE EJECUCION**

El inicio de las actividades se hará efectivo a partir de la fecha de publicación de la orden de compra en el portal [www.mercadopublico.cl](http://www.mercadopublico.cl). El plazo máximo para la ejecución del servicio será hasta el 31 de octubre de 2022, y este plazo incluirá la revisión de los informes por parte de la DGA (5 días corridos) y la presentación de los informes definitivos que subsanen las observaciones formuladas por la DGA (5 días corridos). Sin perjuicio de lo anterior, si los trabajos se desarrollan antes del plazo máximo estipulado, y las etapas son aprobadas a conformidad de la DGA, el contrato podrá terminar antes del plazo máximo ya indicado.

## **7. ETAPAS E INFORMES**

El consultor deberá entregar 1 informe al final de la ejecución del contrato, asociándolo con el respectivo Estado de Pago final, el que deberá, al menos, contener la información relativa a la instalación de los piezómetros correspondientes a cada etapa de construcción, una síntesis de los trabajos y cualquier otra información que el adjudicatario considere relevante.

La empresa que se adjudique los trabajos deberá entregar un Informe Técnico para cada uno de los Piezómetros construidos (2), el cual deberá contener, al menos, los siguientes aspectos:

- Plano general de ubicación de los piezómetros construidos.
- Detalle de las labores realizadas.
- Seguimiento fotográfico de los trabajos y secuencias fotográficas del material asociado a cada uno de los perfiles litológicos.
- Plano detallado de la perforación, quedando claramente definidos y acotada la información referencial del perfil litológico, constructivo y de niveles, valores de cota cada metro, desde la boca del piezómetro hasta su profundidad total; descripción de los materiales encontrados durante la construcción del pozo; esquematizar regla métrica para apreciar longitudes gráficas de los tramos ciegos y filtrantes, puntos de aportes de agua, nivel estático, grosores de los estratos encontrados, etc. Material usado en el entubamiento del piezómetro, niveles de aportes de agua y nivel estático, registro fotográfico de los lugares, instalaciones de faenas, obras de construcción y habilitación, y piezómetro finalizado.
- Presentación de ficha técnica con el resumen de la información asociada a cada uno de los piezómetros construidos, la que deberá contener, a lo menos, los antecedentes generales, tales como identificación del pozo construido, ubicación, coordenadas, Huso, Datum, profundidad total alcanzada, diámetro de habilitación del pozo, cota (msnm), fecha de construcción.

Se hará entrega de un solo informe final, el cual contendrá la información de los 2 pozos realizados durante el período de ejecución del contrato. Le entrega de este se hará en el número y formato establecido en las bases administrativas.

## **8. PRESUPUESTO**

El presupuesto total disponible asciende a la suma máxima de \$30.000.000 (treinta millones de pesos, incluido IVA), el cual contempla la construcción mínima de 2 pozos a perforar con una habilitación mínima de 100 metros lineales totales.

La modalidad de pago, garantías, etc., se establecen en las bases administrativas.

## **9. EQUIPO DE TRABAJO**

La empresa deberá disponer, para la ejecución de los piezómetros, de maquinaria adecuada y en perfecto estado de operación, además del equipamiento de apoyo necesario para las labores.

El equipo de trabajo debe estar compuesto a lo menos por: un Jefe de Terreno o encargado de faena, de profesión Constructor Civil, Ingeniero Constructor, Ingeniero Civil, Geólogo o profesional afín, de más de 3 años de experiencia, con presencia permanente en cada actividad desarrollada.

Las bases administrativas establecen con más detalle los requisitos y exigencias para la empresa.

## **10. NORMAS**

Se consideran formando parte de las presentes Especificaciones Técnicas Especiales las Normas Chilenas Oficiales (NCH) del Instituto Nacional de Normalización (I.N.N.).

En los aspectos no cubiertos tanto por las Normas Chilenas Oficiales como por las especificaciones técnicas generales (ETG) y estas especificaciones técnicas especiales (ETE), se utilizarán los siguientes documentos vigentes a la fecha de esta licitación, en su última edición:

- Se aplicarán las "Especificaciones de Construcción de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas, Manual de Carreteras, volumen 5".
- Se consideran también incorporadas a las presentes ETE, las Especificaciones Técnicas dadas por los fabricantes de los productos que se emplearán en la ejecución de las diferentes partidas.

## **11. PROTECCIÓN Y CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE**

### **a) Generalidades**

El Contratista será el responsable de la protección y control del Medio Ambiente; su control será realizado por el experto en Prevención de Riesgos u otro profesional previamente autorizado por la Inspección. La protección y control del medio ambiente se considera incluida dentro de sus gastos generales.

El Contratista deberá tomar las medidas necesarias para eliminar o minimizar los efectos negativos sobre el medio ambiente, considerándose como tal el ambiente poblacional, flora y fauna, y sobre el ecosistema del entorno, es decir, aire, agua y suelo.

### **b) Medidas Generales a considerar**

Garantizar un ambiente laboral adecuado, tanto en las áreas de trabajo como en los campamentos, que asegure la higiene industrial y cumpla con los reglamentos y leyes pertinentes. El Contratista debe supervisar que su personal y proveedores no afecten el medio poblacional cercano o circundante, evitando los problemas de contaminación que pudiesen ocasionarles (gases, polvos, ruidos, olores y visual). Prohibir las quemas de restos de vegetales, dados los riesgos operacionales que éstas implican y que no son necesarias para las obras proyectadas.

Respecto a la emisión de gases, cumplir con la legislación vigente en el país al respecto, prohibiéndose la quema de aceites usados u otros lubricantes.

Los desechos y escombros provenientes de las faenas deben ser transportados y depositados por el Contratista en escombreras asignadas y autorizadas con ese fin, las que se deberán mantener ordenadas y acomodadas con formas regulares. Prohibir el vaciado directo o indirecto de cualquier sustancia nociva a los cauces existentes. El proyecto debe respetar los lugares declarados previamente como sitios arqueológicos, monumento nacional o patrimonio nacional.

### **c) Prioridad de los documentos que rigen la ejecución de las obras**

Las presentes Especificaciones Técnicas Especiales se complementan con los planos de diseño del proyecto. La ejecución de la obra se regirá por lo que estipulen los planos del proyecto y las especificaciones. Además, deberá tenerse presente lo siguiente:

- El IF podrá efectuar correcciones de discrepancias entre el proyecto y el terreno y/o modificaciones menores en los Planos del Proyecto, con mayor razón si ellas permiten un mayor ajuste a las condiciones existentes en terreno.

- Se consideran incorporadas a las especificaciones las notas que se incluyen en los planos. En caso de conflicto entre éstas y las especificaciones, primará lo indicado en los planos.
- En los planos las cotas prevalecen sobre el dibujo y los planos de detalles sobre los generales.
- Las tolerancias aceptables en cuanto a dimensiones, calidades, resistencias y terminaciones serán las que indiquen los planos, las especificaciones técnicas o el IF.
- En casos no cubiertos por las Especificaciones Técnicas Especiales ni por los planos, normas y demás documentos, primará lo que señale el IF.

## **12. DISPOSICIONES GENERALES**

Será obligación del Contratista mantener en la oficina un ejemplar completo del proyecto en ejecución, incluidos los planos que correspondan.

El Contratista deberá comunicar al IF cualquier interferencia de las obras proyectadas con obras o instalaciones existentes no contempladas en el proyecto. No se admitirán reclamos por informaciones inexactas o incompletas que, sobre el particular, pudiese contener el proyecto, debiéndose ejecutar las obras respectivas de la manera más adecuada, como si así hubiesen sido previstas.

El Contratista deberá tomar las medidas necesarias para que árboles, ductos, postes y otras instalaciones que pudieran existir en las cercanías de las obras en ejecución, se mantengan normalmente y no sufran daños. Si por alguna causa se produjeran deterioros o daños a la propiedad pública o privada no previstos en el proyecto, será de responsabilidad y cargo del Contratista la reparación y/o reposición de los bienes afectados, a entera satisfacción del IF y de los propietarios afectados.

Durante la ejecución de las obras, el Contratista deberá disponer la señalización adecuada, tanto diurna como nocturna, conforme a las exigencias reglamentarias vigentes.

El Contratista será el único responsable de lo que acontezca a la obra ante cualquier eventual crecida que pueda destruir los trabajos ejecutados.

El Contratista deberá utilizar los métodos y elementos más apropiados en cada situación, cumpliendo con todas las normas y las mejores técnicas de construcción.

Todos los materiales procedentes de las excavaciones que no sean utilizados en la faena, deberán llevarse a los botaderos que autorice el IF, quien fijará además la extensión y talud de los acopios.

Allí en donde se requiera la aprobación del IF conforme a estas especificaciones, dicha aprobación no liberará al Contratista de sus deberes o responsabilidades sobre la ejecución de la obra.

Toda la mano de obra y los materiales deberán ser de la mejor calidad, de acuerdo a las especificaciones. En caso que no se haya efectuado alguna descripción en estas especificaciones, toda la mano de obra y los materiales deberán ser de un tipo no inferior al especificado en las Normas I.N.N. correspondientes, o su equivalente. Salvo indicación en contrario del mandante, el suministro de

materiales, equipos necesarios y toda la mano de obra serán de cargo del Contratista.

Para la ejecución de las obras, el Contratista deberá respetar los planos y Especificaciones Técnicas aprobados para la construcción, debiendo consultar con el IF cualquier aspecto que quede poco claro o ambiguo.

Será responsabilidad del Contratista certificar que los materiales de los distintos proveedores cumplan con la calidad requerida en las ETE, antes de enviar los materiales a obra. Una vez certificada la calidad de los materiales, el Contratista, previa autorización de la IF, podrá incorporar los materiales a obra.

En el caso del relleno mediante bolones, el IF deberá dar su Visto Bueno al material utilizado, verificando que cumple con la calidad y dimensiones mínimas requeridas.

Los morteros y hormigones utilizados deberán ser de la calidad requerida en las presentes bases, lo que se verificará con el respectivo certificado de un organismo competente.

Durante la ejecución de la obra, el Contratista deberá respetar los procedimientos y controles establecidos en la ETE, procediendo a controlar la calidad de los materiales y las marcas de productos especificados para los diversos ítems de materiales incluidos en estas ETE o en los planos.

Todo trabajo relacionado con el diseño, la instalación o la aplicación de materiales bajo estas especificaciones será ejecutado en completo acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes.

Para aquellos trabajos o instalaciones en los que no existen instrucciones o recomendaciones del fabricante, el Contratista se registrará según lo que determine el IF.

### **13. RIESGOS**

Se deja constancia que durante la ejecución de las obras, la Empresa que se adjudique los trabajos, deberá absorber los riesgos que puedan afectar a las labores, ya sea por crecimiento de los ríos, lluvias u otros.

### **14.FOTOGRAFÍAS:**

La contratada deberá entregar un reportaje fotográfico que incluya desde el inicio hasta el final y la ejecución de las principales partidas. Estas deberán ser entregadas al Inspector fiscal, en respaldo de pendrive y en su oportunidad, no posterior al aviso de término de obra.

# INFORME

## DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA POZO DE MONITOREO SAN CARLOS

Fecha : 07 de Noviembre 2022

---

### 1.- ANTECEDENTES

El presente informe tiene como objetivo conocer las características geológicas de un pozo de monitoreo ubicado al noreste de la ciudad de San Carlos (Figura 1), en la Región de Ñuble.



Figura 1: Ubicación del Pozo




Para esto se hacen llegar muestras del sondaje cada 3 metros embolsadas y etiquetadas, con un largo de 50 metros.





El pozo de monitoreo se ubica sobre dentro de depósitos mayoritariamente glacio-fluviales variables, observándose elementos gruesos y finos con buena gradación de este a oeste, entre los cuales se intercalan rellenos finos de origen volcánico, pero también depósitos mal clasificados conformados por gravas gruesas, arenas, arcillas y limos. Reconociéndose entre el material glacio-fluvial y a distintas profundidades, sedimentos fluviales relacionados a la acción de cauces fluviales antiguos y recientes.





## 2.- RESULTADOS





El pozo de monitoreo presenta depósitos no consolidados de secuencias de arcillas, arena y fragmentos de roca tamaño grava en donde van variando sus proporciones.



### Características litológicas del pozo

Profundidad Metros	Descripción	Fotografía
<b>0 - 3</b>	Suelo, se reconoce materia orgánica con depósitos de fragmentos menores a 1 cm. de rocas volcánicas,	
<b>3 - 6</b>	Se observa menor cantidad de materia orgánica, Nivel en el cual predomina con un 80% arena de color gris oscuro de origen volcánico, mezclado con fragmentos volcánicos de tamaño 1cm. a 3 cm.	
<b>6 - 9</b>	Nivel arcilloso de color gris oscuro con fragmentos volcánicos que representan entre un 5% a 10%.	

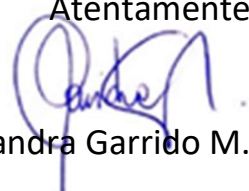
<p><b>9 – 12</b></p>	<p>Nivel en que las arcillas representan un 20%, 50% arena y 30% fragmentos sub-angulosos mayores de 5mm.</p>	
<p><b>12 – 15</b></p>	<p>Corresponde a bolones de composición volcánica sub-redondeados tamaño promedio entre 1cm. - 5 cm.</p>	
<p><b>15 – 18</b></p>	<p>Nivel en el cual predomina con un 70% arena y un 30% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas.</p>	
<p><b>18 – 21</b></p>	<p>Nivel que se encuentra con un 50% arena y un 50% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas mayor a 2 cm.</p>	

<p><b>21 - 24</b></p>	<p>Nivel que se encuentra con un 50% arena color gris oscuro y un 50% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas mayor a 2 cm.</p>	
<p><b>24 -27</b></p>	<p>Mayor al 70% corresponde a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeados y menor al 30% arena de color gris oscuro a negro de origen volcánico.</p>	
<p><b>27 - 30</b></p>	<p>Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 70% de arcillas y un 30% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.</p>	
<p><b>30 - 33</b></p>	<p>Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 80% de arcillas y un 20% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.</p>	

<p><b>33 - 36</b></p>	<p>Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 80% de arcillas y un 20% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.</p>	
<p><b>36 - 39</b></p>	<p>Nivel arcilloso de color café, compuesto por más del 90% de arcillas y un 10% de fragmentos de roca de origen volcánico menores a 1 cm.</p>	
<p><b>39 - 42</b></p>	<p>Nivel de transición compuesto en su mayoría de arena de color gris oscuro a negro 60%, 30 % de arcillas y 10% de fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeados de tamaño mayor a 1 cm.</p>	
<p><b>42 - 45</b></p>	<p>Nivel compuesto en su mayoría de arena de origen volcánico de color gris oscuro a negro</p>	

<b>45 - 48</b>	Nivel compuesto por por fragmentos de rocas de origen volcánico, sub-redondeadas con tamaños que varían entre 1 cm. a 5 cm. con menor al 10% de arena gris.	
<b>48 - 50</b>	Nivel en donde el 60% corresponden a fragmentos de rocas volcánicas sub-redondeadas con tamaños que varían entre 0.5 cm. a 4 cm., 35% arena y 5% arcillas.	

Atentamente



Alejandra Garrido M.

Geóloga

---

# INFORME DE CONSTRUCCIÓN DE POZO Y PRUEBA DE BOMBEO CAUDAL MÁXIMO

---

DGA CHILLÁN – DGA SAN CARLOS

Región de Ñuble

Octubre 2022

## TABLA DE CONTENIDOS.

<b>1 ANTECEDENTES GENERALES.</b>	<b>3</b>
<b>2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA POZO DGA SAN CARLOS.</b>	<b>3</b>
2.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO PERFORADO.	5
2.2 CONCLUSIONES DE LA PERFORACIÓN DEL POZO DGA SAN CARLOS.	6
2.3 PRUEBA DE BOMBEO DGA SAN CARLOS.	6
<b>3 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA POZO DGA CHILLÁN.</b>	<b>6</b>
3.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO PERFORADO.	7
3.2 CONCLUSIONES DE LA PERFORACIÓN DEL POZO DGA CHILLÁN.	8
3.3 PRUEBA DE BOMBEO DGA CHILLÁN.	9
<b>4 GRAFICOS PRUEBAS CAUDAL MÁXIMO.</b>	<b>9</b>
4.1 PRUEBA CAUDAL MÁXIMO DGA SAN CARLOS	9
APENDICE	9
4.2 PRUEBA CAUDAL MÁXIMO DGA CHILLÁN	14
APENDICE	14

## 1 ANTECEDENTES GENERALES.

DGA CHILLÁN - SAN CARLOS, contrató a nuestra empresa para la construcción de dos pozos profundos y sus respectivas pruebas de gastos – Caudal máximo, uno ubicado en la comuna Chillán y el otro ubicado en la comuna San Carlos, Región de Ñuble.

Hidrosondajes Ltda. empresa especializada en el estudio y captación de aguas subterráneas realizó estos trabajos cumpliendo con las normas y procedimientos recomendados en el país.

Esta obra se llevó a cabo utilizando una máquina perforadora de rotoperCUSión con sistema DTH Perforadora Nordmeyer DSB 1.5 montada sobre Mercedes Benz Unimog U1750, herramientas y personal especializado.

## 2 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA POZO DGA SAN CARLOS.

El resultado de la construcción fue un pozo de 50 metros de profundidad, entubado en su totalidad en cañería de acero al carbono ASTM A 53, diámetro D= 8 pulgadas, espesor E= 6.55 milímetros.

Coordenadas UTM (huso 19, Datum WGS84):

239781 E

5969678 N

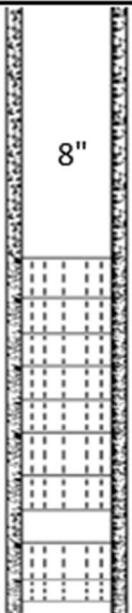


En las zonas aportantes se utilizaron tramos ranurados, ubicados de acuerdo con el siguiente detalle:

- Desde nivel de terreno (superficie) hasta los 20 metros: Cañería Ciega
- Desde el nivel de 20 metros hasta nivel de 41 metros: Cañería Ranurada
- Desde el nivel de 41 metros hasta nivel de 44 metros: Cañería Ciega
- Desde el nivel de 44 metros hasta nivel de 48.5 metros: Cañería Ranurado
- Desde el nivel de 48.5 metros hasta nivel de 50 metros: Cañería Ciega

## 2.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO PERFORADO.

- Desde nivel de terreno (superficie) hasta nivel 03 metros: Tierra vegetal
- Desde nivel 03 metros hasta nivel 06 metros: Piedra con aporte de Arena
- Desde nivel 06 metros hasta nivel 09 metros: Arcilla
- Desde nivel 09 metros hasta nivel 12 metros: Arcilla con aporte de Bolón
- Desde nivel 12 metros hasta nivel 18 metros: Piedra con aporte de Bolón
- Desde nivel 18 metros hasta nivel 30 metros: Bolón con aporte de Arena
- Desde nivel 30 metros hasta nivel 42 metros: Arcilla con aporte de Piedra
- Desde nivel 42 metros hasta nivel 48 metros: Arena con aporte de Piedra
- Desde nivel 48 metros hasta nivel 50 metros: Piedra con aporte de Arena

Pozo Profundo DGA SAN CARLOS 8" - 50 mts.			
Escala (Mts)		Estratigrafía	Diagrama
0	20	Tierra Vegetal	
		Piedra y Arena	
		Arcilla	
		Arcilla y Bolón	
		Piedra y Bolón	
20	41	Bolón y Arena	
		Arcilla y Piedra	
41	44	Arena y Piedra	
44	48,5		
48,5	50		

## 2.2 CONCLUSIONES DE LA PERFORACIÓN DEL POZO DGA SAN CARLOS.

Luego de hacer la limpieza con inyección de aire comprimido, se observa que el aporte es significativo del acuífero está entre los 20 y 50 metros. Dado que las zonas captantes (ranuradas) quedaron ubicadas frente a los estratos con granulometría que permiten la infiltración del acuífero, esto dio como resultado un aporte de agua limpia y sin arrastre de sólidos.

## 2.3 PRUEBA DE BOMBEO DGA SAN CARLOS.

- Nivel estático del pozo es 5,51 metros
- Se bombeo con un caudal constante de 20 litros por segundo
- Se obtuvo un nivel dinámico de 13,90 metros
- El pozo es capaz de aportar 20 l/s, estabilizado a 13,9 metros, garantizando un caudal seguro constante.

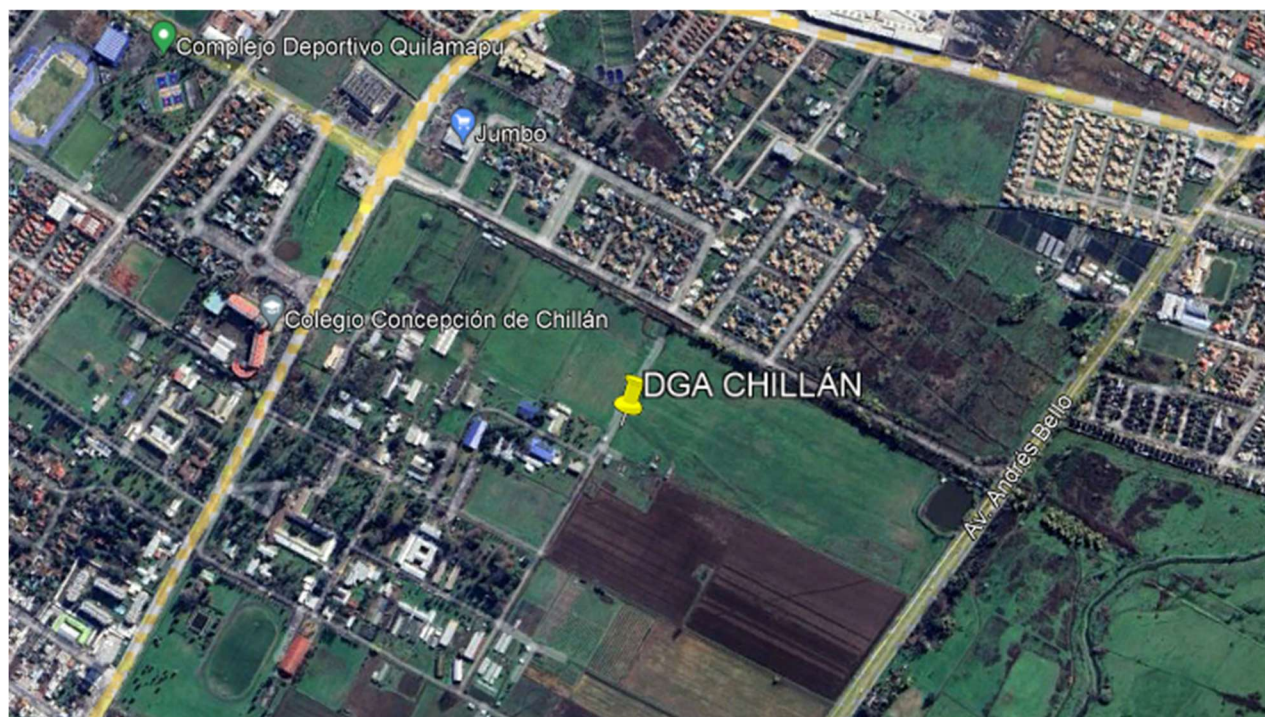
## 3 CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA POZO DGA CHILLÁN.

El resultado de la construcción fue un pozo de 50 metros de profundidad, entubado en su totalidad en cañería de acero al carbono ASTM A 53, diámetro D= 8 pulgadas, espesor E= 6.55 milímetros.

Coordenadas UTM (huso 18, Datum WGS84):

761208 E

5946077 N



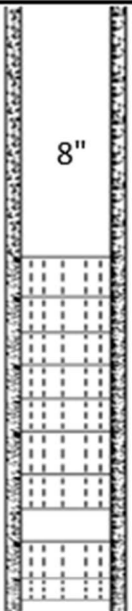
En las zonas aportantes se utilizaron tramos ranurados, ubicados de acuerdo con el siguiente detalle:

- Desde nivel de terreno (superficie) hasta los 20 metros: Cañería Ciega
- Desde el nivel de 20 metros hasta nivel de 41 metros: Cañería Ranurada
- Desde el nivel de 41 metros hasta nivel de 44 metros: Cañería Ciega
- Desde el nivel de 44 metros hasta nivel de 48.5 metros: Cañería Ranurada
- Desde el nivel de 48.5 metros hasta nivel de 50 metros: Cañería Ciega

### 3.1 COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO PERFORADO.

- Desde nivel de terreno (superficie) hasta nivel 03 metros: Tierra vegetal
- Desde nivel 03 metros hasta nivel 06 metros: Bolón con aporte de Piedra

- Desde nivel 06 metros hasta nivel 12 metros: Piedra con aporte de Arcilla
- Desde nivel 12 metros hasta nivel 18 metros: Bolón con aporte de Piedra
- Desde nivel 18 metros hasta nivel 21 metros: Bolón con aporte de Arena
- Desde nivel 21 metros hasta nivel 33 metros: Piedra con aporte de Arena
- Desde nivel 33 metros hasta nivel 42 metros: Piedra con aporte de Arcilla
- Desde nivel 42 metros hasta nivel 50 metros: Piedra con aporte de Arena

Pozo Profundo DGA CHILLÁN 8" - 50 mts.			
Escala (Mts)		Estratigrafía	Diagrama
0	20	Tierra Vegetal	
		Bolón y Piedra	
		Piedra y Arcilla	
		Bolón y Piedra	
		Bolón y Arena	
20	41	Piedra y Arena	
		Piedra y Arcilla	
41	44	Piedra y Arena	
44	48,5		
48,5	50		

### 3.2 CONCLUSIONES DE LA PERFORACIÓN DEL POZO DGA CHILLÁN.

Luego de hacer la limpieza con inyección de aire comprimido, se observa que el aporte más significativo del acuífero está entre los 25 y 50 metros. Dado que las zonas captantes (ranuradas) quedaron ubicadas frente a los estratos con granulometría que permiten la infiltración del acuífero, esto dio como resultado un aporte de agua limpia y sin arrastre de sólidos.

### 3.3 PRUEBA DE BOMBEO DGA CHILLÁN.

- Nivel estático del pozo es 16,37 metros
- Se bombeo con un caudal constante de 7 litros por segundo
- Se obtuvo un nivel dinámico de 42,37 metros
- El pozo es capaz de aportar 7 l/s, estabilizado a 42,37 metros, garantizando un caudal seguro constante.

## 4 GRAFICOS PRUEBAS CAUDAL MÁXIMO.

### 4.1 PRUEBA CAUDAL MÁXIMO DGA SAN CARLOS

En la prueba de gasto variable se bombearon tres caudales en forma escalonada ascendente, midiéndose los niveles del agua en función del tiempo.

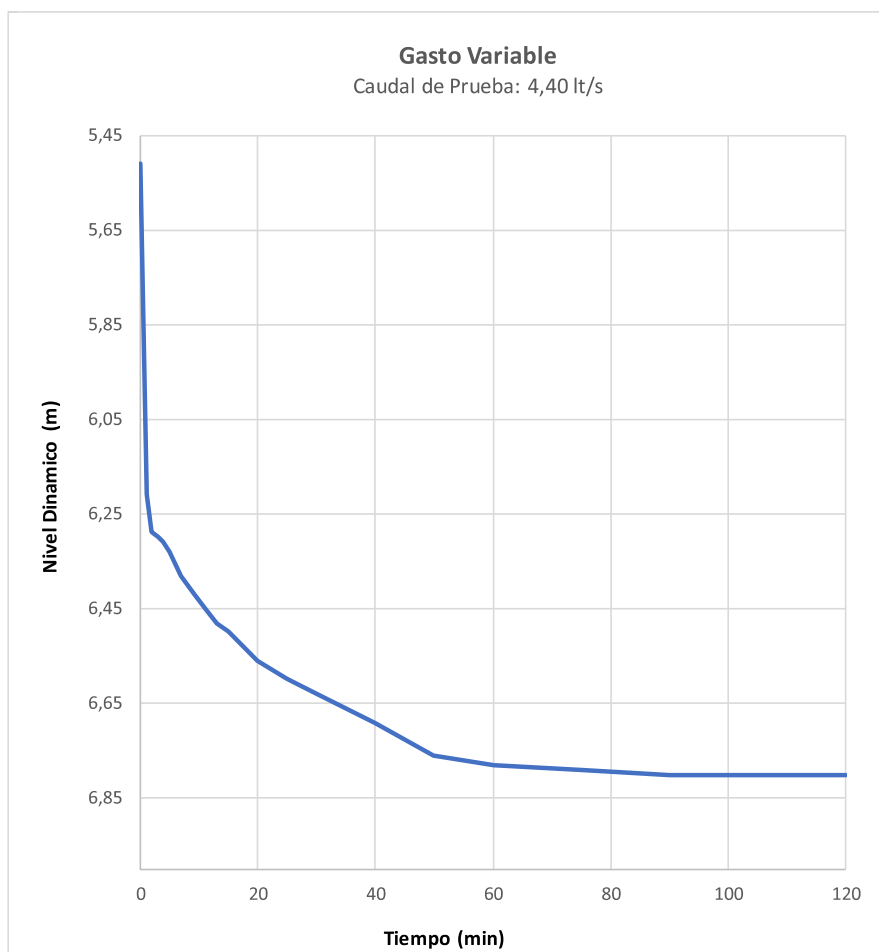
Gasto Variable (Estabilizaciones)				
N°	Caudal	Nivel	Depresión	Caudal
	lt/s	m	m	lt/s/m
0	-	5,51	-	-
1	4,40	6,80	1,29	3,411
2	10,00	9,67	4,16	2,404
3	20,00	13,90	8,39	2,384

### APENDICE

- Gasto Variable
- Recuperación Gasto Variable

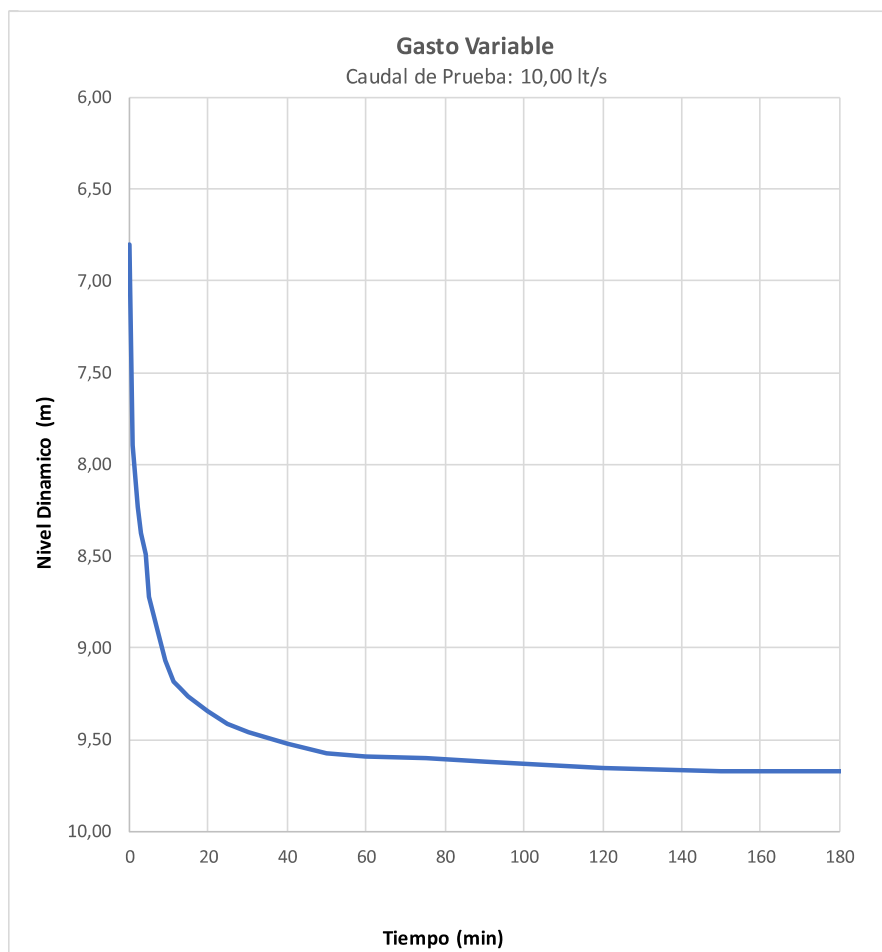
GASTO VARIABLE DGA SAN CARLOS

Tiempo (min)	Nivel (m)
0	5,51
1	6,21
2	6,29
3	6,30
4	6,31
5	6,33
7	6,38
9	6,42
11	6,45
13	6,48
15	6,50
20	6,56
25	6,60
30	6,63
40	6,69
50	6,76
60	6,78
75	6,79
90	6,80
105	6,80
120	6,80



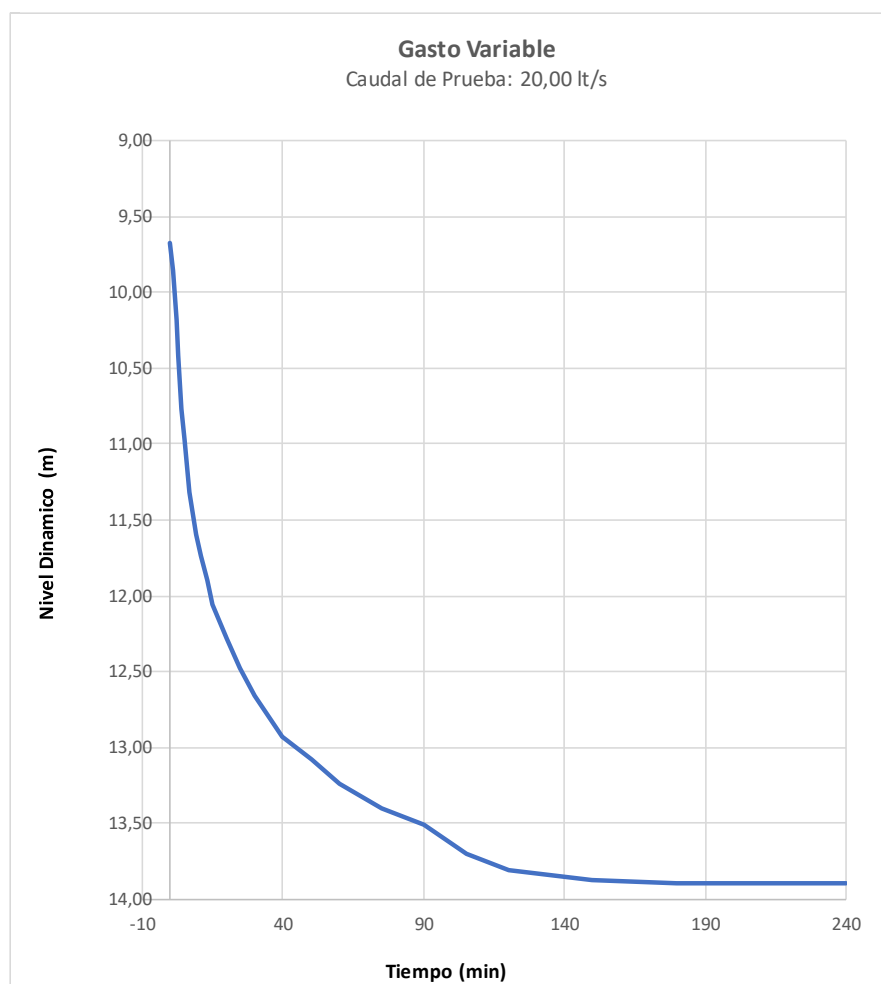
GASTO VARIABLE DGA SAN CARLOS

Tiempo (min)	Nivel (m)
0	6,80
1	7,89
2	8,23
3	8,37
4	8,49
5	8,72
7	8,90
9	9,07
11	9,18
13	9,22
15	9,26
20	9,34
25	9,41
30	9,46
40	9,52
50	9,57
60	9,59
75	9,60
90	9,62
105	9,64
120	9,65
150	9,67
180	9,67
210	9,67
240	9,67



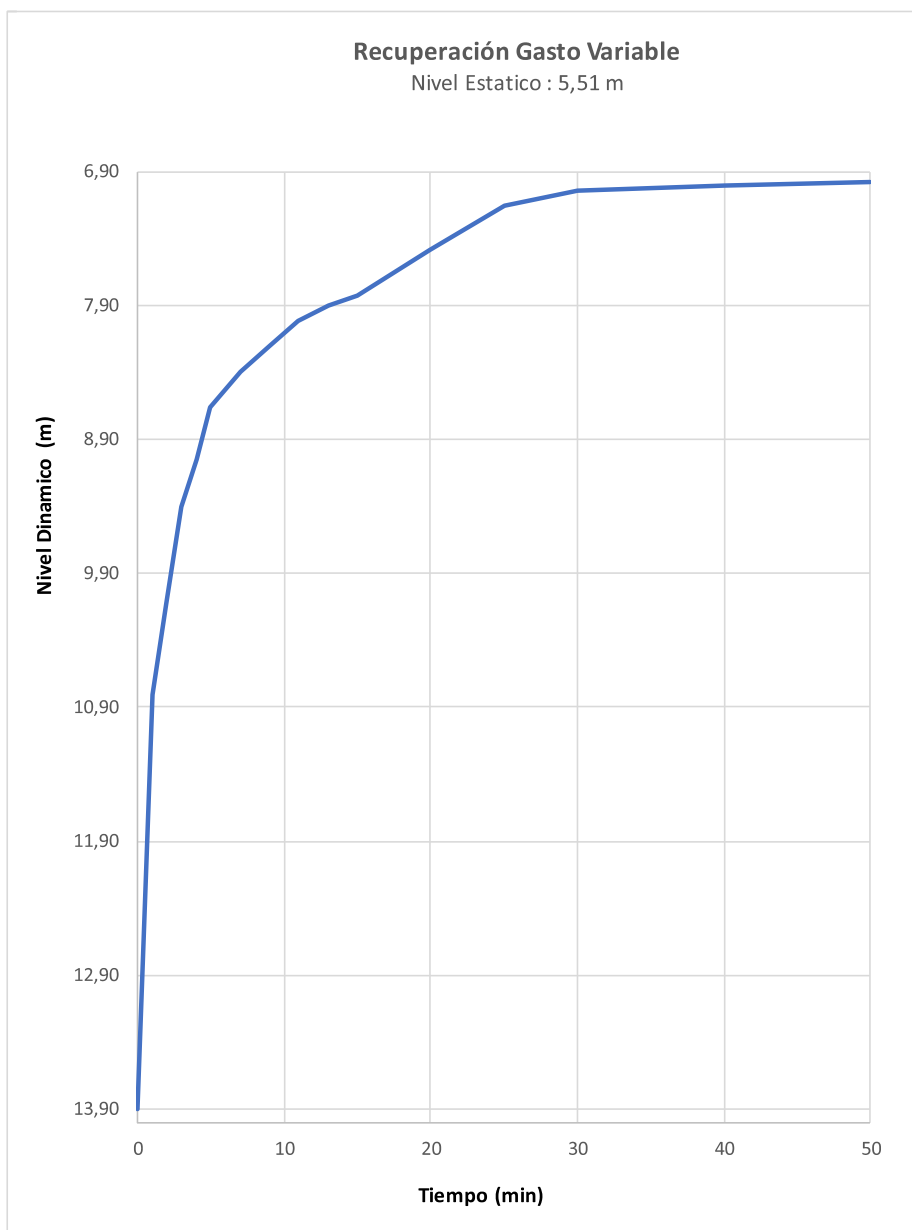
GASTO VARIABLE DGA SAN CARLOS

Tiempo (min)	Nivel (m)
0	9,67
1	9,86
2	10,18
3	10,42
4	10,77
5	10,97
7	11,32
9	11,60
11	11,74
13	11,90
15	12,06
20	12,28
25	12,48
30	12,66
40	12,93
50	13,08
60	13,24
75	13,40
90	13,51
105	13,70
120	13,81
150	13,87
180	13,90
210	13,90
240	13,90



RECUPERACIÓN GASTO VARIABLE DGA SAN CARLOS

Tiempo (min)	Nivel (m)
0	13,90
1	10,81
2	10,12
3	9,41
4	9,05
5	8,66
7	8,40
9	8,21
11	8,02
13	7,90
15	7,83
20	7,49
25	7,16
30	7,04
40	7,00
50	6,98



## 4.2 PRUEBA CAUDAL MÁXIMO DGA CHILLÁN

En la prueba de gasto variable se bombearon dos caudales en forma escalonada ascendente, midiéndose los niveles del agua en función del tiempo.

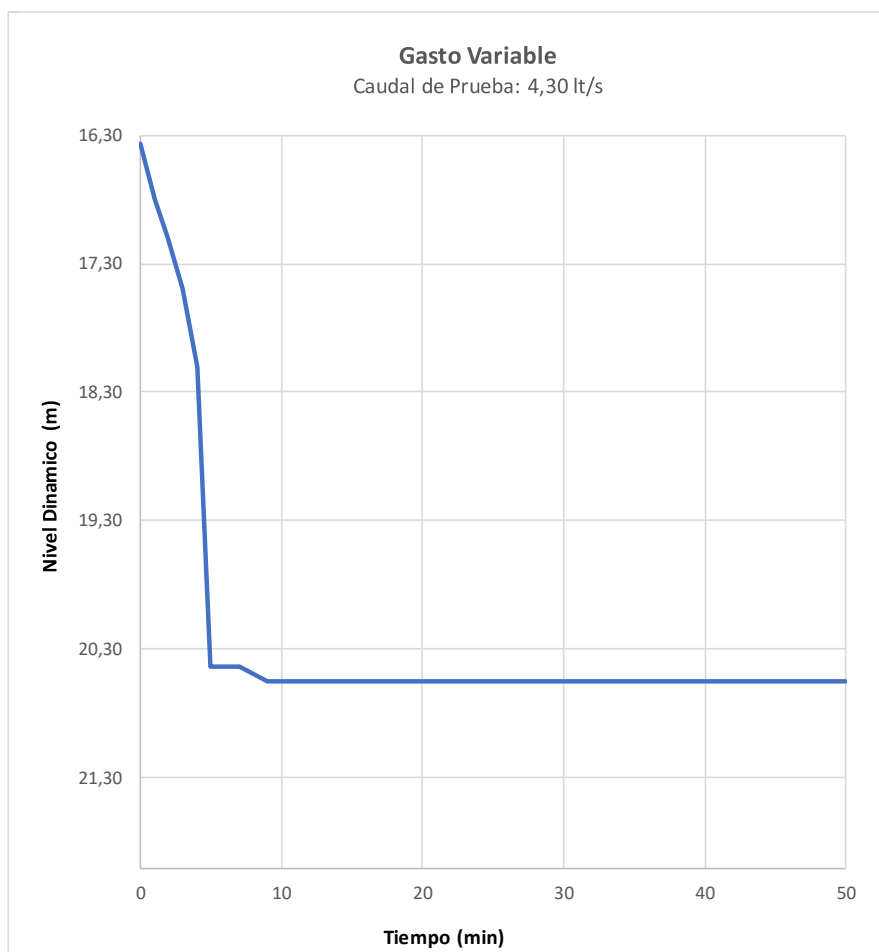
<b>Gasto Variable (Estabilizaciones)</b>				
<b>N°</b>	<b>Caudal</b>	<b>Nivel</b>	<b>Depresión</b>	<b>Caudal</b>
	<b>lt/s</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>lt/s/m</b>
0	-	16,37	-	-
1	4,30	20,55	4,18	1,029
2	7,00	42,37	26,00	0,269

### APENDICE

- Gasto Variable
- Recuperación Gasto Variable

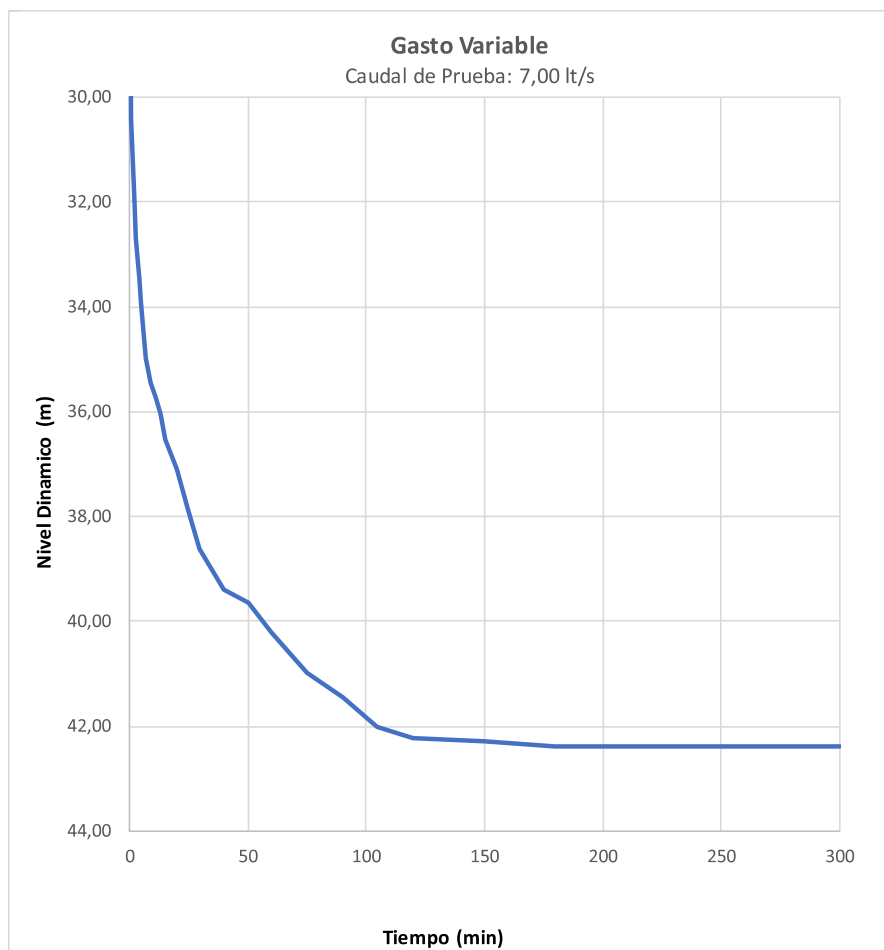
### GASTO VARIABLE DGA CHILLÁN

Tiempo (min)	Nivel (m)
0	16,37
1	16,80
2	17,10
3	17,50
4	18,10
5	20,43
7	20,43
9	20,55
11	20,55
13	20,55
15	20,55
20	20,55
25	20,55
30	20,55
40	20,55
50	20,55



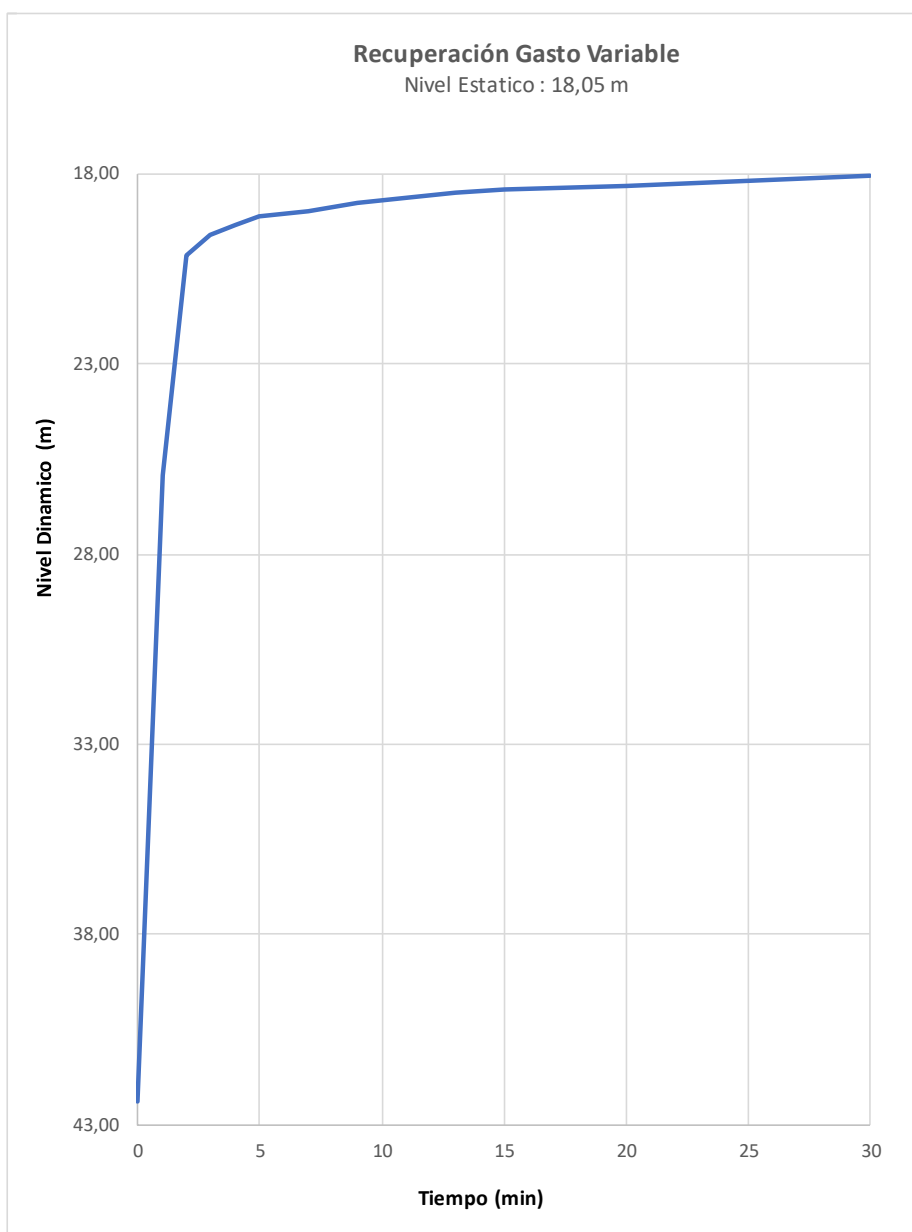
**GASTO VARIABLE DGA CHILLÁN**

Tiempo (min)	Nivel (m)
0	20,55
1	30,40
2	31,86
3	32,71
4	33,44
5	33,92
7	34,97
9	35,44
11	35,72
13	36,05
15	36,55
20	37,11
25	37,86
30	38,63
40	39,41
50	39,66
60	40,22
75	40,99
90	41,45
105	42,00
120	42,24
150	42,30
180	42,37
210	42,37
240	42,37
300	42,37



## RECUPERACIÓN GASTO VARIABLE DGA CHILLÁN

Tiempo (min)	Nivel (m)
0	42,37
1	25,92
2	20,14
3	19,61
4	19,33
5	19,14
7	18,98
9	18,78
11	18,63
13	18,50
15	18,40
20	18,34
25	18,20
30	18,05



DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS  
CONSERVACIÓN RED HIDROGEOLÓGICA REGION DE ÑUBLE,  
LICITACION N° 890-10-LE22N

---

**PROPUESTA DE TRAMOS CAPTANTES  
POZO SAN CARLOS**

---

17 DE OCTUBRE DE 2022

## DESCRIPCION DEL SERVICIO

La Dirección General de Aguas (DGA) ha encomendado a nuestra empresa (Hidrosondajes Ltda.) la construcción de un pozo para monitoreo ubicado en la localidad de San Carlos, comuna de San Carlos, Región de Ñuble.

Las características principales del pozo solicitado son:

- Profundidad: 50m
- Diámetro de perforación: 9 ¼”
- Diámetro de encamisado: 8”
- Espesor Tubería: 6.35mm
- Ranuras o tramos filtrantes (propuestos por el contratista a la Inspección Fiscal)

Para cumplir con este último punto, se ha realizado un estudio geofísico con la empresa Georesource que se adjunta a continuación.

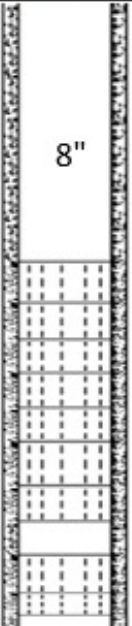
## Propuesta de Tramos Captantes

En base a los resultados obtenidos del estudio geofísico (adjunto)

- Se debiera encontrar material fino como limo y arcillas desde la superficie hasta los 20m de profundidad.
- Entre 20m y 90m arenas y gravas
- Entre 90m y 170m arcillas, limos y arenas
- Los aportes de agua debieran estar entre los 20m y 90m y en mayor cantidad bajo los 40m.

Dado lo anterior proponemos un diseño con ranurados alternados bajo los 20m y concentrados bajo los 40m para captar los mejores aportes del acuífero.

Propuesta de tramos captantes:

Pozo Profundo 8" - 50 mts.			Diagrama
Inicio (Mts)	Fin (Mts)	Tipo de Cañería	
0	20	C. Ciega	
20	41	C. Ranurada	
41	44	C. Ciega	
44	48,5	C. Ranurada	
48,5	50	C. Ciega	



# GEO RESOURCE

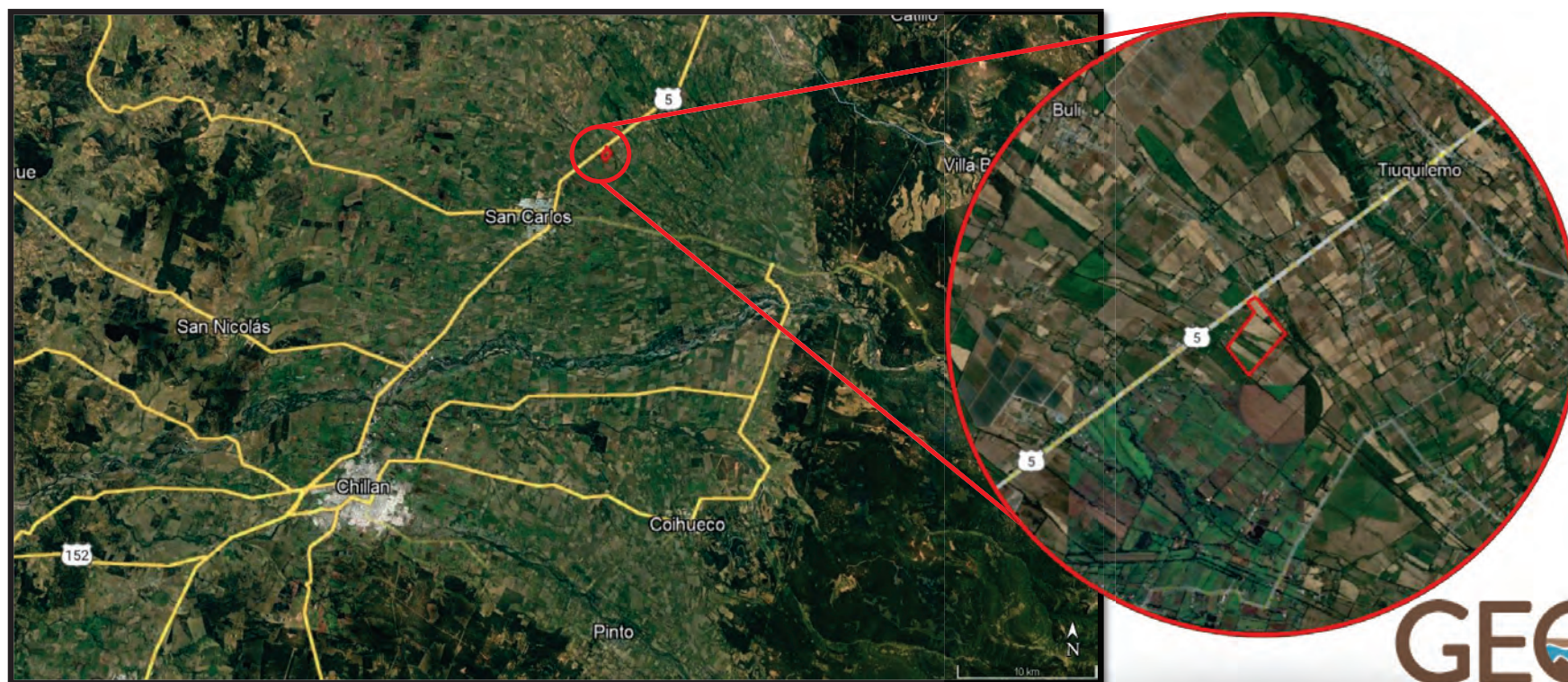
**Exploración Hidrogeológica,  
San Carlos, Provincia de Punilla, Región de Ñuble.**

Elaborado y Aprobado por: Felipe Daza, Pablo Alarcón, Cristian Roncagliolo y Andrés Stuardo

Chillán 17-10-2022

El presente informe tiene como objetivo conocer la profundidad de recursos hídricos subterráneos, así como su estructura, geometría y relación con unidades geológicas del posible acuífero existente en un predio ubicado al noreste de la ciudad de San (Fig. 1.1), en la Provincia de Punilla, Región de Ñuble.

En esta zona se realizó una exploración geofísica mediante el método Magneto Telúrico, obteniéndose distintos valores de resistividad eléctrica versus profundidad, las cuales fueron interpretados mediante el análisis de la información geológica local, para determinar la posición del acuífero y posible estratigrafía de la zona de estudio.



**Figura 1.1:** Ubicación área de estudio (en rojo) con respecto a la ciudad de San Carlos (izquierda) y la localidad de Tiuquilemo (derecha).

El área de estudio se emplaza sobre la Depresión Intermedia en la unidad geomorfológica denominada por Borgël (1983) como Planicie Llano central fluvio – glacio – volcánico. Esta se caracteriza como una amplia planicie suavemente ondulada, plana en ciertos sectores e intensamente irrigada, cuyas condiciones de suelos son muy variables dependiendo de la distinta proporción en la que se integran los materiales de sedimentación fluvio – glacial – volcánica. En sectores como la zona al norte del Río Maule, los cerrillos de Teno y en los cursos medios de los ríos Itata y Laja, los materiales distribuidos por los amplios conos fluviales tienen un marcado origen volcánico, y se asocian a la presencia de suelos empobrecidos, muy esqueléticos e impermeables que conllevan la excesiva hidratación de las capas superiores del suelo. Sin embargo, en la zona cercana a San Carlos, los cono de los Ríos Nuble e Itata pareciesen presentar un menor desarrollo. Muñoz Cristi (1960) reconoce en el sector sedimentitas lagunares y fluviales que agrupa dentro de la Formación Mininco de edad Plioceno – Cuaternario. Su litología consiste en areniscas tobáceas con cenizas en la matriz, limolitas y conglomerados, con intercalaciones de tobas y arcillolitas. El origen de las areniscas es andesítico.

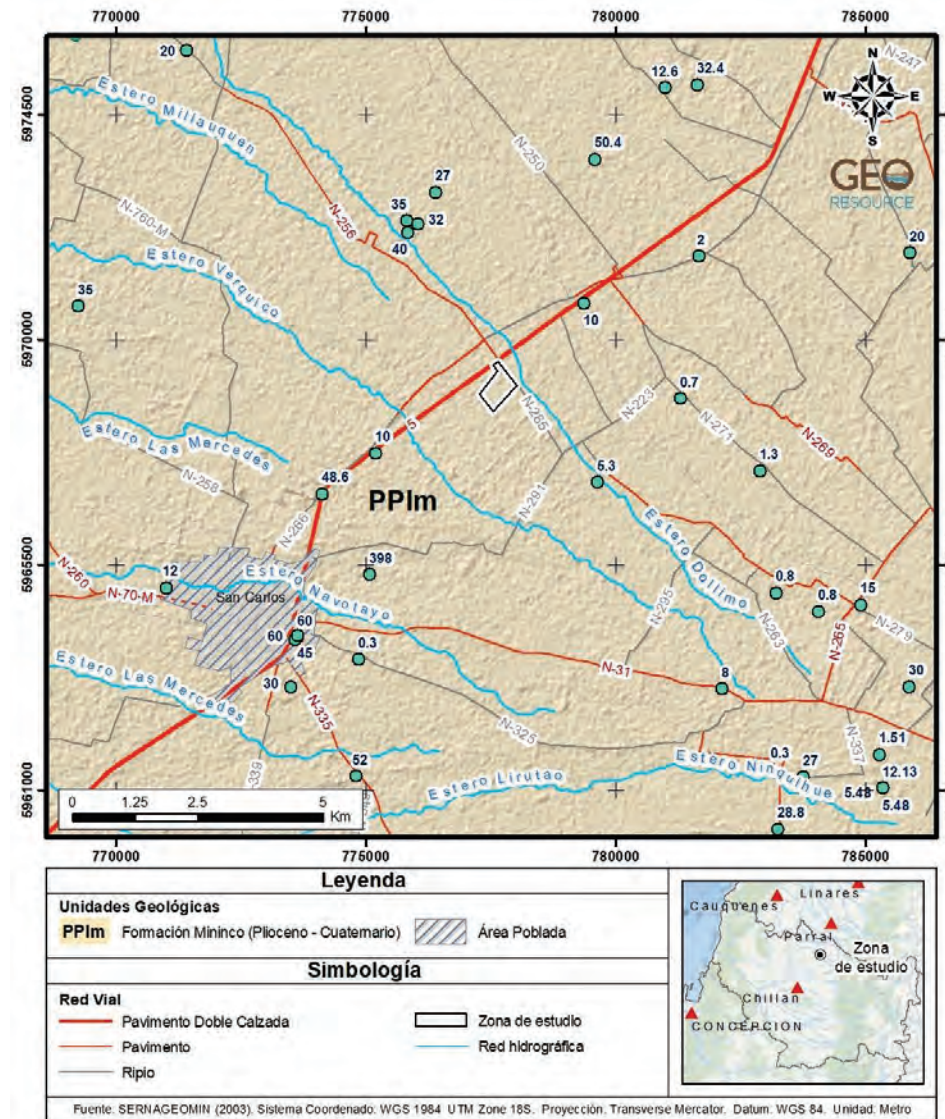
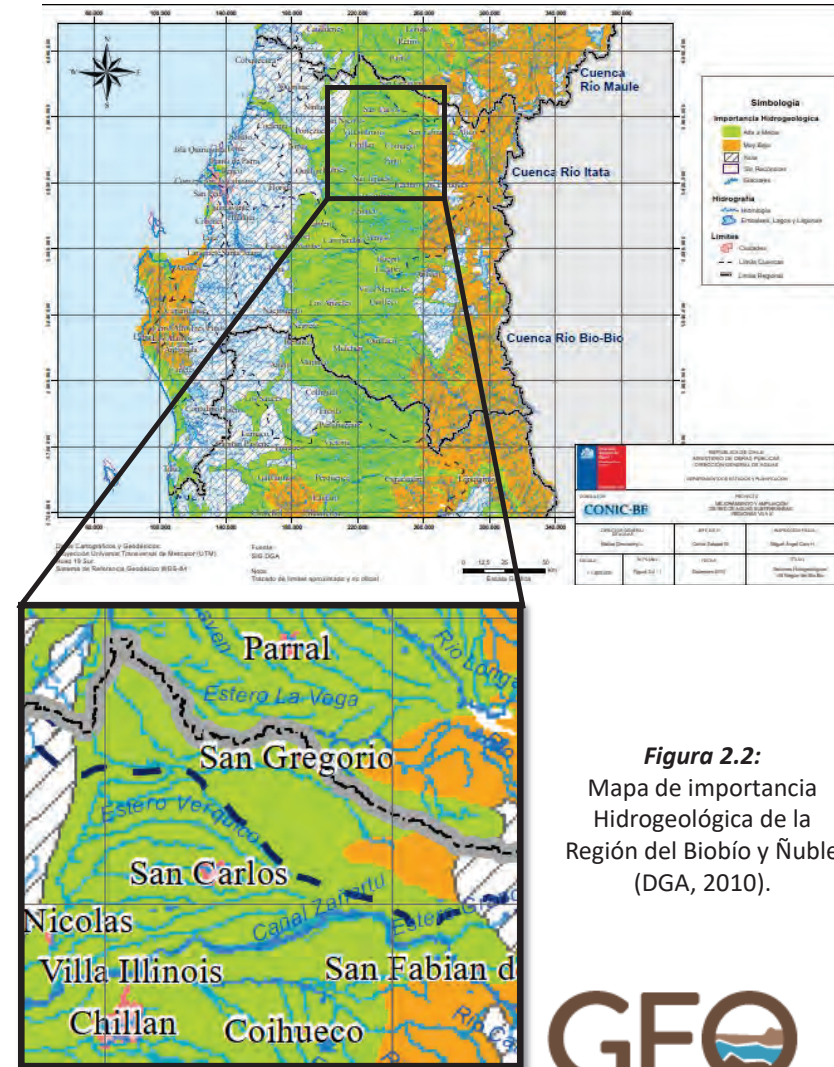


Figura 2.1: Geología del sector noreste a la ciudad de San Carlos. Modificado de DGA, 2011.

De acuerdo con el estudio Mejoramiento y Ampliación de la Red de Aguas Subterráneas, Regiones VII a X (DGA, 2010) la zona de la depresión intermedia en la Región del Biobío y Ñuble presenta una importancia alta a media (Fig. 2.2). El nivel estático en general se encuentra bajo los 10 m de profundidad, siendo por tanto en su mayoría superficiales, o ubicados entre los 10 y 20 m. Los niveles más profundos son reconocidos en el sector de Pinto y al este de la ciudad de Chillán, en donde alcanzan hasta los 60 m bajo el nivel de la superficie.

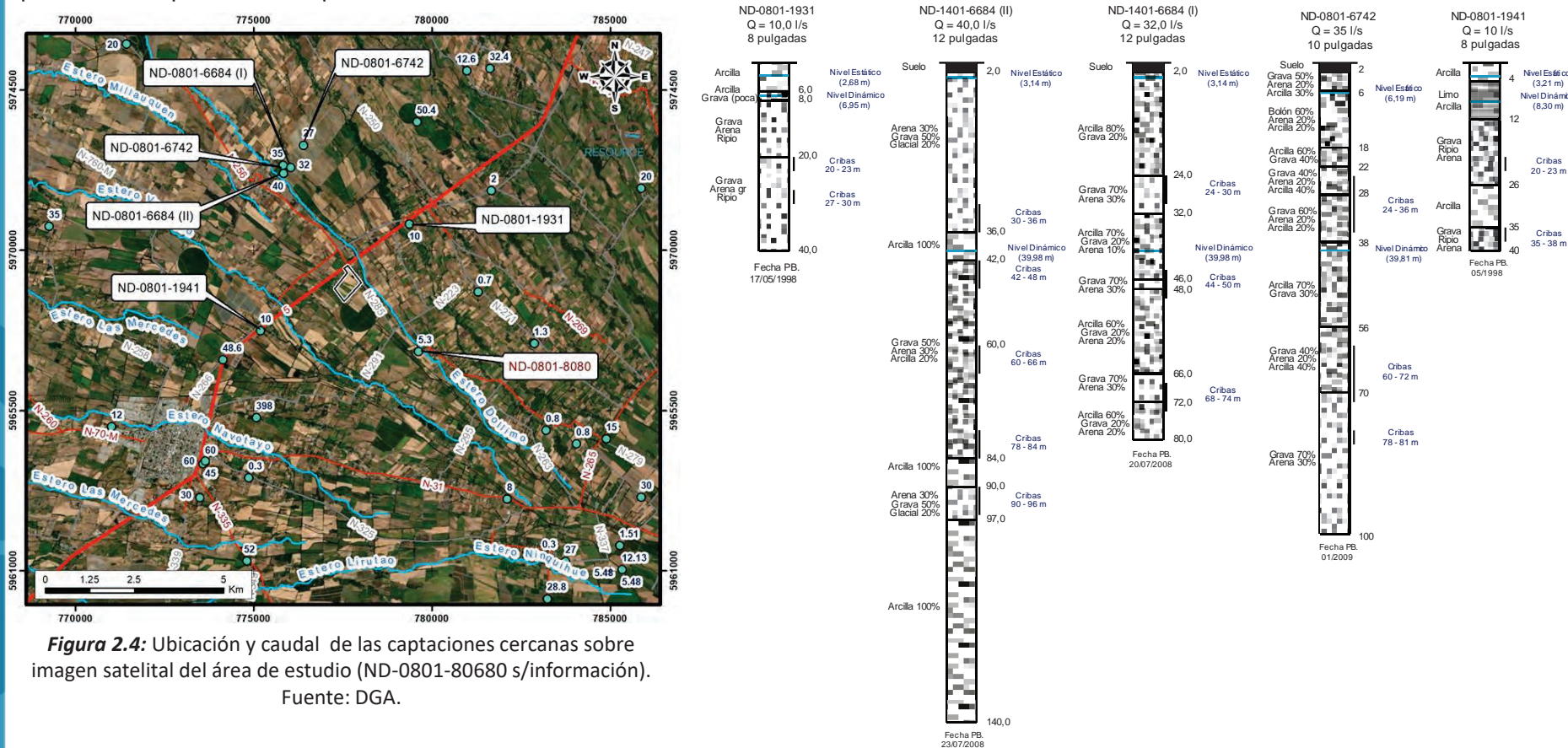
El área de estudio se emplaza adyacente al límite norte de la cuenca del Río Itata. En esta cuenca se han reconocido rellenos detríticos con potencias máximas que varían entre los 200 y 400 m. Las características de estos depósitos mayoritariamente glaciofluviales son muy variables, observándose elementos gruesos y finos con buena gradación de este a oeste, entre los cuales se intercalan rellenos finos de origen volcánico, pero también depósitos mal clasificados conformados por gravas gruesas, arenas, arcillas y limos, que a veces se presentan muy compactos. Además, se reconoce entre el material glaciofluvial y a distintas profundidades, sedimentos fluviales relacionados a la acción de cauces fluviales antiguos y recientes, los cuales en general constituyen buenas unidades acuíferas confinadas. Sobreyaciendo a las demás unidades se reconocen los depósitos de los ríos actuales, los cuales se conforman acuíferos libres en las zonas adyacentes a los cauces.



**Figura 2.2:** Mapa de importancia Hidrogeológica de la Región del Biobío y Ñuble (DGA, 2010).

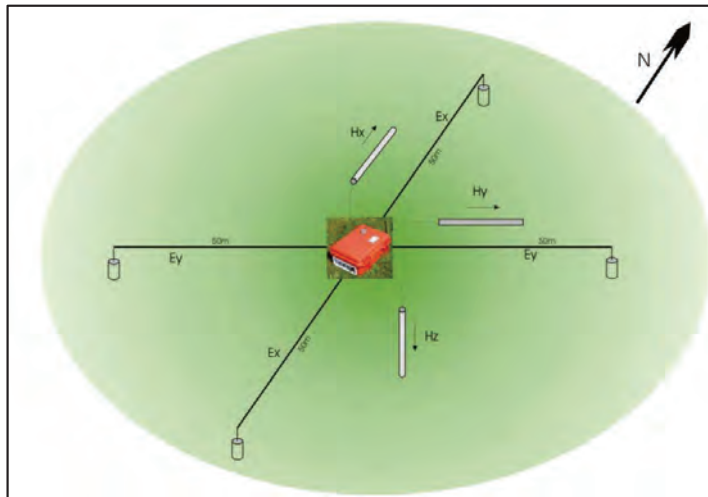


En el área de interés existen varias captaciones profundas que superan los 40 m de profundidad y de las cuales se extraen caudales que superan los 10 l/s. Además, tanto hacia el sur como al norte del área de estudio, existen pozos tipo zanja con profundidades menores a 10 m, de los cuales se extraen importantes caudales; **ND-0801-1759** ubicado hacia el suroeste, tiene un caudal de extracción de 398 l/s, mientras que **ND-0801-6735** emplazado al norte, tiene solicitado 50,4 l/s. Otras captaciones cercanas inscritas que incluyen información estratigráfica en sus expedientes señalan la presencia en el subsuelo del sector de amplios depósitos de gravas, arenas y arcillas, los cuales son intercalados por niveles de arcillas o arcillosos. Entre los depósitos mas gruesos se constituyen acuíferos de distinto espesor y a distintas profundidades. Además, el pozo de profundidad analizado (**ND-0801-6694**) indica una potente secuencia de arcillas desde los 97 m bajo el nivel del suelo, la cual presentaría una potencia en aquella zona de por lo menos 43 m.



**Figura 2.4:** Ubicación y caudal de las captaciones cercanas sobre imagen satelital del área de estudio (ND-0801-80680 s/información).  
Fuente: DGA.

El método Magneto – Telúrico (MT) registra variaciones temporales del campo electromagnético natural, mientras se difunde por la Tierra a través de 4 electrodos impolarizables orientados norte – sur y este – oeste los que registran el campo eléctrico y tres bobinas perpendiculares entre sí, orientadas al norte, este y hacia el centro de la Tierra, que registran el campo magnético. Debido a que el registro de datos son variaciones temporales, los datos crudos corresponden a cinco series de tiempo por medición. En la figura 3.1 se esquematiza la puesta en terreno para adquisición de datos y en las fotos se aprecia cómo se dispone el equipo en terreno, el cual no es invasivo y no perturba al entorno.



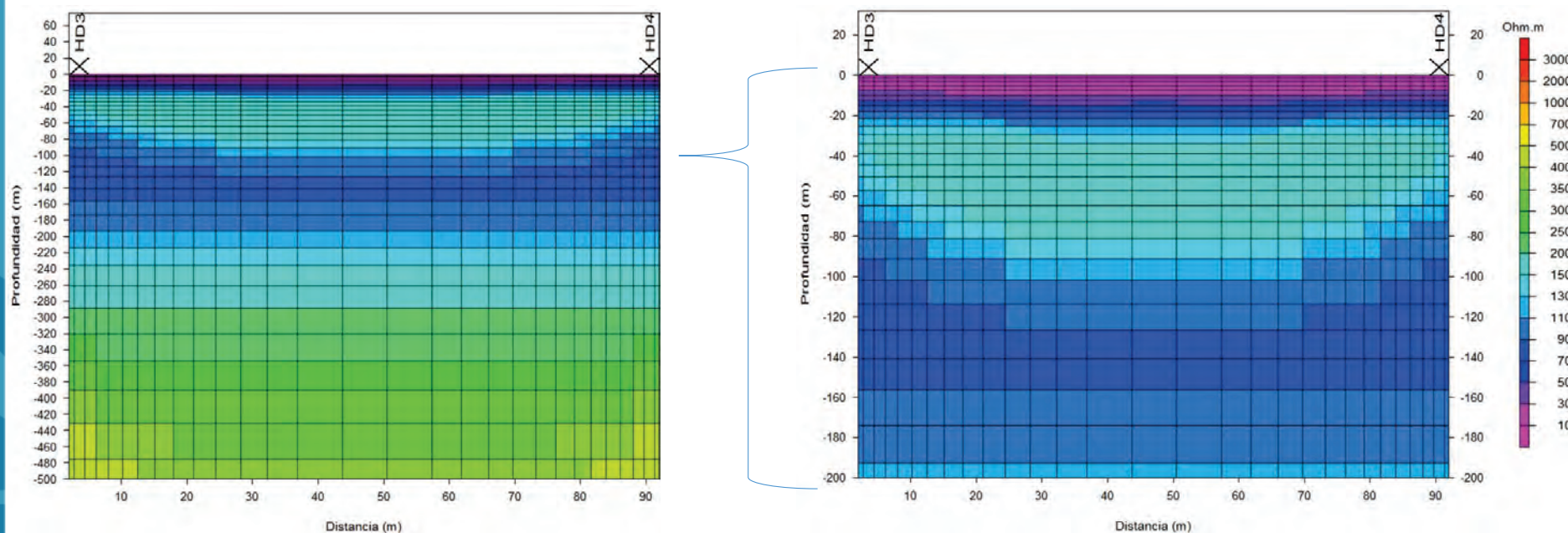
**Figura 3.1:** Esquema de medición MT. Los 4 electrodos se ubican en los extremos de la cruz, denotados por tubos Ex e Ey: de igual forma, un electrodo Ey apunta al este y el otro hacia el oeste. Se conectan mediante cables a la unidad análogo digital (ADU) ubicada en el centro del arreglo, que registra los datos y su posición (mediante un GPS integrado). Tubos largos con las letras Hx, Hy y Hz son las bobinas que miden el campo magnético norte sur, este oeste y vertical respectivamente.

Se realizaron 2 mediciones geofísicas (Fig. 4.1), con la finalidad de obtener perfiles de resistividad eléctrica bidimensional del subsuelo vs profundidad. Con estas, se elaboro un perfil de resistividad vs profundidad correspondientes a HD3 – HD4. Con estos perfiles será posible reconocer la disposición y profundidad de las zonas acuíferas de mayor favorabilidad, mediante la correlación de la información de resistividad representada en ellos con la geología/hidrogeología detallada en los capítulos anteriores.



**Figura 4.1:** Ubicación puntos medidos (denotados con íconos blancos) dentro de los límites del predio de interés (en rojo). Modificado de Google Earth. Coordenadas en WGS84 19H.

El perfil de la Fig. 4.2, corresponde a la inversión 2D de los puntos MT HD3 y HD42. Los datos representados en este indican la presencia de una capa de material fino (en tonos lila) de alrededor de 12 m de espesor, posiblemente constituida por suelo y sedimentos como limos y arcillas. Desde aproximadamente los 20 m bajo el nivel del terreno (b.n.t.) las resistividades aumentan hasta valores que normalmente podrían correlacionarse a material detrítico de tipo arena y/o grava, las cuales conformarían un amplio depósito con cantidades menores de finos extendidos hasta los 90 m de profundidad. Desde esta cota y hasta los 170 m posiblemente se presente una mayor fracción de limos, arcillas y arenas finas en los depósitos presentes. A mayores profundidad (aprox. 320 m b.n.t.) se reconoce un notorio aumento de los valores de resistividad que podría estar indicando el paso hacia depósitos de mayor consolidación y en general con una menor humedad.



**Figura 4.2:** Perfil geoelectrico 2D entre los puntos HD3 – HD4. Izquierda: Perfil de 500 m que evidencia variación en las condiciones profundas del subsuelo (> 320 m b.n.t.). Derecha: Perfil de 200 m en donde es posible reconocer con mayor claridad las condiciones superficiales. Paleta de colores a la derecha indica los valores de resistividad utilizados en el perfil.

## Conclusiones

- A nivel general de la zona explorada, las condiciones geológicas e hidrogeológicas se pueden considerar homogéneas, observándose amplios depósitos de gravas y arenas, con cantidades menores de arcillas (y limos) intercalados con estratos de menor potencia con un alto contenido de arcilla. Las zonas acuíferas se presentan a distintas profundidades en los estrados de mayor granulometría y son confinados por los estratos de material fino debido a la baja transmisividad de estos.
- Los caudales en pozos cercanos habilitados a más de 40 m b.n.t., varían entre los 10 l/s y los 40 l/s en las captaciones más profundos (cercanas a los 100 m). De acuerdo con los niveles de descenso, caudales y posición de las cribas en estos pozos es entonces esperable la existencia del o los acuíferos de mayor aporte a profundidades superiores a los 40 m.
- Los datos geofísicos obtenidos indican coinciden con lo esperado en esta zona, observándose un tramo de mayor favorabilidad entre los 20 y 90 m de profundidad. Este posiblemente estaría conformado por sedimentos tamaño grava y arena, y presentaría contenidos menores de limos y arcillas (más desfavorables).
- Debido a la dinámica de los procesos de sedimentarios que conllevaron a la formación de los depósitos, es esperable que entre los depósitos antes mencionados se presenten estratos estrechos de material sedimento o volcánico fino que confinen los posibles distintos acuíferos presentes.
- Para realizar una buena descripción y evaluación de los depósitos encontrados, así como también hacer una correcta habilitación del pozo se recomienda tomar un número y cantidad adecuada de muestras (2kg por metro) durante la perforación.



Felipe Daza Hernández

Geofísico



Pablo Enrique Alarcón Pinto

Geólogo



**Bostick, F.X. 1977.** A simple almost exact method of magnetotelluric analysis. In: Ward, S. (ed.), Workshop of Electrical Methods in Geothermal Exploration, Univ. of Utha, Res. Inst., U.S. Geol. Surv.

**Cagniard, L., 1953.** Basic Theory of the Magneto-Telluric Method of Geophysical Prospecting. Geophysics 18, 605-635 pp.

**Börgel Olivares, R. 1983.** Geomorfología. Santiago, Chile: Instituto Geográfico Militar.

**DGA, 2010.** Dirección General de Aguas. 2010. Mejoramiento y ampliación de red aguas subterráneas, regiones VII a X. DGA. División de Estudios y Planificación.

**Muñoz Cristi, J., 1960.** la Cordillera de Minerales, N°69, Contribución al conocimiento geológico de la Costa de la Zona Central del país: Rev. Año 15, p. 28-46, Santiago.

# Fotografías



# Fotografías

