GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS Y PLANIFICACIÓN

ANÁLISIS CRÍTICO RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

REALIZADO POR:

H_2 CUENCA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

S.I.T. Nº 298

Santiago, Diciembre 2012

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS

Ministra de Obras Públicas
Abogada Sra. María Loreto Silva Rojas

Director General de Aguas (TP)
Abogado Sr. Francisco Echeverría Ellsworth

Jefe División de Estudios y Planificación
Ingeniero Civil Sr. Adrián Lillo Zenteno

Inspector Fiscal
Ingeniero Civil Sr. Miguel Ángel Caro Hernández

Profesional División Estudios y Planificación
Ingeniero Michael Finger

H_2 CUENCA INGENIEROS CONSULTORES LTDA.

Jefe de Proyecto
Ingeniero Civil Felipe Espinoza Contreras, Ph.D.

Profesionales
Ingeniero Civil Sr. José Lagos Rehfeld
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Srta. Catalina Eastman Mendoza
Ingeniera en Recursos Naturales Renovables Srta. Valeska Cárcamo Azócar
Técnico Sr. Eduardo Sánchez Saldías
Técnico Topógrafo Sr. Richard Carmona Gutiérrez

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE

Acápite	Descripción	Página
1.	**INTRODUCCIÓN**	**1**
2.	**OBJETIVOS DEL ESTUDIO**	**1**
2.1.	OBJETIVO GENERAL	1
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
3.	**REVISIÓN DE ANTECEDENTES**	**2**
3.1.	INTRODUCCIÓN	2
3.2.	REVISIÓN DE ESTUDIOS DEL VALLE DEL RÍO COPIAPÓ	2
3.2.1.	Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Copiapó. División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental DICTUC S.A., 2010	2
3.2.2.	Diagnóstico y Clasificación de Sectores Acuíferos. DGA-Geohidrogeología Consultores Ltda., 2009	2
3.2.3.	Informe Técnico - Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó. DEP-DGA, 2003	2
3.2.4.	Estudio Hidrogeológico del Valle del Río Copiapó, Segmento Embalse Lautaro - Piedra Colgada, Región de Atacama. Aguirre, I.; Hauser, A.; Schwerdtfeger, B. 1999.	3
3.2.5.	Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos en el Valle del Río Copiapó, III Región. DARH-DGA, 1995.	3
3.3.	REVISIÓN DE ANTECEDENTES REFERIDOS A ANÁLISIS de DIRECCIONES PRINCIPALES	3
3.3.1.	Generalidades	3
3.3.2.	Statistical Analysis Of Hydrographs And Water-Table Fluctuation To Estimate Groundwater Recharge. Sang-Ki Moon, Nam C Woo, and Kwang S. Lee Journal of Hydrology, June 2004.	4
3.3.3.	Análisis Crítico de la Red de Aguas Subterráneas del Valle de Aconcagua. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil: Rodrigo Larenas. Universidad de Chile, 2003.	4
3.3.4.	Historical And Estimated Ground Water Levels Near Winnipeg, Canada, and Their Sensitivity to Climatic Variability. Grant Ferguson and Scott St. George. Journal Of The American Water Resources Association, October 2003.	4
3.3.5.	Factor Analytical Approaches For Evaluating Groundwater Trace Element Chemistry Data. K. H. Johannesson, A. K. Singh, V. F. Hodge, and K. J. Stetzenbach. Analytica Chimica Acta, August 2003.	4
3.3.6.	Using Principal Component Analysis to Monitor Spatial and Temporal Changes In Water Quality. Karim Bengraïne and Taha F. Marhaba. Journal of Hazardous Materials, June 2003.	5
3.3.7.	Evaluation of Ground Water Monitoring Network by Principal Component Analysis. Subhrendu Gangopadhyay, Ashim Das Gupta, M.H. Nachabe. Ground Water, March 2001.	5
3.3.8.	The Use of Component Analysis for Interpreting Ground Water Hydrographs. T. C. Winter, S. E. Mallory, and D. O. Rosenberry. Groundwater, March-April, 2000.	5

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE

Acápite	Descripción	Página
4.	**LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y COBERTURA DEL ESTUDIO**	**6**
4.1.	REGIÓN DE ATACAMA	6
4.2.	DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINSTRATIVA DE LA REGIÓN DE ATACAMA	6
4.3.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	8
4.3.1.	Relieve	8
4.3.2.	Sector Agropecuario	8
4.3.3.	Antecedentes Climáticos	8
4.4.	RECURSOS HÍDRICOS EN ATACAMA	9
4.5.	ESTACIONES DE CONTROL METEOROLÓGICO	11
4.6.	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA CUENCA RÍO COPIAPÓ	12
5.	**CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA RED DE MEDICIÓN**	**13**
5.1.	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LOS 6 SECTORES ACUÍFEROS	13
5.2.	CARACTERÍSTICAS GENERALES	14
5.3.	GEOLOGÍA	16
5.3.1.	Introducción	16
5.3.2.	Depósitos Fluviales	16
5.3.3.	Depósitos Aluviales	16
5.4.	DESCRIPCIÓN POR SECTOR	17
5.4.1.	Generalidades	17
5.4.2.	Sector 1	17
5.4.3.	Sector 2	20
5.4.4.	Sector 3	22
5.4.5.	Sector 4	24
5.4.6.	Sector 5	26
5.4.7.	Sector 6	29
6.	**CARACTERIZACIÓN RED EXISTENTE**	**31**
6.1.	INTRODUCCIÓN	31
6.2.	CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA RED	31
6.3.	CARACTERIZACIÓN ACUÍFERO DEL VALLE DEL RÍO COPIAPÓ EN TÉRMINO DE NIVELES	33
6.3.1.	Generalidades	33
6.3.2.	Sector 1	33
6.3.3.	Sector 2	35
6.3.4.	Sector 3	37
6.3.5.	Sector 4	40
6.3.6.	Sector 5	42
6.3.7.	Sector 6	44
7.	**ANÁLISIS DE REPRESENTATIVIDAD, CONFIABILIDAD Y DIAGNÓSTICO DE LA RED DE MONITOREO**	**46**
7.1.	GENERALIDADES	46
7.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA RED	46
7.3.	ANÁLISIS DE OPERACIÓN DE LA RED	51

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE

Acápite	Descripción	Página
7.4.	ANÁLISIS DE REPRESENTATIVIDAD	51
7.5.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE NIVELES	53
7.6.	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	56
7.7.	DIAGNÓSTICO DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DE LA RED	57
7.8.	DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LA RED	58
8.	**PROPOSICIÓN DE RED MEJORADA**	**59**
8.1.	INTRODUCCIÓN	59
8.2.	MÉTODO DE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	59
8.3.	METODOLOGÍAS PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RED DE MEDICIÓN	62
8.3.1.	Generalidades	62
8.3.2.	Metodología para Series de Niveles Con Información Continua	62
8.3.3.	Metodología para Series de Niveles Sin Información Continua	62
8.3.4.	Caso Ejemplo	63
8.3.5.	Aplicación de Metodologías para Caso Ejemplo 8.3.4	66
8.3.5.1.	Resultados para Metodología Con Series Continuas	66
8.3.5.2.	Resultados para Metodología Sin Series Continuas	67
8.3.6.	Análisis de Resultados para Caso Ejemplo 8.3.4	72
8.3.7.	Metodología Adoptada para Aplicar a la Red de Niveles de Copiapó	74
8.4.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ADOPTADA A LA RED DE NIVELES DE COPIAPÓ	76
8.4.1.	Generalidades	76
8.4.2.	Resultados	76
8.4.2.1.	Análisis Pozos de Observación	76
8.4.2.2.	Análisis Pozos Secos	80
8.4.2.3.	Análisis Pozos en Operación	81
8.4.2.4.	Análisis por Sectores	82
8.4.3.	Base de Datos Resultante	89
8.5.	MODIFICACIONES PROPUESTAS A LA RED DE VIGILANCIA	93
8.6.	GUÍA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE NIVELES	96
8.6.1.	Introducción	96
8.6.2.	Fases de Control	96
8.6.2.1.	Generalidades	96
8.6.2.2.	Medida de Nivel Piezométrico	97
8.6.2.3.	Medida de Parámetros de Calidad	98
8.6.2.4.	Registro de Datos	99
8.6.2.5.	Lectura de Datos	101
8.6.2.6.	Teletransmisión de Datos	101
8.6.2.7.	Evaluación de Datos	102
8.6.2.8.	Método de Trabajo Descriptivo	103
8.7.	EVALUACIÓN DEL COSTO DE LA RED DE MEDICIÓN	108
8.7.1.	Introducción	108
8.7.2.	Programa de Implementación de la Red	108

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE

Acápite	Descripción	Página
8.7.3.	Evaluación Económica de la Red	109
9.	**CONCLUSIONES**	**116**

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE
ANEXOS DIGITALES

Anexo	Descripción
A	Fichas Caracterización Red de Monitoreo
B	Fichas Estratigráficas Disponibles
C	Estadística Histórica de Niveles
D	Análisis Disponibilidad de Información
E	Estadística de Niveles Procesada a Nivel Promedio Anual
F	Referencias Bibliográficas
G	Validación Metodología PAC
H	Aplicación Metodología PAC
I	Base de Datos Final y Red de Vigilancia Propuesta
J	Catálogos Instrumentos
K	Cotizaciones

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE
FIGURAS

Figura	Nombre	Página
4.1-1	Región de Atacama en Contexto Nacional	6
4.2-1	División Provincial de la Región de Atacama	7
4.4-1	Cuencas Río Copiapó	10
4.5-1	Estaciones Meteorológicas Cuenca Río Copiapó	12
4.6-1	Sectorización del Acuífero Río Copiapó	13
5.2-1	Profundidad del Basamento Rocoso v/s Cota de Superficie	15
5.4.2-1	Geología y Ubicación Pozos Sector 1	19
5.4.3-1	Geología y Ubicación Pozos Sector 2	21
5.4.4-1	Geología y Ubicación Pozos Sector 3	23
5.4.5-1	Geología y Ubicación Pozos Sector 4	25
5.4.6-1	Geología y Ubicación Pozos Sector 5	27
5.4.7-1	Geología y Ubicación Pozos Sector 6	30
6.2-1	Trabajos de Terreno	32
6.3.2-1	Variación de Niveles Pozo Algarrobo la Virgen	33
6.3.3-1	Variación de Niveles Pozo Escuela 17 Los Loros	35
6.3.4-1	Variación de Niveles Pozo Pabellón	38
6.3.5-1	Variación de Niveles Pozo Pueblo San Fernando	40
6.3.6-1	Variación de Niveles Pozo Hacienda Toledo	44
6.3.7-1	Variación de Niveles Pozo Fundo San Juan	46
7.2-1	Resumen Disponibilidad de Información	50
7.5-1	Variación Media de Niveles Por Sector	54
8.2-1	Resultados Análisis PCA	61
8.3.5.1-1	Valores Propios Serie Continua	66
8.3.5.1-2	Representación Correlación Pozos-Valores Propios en Plano F_1-F_2	67
8.3.5.2-1	Representación Correlación Variables-Valores Propios en Plano F_1-F_2 Serie Discontinua 1987-2001	68
8.3.5.2-2	Resultados Serie Discontinua 1987-2001	69
8.3.5.2-3	Resultados Serie Discontinua 2001-2011	70
8.3.5.2-4	Resultados Serie Discontinua 1987-2011	71
8.3.5.2-5	Resultados Serie Discontinua 1961-2011	72
8.4.2.1-1	Análisis Pozos Observación: Paso 1 Representación en Plano F_1-F_2	77
8.4.2.1-2	Análisis Pozos Observación: Paso 2 Representación en Plano F_1-F_2	78
8.4.2.1-3	Análisis Pozos Observación: Paso 3 Representación en Plano F_1-F_2	79
8.4.2.2-1	Análisis Pozos Secos Representación en Plano F_1-F_2	80
8.4.2.2-2	Análisis Pozos Secos Representación en Plano F_1-F_2	81
8.4.2.3-1	Análisis Pozos Uso: Paso 1 Representación en Plano F_1-F_2	82
8.4.2.4-1	Representación en Plano F_1-F_2 Sector 1	84

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE
FIGURAS

Figura	Nombre	Página
8.4.2.4-2	Representación en Plano F_1-F_2 Sector 2	85
8.4.2.4-3	Representación en Plano F_1-F_2 Sectores 3 y 4	86
8.4.2.4-4	Representación en Plano F_1-F_2 Sector 5	87
8.4.2.4-5	Representación en Plano F_1-F_2 Sector 6	88
8.5-1	Red de Medición Final	95
8.6.2.1-1	Fases del Sistema de Control	97
8.7.3-1	Resultados Evaluación Económica Costo Incremental Actualizado v/s Frecuencia Medición	115

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE
CUADROS

Cuadro	Nombre	Página
4.3.3-1	Parámetros Climáticos Promedio de Copiapó	9
4.5-1	Estaciones Meteorológicas Cuenca Río Copiapó	11
5.4.2-1	Pozos Considerados Sector 1	18
5.4.3-1	Pozos Considerados Sector 2	20
5.4.4-1	Pozos Considerados Sector 3	22
5.4.5-1	Pozos Considerados Sector 4	24
5.4.6-1	Pozos Considerados Sector 5	28
5.4.7-1	Pozos Considerados Sector 6	29
6.3.2-1	Pozos de Monitoreo Sector 1	34
6.3.3-1	Pozos de Monitoreo Sector 2	36
6.3.4-1	Pozos de Monitoreo Sector 3	39
6.3.5-1	Pozos de Monitoreo Sector 4	41
6.3.6-1	Pozos de Monitoreo Sector 5	43
6.3.7-1	Pozos de Monitoreo Sector 6	45
7.2-1	Características Pozos de la Red de Vigilancia Vigente	48
7.2-2	Disponibilidad de Información	49
7.4-1	Determinación Densidad de Estaciones	52
7.5-1	Análisis Información de Niveles Red de Medición Depurada	55

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

INFORME FINAL

ÍNDICE
CUADROS

Cuadro	Nombre	Página
7.6-1	Análisis de Confiabilidad de la Red Depurada	56
7.6-2	Determinación Densidad de Estaciones de Observación	57
8.3.4-1	Niveles Sector 6	64
8.3.4-2	Parámetros Representativos Series Discontinuas Sector 6	65
8.3.6-1	Identificación de Pozos Redundantes Para Caso Ejemplo 8.3.4	73
8.3.6-2	Variabilidad Asociada a los Valores Propios Series Analizadas	74
8.4.3-1	Selección de Pozos de la Red Nueva Mediante PCA Aplicado A la Red Depurada	89
8.4.3-2	Densidad Red Reducida	91
8.4.3-3	Pozos Componentes de la Red Principal Seleccionados Usando PCA	92
8.4.3-4	Pozos Componentes de la Red Secundaria	93
8.5-1	Densidad Red Final	94
8.6.2.3-1	Parámetros Calidad de Aguas	99
8.6.2.6-1	Ventajas y Desventajas Sistemas Usuales de Transmisión de Datos	102
8.6.2.8-1	Descripción Instrumentos Para Medición Aguas Subterráneas	106
8.7.2-1	Etapas Implementación de la Red	108
8.7.2-2	Secuencia de Implementación de la Red	109
8.7.3-1	Gasto de Operación de la Red Actual	109
8.7.3-2	Costo de Instalación de la Instrumentación	110
8.7.3-3	Resumen Costos de Inversión	110
8.7.3-4	Evaluación Económica de la Red Sin Instrumentación	111
8.7.3-5	Evaluación Económica de la Red Con Instrumentación Opción 1	112
8.7.3-6	Evaluación Económica de la Red Con Instrumentación Opción 2	113
8.7.3-7	Evaluación Económica de la Red Con Instrumentación Opción 3	114
8.7.3-8	Resultados Evaluación Económica Costo Incremental Actualizado	115

ANÁLISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

1. INTRODUCCIÓN

La Dirección General de Aguas (DGA) ha realizado diferentes trabajos en la cuenca del río Copiapó, debido a que éste presenta condiciones de explotación por sobre la oferta de aguas subterráneas, lo que ha llevado al acuífero a tener sectores con descensos sostenidos y explotación no sustentable en el tiempo. La DGA, a partir del trabajo "Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó" (DICTUC, 2010), establece que el déficit hídrico de la cuenca del río Copiapó ha llevado a consumir el volumen embalsado del acuífero a tasas netas de 1,7 m^3/s.

De acuerdo a la visión de la DGA, la medición de niveles de aguas subterráneas, resulta de vital importancia para entender correctamente la precaria situación del acuífero de Copiapó y permite tomar medidas confiables cuyos resultados puedan ser monitoreados.

De esta forma, es importante realizar un análisis crítico a la actual red de observación de niveles que tiene la DGA, de tal forma de evaluar si los puntos que hoy en día se miden, tienen representación espacial y temporal del acuífero de Copiapó. En caso que no la tenga, se debe proponer una red mejorada, de menor, igual o mayor tamaño a la actual, pero con mejor representación de la red existente.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general del estudio es realizar un análisis crítico de la red de observación de niveles de aguas subterráneas de la DGA en la cuenca del río Copiapó, y establecer una metodología adecuada para la optimización del funcionamiento de la red, que resulte en la propuesta de una red mejorada.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del estudio son:

- Diagnosticar el funcionamiento actual de la red de observación de niveles de agua subterránea.
- Establecer una metodología adecuada para el análisis de la red de observación.
- Recomendar cambios en la estructura de la red actual de medición de aguas subterráneas de la zona en estudio, para cumplir con los objetivos de una red de medición moderna.

- Desarrollar un programa para la publicación de la información de la red de observación.

3. REVISIÓN DE ANTECEDENTES

3.1. INTRODUCCIÓN

En esta sección se presenta un breve resumen de las principales fuentes de información consideradas para el desarrollo de este estudio. Las fuentes se clasifican en 2 tipos: Estudios relacionados con el valle del río Copiapó y estudios relacionados con el análisis de direcciones principales (PCA por su sigla en inglés).

3.2. REVISIÓN DE ESTUDIOS DEL VALLE DEL RÍO COPIAPÓ

3.2.1. Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del Río Copiapó. División de Ingeniería Hidráulica y Ambiental DICTUC S.A., 2010

El estudio se enmarcó en la necesidad de implementar en el corto plazo un "Plan de Acción" para abordar el uso eficiente de los recursos hídricos de la cuenca, dada su precaria situación, con una explotación en cerca de un 30% por sobre su capacidad. En este contexto, el objetivo fundamental fue desarrollar una herramienta flexible de análisis y planificación, que permita evaluar situaciones de manejo del recurso hídrico en la cuenca y sea una ayuda en la toma de decisiones relacionadas con la gestión y el aprovechamiento óptimo, integral y multisectorial de los recursos hídricos superficiales y subterráneos de la cuenca.

En general la información contenida en el estudio permitirá tener una base actualizada para la caracterización de la cuenca, la red de explotación de las aguas subterráneas, y la red de control de niveles.

3.2.2. Diagnóstico y Clasificación de Sectores Acuíferos. DGA-Geohidrogeología Consultores Ltda., 2009

En este estudio se utiliza la técnica de PCA para la determinación de las características geoquímicas del acuífero del río Copiapó, para posteriormente proponer una red de monitoreo de la calidad de las aguas subterráneas.

La información de este estudio se utilizará como contraste a la red medición de niveles que se busca proponer.

3.2.3. Informe Técnico - Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó. DEP-DGA, 2003

El objetivo principal de este estudio es elaborar un modelo de aguas subterráneas en el valle del Río Copiapó, con el fin relacionar los distintos sectores hidrogeológicos para predecir la respuesta del recurso hídrico frente a distintos escenarios de aprovechamiento y como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la Gestión Integrada de los recursos hídricos de la región de Atacama.

Dentro de los objetivos de este estudio se encuentra la actualización del levantamiento de información, recopilación y análisis de estudios anteriores, la caracterización del sistema hidrogeológico y la implementación del modelo de simulación hidrogeológico del valle del río Copiapó, utilizando el software Visual Modflow, para la zona comprendida entre el embalse Lautaro y el sector de Angostura.

3.2.4. Estudio Hidrogeológico del Valle del Río Copiapó, Segmento Embalse Lautaro – Piedra Colgada, Región de Atacama. Aguirre, I.; Hauser, A.; Schwerdtfeger, B. 1999.

Este estudio corresponde a una caracterización de la geología, hidrogeología y calidad del agua del valle del río Copiapó, entre embalse Lautaro y Piedra Colgada.

Los objetivos de este estudio consisten principalmente en la caracterización de las unidades hidrogeológicas presentes en la cuenca del río Copiapó. Para esto se realiza una caracterización de las distintas variables que afectan al comportamiento del acuífero: geología, estratigrafía, geofísica, hidroquímica, piezometría, isotopía. Esta información se integra y representa en un mapa hidrogeológico.

Se presenta una detallada descripción de los depósitos sedimentarios que albergan al acuífero, realizada a partir de observaciones en terreno y a la descripción estratigráfica de pozos perforados en la cuenca. También se realiza una reinterpretación de sondajes eléctricos verticales realizados en el marco de estudios previos y realizados en este estudio, para definir la profundidad del basamento. Para efectos de este informe, se ha utilizado esta información geológica para describir los seis sectores en los que ha sido dividido el acuífero.

3.2.5. Análisis y Evaluación de los Recursos Hídricos en el Valle del Río Copiapó, III Región. DARH-DGA, 1995.

El objetivo general de este estudio es obtener una visión global de la situación del uso de los recursos hídricos del valle del río Copiapó. Para esto, se analiza la situación de los recursos hídricos durante los últimos 10 años, en particular, la variación del nivel de saturación con respecto a las recargas y descargas del sistema. Este estudio corresponde a una actualización del estudio realizado el año 1987.

De este estudio se obtuvo información de la profundidad del basamento, estimada a partir de la interrelación de estudios geofísicos (sondajes eléctricos verticales) realizados con anterioridad a este estudio.

3.3. REVISIÓN DE ANTECEDENTES REFERIDOS A ANÁLISIS DE DIRECCIONES PRINCIPALES

3.3.1. Generalidades

En general la técnica de PCA se utiliza cuando se dispone de múltiples puntos de muestreo, con múltiples parámetros medidos. Por lo anterior, la técnica se utiliza usualmente en problemas de calidad de aguas en los que se muestrean múltiples parámetros. En los puntos siguientes se presentan algunos ejemplos de aplicación.

3.3.2. Statistical Analysis Of Hydrographs And Water-Table Fluctuation To Estimate Groundwater Recharge. Sang-Ki Moon, Nam C Woo, and Kwang S. Lee Journal of Hydrology, June 2004.

A partir de los datos de monitoreo de la Red Nacional de Monitoreo en Corea, los hidrogramas de aguas subterráneas se clasificaron en cinco grupos típicos. Posteriormente, para estimar la recarga de las aguas subterráneas, una versión modificada de la fluctuación del nivel freático (WTF por su sigla en inglés) fue desarrollado a partir de la relación entre la WTF acumulada y los registros correspondientes de precipitación. La aplicación de este método a diferentes tipos de hidrogramas permitió evaluar la variabilidad espacial de la recarga de las cuencas hidrográficas.

3.3.3. Análisis Crítico de la Red de Aguas Subterráneas del Valle de Aconcagua. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil: Rodrigo Larenas. Universidad de Chile, 2003.

En esta memoria se presenta una aplicación de PCA para determinar la existencia de redundancia de pozos de observación en la red de medición de niveles en el Valle de Aconcagua. En primer lugar se muestra un análisis a nivel del valle completo, lo que mostró que a nivel global no es posible determinar pozos redundantes. Posteriormente el análisis se realizó para los pozos del sector alto y luego del bajo, análisis que permitió encontrar la existencia de pozos redundantes. Se hace notar que el análisis se desarrolló aplicando la metodología a los hidrogramas completos de los pozos, para lo cual se completaron los vacíos de información existentes usando promedios. La memoria se completa proponiendo metodologías de análisis para la inclusión o reemplazo de pozos, frecuencia de medición, y metodología de medición.

3.3.4. Historical And Estimated Ground Water Levels Near Winnipeg, Canada, and Their Sensitivity to Climatic Variability. Grant Ferguson and Scott St. George. Journal Of The American Water Resources Association, October 2003.

Para el monitoreo de largo plazo de aguas subterráneas, se propone utilizar en reemplazo de mediciones de niveles los anillos de los árboles. Esto se realizó utilizando PCA para buscar correlaciones entre niveles y frecuencia de anillos. El método mostró que puede ser útil para los estudios de acuíferos en regiones que carecen de registros de niveles de largo plazo.

3.3.5. Factor Analytical Approaches For Evaluating Groundwater Trace Element Chemistry Data. K. H. Johannesson, A. K. Singh, V. F. Hodge, and K. J. Stetzenbach. Analytica Chimica Acta, August 2003.

PCA, Q-mode análisis factorial (QFA) y análisis de correspondencias (CA) se aplicó a un conjunto de datos que contiene concentraciones de elementos traza en muestras de aguas subterráneas procedentes de una serie de pozos ubicados aguas abajo del depósito de residuos nucleares potencial en Yucca Mountain, Nevada. Los resultados de PCA reflejan las similitudes en las concentraciones de elementos traza en las muestras de agua que resultan de los diferentes procesos geoquímicos. Los resultados de QFA reflejan similitudes en la composición de elementos traza, mientras que CA refleja

similitudes en los elementos traza que son dominantes en las aguas en relación con todas las muestras de agua subterránea restantes incluidos en el conjunto de datos. Estas diferencias se deben principalmente a las formas en que los datos son pre procesados por cada uno de los tres métodos.

3.3.6. Using Principal Component Analysis to Monitor Spatial and Temporal Changes In Water Quality. Karim Bengraïne and Taha F. Marhaba. Journal of Hazardous Materials, June 2003.

Los datos químicos, biológicos y físicos controlados en 12 localidades a lo largo del río de Passaic, New Jersey, durante el año 1998 son analizados. PCA se utilizó: (i) para extraer los factores asociados con la variabilidad hidroquímica; (ii) para obtener los cambios espaciales y temporales en la calidad del agua. Soluto contenido, temperatura, nutrientes y materia orgánica fueron los principales patrones extraídos. El análisis espacial permitió aislar dos estaciones que muestran un posible punto o fuentes no puntuales de contaminación. Este estudio muestra la importancia de la vigilancia ambiental asociada con las estadísticas simples pero poderosas para comprender mejor el sistema de agua complejo.

3.3.7. Evaluation of Ground Water Monitoring Network by Principal Component Analysis. Subhrendu Gangopadhyay, Ashim Das Gupta, M.H. Nachabe. Ground Water, March 2001.

PCA se aplicó a la evaluación de una red de monitoreo de agua subterránea en donde las variables son los pozos de control. El objetivo fue identificar pozos de control que son importantes en la predicción de la variación dinámica en el nivel de agua. La técnica se demuestra a través de una aplicación a la red de seguimiento de la zona de Bangkok, en que el análisis se aplicó para todos los pozos de monitoreo del acuífero. Adicionalmente se desarrolló un sistema de clasificación basado en la frecuencia de ocurrencia de un pozo específico como pozo principal. El tomador de decisiones con las limitaciones presupuestarias puede ahora optar por monitorear los pozos principales que pueden capturar adecuadamente la variación de niveles en el acuífero. Esto fue evaluado mediante la comparación de la distribución observada, utilizando datos de todos los pozos disponibles y pozos seleccionados utilizando el esquema de clasificación como una guía.

3.3.8. The Use of Component Analysis for Interpreting Ground Water Hydrographs. T. C. Winter, S. E. Mallory, and D. O. Rosenberry. Groundwater, March-April, 2000.

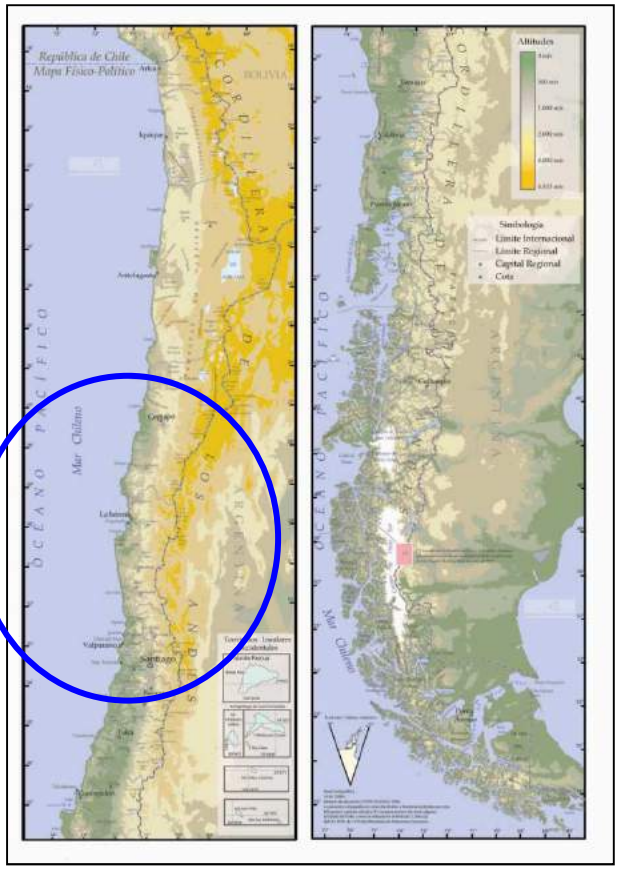
PCA fue utilizado para determinar la forma del hidrograma de aguas subterráneas en cuatro cuencas pequeñas asociadas a lagos ubicados en Estados Unidos. El análisis permitió conocer en mayor detalle las características de la infiltración en diferentes partes de la cuenca, incluyendo el flujo desde los lagos, y el efecto de las diferencias en las características geológicas del acuífero. El estudio indicó que PCA puede ser muy útil para resumir grandes volúmenes de datos con el propósito de seleccionar pozos para monitoreo de largo plazo, con la consiguiente reducción de costos.

4. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y COBERTURA DEL ESTUDIO

4.1. REGIÓN DE ATACAMA

La región de Atacama se ubica al norte de Chile, entre los 25°17' y 29°11' de latitud sur y desde los 68°17' de longitud oeste hasta el Océano Pacífico. Está conformada por tres provincias y nueve comunas, encabezada por la ciudad de Copiapó, capital regional. Posee una superficie de 75.573.3 km² lo cual corresponde al 10% de la superficie del país. Limita al norte con la región de Antofagasta y al sur con la región de Coquimbo, tal como se muestra en la Figura 4.1-1, en que se muestra la región en el contexto nacional.

FIGURA 4.1-1
REGIÓN DE ATACAMA EN CONTEXTO NACIONAL



Fuente: http://www.bcn.cl/siit/images/chile_fisico.jpg

4.2. DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINSTRATIVA DE LA REGIÓN DE ATACAMA

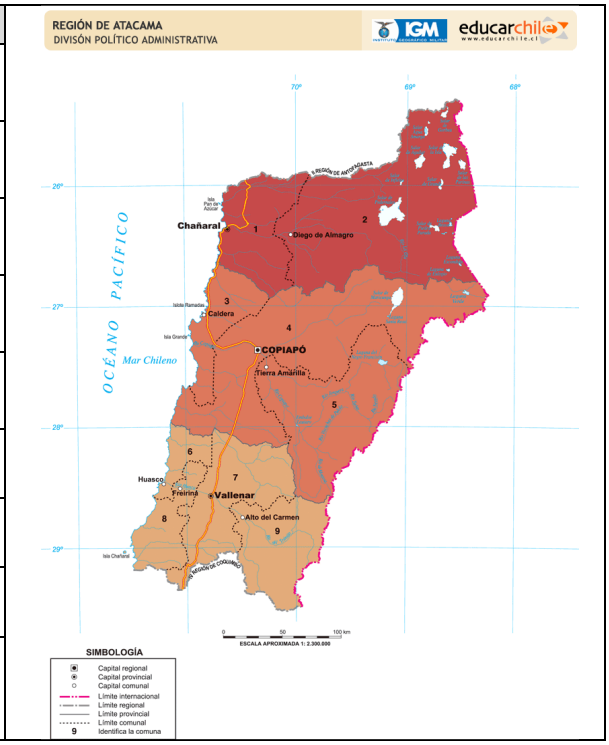
La capital regional es la ciudad de Copiapó, capital de la provincia y de la Región de Atacama, con tradición minera desde sus orígenes. La ciudad se encuentra

ubicada a una altura media de 391 m.s.n.m. Junto a Caldera y Tierra Amarilla, forma la provincia de Copiapó.

La comuna limita al noroeste con la comuna de Caldera, al norte con las comunas de Chañaral y Diego de Almagro, al sur, con Vallenar y Huasco, al oeste con el Océano Pacífico y al este con las provincias argentinas de La Rioja y Catamarca. La división provincial se muestra en la Figura 4.2-1.

FIGURA 4.2-1
DIVISIÓN PROVINCIAL DE LA REGIÓN DE ATACAMA

PROVINCIA	CAPITAL	COMUNA
Chañaral	Chañaral	1. Chañaral
		2. Diego de Almagro
Copiapó	Copiapó	3. Caldera
		4. Copiapó
		5. Tierra Amarilla
Huasco	Vallenar	6. Huasco
		7. Vallenar
		8. Freirina
		9. Alto del Carmen



Fuente: http://www.educarchile.cl

Desde el punto de vista político- administrativo, la cuenca del río Copiapó abarca las comunas de Copiapó y Tierra Amarilla. Geográficamente la superficie de la cuenca equivale al 25% de la superficie total de la Región de Atacama.

En la cuenca existen 20 localidades pobladas, de las cuales 2 son ciudades y el resto, corresponden a poblados, asentamientos rurales y caseríos. Las ciudades emplazadas en la cuenca son Copiapó (capital regional) con 129.279 habitantes y Tierra Amarilla con 12.266 habitantes, según los resultados preliminares del censo del año 2012.

4.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

4.3.1. Relieve

Atacama se estructura en torno a sus características geográficas dominantes de Cordillera, Valles transversales y Costa. Aún cuando se observa de Norte a Sur un grado de distribución de cordones montañosos en variadas Direcciones que dificulta apreciar las unidades clara como Depresión Intermedia, Cordillera de la Costa y Cordillera Andina; es posible distinguir la presencia de una Cordillera de los Andes con los más importantes hitos de altura de nuestro país con el Volcán Ojos del Salado (6.893 m.s.n.m.) y con la interesante presencia de depresiones cerradas que conforman lagunas y salares cordilleranos tales como Salar de Pedernales, Maricunga, Laguna Santa Rosa, Laguna Verde y Laguna del Negro Francisco, entre otras.

La morfología es longitudinal disectada e interrumpida por tres grandes valles, dos de los cuales han tenido un importante trabajo aluvial con los ríos Copiapó y Huasco, los cuales se relacionan con la subdivisión provincial existente en la región.

Estos dos importantes valles, cuya vida se basa en la presencia de cursos de agua superficial y subterránea, que llegan al mar, y cuya principal fuente de alimentación la constituyen los deshielos de nieves cordilleranas caídas principalmente en períodos invernales. Importante es la presencia del desierto como forma geográfica que distingue a la Región y se ubica en los sectores entre los valles. Esta presencia del desierto le otorga importantes cualidades y beneficios a la Región con ocasión de las inusuales lluvias que ocurren transformándose en un Desierto Florido de inusuales características ecológicas de importancia a nivel mundial, para investigadores y amantes de la naturaleza. Son frecuentes los años sin precipitaciones de agua lluvia que permitan incrementar los caudales de ambos ríos, por lo que éstos se caracterizan por regímenes nivales. Dos embalses, el Tranque Lautaro en el valle de Copiapó, de pequeña capacidad y Santa Juana en el valle de Huasco, obra importante de ingeniería recientemente construida, permiten regular los caudales de dichos ríos con fines de regadío en períodos de menores recursos.

4.3.2. Sector Agropecuario

La Región posee una superficie total de 75.573,3 km², lo que corresponde aproximadamente al 10% de la superficie del país. De esta superficie, se estima que se pueden aprovechar agrícolamente unas 30.000 ha, lo que representa solo un 0,4% de la extensión territorial. De las provincias de la Región, Huasco y Copiapó presentan interés desde el punto de vista agrícola. La provincia de Chañaral no presenta cultivos de especie alguna. El 12,8% de la mano de obra de la Región está ocupada en la agricultura, esto suma un total cercano a las 12.000 personas. En ciertas ocasiones, esto está ligado con las labores relacionadas con la uva de mesa, para lo cual se recurre a mano de obra proveniente de otras regiones.

4.3.3. Antecedentes Climáticos

Copiapó se encuentra emplazado en una zona de transición climática desde el desértico marginal a estepárico cálido. Las altas temperaturas se encuentran reguladas por la relativa influencia marítima que recibe la zona, por el contexto geográfico de valle

transversal en el que se encuentra, lo cual la hace entrar en un contacto casi directo con las planicies litorales. Por esta misma razón, generalmente entra a la ciudad nubosidad costera durante las mañanas, la cual se dispersa generalmente después del medio día.

Las temperaturas en verano son cálidas durante el día llegando a los 28 o 30°C y superando en ocasiones los 35 °C, mientras que durante la noche en esta época del año bajan hasta llegar regularmente a los 15 °C, aproximadamente. La temperatura más alta registrada en la última década fue de 40° en 2009. En la época invernal se producen durante la noche temperaturas de 0 a 5 °C y en el día sube a los 15 o 17 °C. La temperatura más baja registradas ha sido de -10°, el 19 de julio de 2008. En el Cuadro 4.3.3-1 se resume brevemente la información disponible.

CUADRO 4.3.3-1
PARÁMETROS CLIMÁTICOS PROMEDIO DE COPIAPÓ

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Temperatura diaria máxima (°C)	23,1	22,6	21,1	19,0	16,8	15,1	14,5	15,0	16,5	18,7	20,9	22,5	18,8
Temperatura diaria mínima (°C)	7,7	7,2	6,0	4,6	3,2	2,1	1,7	2,0	3,0	4,4	5,8	7,0	4,6
Precipitación total (mm)	6,3	5,5	4,3	2,7	6,6	15,5	19,5	10,7	3,7	1,3	1,0	2,5	79,6

Fuente: Atlas bioclimático de Chile (2012)

4.4. RECURSOS HÍDRICOS EN ATACAMA

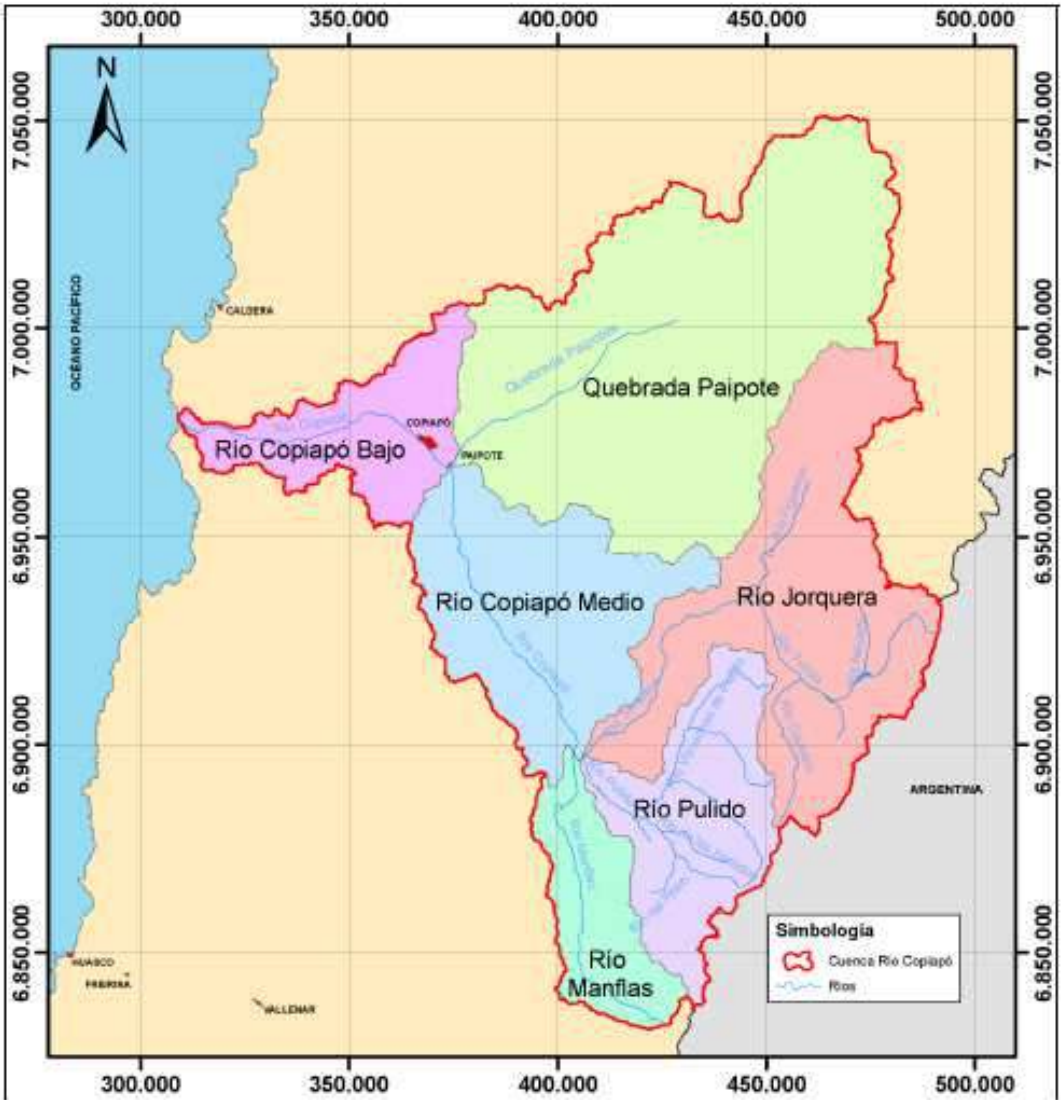
En la Región de Atacama los valles formados por los ríos Copiapó y Huasco cortan a la extrema aridez del desierto. Estos ríos son alimentados por los escasos recursos hídricos disponibles provenientes de glaciares, lluvias ocasionales y neblina costera. Las condiciones climáticas especiales permiten una agricultura de exportación tecnificada que junto con la explotación minera y la pesca constituye el motor del crecimiento de la región. Este conjunto de situaciones han permitido, hasta la fecha, el desarrollo de la región y el establecimiento de poblaciones importantes como Copiapó y Vallenar entre otras.

El valle del río Copiapó tiene una longitud de 160 km desde el embalse Lautaro hasta la desembocadura en el mar en la localidad de Puerto Viejo. Constituye la primera cuenca de norte a sur de la zona exorreica andina y su régimen es catalogado como mixto.

Los principales afluentes aportan caudales superficiales continuos, aunque normalmente desaparecen parcial o totalmente en algunas zonas. Los afluentes que interceptan en el curso medio e inferior del río Copiapó, como la quebrada Paipote ubicada en el sector norte de la cuenca del Copiapó, generalmente se encuentran secos en superficie, excepto después de una tormenta. Esta cuenca cuenta con regulación artificial dada por la presencia del embalse Lautaro cuya capacidad de almacenamiento es de 40 hm^3.

El Río Copiapó en la zona alta tiene como principal cuenca aportante la del Río Jorquera, cuya superficie alcanza aproximadamente 4.185 km^2, a ésta le sigue la cuenca del río Pulido con alrededor de 2.000 km^2 y la cuenca del río Manflas con una superficie de 1.200 km^2. En el tramo medio del río Copiapó, el afluente que presenta una mayor superficie de drenaje corresponde a la quebrada del río Paipote, con una superficie de aproximadamente 6.600 km^2, le sigue en extensión la cuenca del río Carrizalillo con 1.120 km^2 de superficie y la sub cuenca del río Copiapó (entre el embalse Lautaro y la quebrada de Paipote) con una superficie de 1.464 km^2, aproximadamente. Las cuencas de este río se presentan en la Figura 4.4-1.

FIGURA 4.4-1
CUENCAS RÍO COPIAPÓ



Fuente: Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó. DICTUC, 2010

La alta escasez hídrica de la zona ha determinado históricamente un uso intensivo del agua para el desarrollo de actividades productivas mineras y agrícolas y para el propio uso doméstico en la ciudad. Esto ha con llevado conflictos entre regantes y otros usuarios, principalmente aguas arriba de Copiapó en donde se desarrolla la fruticultura intensiva.

En esa zona el acuífero del río Copiapó se encuentra actualmente sobreexplotado, basado en estudios hidrogeológicos que indican una constitución de derechos de agua siete veces superior al caudal promedio de recarga del acuífero del valle. A raíz de esta situación la Dirección General de Aguas (DGA) ha dictado resoluciones que declaran zona de prohibición para nuevas explotaciones de aguas subterráneas al valle de Copiapó en sus secciones alta y media, es decir, también involucrando al área donde se emplaza la ciudad. Por esta razón cualquier proyecto industrial, agrícola, minero o de otras características que se instale en esa zona debe considerar la compra de derechos de aguas ya otorgados para su implementación.

En tanto, en la sección inferior del valle -desde Copiapó hacia el mar-, existen recursos hídricos que no compiten con otros usos, por lo cual, bajo ciertas restricciones, se posibilita la proyección del crecimiento inmobiliario hacia el poniente, así como el desarrollo inmobiliario y turístico del borde costero en torno a Caldera. En esta zona inferior la empresa sanitaria de la III Región tiene constituidos derechos por 965 L/s, lo que permitiría abastecer unos 330.000 habitantes.

4.5. ESTACIONES DE CONTROL METEOROLÓGICO

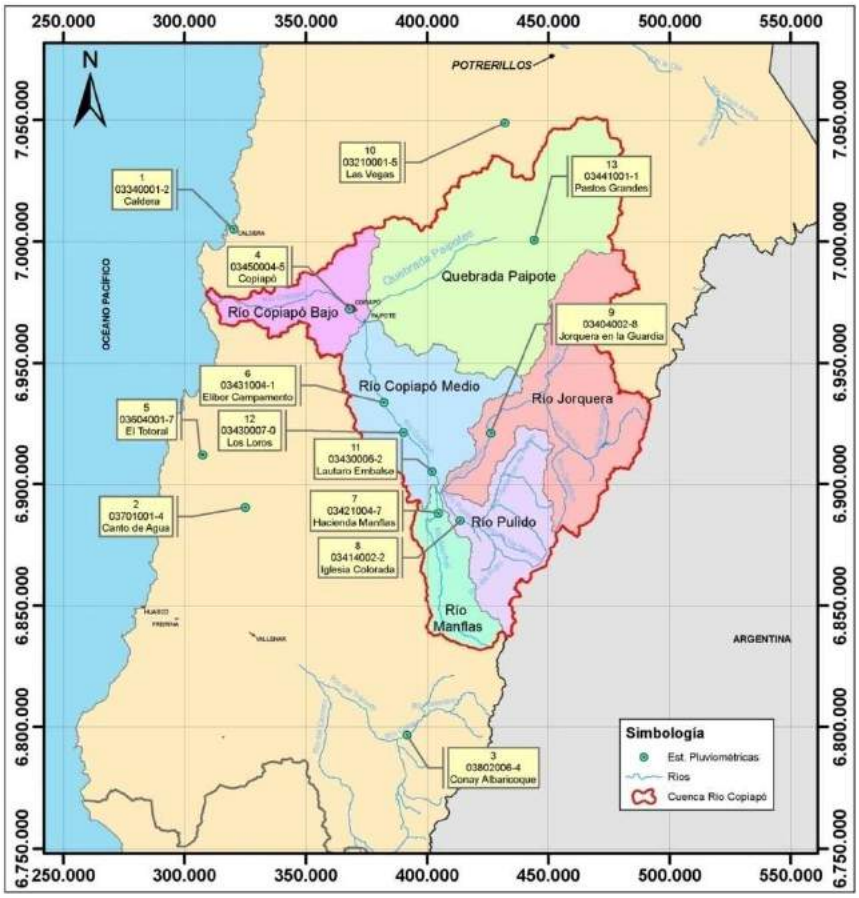
En la cuenca del Río Copiapó y sus afluentes existen 9 estaciones meteorológicas que miden precipitación pluvial y una que registra precipitación nival. La ubicación de estas estaciones se muestra en el Cuadro 4.5-1 y Figura 4.5-1

CUADRO 4.5-1
ESTACIONES METEOROLÓGICAS CUENCA RÍO COPIAPÓ

Nº	Estación Meteorológica	Código BNA	UTM (PSAD56)		Altitud (m.s.n.m.)
			Este	Norte	
1	Caldera	03340001-2	320.082	7.005.158	15
2	Canto de Agua	03701001-4	325.025	6.890.523	330
3	Conay Albaricoque	03802006-4	391.670	6.796.814	1.600
4	Copiapó	03450004-5	367.916	6.972.294	385
5	El Totoral	03604001-7	307.346	6.912.086	150
6	Elibor campamento	03431004-1	382.074	6.933.608	750
7	Hacienda Manflas	03421004-7	404.601	6.888.223	1.410
8	Iglesia Colorada	03414002-2	413.505	6.885.056	1.550
9	Jorquera en la Guardia	03404002-8	426.140	6.920.990	2.000
10	Las Vegas	03210001-5	431.943	7.048.881	2.250
11	Lautaro embalse	03430006-2	401.840	6.905.408	1.110
12	Los Loros	03430007-0	390.169	6.921.348	940
13	Pastos Grandes	03441001-1	444.090	7.000.790	2.260

Fuente: Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó. DICTUC, 2010

FIGURA 4.5-1
ESTACIONES METEOROLÓGICAS CUENCA RÍO COPIAPÓ



Fuente: Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó. DICTUC, 2010

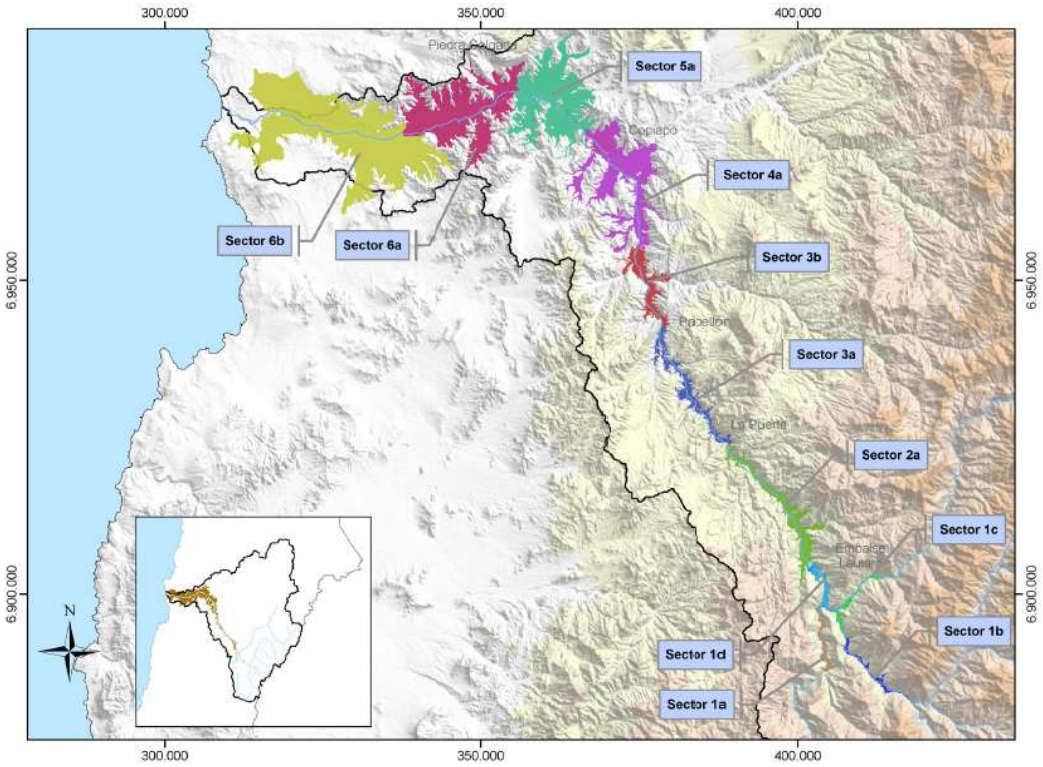
4.6. CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA CUENCA RÍO COPIAPÓ

La caracterización hidrogeológica tiene como objetivo entender el funcionamiento general del acuífero, estableciendo conceptualmente criterios para la sectorización y estimación de parámetros relevantes relacionados con este funcionamiento.

El estudio realizado por Álamos y Peralta para la DGA, el año 1987, tuvo como objetivo establecer la situación de los recursos hídricos en la cuenca y generar un modelo tanto de las aguas superficiales como subterráneas, para poder así realizar una mejor gestión y explotar los recursos de manera sustentable. Uno de los principales resultados hidrogeológicos, fue dividir el valle en 6 grandes sectores. Estos 6 sectores se consideran en la sectorización oficial de la DGA. Posteriormente el DICTUC sub-dividió en 11 sub-sectores, según se muestra en la Figura 4.6-1, y en el siguiente listado:

- **Sector 1 (4 sub-sectores):** Ríos Manflas, Jorquera, Pulido y Copiapó hasta el Embalse Lautaro
- **Sector 2:** Embalse Lautaro hasta la Puerta
- **Sector 3 (2 sub-sectores):** La Puerta hasta Mal Paso
- **Sector 4:** Mal Paso hasta Copiapó
- **Sector 5:** Copiapó hasta Piedra Colgada
- **Sector 6 (2 sub-sectores):** Piedra Colgada hasta Angostura

FIGURA 4.6-1
SECTORIZACIÓN DEL ACUÍFERO RÍO COPIAPÓ



Fuente: Análisis Integrado de Gestión en Cuenca del río Copiapó. DICTUC, 2010

5. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA RED DE MEDICIÓN

5.1. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LOS 6 SECTORES ACUÍFEROS

La caracterización geológica de cada uno de los sectores se ha realizado utilizando información disponible en estudios anteriores. Para efectos de este análisis, dos grandes estudios entregan información que permite estimar espesores del relleno sedimentario que conforma el acuífero, así como dar una descripción estratigráfica de las unidades que alojan acuíferos. En los estudios realizado por Álamos y Peralta (1987, 1995) se recopiló información de geofísica, que permitió estimar la profundidad del basamento impermeable para cada sector, y por lo tanto, estimar espesores para el

acuífero en los seis sectores. Por otra parte, el estudio realizado por Aguirre *et al.* (1999) entrega una detallada descripción de las unidades geológicas presentes en la zona de estudio, en particular de los depósitos sedimentarios. Además, en este estudio también se ha recopilado, levantado y reinterpretado información geofísica.

Para complementar el análisis geológico de cada sector se ha utilizado información de profundidades de pozos perforados a lo largo de la cuenca, de manera de conocer espesores mínimos reconocidos en cada sector. Esta información ha sido obtenida de expedientes de solicitudes de derechos de aguas, disponibles en la Dirección General de Aguas, dado que numerosos titulares entregan un perfil estratigráfico de la captación al momento de solicitar derechos de aguas.

5.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

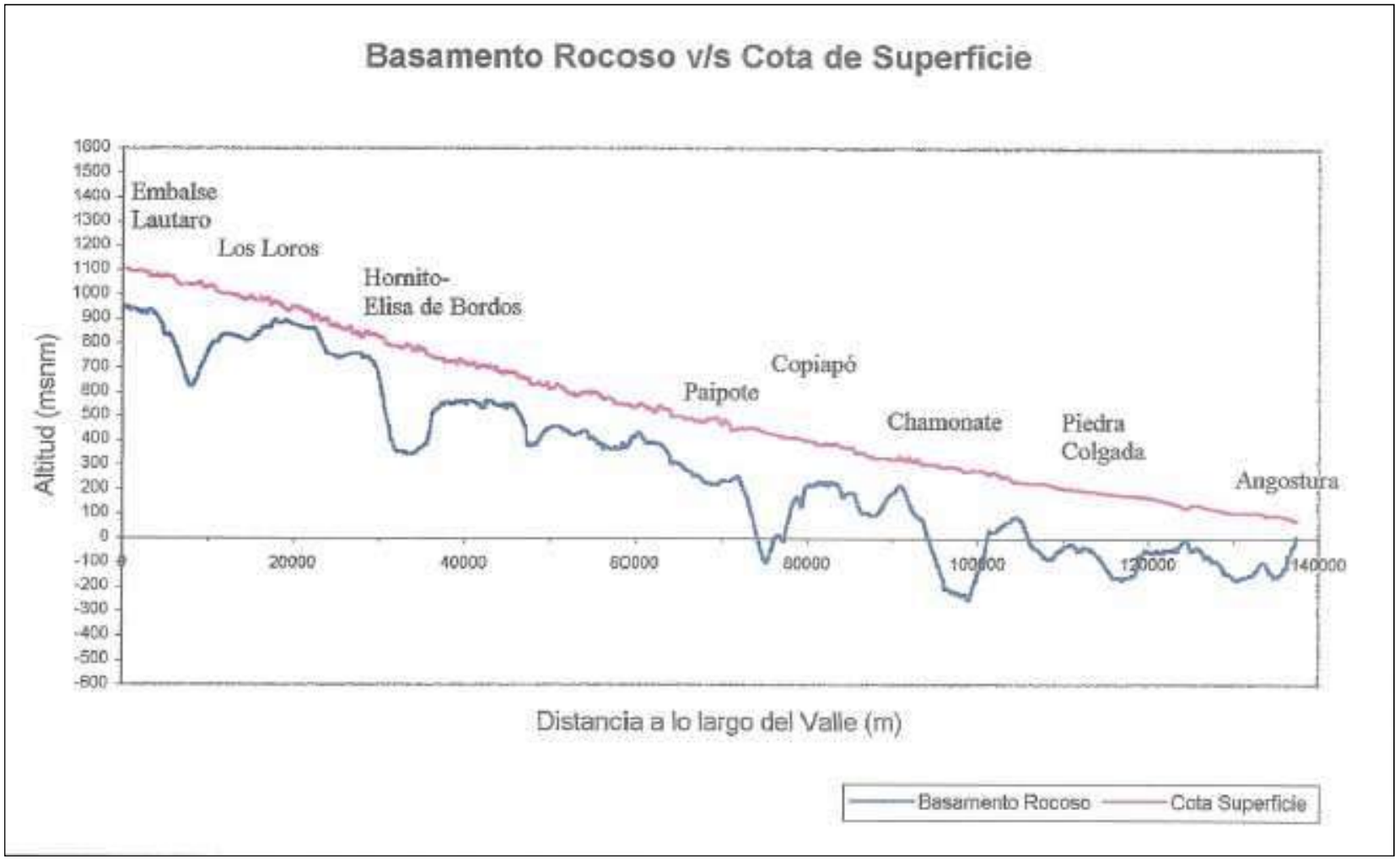
Para la estimación del espesor del relleno sedimentario se ha utilizado información de SEV's (sondajes eléctricos verticales), que han sido recopilados e interpretados en estudios anteriores (Álamos y Peralta (1987), Aguirre *et al.* (1999)). De las interpretaciones realizadas se observa que las zonas que presentan un mayor espesor corresponden a Hornitos-Elisa de Bordos, Paipote-Copiapó, Chamonate y Piedra Colgada. En general, la morfología del basamento es fuertemente contrastante, observándose amplias depresiones (grabens), vinculadas a zonas de fallas y/o fracturas, seguidas por estrechos altos del basamento (horsts). En la Figura 5.2.-1 se presenta un esquema del basamento impermeable.

El segmento comprendido entre el embalse Lautaro y Elisa de Bordos, que comprende parte del sector 1, al sector 2 y parte del sector 3, se caracteriza por un basamento en forma de "W". A partir del Embalse Lautaro, la profundidad del basamento aumenta gradualmente hacia el sector de Goyo Díaz, desde donde disminuye progresivamente hasta el sector San Antonio. Entre Los Loros y La Puerta (segmento final del sector 2), se presenta un alto del basamento, lo que coincide con un estrechamiento del valle en su sección transversal. Desde la Puerta hasta Hornitos (sector 3), la profundidad del basamento aumenta gradualmente, disminuyendo fuertemente en el sector de Elisa de Bordos.

El segmento correspondiente a Elisa de Bordos-Paipote presenta una morfología del basamento impermeable muy homogénea y subhorizontal, con valores que fluctúan entre los 108 y 265 m de profundidad. Entre Tierra Amarilla y Paipote (sector 4), la profundidad del basamento alcanza los 200 m.

Entre Paipote y Piedra Colgada (sectores 4 y 5) también se observa una morfología de "W". Se observa una disminución de la profundidad del basamento, en un sector que presenta un alto en el basamento (horst), donde también se presenta un estrechamiento del valle y afloran cerros islas, La Cruz y Pichincha. Así como en algunos sectores aumenta el ancho del valle (San Fernando-San Miguel y Chamonate-Piedra Colgada), también aumenta la profundidad del basamento (mayor a 300 m). Las quebradas tributarias asociadas también alcanzan tamaños y anchos mayores respecto a las quebradas tributarias ubicadas en la parte alta del valle. Desde Piedra Colgada a Angostura, la profundidad del basamento disminuye gradualmente, hasta llegar a valores de 150 m.

FIGURA 5.2-1
PROFUNDIDAD DEL BASAMENTO ROCOSO V/S COTA DE SUPERFICIE



Fuente: Evaluación de los Recursos Hídricos Subterráneos del Valle del Río Copiapó. DGA, 2003

5.3. GEOLOGÍA

5.3.1. Introducción

En el valle del río Copiapó afloran unidades de roca así como depósitos no consolidados. Estos últimos son los que permiten la ocurrencia de acuíferos, ya que sus granulometrías, que condicionan propiedades tales como la conductividad hidráulica, permiten el almacenamiento y transporte de fluidos. Para conocer la distribución y características de estas unidades se ha utilizado información contenida en estudios y cartas geológicas. La distribución de las unidades geológicas ha sido tomada de las cartas Caldera (2003), Copiapó (2005), Los Loros (2005) y del mapa geológico de Chile (2003), y la descripción de las unidades de interés ha sido complementada con el estudio realizado por Aguirre *et al.* (1999).

Dado que el interés de este estudio es caracterizar las unidades geológicas que albergan acuíferos, se ha simplificado la geología del área de estudio. Las unidades de interés corresponden a los depósitos sedimentarios no consolidados, que corresponden a depósitos fluviales y depósitos aluviales. Las unidades de roca han sido agrupadas en un solo conjunto, y corresponden al basamento rocoso. A continuación se presentan algunas características de los depósitos fluviales y aluviales, y su distribución se presenta en las figuras del Acápite 5.4.

5.3.2. Depósitos Fluviales

Corresponden a depósitos con dominio de ripios, gravas, gravas arenosas y arenas, con escasos niveles finos del tipo limos a limos arcillosos. Engloban la mayor parte del relleno sedimentario.

Estos depósitos se desarrollan en torno a la actual zona de meandros del río Copiapó, comprendiendo tanto los cauces activos como su llanura de inundación. En ellos se pueden observar variaciones granulométricas donde el dominio de bolones, ripios, gravas, gravillas y arenas indican el predominio de facies de relleno de canal; por el contrario granulometrías más finas: arenas, limos y arcillas se pueden asociar al dominio de facies de llanura de inundación y/o sedimentación lacustre. En sectores de menor gradiente hidráulico, se observa un mayor contenido de sedimentos finos.

En estos depósitos se encuentra el acuífero del río Copiapó. En ellos se encuentran emplazados la mayor parte de los pozos perforados en el valle del río Copiapó.

5.3.3. Depósitos Aluviales

Corresponden a una secuencia caracterizada por variadas intercalaciones de niveles, en ocasiones lenticulares, constituidos por una compleja mezcla de gravas y gravillas arenosas que incluyen ocasionales bloques erráticos, junto a numerosos niveles de gran continuidad lateral, constituidos esencialmente por arenas y gravillas de diversos tamaños.

Se disponen rellenando quebradas menores, tributarias al valle del río Copiapó. Presentan pendientes suaves, salvo en las cabeceras, donde ésta es mayor. Este cambio de pendiente influye en la distribución de los sedimentos, y se observa un mayor contenido de finos en las zonas bajas.

Si bien estos depósitos presentan una granulometría que permitiría el almacenamiento de agua, la escasa recarga que experimenta esta cuenca no permite que estas unidades alberguen acuíferos, por lo tanto, corresponden a zonas de menor interés de estudio.

5.4. DESCRIPCIÓN POR SECTOR

5.4.1. Generalidades

En esta sección del informe se describen los 6 sectores considerados originalmente, usando información tanto de la red vigente que se muestra posteriormente en el Cuadro 7.2-1, como de pozos que están fuera de uso para efectos de la red de vigilancia, pero para los que se dispone de información histórica, ya que en algún momento fueron parte de la red de vigilancia. Esto último se denota con una columna en la que se indica la vigencia de los pozos considerados para el análisis.

5.4.2. Sector 1

Este sector corresponde a las cabeceras del río Copiapó, abarcando las cuencas de los ríos Pulido, Jorquera y Manflas, de cuya unión nace el río Copiapó.

En este sector se consideraron ocho pozos para el análisis, los que se presentan el Cuadro 5.4.2-1.

En la Figura 5.4.2-1 se presenta la ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector 1, junto con la delimitación de sector. Además, se incluyen datos de profundidades de pozos perforados en el sector. En esta figura también se aprecia una distribución de las unidades geológicas en superficie.

En la cuenca del río Pulido se encuentran los pozos H. Cabo de Hornos, Quebrada Seca e Iglesia Colorada. Esta cuenca es larga y angosta, por lo que los pozos de monitoreo dan una representación longitudinal de las propiedades del acuífero, a diferencia de lo que ocurre en la parte baja del valle, donde éste presenta una distribución areal tanto transversal como longitudinal. En las cercanías del pozo de monitoreo de Iglesia Colorada se reconocen profundidades de hasta 80 m. A continuación, se encuentra el pozo de monitoreo Quebrada Seca, donde se reconocen pozos que llegan a los 80 m. Aguas abajo se observa que pozos perforados en el valle del río Pulido presentan profundidades cerca de los 80-90 m, incluso algunos sobrepasan los 100 m. En el sector de la Hacienda Cabo de Hornos se encuentra el último pozo de monitoreo de la cuenca del río Pulido, que alcanza una profundidad de 90 m. Si bien no se conocen captaciones de mayor profundidad a las mencionadas, la interpretación de SEV's en estudios anteriores permite inferir un espesor del basamento de aproximadamente 200 m, que en algunos sectores podría alcanzar los 300 m.

CUADRO 5.4.2-1
POZOS CONSIDERADOS SECTOR 1

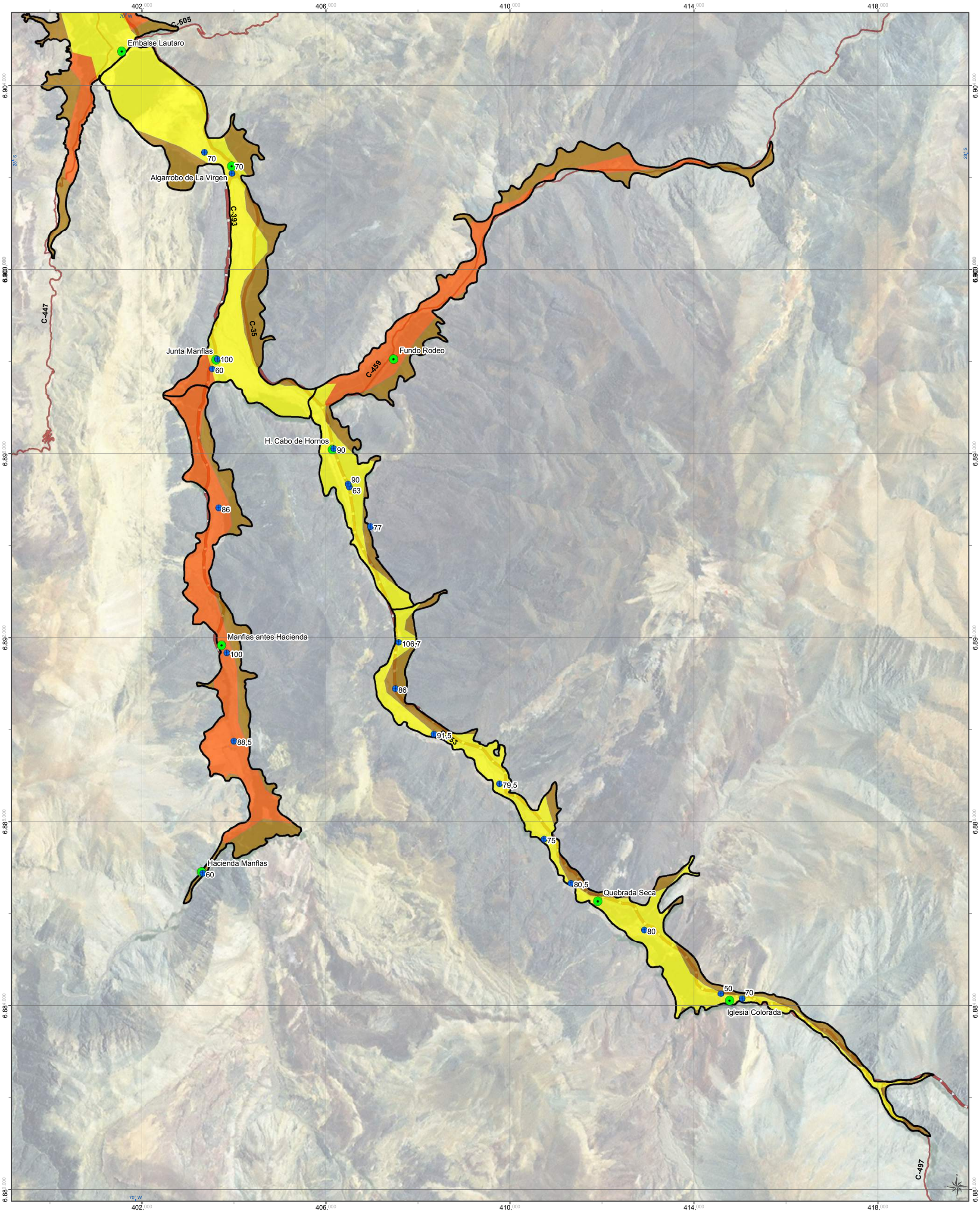
POZO	CÓDIGO BNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	VIGENCIA
1-1	03430013-5	Algarrobo de La Virgen	400.096	6.902.615	Si
1-2	03404003-6	Fundo Rodeo	407.654	6.898.405	Si
1-3	03430012-7	Junta Manflas	403.796	6.898.392	Si
1-4	03414003-0	H. Cabo de Hornos	406.325	6.896.438	No
1-5	03421005-5	Manflas antes Hacienda	403.918	6.892.177	Si
1-6	03421006-3	Hacienda Manflas	403.480	6.887.259	Si
1-7	03414004-9	Quebrada Seca	412.092	6.886.621	Si
1-8	03414005-7	Iglesia Colorada	414.962	6.884.454	Si

Fuente: Banco Nacional de Aguas, DGA (Agosto, 2012)

En la cuenca del río Manflas se encuentran dos pozos de monitoreo. Hacienda Manflas, que alcanza unos 60 m de profundidad, y Manflas antes de Hacienda, que llega a los 100 m. Las profundidades de pozos reconocidas son comparables con las profundidades observadas en la cuenca del río Pulido. En esta subcuenca también pueden inferirse espesores de hasta 200 m.

En la cuenca del río Jorquera se encuentra sólo un pozo de observación. No se conoce la profundidad de este pozo ni se tienen antecedentes de otros pozos en la cercanía. Sin embargo, como corresponde a una cuenca de origen fluvial, al igual que las cuencas de los ríos Pulido y Manflas, también se le puede asignar un espesor mayor a los 100 m. Según Álamos y Peralta (1995), en la parte baja de esta cuenca se observan espesores de hasta 200 m.

El último pozo de monitoreo de esta cuenca corresponde al pozo Junta Manflas, que se ubica aguas abajo de la confluencia del río Manflas con los ríos Jorquera y Pulido. Es primer pozo de monitoreo del río Copiapó, y alcanza una profundidad de 100 m. También para este sector se estiman espesores mayores a 200 m.



SIMBOLOGÍA

Información Base

- Pavimento
- Ripio
- Tierra
- Sin informacion
- Límites sectores

Red de monitoreo

- Pozos con dato de profundidad
- Pozos monitoreo (vigentes y no vigentes)

Geología

- Depósitos fluviales
- Depósitos aluviales y coluviales
- Basamento rocoso

País Chile

Acuífero de Copiapó

Región de Copiapó

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
División de Estudios y Planificación

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

ANALISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

GEOLOGÍA Y UBICACIÓN DE POZOS DE MONITOREO SECTOR 1

Fuente Cartográfica: Cartografía Regular 1:250.000
Fuente Témática: DGA. 2012, SERNAGEOMIN. 2012.

ESCALA 1:57.479

500 250 0 500 Km

Jefe División Adrian Lillo Z.
Inspector Fiscal Miguel Angel Caro H.

Referencia Cartógrafica: Proyección UTM DATUM WGS84 HUSO 19 Sur

Fecha: Febrero 2012

FIGURA: 5.4.2-1

5.4.3. Sector 2

Este sector se ubica inmediatamente aguas abajo del embalse Lautaro, y llega hasta la localidad de La Puerta. Se consideran seis pozos de la red de monitoreo, los que se presentan en el Cuadro 5.4.3-1. Considerando que la forma del valle es alargada, los pozos ubicados en este sector dan una representación longitudinal del acuífero.

CUADRO 5.4.3-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 2

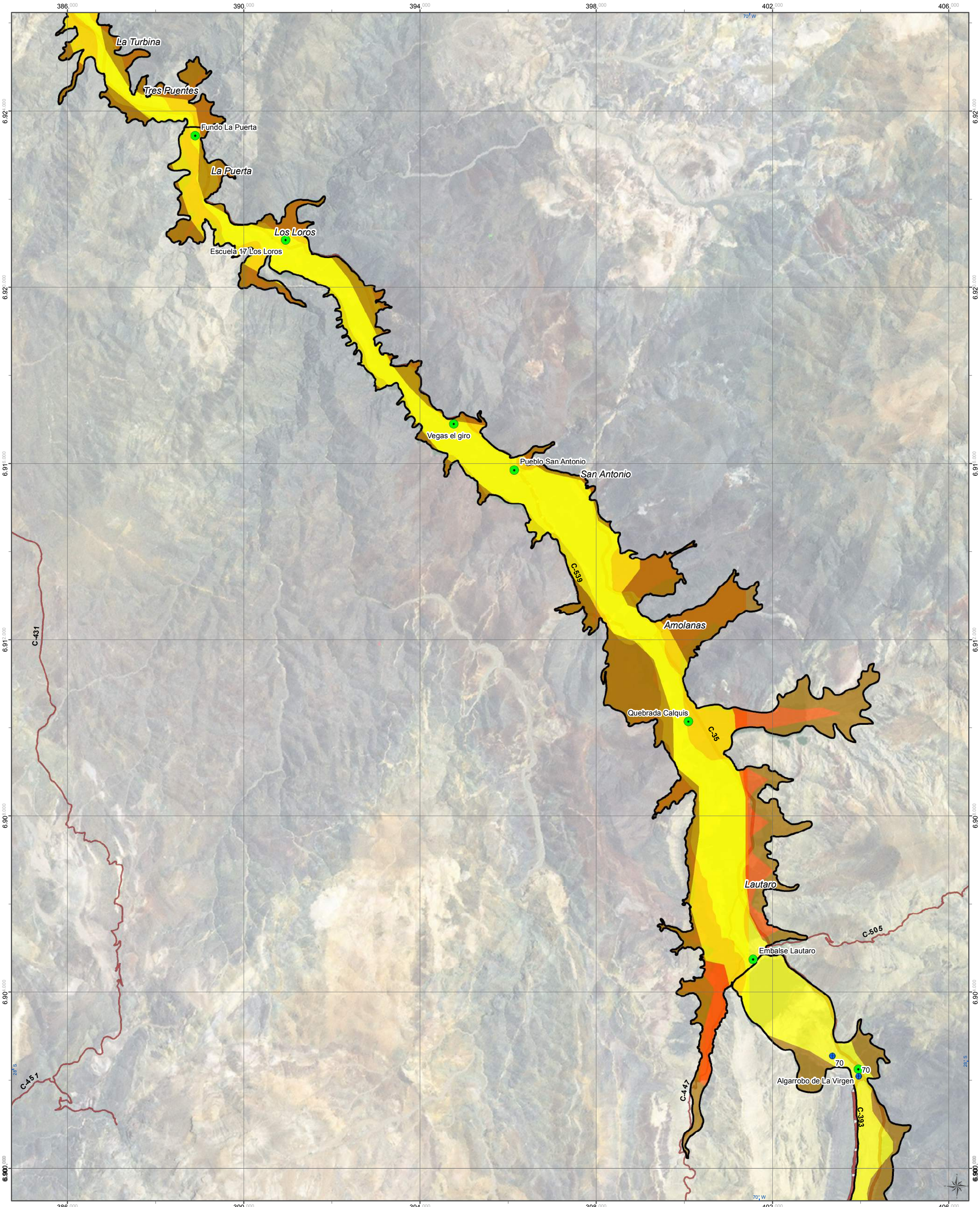
POZO	CÓDIGO BNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	VIGENCIA
2-1	03431009-2	Fundo La Puerta	389.084	6.923.793	Si
2-2	03430010-0	Escuela 17 Los Loros	391.138	6.921.423	Si
2-3	03430009-7	Vegas El Giro	394.954	6.917.247	Si
2-4	03430011-9	Pueblo San Antonio	396.324	6.916.203	Si
2-5	03430008-9	Quebrada Calquis	400.275	6.910.495	Si
2-6	03430014-3	Embalse Lautaro	401.745	6.905.095	Si

Fuente: Banco Nacional de Aguas, DGA (Agosto, 2012)

En la Figura 5.4.3-1 se presenta la ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector 2, junto con la delimitación de sector. Además, se incluyen datos de profundidades de pozos perforados en el sector, así como se indica la distribución de las unidades geológicas que afloran en el sector.

En dirección aguas abajo, el primer pozo de este sector corresponde a Algarrobal de la Virgen. La ubicación de este pozo es dudosa, ya que se ubica fuera del límite del sector 2, por lo que estaría emplazado sobre rocas. Se debe verificar la ubicación de esta captación antes de poder caracterizarla. Le sigue el pozo Embalse Lautaro, ubicado aguas abajo del embalse. Cerca de este pozo se observan profundidades de hasta 100 m, aunque el espesor de los pozos perforados es variable, entre 50 a 100 m. A medida que se desciende hasta el siguiente pozo de observación, Quebrada Calquis, se observan profundidades de pozos variando entre 50 a 60 m, teniendo el pozo Quebrada Calquis una profundidad aproximada de 90 m. Este pozo, además de reflejar el nivel freático del acuífero del río Copiapó, también representa posibles caudales aportados por la quebrada Calquis (quebrada lateral), ubicada al oriente del pozo de observación. Según perfiles realizados en el estudio de Álamos y Peralta (1995), en este sector el espesor podría ser mayor a 200 m.

El siguiente pozo es el de Pueblo San Antonio. Entre este pozo y el anterior se observan profundidades que varían entre 60 y 90 m, mientras que un pozo ubicado a algunos metros del pozo de monitoreo alcanza los 100 m. Le sigue el pozo Vegas el Giro, que tiene una profundidad aproximada de 70 m, y en las cercanías se encuentran pozos que alcanzan los 90 m. Perfiles realizados en el estudio de Álamos y Peralta (1995) indican que hasta el sector de San Antonio se observan espesores de 200 m, los que comienzan a disminuir a medida que se acerca al sector de la Puerta.



SIMBOLOGÍA

Información Base

- Pavimento
- Ripio
- Tierra
- Sin informacion
- Límites sectores

Red de monitoreo

- Pozos con dato de profundidad
- Pozos monitoreo (vigentes y no vigentes)

Geología

- Depósitos fluviales
- Depósitos aluviales y coluviales
- Basamento rocoso

País Chile

Acuífero de Copiapó

Región de Copiapó

H2 CUENCA

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
División de Estudios y Planificación

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

ANALISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

GEOLOGÍA Y UBICACIÓN DE POZOS DE MONITOREO SECTOR 2

Fuente Cartográfica: Cartografía Regular 1:250.000
Fuente Témática: DGA. 2012, SERNAGEOMIN. 2012.

ESCALA 1:60.000

500 250 0 500 Km

Jefe División Adrian Lillo Z.
Inspector Fiscal Miguel Angel Caro H.

Referencia Cartógrafica: Proyección UTM DATUM WGS84 HUSO 19 Sur

Fecha: Febrero 2012

FIGURA: 5.4.3-1

En el segmento final del sector 2 se encuentran dos pozos de monitoreo: Escuela 17 Los Loros y La Puerta. En este sector se observa una gran variación en las profundidades perforadas por distintos pozos, variando entre 20 a 75 m. En este sector se produce un alto del basamento y un angostamiento del valle, lo que influye en el comportamiento de los niveles freáticos, dando lugar a una zona de afloramientos. En este sector, los espesores del relleno no sobrepasan los 100 m, aproximadamente, según perfiles elaborados en el estudio de Álamos y Peralta.

5.4.4. Sector 3

En este sector se caracteriza con siete pozos de monitoreo indicados en el Cuadro 5.4.4-1. Se ubica aguas abajo del sector de la Puerta. Este sector también se caracteriza por su forma alongada, pero a medida que se desciende se observa un paulatino aumento en el ancho del valle. En la Figura 5.4.4-1 se presenta la ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector 3, junto con la delimitación de sector. Al igual que para los otros sectores, se incluyen datos de profundidades de pozos perforados en el sector. También se indica la distribución de las unidades geológicas que afloran en el sector.

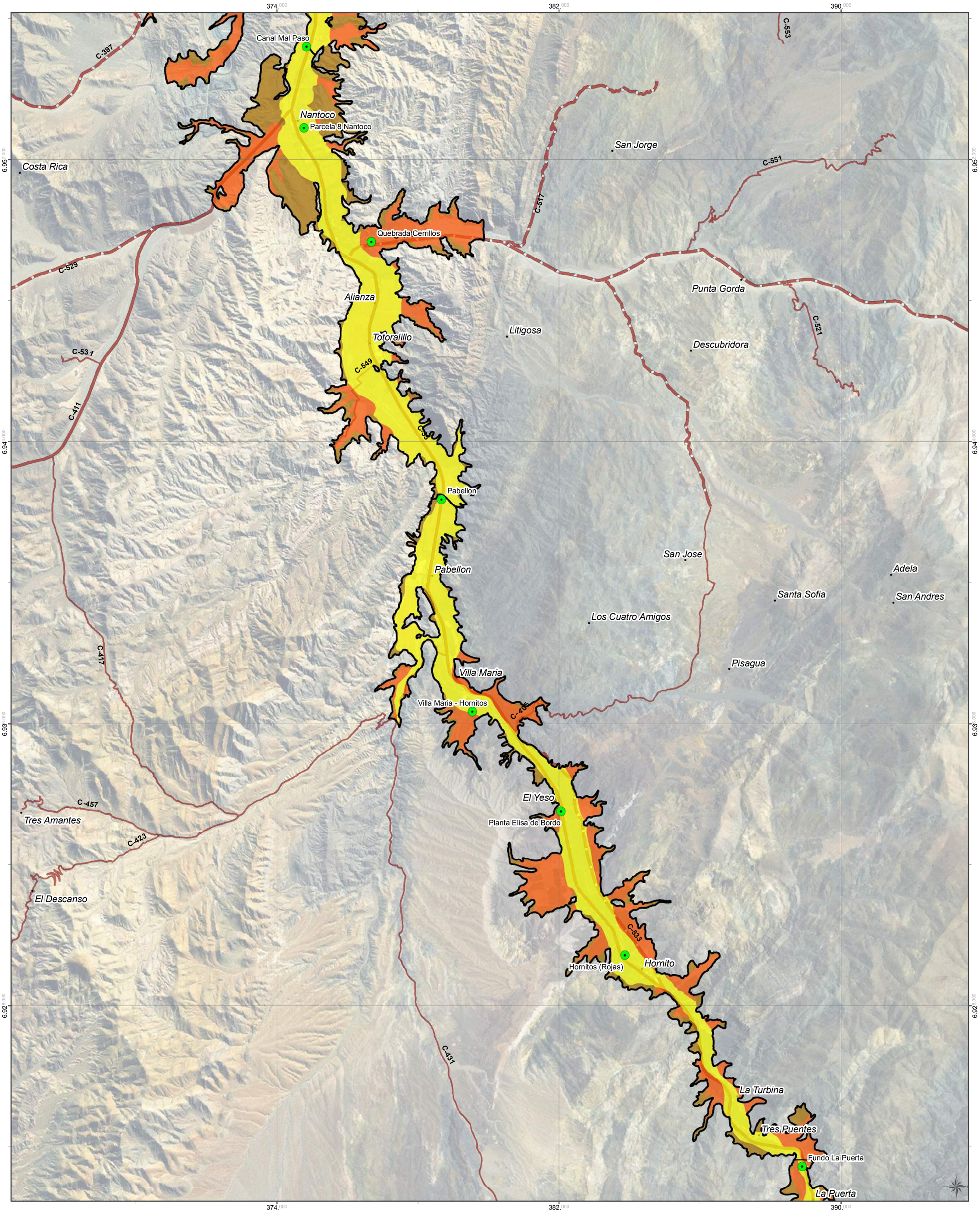
El primer pozo de este sector corresponde al pozo Hornitos (Rojas). En las cercanías se observan pozos que llegan hasta los 80-90 m de profundidad, alcanzando un pozo, ubicado a unos metros del pozo de observación, los 106 m de profundidad. A medida que se avanza hacia el siguiente pozo de observación, Planta Elisa de Bordos, se observan profundidades que varían entre 80 a 120 m. En el entorno de este pozo se observan profundidades de 115 a 120 m. Según Álamos y Peralta, entre Hornitos y Elisa de Bordos se observa un aumento en la profundidad (morfología de graben) pudiéndose superar los 200 m de espesor.

El próximo pozo de observación corresponde al de Villa María-Hornitos. En las cercanías a este pozo sólo se tienen datos de profundidad de un pozo, que llega a los 75 m. Avanzando hacia el siguiente pozo de observación, Pabellón, se observan profundidades cercanas a los 100 m, lo que también se observa a medida que se avanza hacia el pozo Quebrada Cerrillos, ubicado frente a la quebrada del mismo nombre. En este sector, el relleno se encuentra entre 100 y 200 m, según perfiles elaborados en el estudio de Álamos y Peralta, y de acuerdo a las unidades geológicas, este pozo se encuentra en los depósitos aluviales, justo antes de su confluencia en el relleno fluvial.

CUADRO 5.4.4-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 3

POZO	CÓDIGO BNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	VIGENCIA
3-1	03434006-4	Canal Mal Paso	375.022	6.955.559	No
3-2	03434005-6	Parcela 8 Nantoco	374.950	6.953.255	No
3-3	03431010-6	Quebrada Cerrillos	376.866	6.950.027	Si
3-4	03431008-4	Pabellón	378.850	6.942.721	Si
3-5	03431007-6	Villa María - Hornitos	379.728	6.936.697	Si
3-6	03431006-8	Planta Elisa de Bordo	382.241	6.933.869	Si
3-7	03431011-4	Hornitos (Rojas)	384.051	6.929.788	Si

Fuente: Banco Nacional de Aguas, DGA (Agosto, 2012)



SIMBOLOGÍA

Información Base

- Pavimento
- Ripio
- Tierra
- Sin informacion
- Límites sectores

Red de monitoreo

- Pozos con dato de profundidad
- Pozos monitoreo (vigentes y no vigentes)

Geología

- Depósitos fluviales
- Depósitos aluviales y coluviales
- Basamento rocoso

País Chile

Acuífero de Copiapó

Región de Copiapó

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
División de Estudios y Planificación

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

ANALISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

GEOLOGÍA Y UBICACIÓN DE POZOS DE MONITOREO SECTOR 3

Fuente Cartográfica: Cartografía Regular 1:250.000
Fuente Témática: DGA. 2012, SERNAGEOMIN. 2012.

ESCALA 1:75.000
500 250 0 500Km

Jefe División Adrian Lillo Z.
Inspector Fiscal Miguel Angel Caro H.

Referencia Cartógrafica: Proyección UTM DATUM WGS84 HUSO 19 Sur

Fecha: Febrero 2012

FIGURA: 5.4.4-1

Hacia el siguiente pozo, Parcela 8 Nantoco, se observan menores profundidades, 55 m, lo que no significa que el espesor del relleno sea menor, ya que cerca de este pozo de observación nuevamente se observan profundidades que llegan hasta los 130 m. El último pozo de monitoreo de este sector corresponde a Canal Mal Paso, donde también se observan espesores cercano a los 100 m. Cabe destacar que estos dos pozos se ubican en la zona de mayor ancho del valle. Perfiles indican espesores aproximados de 100 a 150 m.

5.4.5. Sector 4

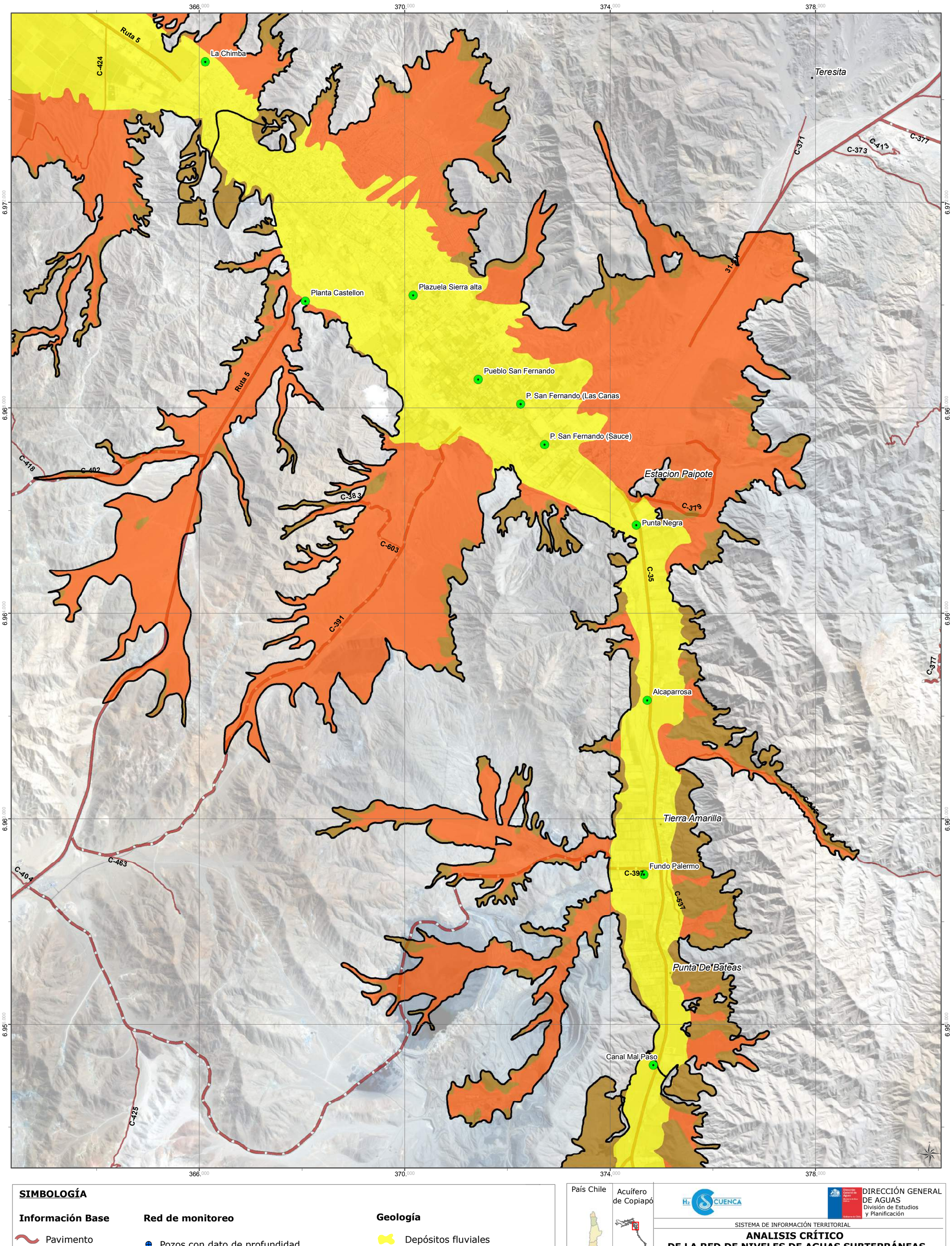
Este sector se caracterizó geológicamente con siete pozos no vigentes y uno vigente, tal como se muestra en el Cuadro 5.4.5-1. En este sector se encuentra la ciudad de Copiapó, capital regional. Se considera importante destacar que en este sector se concentra una gran cantidad de faenas mineras, por lo que los pozos de monitoreo reflejan el impacto de la minería, así como el del consumo para uso potable. En la Figura 5.4.4-1 se presenta la ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector 4, junto con la delimitación de sector. Además, se incluyen datos de profundidades de pozos perforados en el sector. También se muestran las unidades geológicas que afloran en el sector.

CUADRO 5.4.5-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 4

POZO	CÓDIGO BNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	VIGENCIA
4-1	03450007-K	Plazuela Sierra Alta	370.349	6.970.547	No
4-2	03450017-7	Planta Castellón	368.249	6.970.432	No
4-3	03450005-3	Pueblo San Fernando	371.615	6.968.905	No
4-4	03450015-0	P. San Fernando (Las Cañas)	372.440	6.968.427	Si
4-5	03450006-1	P. San Fernando (Sauce)	372.905	6.967.637	No
4-6	03434009-9	Punta Negra	374.694	6.966.070	No
4-7	03434008-0	Alcaparrosa	374.906	6.962.662	No
4-8	03434007-2	Fundo Palermo	374.840	6.959.270	No

Fuente: Banco Nacional de Aguas, DGA (Agosto, 2012)

En este sector se observa una transición entre los característicos valles alongados y estrechos de la parte alta de la cuenca y los extensos valles que caracterizan la parte baja de la cuenca. El segmento sur de este sector presenta una forma elongada, mientras que el segmento norte presenta anchos variables, en algunos sectores, debido al aporte de quebradas laterales.



SIMBOLOGÍA

Información Base

- Pavimento
- Ripio
- Tierra
- Sin informacion
- Límites sectores

Red de monitoreo

- Pozos con dato de profundidad
- Pozos monitoreo (vigentes y no vigentes)

Geología

- Depósitos fluviales
- Depósitos aluviales y coluviales
- Basamento rocoso

País Chile

Acuífero de Copiapó

Región de Copiapó

H2 CUENCA

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
División de Estudios y Planificación

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

ANALISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

GEOLOGÍA Y UBICACIÓN DE POZOS DE MONITOREO SECTOR 4

Fuente Cartográfica: Cartografía Regular 1:250.000
Fuente Témática: DGA. 2012, SERNAGEOMIN. 2012.

ESCALA 1:50.000
500 250 0 500Km

Jefe División Adrian Lillo Z.
Inspector Fiscal Miguel Angel Caro H.

Referencia Cartógrafica: Proyección UTM DATUM WGS84 HUSO 19 Sur

Fecha: Febrero 2012

FIGURA: 5.4.5-1

En el segmento sur se ubican tres pozos de monitoreo: Fundo Palermo, Alcaparrosa y Punta Negra. Estos tres pozos se encuentran fuertemente influenciados por la actividad minera, que concentra en este sector importantes empresas: Candelaria, ENAMI, Carola, Ojos del Salado, entre otras. Además, en este sector se encuentra el centro poblado de Tierra Amarilla, donde hay una considerable cantidad de población que demanda agua para uso potable. En el tramo abarcado por estos tres pozos se observan captaciones cuya profundidad de perforación fluctúa entre los 80 y 130 m, inclusive se observa un pozo de profundidad igual a 173 m. Cerca del pozo de monitoreo Fundo Palermo se observan profundidades de 130 m, mientras que en Alcaparrosa llegan a los 160 m. En el pozo Punta Negra se observan 115 m. Según perfiles elaborados en el estudio de Álamos y Peralta, el espesor del relleno llega a los 200 m. En este sector se observa que los depósitos aluviales presentan una amplia distribución, por lo que podría suponerse que la extensión del acuífero aumenta con respecto a los otros sectores. Sin embargo, a pesar de que estos depósitos presentan las características geológicas necesarias para alojar acuíferos (granulometría de los sedimentos), la escasa recarga no permite que se alojen acuíferos en estos depósitos. Por esto, la unidad que aloja acuíferos corresponde a los depósitos fluviales, lugar donde se ubica la mayoría de los pozos del sector.

A continuación se encuentran los pozos de monitoreo del pueblo se San Fernando: Pueblo San Fernando (Sauce), Pueblo San Fernando (Las Cañas) y Pueblo San Fernando. El pozo de mayor profundidad presente en el sector se encuentra cerca del pozo P. San Fernando-el Sauce, y llega a los 177 m de profundidad, mientras que en las cercanías de los otros dos pozos de monitoreo se observan profundidades que llegan a los 100 m. En esta zona se observa otro de los sectores en los que se presenta una morfología de graben: en el pueblo de San Fernando y Copiapó el espesor del relleno puede llegar hasta los 300 m, según Álamos y Peralta.

Los últimos dos pozos presentes en este sector se encuentran en la ciudad de Copiapó. Corresponden a los pozos Plazuela Sierra Alta y Planta Castellón. El pozo Plazuela Sierra Alta se ubica en el centro del valle, y a su alrededor se observa un pozo de profundidad igual a 175 m. El pozo Planta Castellón se encuentra hacia el margen occidental del valle, junto a una quebrada aportante, y a su alrededor se observan pozos cuyas profundidades varían entre 30 y 80 m.

Con los antecedentes de profundidades de pozos perforados en el sector, y los antecedentes de SEV presentados en los estudios de Álamos y Peralta y Aguirre *et al.*, se puede afirmar que el valle presenta un espesor que fácilmente supera los 200 m.

5.4.6. Sector 5

Para este sector la caracterización se basa en cinco pozos externos a la red de monitoreo, y 2 pozos de la red, lo que da un total de siete pozos (ver Cuadro 5.4.6-1). A primera vista, se observa que el área comprendida por el sector es extensa, sin embargo, el acuífero se restringe a los depósitos fluviales ubicados en el centro del sector (Figura 5.4.6-1). Como ya se ha mencionado, los depósitos aluviales no presentan las condiciones para albergar acuíferos de importancia.

354.000 358.000 362.000 366.000

6.980.000 6.979.000 6.978.000 6.977.000

Lautaro
Cerro Iman
Chamonate 14
Hda. Chamonate
Hacienda San Francisco
Piedra Colgada 13
Aerodromo Chamonate
Hacienda Toledo
Aeropuerto Copiapo
Toledo
Noria Santelices
Hda. Bodega
Valle Dorado
La Chimba
Planta Castellon
C-357
C-327
C-355
C-363
C-386
C-424
Ruta 5

SIMBOLOGÍA

Información Base

- Pavimento
- Ripio
- Tierra
- Sin informacion
- Límites sectores

Red de monitoreo

- Pozos con dato de profundidad
- Pozos monitoreo (vigentes y no vigentes)

Geología

- Depósitos fluviales
- Depósitos aluviales y coluviales
- Basamento rocoso

País Chile

Acuífero de Copiapó

Región de Copiapó

H2 SCUENCA

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
División de Estudios y Planificación

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

ANALISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

GEOLOGÍA Y UBICACIÓN DE POZOS DE MONITOREO SECTOR 5

Fuente Cartográfica: Cartografía Regular 1:250.000
Fuente Témática: DGA. 2012, SERNAGEOMIN. 2012.

ESCALA 1:46.000
500 250 0 500 Km

Jefe División Adrian Lillo Z.
Inspector Fiscal Miguel Angel Caro H.

Referencia Cartógrafica: Proyección UTM DATUM WGS84 HUSO 19 Sur

Fecha: Febrero 2012

FIGURA: 5.4.6-1

CUADRO 5.4.6-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 5

POZO	CÓDIGO BNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	VIGENCIA
5-1	03451010-5	Chamonate 14	356.801	6.981.571	No
5-2	03451003-2	Hda. Chamonate	358.610	6.981.180	No
5-3	03451005-9	Hacienda Toledo	357.180	6.979.687	Si
5-4	03450013-4	Aeropuerto Copiapó	360.058	6.979.526	No
5-5	03450012-6	Hda. Bodega	363.267	6.976.468	No
5-6	03450016-9	Valle Dorado	362.425	6.975.590	Si
5-7	03450008-8	La Chimba	366.300	6.975.090	No

Fuente: Banco Nacional de Aguas, DGA (Agosto, 2012)

En la Figura 5.4.6-1 se presenta la ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector 5, junto con la delimitación de sector. Además, se incluyen datos de profundidades de pozos perforados en el sector.

El primer pozo de este sector corresponde a la Chimba. Captaciones ubicadas hacia el sur presentan profundidades de 70 m, mientras que captaciones ubicadas hacia el oeste presentan profundidades de 50-70 m. Las captaciones ubicadas aguas abajo corresponden a Valle Dorado y Hacienda Bodega. Entre estos pozos y el pozo la Chimba se encuentra una captación de profundidad 139 m, la máxima profundidad perforada en el sector. Según Álamos y Peralta, el espesor del relleno llega a los 200 m, incluso puede superarlos.

A medida que se avanza hacia el siguiente pozo de monitoreo, Aeropuerto Copiapó, se observan profundidades variables entre 40 m a 120 m, incluso, una captación llega hasta los 150 m. En el entorno de este pozo de monitoreo, las profundidades observadas corresponden a 50 m.

En el segmento final del sector se observan profundidades perforadas que no superan los 70 m. Cerca del pozo Hacienda Chamonate, se observan profundidades de 45 a 60 m, similar a lo que ocurre en Hacienda Toledo. El último pozo del sector corresponde a Chamonate 14, cercano a un pozo que alcanza los 50 m de espesor. En el sector de Chamonate se presenta el último graben, donde la profundidad del relleno alcanza, en sectores, los 300 m, predominando espesores de 200 m.

Al comparar las captaciones presentes en este sector con respecto a pozos ubicados en los otros sectores, se observa que en el sector 5 numerosas captaciones no superan los 50 m. Esto no quiere decir que el espesor del relleno sea menor que en los otros sectores, simplemente puede dar una señal de que al momento de perforar las captaciones, el nivel no se encontraba muy profundo, por lo que no se necesitaban captaciones de mayor profundidad. Captaciones más profundas muestran un espesor considerable del relleno, observándose tres captaciones que superan los 140 m de profundidad. Al igual que en otros sectores, es posible afirmar que el relleno supera los 200 m.

5.4.7. Sector 6

Este es el último sector, comprende el sector desde Piedra Colgada hasta Angostura, lugar donde termina el acuífero de la cuenca del río Copiapó, que aflora en este lugar. Se consideran catorce pozos de monitoreo de la red, según se muestra en el Cuadro 5.4.7-1.

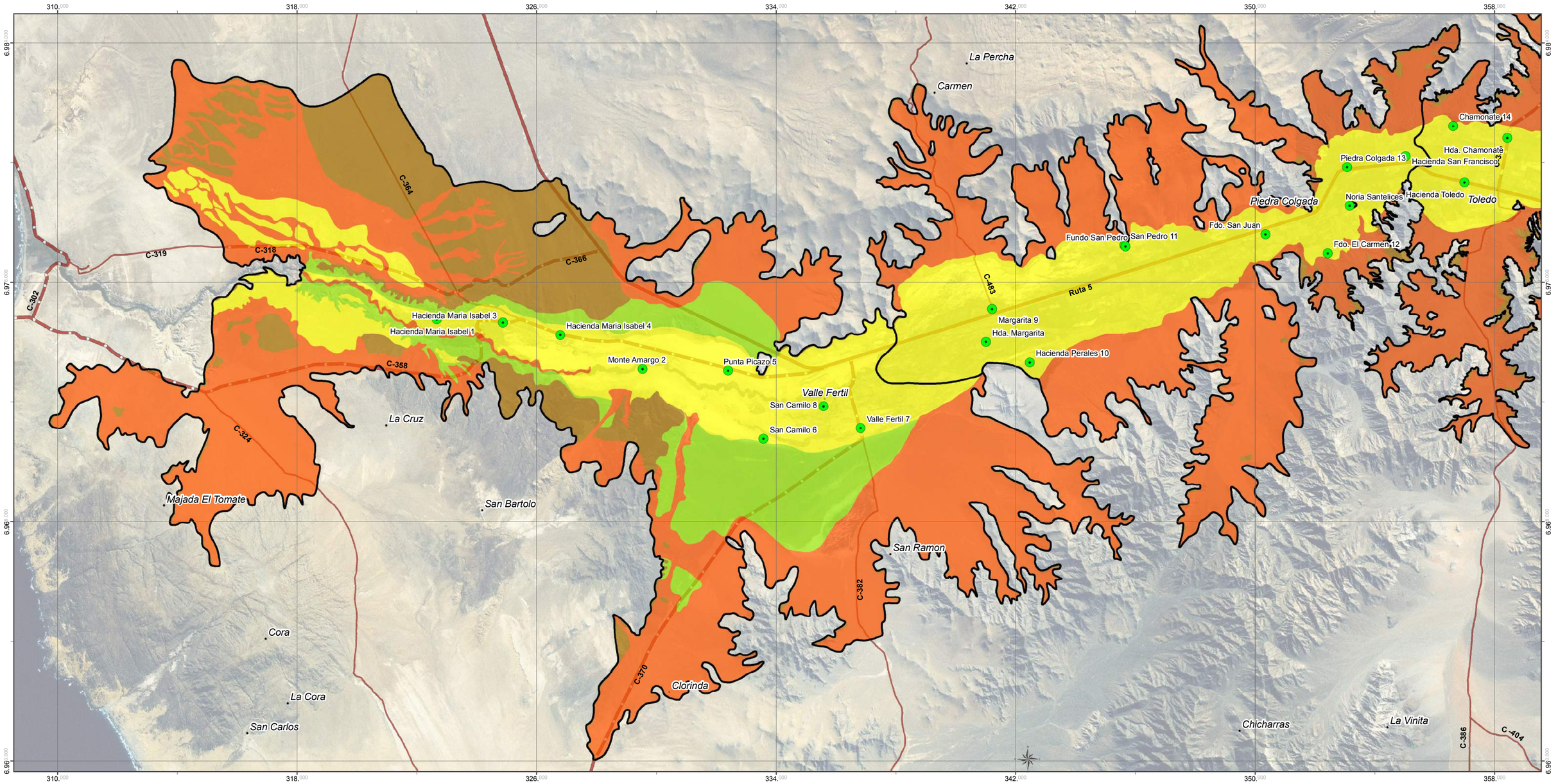
En la Figura 5.4.7-1 se presenta la ubicación de los pozos de monitoreo correspondientes al sector 6, junto con la delimitación de sector. Además, se incluyen datos de profundidades de pozos perforados. Esta zona se caracteriza por un relleno fluvial ancho, por lo que para una misma sección transversal, el comportamiento del acuífero puede ser distinto a lo largo de la sección, y por lo tanto, se necesita más de un pozo de monitoreo para representar el comportamiento del segmento. La mayoría de los pozos, tanto de monitoreo como de otros usos, se ubican en el depósito fluvial, depósito que aloja al acuífero del río Copiapó. Según Álamos y Peralta, para todo este sector el relleno alcanza una profundidad de 200 m. Los mayores espesores se encuentran en el centro del valle.

Los primeros pozos de monitoreo de este sector corresponden a Hacienda San Francisco y a Piedra Colgada. En las cercanías se observan pozos con espesores variables, llegando a los 78 m. Luego se encuentra el pozo de monitoreo Noria Santelices, donde se observan profundidades similares. Aguas abajo, hacia el pozo de monitoreo Fundo el Carmen 12, se observan profundidades menores, de 50 m, mientras que en el pozo Fundo San Juan se observan profundidades de 62 m.

CUADRO 5.4.7-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 6

POZO	CÓDIGO BNA	NOMBRE	ESTE	NORTE	VIGENCIA
6-1	03451004-0	Hacienda San Francisco	355.211	6.980.563	Si
6-2	03451011-3	Piedra Colgada 13	353.257	6.980.205	Si
6-3	03451012-1	Noria Santelices	353.344	6.978.911	Si
6-4	03451006-7	Fdo. San Juan	350.527	6.977.962	Si
6-5	03451013-K	Fdo. El Carmen 12	352.607	6.977.317	No
6-6	03451014-8	San Pedro 11	345.815	6.977.585	Si
6-7	03451007-5	Fundo San Pedro	345.850	6.977.551	No
6-8	03451016-4	Margarita 9	341.400	6.975.465	No
6-9	03453007-6	Hacienda María Isabel 1	322.850	6.975.114	Si
6-10	03453006-8	Hacienda María Isabel 3	325.060	6.975.006	Si
6-11	03453005-K	Hacienda María Isabel 4	326.972	6.974.587	Si
6-12	03451008-3	Hda. Margarita	341.196	6.974.360	Si
6-13	03451015-6	Hacienda Perales 10	342.655	6.973.674	No
6-14	03451021-0	Monte Amargo 2	329.720	6.973.454	Si
6-15	03451020-2	Punta Picazo 5	332.582	6.973.402	Si
6-16	03451018-0	San Camilo 8	335.768	6.972.209	Si
6-17	03451017-2	Valle Fértil 7	337.004	6.971.481	Si
6-18	03451019-9	San Camilo 6	333.763	6.971.121	Si

Fuente: Banco Nacional de Aguas, DGA (Agosto, 2012)



SIMBOLOGÍA

Información Base

- Pavimento
- Ripio
- Tierra
- Sin informacion
- Límites sectores

Red de monitoreo

- Pozos con dato de profundidad
- Pozos monitoreo (vigentes y no vigentes)

Geología

- Depósitos fluviales
- Depósitos aluviales y coluviales
- Basamento rocoso
- Gravas de Copiapó

País Chile

Acuífero de Copiapó

Región de Copiapó

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
División de Estudios y Planificación

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

ANALISIS CRITICO
DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS
DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

GEOLOGÍA Y UBICACIÓN DE POZOS DE MONITOREO SECTOR 6

Fuente Cartográfica: Cartografía Regular 1:250.000
Fuente Temática: DGA. 2012, SERNAGEOMIN. 2012.

ESCALA 1:93.000
500 250 0 500 Km

Jefe División Adrian Lillo Z.
Inspector Fiscal Miguel Angel Caro H.

Referencia Cartógrafica: Proyección UTM DATUM WGS84 HUSO 19 Sur

Fecha: Febrero 2012

FIGURA: 5.4.7-1

Aguas abajo, en el sector de San Pedro, se ubican los pozos de monitoreo San Pedro 11 y Fundo San Pedro. Estos pozos están ubicados en el mismo lugar, por lo que desde ya se indica que un de los pozos podría excluirse de la red de monitoreo, ya que explican el mismo comportamiento del acuífero. Las captaciones más cercanas a estos pozos presentan profundidades de 50 m. A continuación se encuentran los pozos de monitoreo Margarita 9, Hacienda Margarita y Hacienda Perales. En este sector, las profundidades de los pozos perforados varían entre 50 a 60 m. Aguas abajo se encuentran los pozos de Valle Fértil 7, San Camilo 8 y San Camilo 6. En este sector no se observa una gran cantidad de pozos perforados. Situación similar se observa en el último segmento del valle, donde se encuentran los pozos de monitoreo Punta Picazo, Monte Amargo 2, Hacienda María Isabel 4, Hacienda María Isabel 3 y Hacienda María Isabel 1, donde se registra una profundidad de 50 m. El pozo María Isabel 1 es el último pozo existente en la cuenca del río Copiapó. Si bien en este segmento no se han encontrado datos de profundidad de pozos que puedan indicar un espesor mínimo del acuífero, se puede inferir una profundidad mínima de 50 m para estos últimos pozos.

6. CARACTERIZACIÓN RED EXISTENTE

6.1. INTRODUCCIÓN

Con el fin de caracterizar los pozos de la red de medición de aguas subterráneas ubicados en el acuífero del río Copiapó, se realizó una visita a terreno entre los días 26 de septiembre y 3 de octubre, visita que se complementó con una visita adicional el día 13 de octubre. El objetivo de estas visitas fue caracterizar el entorno de los pozos con el fin de conocer el sector controlado por cada uno de los pozos.

6.2. CARACTERIZACIÓN TOPOGRÁFICA DE LA RED

El trabajo consistió en determinar las coordenadas y cotas de los pozos de la red de medición. Con este fin se utilizó un GPS doble frecuencia, el que permite obtener precisión del orden de centímetros, en contraste con GPS navegadores, los que tienen precisión de metros. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 6.2-1 ejemplos del trabajo de terreno desarrollado. El resultado de este trabajo fue determinar las coordenadas de los puntos de la red, resultado que se muestra en el Acápite 6.3 y posteriores.

FIGURA 6.2-1
TRABAJOS DE TERRENO

Armado de Equipo de Medición



Medición de Eje del pozo



Fuente: Elaboración propia

6.3. CARACTERIZACIÓN ACUÍFERO DEL VALLE DEL RÍO COPIAPÓ EN TÉRMINO DE NIVELES

6.3.1. Generalidades

En este acápite se presenta brevemente el trabajo de caracterización de la red de medición de aguas subterráneas del valle del río Copiapó. El detalle del trabajo de terreno se presenta en el Anexo A del estudio.

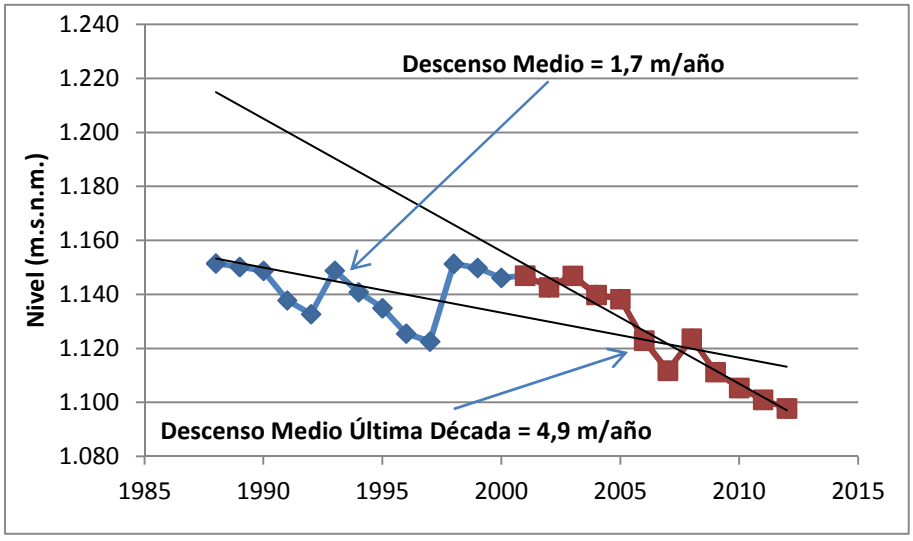
6.3.2. Sector 1

En este sector se ubican 8 pozos de la red de monitoreo, tal como se indica en el Cuadro 6.3.2-1.

Este sector corresponde al área más alta del valle, específicamente a los sectores en que nacen los afluentes que dan origen al río Copiapó: Río Manflas y Río Jorquera. Esta área se caracteriza por estar dedicada principalmente a la agricultura, específicamente al cultivo de diversas variedades de vides. En esta zona los pozos se encuentran actualmente en funcionamiento, sin interferencias para su funcionamiento y considerando el uso actual del territorio, no se aprecian fuentes potenciales de contaminación en el entorno de las áreas visitadas ni posibles modificaciones en el mediano o largo plazo.

A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 6.3.2-1 los niveles promedios medidos en el pozo Algarrobo La Virgen. Se observa que en términos medios, hay un descenso de 1,7 m/año, pero que en los últimos 10 años el descenso se ha incrementado hasta 4,9 m/año en promedio.

FIGURA 6.3.2-1
VARIACIÓN DE NIVELES POZO ALGARROBO LA VIRGEN



Fuente: Elaboración propia en base a información BNA

CUADRO 6.3.2-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 1

NOMBRE POZOS	SUB-SECTOR	COORDENADAS DGA ATACAMA (m)			COORDENADAS H_2CUENCA (m)			DESCRIPTOR
		NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	
Hda. Manflas	1a	6.886.875	403.325	1.418	6.886.875,1	403.324,8	1.429,7	Eje pozo
Hda. Manflas (Manflas ante Hda.)	1a	6.891.869	403.734	1.299	6.891.871,1	403.735,9	1.296,7	Eje pozo
Iglesia Colorada	1b	6.884.198	414.735	1.557	6.884.187,8	414.735,4	1.573,3	Eje pozo
Quebrada Seca	1b	6.886.168	411.976	1.491	6.886.169,0	411.976,9	1.493,7	Borde caseta Pozo
Fundo Rodeo	1c	6.898.076	407.427	1.254	6.898.073,1	407.408,0	1.248,1	Borde caseta Pozo
Algarrobo La Virgen	1d	6.902.278	403.912	1.156	6.902.276,2	403.915,1	1.151,7	Borde caseta Pozo
Junta Manflas	1d	6.898.034	403.603	1.200	6.898.029,8	403.606,1	1.198,2	Eje pozo
Pastillo (Prohens)	1d	6.899.415	404.282	1.176	6.899.416,6	404.283,4	1.178,1	Caseta pozo Borde

Nota:

Coordenadas DGA Atacama — Coordenadas determinadas con GPS navegador por DGA Regional

Coordenadas H_2 Cuenca — Coordenadas determinadas con GPS Doble Frecuencia

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA Atacama y H_2 Cuenca Ingenieros

6.3.3. Sector 2

Al igual que en el Sector 1, en este sector se ubican 8 pozos de la red de monitoreo, tal como se indica en el Cuadro 6.3.3-1.

Este sector corresponde a un área estrecha del valle, ubicado en la comuna de Tierra Amarilla.

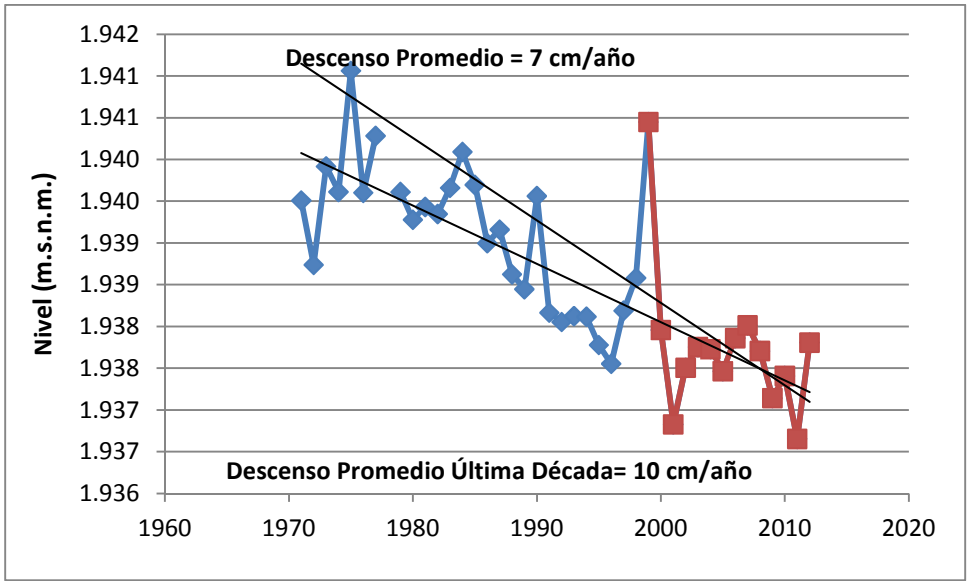
Los pozos de monitoreo existentes en este sector, se encuentran ubicados tanto en áreas agrícolas como en sectores habitacionales, como es el caso del pozo ubicado en el pueblo de Los Loros, al interior de la escuela y el pozo que se encuentra en el lecho del río, aguas abajo del Embalse Lautaro en el Sector Almolanas.

A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 6.3.3-1 la variación histórica de niveles del pozo Escuela 17 Los Loros, en el que se observa que el descenso medio ha aumentado desde 7 cm/año a 10 cm/año en los últimos años.

En cuanto a las actividades agrícolas que se desarrollan en esta área corresponden principalmente a cultivo de uva de exportación en gran escala y las propiedades dedicadas a este rubro son grandes productores.

Tanto en las áreas agrícolas como en los sectores habitacionales, no se aprecian interferencias ni potenciales fuentes de contaminación que afecten los puntos de observación. Así mismo, no se aprecian potenciales cambios en el largo plazo en cuanto a infraestructura.

FIGURA 6.3.3-1
VARIACIÓN DE NIVELES POZO ESCUELA 17 LOS LOROS



Fuente: Elaboración propia en base a información BNA

CUADRO 6.3.3-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 2

NOMBRE POZOS	SUB-SECTOR	COORDENADAS DGA ATACAMA (m)			COORDENADAS H_2CUENCA (m)			DESCRIPTOR
		NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	
Embalse Lautaro	2a	6.904.769	401.526	1.119	6.904.769,3	401.524,3	1.115,4	Eje pozo
Escuela 17 Los Loros	2a	6.921.024	391.064	968	6.921.025,6	391.053,3	960,4	Borde caseta Pozo
Fundo La Puerta	2a	6.923.436	388.876	881	6.923.434,2	388.877,3	886,5	Borde caseta Pozo
Goyo Díaz	2a	6.911.952	399.224	1.043	6.911.951,3	399.223,7	1.044,5	Eje pozo
Pueblo San Antonio	2a	6.915.749	396.199	1.020	6.915.749,0	396.199,0	1.020,0	Eje pozo
Quebrada Calquis (Antiguo)	2a	6.909.886	400.550	1.093	6.909.886,0	400.550,0	1.093,0	Eje pozo
Quebrada Calquis UAC	2a	6.909.881	400.554	1.096	6.909.647,0	400.660,0	1.096,0	Eje pozo
Vegas El Giro	2a	6.916.882	394.759	998	6.916.884,1	394.760,6	989,3	Caseta pozo Borde

Nota:

Coordenadas DGA Atacama Coordenadas determinadas con GPS navegador por DGA Regional
Coordenadas H_2 Cuenca Coordenadas determinadas con GPS Doble Frecuencia

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA Atacama y H_2 Cuenca Ingenieros

En cuanto a las actividades agrícolas que se desarrollan en esta área corresponden principalmente a cultivo de uva de exportación en gran escala y las propiedades dedicadas a este rubro son grandes productores.

Tanto en las áreas agrícolas como en los sectores habitacionales, no se aprecian interferencias ni potenciales fuentes de contaminación que afecten los puntos de observación. Así mismo, no se aprecian potenciales cambios en el largo plazo en cuanto a infraestructura.

6.3.4. Sector 3

Al igual que en los Sectores 1 y 2, en este sector se ubican 8 pozos de la red de monitoreo, tal como se indica en el Cuadro 6.3.4-1.

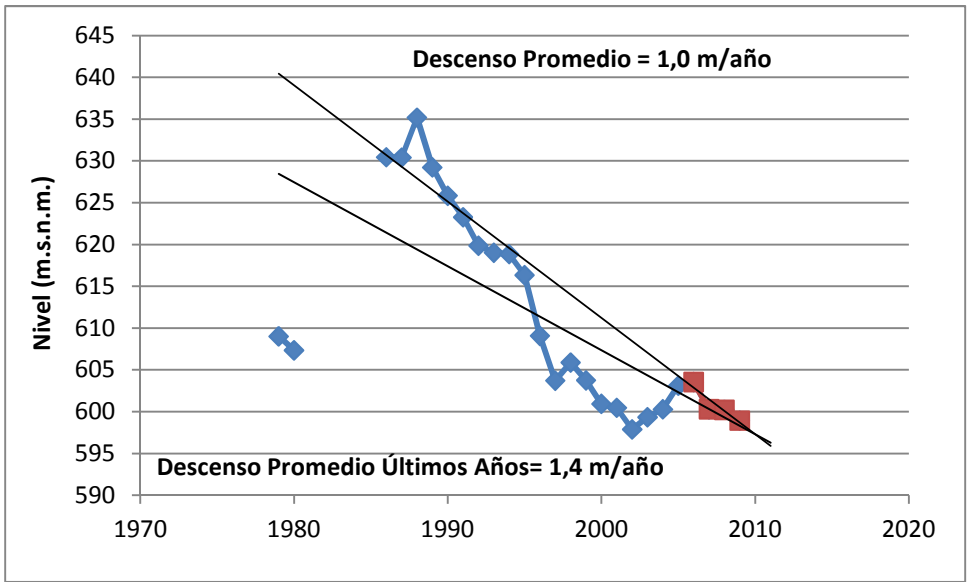
El área que abarca el Sector 3, está totalmente dedicada a la producción de vides para exportación, al igual que sucede en el resto del Valle, y los predios pertenecen a grandes empresas agroexportadoras, como Fresh del Monte y Río Blanco.

En este sector la mayor parte de los pozos tiene una profundidad aproximada de 100 m. y se encuentran fuera de funcionamiento puesto que no tienen nivel para realizar las mediciones.

En cada una de las propiedades en que se encuentran los pozos de observación, existen pozos para extracción de aguas para riego que se encuentran en funcionamiento actualmente y que en algunos casos han reemplazado a los pozos de observación que dejaron de ser útiles. Esto se presenta como una alternativa de reemplazo en aquellos casos en que el punto no ha sido sustituido.

Al igual que en los sectores anteriores, en este sector los niveles están marcados al descenso, según se muestra en la Figura 6.3.4-1 para el pozo pabellón. En promedio los niveles han descendido 1 m en promedio, y en los últimos años el descenso se ha incrementado a 1,4 m/año, estando el pozo seco en los últimos años.

FIGURA 6.3.4-1
VARIACIÓN DE NIVELES POZO PABELLÓN



Fuente: Elaboración propia en base a información BNA

CUADRO 6.3.4-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 3

NOMBRE POZOS	SUB-SECTOR	COORDENADAS DGA ATACAMA (m)			COORDENADAS H_2CUENCA (m)			DESCRIPTOR
		NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	
Agrícola Villa María	3a	6.936.530	379.563	713	6.936.528,3	379.562,4	715,1	Eje pozo
Hornito (Rojas)	3a	6.929.421	383.843	795	6.929.417,9	383.845,4	799,1	Eje pozo
Pabellón	3a	6.942.359	378.672	653	6.942.355,2	378.669,4	655,6	Eje pozo
Planta Elisa de Bordo	3a	6.933.494	382.091	753	6.933.491,7	382.092,0	753,2	Eje pozo
Villa María - Hornitos	3a	6.936.456	379.570	715	6.936.528,3	379.562,4	715,1	Eje pozo
Fundo Alianza	3b	6.946.838	376.596	612	6.946.839,0	376.589,0	608,0	Eje pozo
Quebrada Cerrillos	3b	6.949.649	376.690	593	6.949.649,1	376.689,1	597,8	Eje pozo
Quebrada Cerrillos Amancay	3b	6.949.726	377.105	599	6.949.718,2	377.107,8	611,2	Eje pozo

Nota:

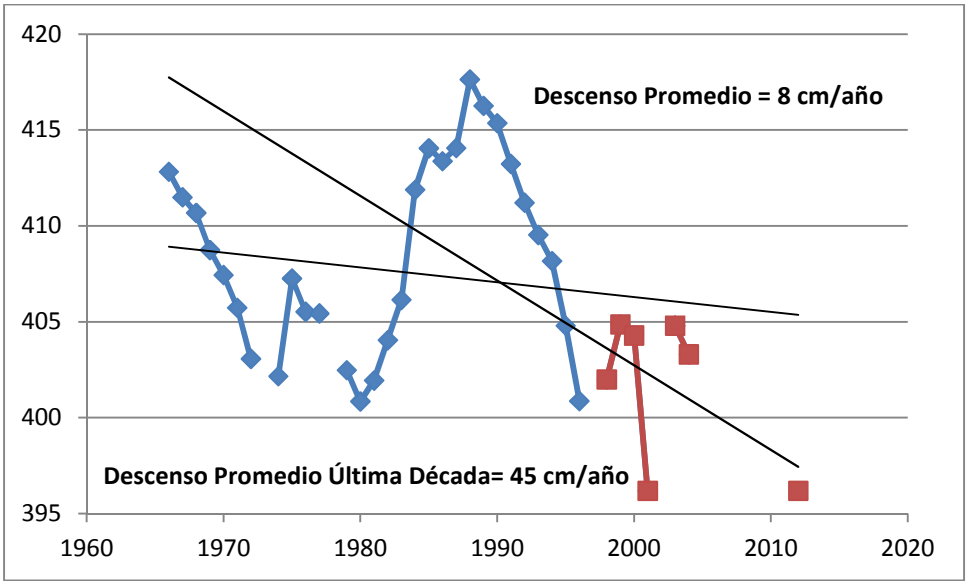
Coordenadas DGA Atacama Coordenadas determinadas con GPS navegador por DGA Regional
Coordenadas H_2 Cuenca Coordenadas determinadas con GPS Doble Frecuencia

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA Atacama y H_2 Cuenca Ingenieros

6.3.5. Sector 4

En este sector se ubican 6 pozos de la red de monitoreo, tal como se indica en el Cuadro 6.3.5-1. A modo de ejemplo se muestra en la Figura 6.3.5-1 la variación de niveles del pozo Pueblo San Fernando, el que muestra que en promedio el descenso de los niveles es de 8 cm/año, descenso que se incrementa a 45 cm/año, estando los pozos secos los últimos años.

FIGURA 6.3.5-1
VARIACIÓN DE NIVELES POZO PUEBLO SAN FERNANDO



Fuente: Elaboración propia en base a información BNA

Este sector del acuífero administrativamente pertenece tanto a la comuna de Tierra Amarilla como a la de Copiapó.

En este tramo, el acuífero comienza a ingresar al sector urbano de ambas comunas, lo que diversifica las actividades desarrolladas en las zonas en que se ubican los pozos de observación.

CUADRO 6.3.5-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 4

NOMBRE POZOS	SUB-SECTOR	COORDENADAS DGA ATACAMA (m)			COORDENADAS H_2CUENCA (m)			DESCRIPTOR
		NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	
Buitron	4a	6.962.496	374.870	468	6.962.492,1	374.871,0	468,1	Eje pozo
Carola	4a	6.956.454	375.004	511	6.956.454,8	375.003,9	513,3	Eje pozo
Hochilds	4a	6.971.997	367.531	363	6.971.996,2	367.532,7	376,4	Eje pozo
Pucobre (8)	4a	6.958.609	374.643	503	6.958.607,5	374.671,8	497,5	Borde Pozo
Pueblo San Fernando (Las Cañas)	4a	6.968.027	372.288	434	6.968.006,1	372.276,8	432,3	Borde galpón Pozo
Quebrada Infernillo (Mal Paso)	4a	6.955.345	375.038	515	6.955.346,3	375.038,0	512,3	Eje pozo

Nota:

Coordenadas DGA Atacama Coordenadas determinadas con GPS navegador por DGA Regional
Coordenadas H_2 Cuenca Coordenadas determinadas con GPS Doble Frecuencia

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA Atacama y H_2 Cuenca Ingenieros

La agricultura, como es de suponer comienza a dar paso a la ciudad, pasando de las grandes propiedades agrícolas a pequeñas chacras. Además, comienzan a aparecer las propiedades pertenecientes a compañías mineras, como es el caso de Carola y Pucobre.

Además, existen otro tipo de extracciones destinadas al abastecimiento de agua potable como es el caso de los pozos de Aguas Chañar.

Es necesario señalar que este sector está sufriendo modificaciones importantes, como la construcción de un mall.

Todos los pozos de esta área están siendo utilizados actualmente, o se encuentran en obras de profundización o reubicación.

6.3.6. Sector 5

En este sector se ubican sólo 5 pozos de la red de monitoreo, tal como se indica en el Cuadro 6.3.6-1. Al igual que en los otros sectores, en este sector los niveles están marcadamente al descenso. Por ejemplo, para el pozo Hacienda Toledo, los niveles mostrados en la Figura 6.3.6-1 muestran un descenso promedio de 75 cm/año, encontrándose seco en la actualidad (en realidad a partir del año 2001).

El sector 5, ubicado en la Comuna de Copiapó, corresponde al área en que el acuífero comienza a salir del sector central de la ciudad.

Así, los pozos de monitoreo ubicados en este sector se encuentran tanto en sectores urbanos, como es el caso de la Escuela Italiana y Villa Candelaria, como en el área en que comienza nuevamente a aparecer la actividad agrícola, desde pequeña escala como sucede en la propiedad de Gino Aróstica o Hacienda Toledo, hasta retomar el carácter agroexportador en el fundo Valle Dorado.

En esta área es posible encontrar pozos secos, como algunos en que el agua mantiene niveles que rondan los 20 m.

Actualmente no se presentan interferencias que puedan alterar la utilidad de los puntos de observación, sin embargo, el ensanchamiento de la Ruta 5 y la construcción algunas obras relacionadas con ello podrían tener incidencia dada la ubicación de algunos de los pozos.

CUADRO 6.3.6-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 5

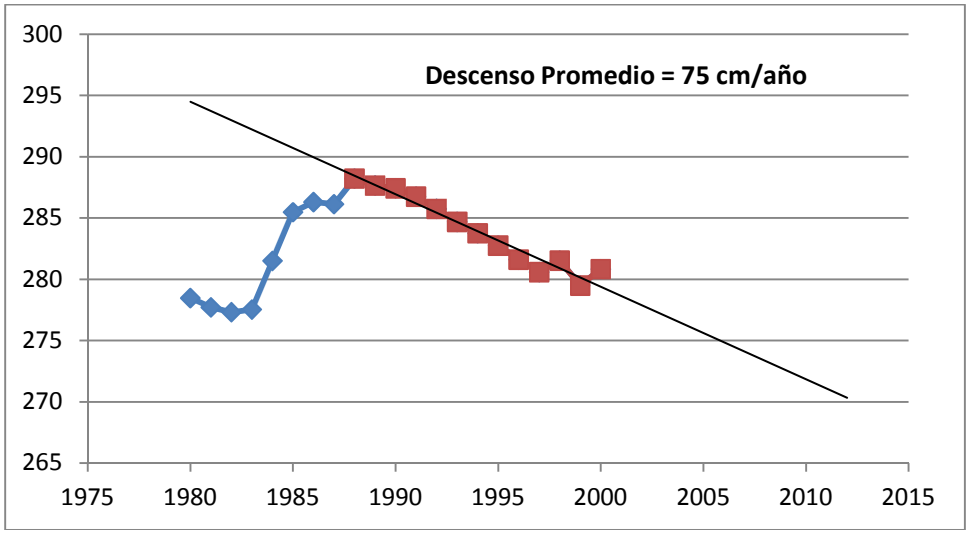
NOMBRE POZOS	SUB-SECTOR	COORDENADAS DGA ATACAMA (m)			COORDENADAS H_2CUENCA (m)			DESCRIPTOR
		NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	
Escuela Italiana	5a	6.974.242	366.172	358	6.974.241,1	366.171,2	355,0	Caseta pozo Borde
Gino Aróstica	5a	6.979.655	358.136	294	6.979.653,2	358.135,4	295,5	Eje pozo
Hda. Toledo	5a	6.979.332	357.001	287	6.979.338,2	357.003,7	291,7	Eje pozo
Valle Dorado	5a	6.975.316	362.232	332	6.975.316,3	362.229,2	333,1	Eje pozo
Villa Candelaria (Daniel Álvarez)	5a	6.979.309	358.953	300	6.979.309,6	358.951,1	297,2	Eje pozo

Nota:

Coordenadas DGA Atacama — Coordenadas determinadas con GPS navegador por DGA Regional
Coordenadas H_2 Cuenca — Coordenadas determinadas con GPS Doble Frecuencia

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA Atacama y H_2 Cuenca Ingenieros

FIGURA 6.3.6-1
VARIACIÓN DE NIVELES POZO HACIENDA TOLEDO



Fuente: Elaboración propia en base a información BNA

6.3.7. Sector 6

En este sector se ubica la mayor cantidad de pozos de la red, con un total de 18 pozos, tal como se indica en el Cuadro 6.3.7-1. A modo de ejemplo, los niveles del pozo Fundo San Juan, mostrados en la Figura 6.3.7-1 muestran un descenso de 15 cm/año, los que se incrementan a 59 cm/año en la última década.

Esta área es la que presenta mayor diversidad en cuanto al uso del suelo, sigue predominando la actividad agrícola pero la producción de uva de exportación da paso a las plantaciones de olivos que abarcan el área agrícola hasta el final de la cuenca, encontrando también áreas de terreno menores dedicadas a la producción de hortalizas, maíz, frutales, etc. Hacia el final de la cuenca estas áreas productivas se encuentran cercanas al lecho del río.

Esta área es la que presenta mayor diversidad en cuanto al uso del suelo, sigue predominando la actividad agrícola pero la producción de uva de exportación da paso a las plantaciones de olivos que abarcan el área agrícola hasta el final de la cuenca, encontrando también áreas de terreno menores dedicadas a la producción de hortalizas, maíz, frutales, etc. Hacia el final de la cuenca estas áreas productivas se encuentran cercanas al lecho del río.

Otra característica de esta área es la presencia, hacia el final de la cuenca, de amplios sectores de vegas cercanas al cauce del río Copiapó. Áreas en que la actividad productiva es mucho menor y sólo es posible encontrar algunas casas con pequeños rebaños de ganado caprino. Esto se debe a que las características del suelo, dominado por el tipo "chusca" impiden la germinación de semillas y la infiltración del agua, por lo cual solamente es posible encontrar vegetación nativa (chañares y espinos) que se encuentran adaptadas a las agrestes condiciones del paisaje.

CUADRO 6.3.7-1
POZOS DE MONITOREO SECTOR 6

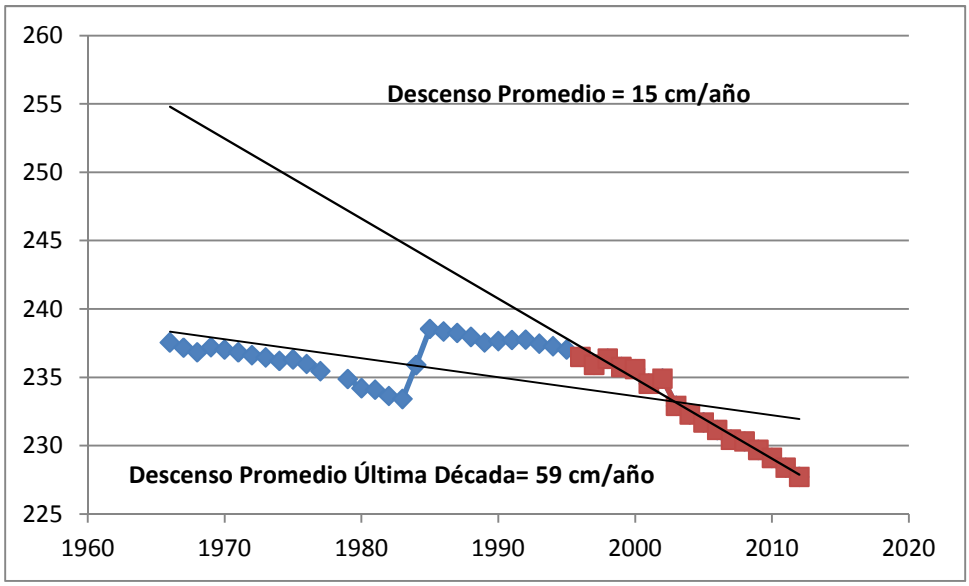
NOMBRE POZOS	SUB-SECTOR	COORDENADAS DGA ATACAMA (m)			COORDENADAS H_2CUENCA (m)			DESCRIPTOR
		NORTE	ESTE	COTA	NORTE	ESTE	COTA	
Canto del Viento	6a	6.978.809	352.154	261	6.978.806,5	352.152,3	259,2	Eje pozo
Fundo San Juan	6a	6.977.604	350.338	241	6.977.601,2	350.339,5	246,1	Eje pozo
Hda. Margarita	6a	6.975.096	341.194	195	6.975.101,4	341.191,4	195,0	Noria Borde
Hda. Margarita (Mamoros)	6a	6.974.009	341.043	192	6.974.008,0	341.042,6	193,4	Eje pozo
Hda. San Francisco	5a	6.980.249	355.037	274	6.980.247,5	355.036,8	280,5	Eje pozo
Noria Santelices	6a	6.978.644	353.177	265	6.978.640,7	353.178,2	264,8	Noria Borde
Piedra Colgada (13)	6a	6.979.847	353.129	271	6.979.848,1	353.128,0	268,4	Eje pozo
San Pedro (11)	6a	6.977.197	345.670	217	6.977.201,0	345.668,7	214,8	Eje pozo
San Pedro (Floridor)	6a	6.976.260	348.031	215	6.976.256,9	348.029,0	230,1	Caseta pozo Borde
Hda. María Isabel (1)	6b	6.974.817	322.614	120	6.974.809,5	322.613,0	95,7	Eje pozo
Hda. María Isabel (3)	6b	6.974.634	324.827	106	6.974.629,5	324.827,6	105,7	Eje pozo
Hda. María Isabel (4)	6b	6.974.817	326.790	120	6.974.192,9	326.794,1	124,7	Eje pozo
Kiosco Santa Valentina	6b	6.974.145	339.384	185	6.974.148,3	339.384,6	185,2	Caseta pozo Borde
Monte Amargo (2)	6b	6.973.067	329.532	132	6.973.059,4	329.531,3	131,0	Eje pozo
Punta Picazo(5)	6b	6.972.998	332.401	150	6.972.994,1	332.401,0	150,7	Eje pozo
San Camilo (6)	6b	6.970.815	333.554	159	6.970.812,0	333.555,0	161,4	Eje pozo
San Camilo (8)	6b	6.971.842	335.541	166	6.971.845,50	335.543,20	166,7	Eje pozo
Valle Fértil	6b	6.971.127	336.800	171	6.971.129,10	336.803,90	171,6	Eje pozo

Nota:

Coordenadas DGA Atacama Coordenadas determinadas con GPS navegador por DGA Regional
Coordenadas H_2 Cuenca Coordenadas determinadas con GPS Doble Frecuencia

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA Atacama y H_2 Cuenca Ingenieros

FIGURA 6.3.7-1
VARIACIÓN DE NIVELES POZO FUNDO SAN JUAN



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

En este sector no fue posible verificar el funcionamiento de la totalidad de los pozos, puesto que algunos de ellos se encuentran en sectores sin informantes.

Respecto a las interferencias o potenciales cambios en el uso del suelo, no se aprecia mayor variación dadas las características propias del área, anteriormente señaladas.

7. ANÁLISIS DE REPRESENTATIVIDAD, CONFIABILIDAD Y DIAGNÓSTICO DE LA RED DE MONITOREO

7.1. GENERALIDADES

En esta sección del informe se presenta un análisis de la representatividad y confiabilidad de la red de monitoreo, elementos que se utilizan para en definitiva realizar el diagnóstico de la red de monitoreo.

7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA RED

Como punto de partida para el análisis, se presenta en el Cuadro 7.2-1 un resumen con la información básica disponible de la red, tales como profundidad, ubicación de ranurados, frecuencia de medición, diámetro, uso, características de la habilitación. Las fichas estratigráficas disponibles se presentan en el Anexo B.

La red se compone de 53 pozos de propiedad de particulares, con información disponible desde el año 1961. Se observa claramente que hasta el año 1985 hay a lo más 12 pozos con algún grado de información, información que se incrementa rápidamente a partir del año 1986. Las estadísticas originales se presentan en el Anexo C. En el Cuadro 7.2-2 se resume la cantidad de información de niveles disponibles para los pozos de la red a nivel anual. La información a nivel mensual se presenta electrónicamente en el Anexo D. Adicionalmente se muestra en la Figura 7.2-1 un gráfico en el que se muestra la cantidad de pozos con información. Este gráfico permite visualizar claramente la cantidad de pozos con más de 5 meses de información es bastante alta, lo que es adecuado, ya que de acuerdo a lo informado por la DGA Regional la frecuencia de medición de los pozos desde el año 2001 es bimensual, con la excepción de 2 pozos, para los cuales la frecuencia de medición es cercana a anual. En lo que respecta al uso de los pozos se puede desglosar de la siguiente forma: 24 pozos de riego, 20 de uso exclusivo de observación de la red, 1 como piezómetro, y 1 para carguío de camiones Aljibes. Se hace notar que de los 24 pozos de riego, DGA Atacama eliminó 2 de la red, ya que un análisis detallado mostró que estos no cuentan con derechos de aguas, por lo que mantenerlos en la red sería validar su uso ilegal, tal como lo expuso personal de esa repartición.

La información cualitativa de niveles mostrada en el Anexo D, muestra que hay 16 pozos que se han encontrado secos en algún momento. Además hay pozos a los cuales no ha sido posible el acceso en los últimos meses. Usando esta información se preparó el Anexo E, en el que se presentan los promedios a nivel anual para cada pozo de la red. Se hace notar que este proceso uniforma las lecturas de niveles mensuales a un solo valor representativo del año.

CUADRO 7.2-1
CARACTERÍSTICAS POZOS DE LA RED DE VIGILANCIA VIGENTE

#	Sector	Sub-Sector	POZO	NORTE	ESTE	COTA	Prof (m)	Caudal (L/s)	Diam (in)	Uso	Medición	Frecuencia	Acceso	Cribas (m)	Ranurado (m)	Estratigrafía	Habilitación	Expediente	Observación
1	**1**	1a	Hda. Manflas (Manflas Ante Hda.).	6.891.871,10	403.735,90	1.296,70				Riego	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		
2	**1**	1a	Hda. Manflas .	6.886.875,10	403.324,80	1.429,70				Observación	Manual	Bimensual	Interior Hacienda			NO	NO		
3	**1**	1b	Iglesia Colorada	6.884.187,80	414.735,40	1.573,30				Sin Uso	Manual	Mensual	Interior Fundo			NO	NO		En Reparación
4	**1**	1b	Quebrada Seca	6.886.169,00	411.976,90	1.493,70				Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
5	**1**	1c	Fundo Rodeo	6.898.073,10	407.408,00	1.248,10				Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
6	**1**	1d	Algarrobo La Virgen	6.902.276,20	403.915,10	1.151,70	80	40	12	Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
7	**1**	1d	Junta Manflas	6.898.029,80	403.606,10	1.198,20				Observación	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		
8	**1**	1d	Pastillo (Prohens)	6.899.416,60	404.283,40	1.178,10		53	12	Riego	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		
9	**2**	2a	Embalse Lautaro	6.904.769,30	401.524,30	1.115,40	87,81		12	Piezómetro Embalse	Manual	Bimensual	Por Camino Público	55 - 65		SI	SI	ND-0302-287	Seco
10	**2**	2a	Escuela 17 Los Loros	6.921.025,60	391.053,30	960,4	32		8	Riego	Manual	Bimensual	Interior Escuela		18	SI	SI	ND-0302-307	
11	**2**	2a	Fundo La Puerta	6.923.434,20	388.877,30	886,5	70,6		12 3/4	Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo		26 - 46 -55	SI	SI	ND-0302-232	
12	**2**	2a	Goyo Díaz	6.911.951,30	399.223,70	1.044,50	70		12 3/4	Riego	Manual	Bimensual	Por Camino Público	30 - 45	55 - 64	NO	SI	ND-0302-222	
13	**2**	2a	Pueblo San Antonio	6.915.749,00	396.199,00	1.020,00				Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
14	**2**	2a	Quebrada Calquis (Antiguo)	6.909.886,00	400.550,00	1.093,00	60 -30		16- 12	Riego	Manual	Esporádica	Por Camino Público	30 - 45 - 55	68 - 86	SI	SI	ND-0302-229	
15	**2**	2a	Quebrada Calquis UAC	6.909.647,00	400.660,00	1.096,00				Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
16	**2**	2a	Vegas El Giro	6.916.884,10	394.760,60	989,3	70		12	Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo		30 - 48 - 66	SI	SI	ND-0302-960	Sin Acceso
17	**3**	3a	Agrícola Villa María	6.936.528,30	379.562,40	715,1	110		12	Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
18	**3**	3a	Hornito (Rojas)	6.929.417,90	383.845,40	799,1	100		12	Observación	Manual	Bimensual	Interior Fundo	65		SI	SI	ND-0302-240	Seco
19	**3**	3a	Pabellón	6.942.355,20	378.669,40	655,6				Observación	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		Seco
20	**3**	3a	Planta Elisa de Bordo	6.933.491,70	382.092,00	753,2	92 - 16 - 12		12 - 10 - 8	Observación	Manual	Bimensual	Interior Fundo	48 - 53 - 58		SI	SI	ND-0302-364	Seco
21	**3**	3a	Villa María- Hornitos	6.936.528,30	379.562,40	715,1	60			Sin Uso	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		Seco
22	**3**	3b	Fundo Alianza	6.946.839,00	376.589,00	608	60		12	Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo	22		SI	SI	ND-0302-341	
23	**3**	3b	Quebrada Cerrillos	6.949.649,10	376.689,10	597,8				Sin Uso	Manual	Mensual	Interior Fundo			NO	NO		Seco
24	**3**	3b	Quebrada Cerrillos Amancay	6.949.718,20	377.107,80	611,2	130	80	14	Riego	Manual	Mensual	Interior Fundo			NO	NO		
25	**4**	4a	Buitron	6.962.492,10	374.871,00	468,1				Observación	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		Seco
26	**4**	4a	Carola	6.956.454,80	375.003,90	513,3				Riego	Manual	Bimensual	Interior Parcela			NO	NO		Sin Acceso
27	**4**	4a	Hochilds	6.971.996,20	367.532,70	376,4	70			Carguío Aljibes	Manual	Bimensual	Interior Propiedad			NO	NO		
28	**4**	4a	Pucobre (8)	6.958.607,50	374.671,80	497,5				Industrial	Manual	Bimensual	Interior Propiedad			NO	NO		Sin Acceso
29	**4**	4a	Pueblo San Fernando (Las Cañas)	6.968.006,10	372.276,80	432,3				Observación	Manual	Bimensual	Interior Propiedad			NO	NO		Seco
30	**4**	4a	Quebrada Infernillo (Mal Paso)	6.955.346,30	375.038,00	512,3				Riego	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
31	**5**	5a	Escuela Italiana	6.974.241,10	366.171,20	355	38		8	Observación	Manual	Bimensual	Interior Escuela		17 - 25	SI	SI	ND-0302-309	Seco
32	**5**	5a	Gino Aróstica	6.979.653,20	358.135,40	295,5	46			Riego	Manual	Bimensual	Interior Parcela			NO	NO		Pozo Sin Inscripción, por lo que DGA Atacama lo retiró de la red
33	**5**	5a	Hda. Toledo	6.979.338,20	357.003,70	291,7				Observación	Manual	Bimensual	Interior Parcela			NO	NO		Seco
34	**5**	5a	Valle Dorado	6.975.316,30	362.229,20	333,1	60			Observación	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		Seco
35	**5**	5a	Villa Candelaria (Daniel Álvarez)	6.979.309,60	358.951,10	297,2				Riego	Manual	Bimensual	Interior Parcela			NO	NO		
36	**6**	6a	Canto del Viento	6.978.806,50	352.152,30	259,2				Riego	Manual	Bimensual	Interior Parcela			NO	NO		Pozo Sin Inscripción, por lo que DGA Atacama lo retiró de la red
37	**6**	6a	Fundo San Juan	6.977.601,20	350.339,50	246,1				Observación	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		Sin Acceso
38	**6**	6a	Hda. Margarita	6.975.101,40	341.191,40	195				Sin Uso	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		Seco
39	**6**	6a	Hda. Margarita (Mamoros)	6.974.008,00	341.042,60	193,4				Observación	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		
40	**6**	6a	Hda. San Francisco	6.980.247,50	355.036,80	280,5	35		10	Sin Uso	Manual	Bimensual	Por Camino Público		22	SI	SI	ND-0302-665	
41	**6**	6a	Noria Santelices	6.978.640,70	353.178,20	264,8				Sin Uso	Manual	Bimensual	Interior Parcela			NO	NO		Seco
42	**6**	6a	Piedra Colgada (13)	6.979.848,10	353.128,00	268,4			5	Observación	Manual	Bimensual	Interior Fundo			NO	NO		Seco
43	**6**	6a	San Pedro (11)	6.977.201,00	345.668,70	214,8	50		12	Observación	Manual	Bimensual	Interior Fundo	17 - 26 - 32 - 41		SI	SI	ND-0302-329	Seco
44	**6**	6a	San Pedro (Floridor)	6.976.256,90	348.029,00	230,1	20		8	Riego	Manual	Bimensual	Interior Parcela		6,5	SI	SI	ND-0302-594	
45	**6**	6b	Hda. María Isabel (1)	6.974.809,50	322.613,00	95,7	55		14	Observación	Manual	Bimensual	Interior Fundo	13 - 24	5 - 45	SI	SI	ND-0302-606 (1)	
46	**6**	6b	Hda. María Isabel (3)	6.974.629,50	324.827,60	105,7	55		10	Observación	Manual	Bimensual	Costado Camino	37 - 48	13 - 22	SI	SI	ND-0302-606 (3)	
47	**6**	6b	Hda. María Isabel (4)	6.974.192,90	326.794,10	124,7				Observación	Manual	Mensual	Costado Camino			NO	NO		
48	**6**	6b	Kiosco Santa Valentina	6.974.148,30	339.384,60	185,2	25		10	Riego	Manual	Bimensual	Interior Parcela			NO	NO		Sin Acceso
49	**6**	6b	Monte Amargo (2)	6.973.059,40	329.531,30	131	11,7			Observación	Manual	Bimensual	Huella			NO	NO		
50	**6**	6b	Punta Picazo(5)	6.972.994,10	332.401,00	150,7	14,5			Observación	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		
51	**6**	6b	San Camilo (6)	6.970.812,00	333.555,00	161,4	11			Observación	Manual	Bimensual	Huella			NO	NO		
52	**6**	6b	San Camilo (8)	6.971.845,50	335.543,20	166,7	12,2			Observación	Manual	Bimensual	Huella			NO	NO		
53	**6**	6b	Valle Fértil	6.971.129,10	336.803,90	171,6	7,5			Observación	Manual	Bimensual	Costado Camino			NO	NO		

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA

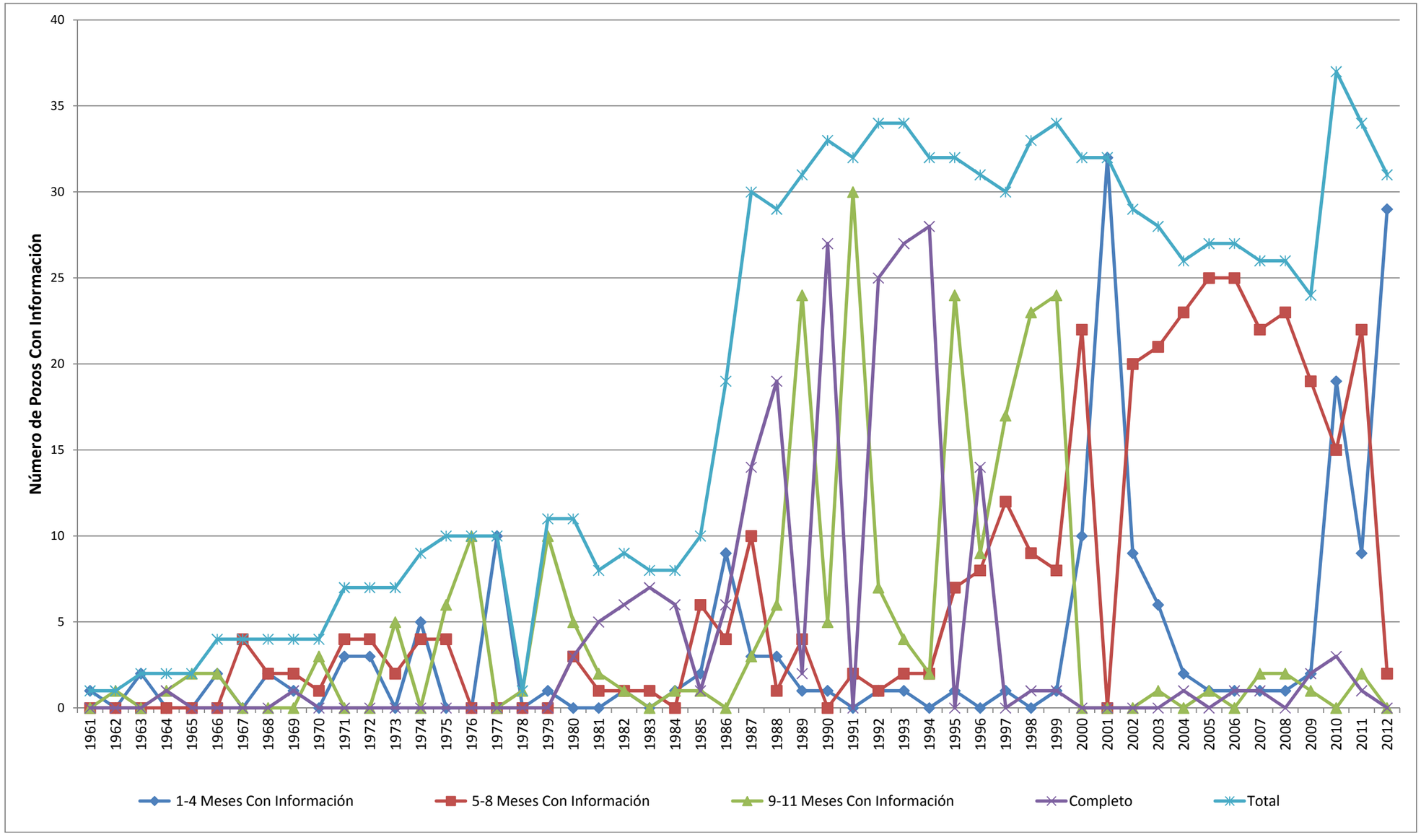
CUADRO 7.2-2
DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

#	Pozo	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	HDA MANFLAS (manflas ante hda).																																																				
2	HDA MANFLAS .																																																				
3	IGLESIA COLORADA																																																			
4	QUEBRADA SECA																																																			
5	FUNDO RODEO																																																			
6	ALGARROBO LA VIRGEN																																																			
7	JUNTA MANFLAS																																																			
8	PASTILLO (PROHENS)																																																			
9	EMBALSE LAUTARO																																																			
10	ESCUELA 17 LOS LOROS																																																			
11	FUNDO LA PUERTA																																																			
12	GOYO DIAZ																																																			
13	PUEBLO SAN ANTONIO																																																			
14	QUEBRADA CALQUIS (Antiguo)																																																			
15	QUEBRADA CALQUIS UAC																																																			
16	VEGAS EL GIRO																																																			
17	AGRÍCOLA VILLA MARÍA																																																			
18	HORNITO (ROJAS)																																																			
19	PABELLÒN																																																			
20	PLANTA ELISA DE BORDO																																																			
21	VILLA MARIA- HORNITOS																																																			
22	FUNDO ALIANZA																																																			
23	QUEBRADA CERRILLOS																																																			
24	QUEBRADA CERRILLOS AMANCAY																																																			
25	HOCHSCHILD																																																			
26	BUITRON																																																			
27	CAROLA																																																			
28	PUCOBRE (8)																																																			
29	PUEBLO SAN FERNANDO (Las Cañas)																																																			
30	QUEBRADA INFERNILLO (MAL PASO)																																																			
31	ESCUELA ITALIANA																																																			
32	GINO ARÓSTICA																																																			
33	HDA TOLEDO																																																			
34	VALLE DORADO																																																			
35	VILLA CANDELARIA (DANIEL ALVAREZ)																																																			
36	CANTO DEL VIENTO																																																			
37	FUNDO SAN JUAN																																																			
38	HDA MARGARITA																																																			
39	HDA MARGARITA (Mamoros)																																																			
40	HDA SAN FRANCISCO																																																			
41	NORIA SANTELICES																																																			
42	PIEDRA COLGADA (13)																																																			
43	SAN PEDRO (11)																																																			
44	SAN PEDRO (FLORIDOR)																																																			
45	HDA MARÌA ISABEL (1)																																																			
46	HDA MARÌA ISABEL (3)																																																			
47	HDA MARÌA ISABEL (4)																																																			
48	KIOSCO SANTA VALENTINA																																																			
49	MONTE AMARGO (2)																																																			
50	PUNTA PICAZO(5)																																																			
51	SAN CAMILO (6)																																																			
52	SAN CAMILO (8)																																																			
53	VALLE FERTIL																																																			

Año con menos de 4 meses con información
Año con 5 a 8 meses con información
Año con más de 9 meses con información
Año completo

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA

FIGURA 7.2-1
RESUMEN DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN



Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA

7.3. ANÁLISIS DE OPERACIÓN DE LA RED

En lo que respecta al método de operación de la red, se tiene que de acuerdo a lo reportado por DGA Atacama, ésta se opera como una de las actividades usuales repartición, lo que significa está supeditada a la disponibilidad presupuestaria y de personal de la DGA. Lo anterior se traduce en que en algunas oportunidades la medición de niveles queda en un segundo plano, lo que se traduce en que las mediciones se postergan al mes siguiente, teniéndose de esta manera vacíos de información. Otro elemento que también influye en la calidad de la información es la existencia de pozos secos y otros sin acceso. En el caso de los pozos secos, al menos se sabe que su nivel es al menos igual a la profundidad del pozo, aunque desconocido.

El caso de los pozos sin acceso es importante, ya que la medición actual de los pozos depende de la buena voluntad de los propietarios de los terrenos en los que se encuentran los pozos al momento de la medición. En otros casos, si bien se dispone de la autorización para ingresar a medir, se requiere que se torque el acceso físico al lugar.

En lo que respecta al acceso, entonces se tiene lo siguiente:

- Hay 43 pozos no se presentan mayores problemas, con la salvedad de que en aquellos casos en los cuales los pozos se encuentran en predios particulares, el acceso queda a la disponibilidad del momento de las personas encargadas.

- Con dificultad de acceso hay 10 pozos, los cuales presentan el problema de contacto con la gente encargada en Administración, ya que pertenecen a empresas.

Otro elemento que también influye en las mediciones es la disponibilidad de personal al momento de la medición, dado que vacaciones, permisos y enfermedad del personal asignado a las mediciones puede influir en la continuidad de las mediciones. Un último punto se refiere a la disponibilidad presupuestaria de la DGA, lo que se traduce en que es probable que en algunos meses no se disponga de fondos, lo que posterga la medición al mes siguiente.

En definitiva, la continuidad de las mediciones de niveles está sujeta a diferentes condiciones relacionadas con la disponibilidad presupuestaria y de personal de la DGA, y también a condiciones externas, ajenas a la DGA.

7.4. ANÁLISIS DE REPRESENTATIVIDAD

Con el fin de determinar la representatividad de la red, en general se procede usando la densidad de estaciones, valor que luego se compara con los estándares internacionales. Ahora bien, para el caso de aguas subterráneas, en la publicación que define los estándares mundiales de monitoreo "World Meteorological Organization, Guide to Hydrometeorological Practices", (WMO Nº168) (http://www.whycos.org/hwrp/guide/index.php), no se indica una densidad mínima o máxima de estaciones para el monitoreo de las aguas

subterráneas. Por lo anterior, el análisis se realiza comparando las densidades de muestreo por sector, resultados que se muestran en el Cuadro 7.4-1, tanto para la sectorización original de 6 sectores y para la sectorización modificada de 11 sectores. Se hace notar que la densidad de estaciones se presenta en #/km², y no en km²/# que es la unidad prescrita por World Meteorological Organization. Por otra parte, la Agencia Europea del Medioambiente (European Environment Agency, EAA) recomienda que se instale 1 pozo cada 20 o 25 km². Se observa que esta restricción se cumple si se consideran todos los pozos. Cuando se eliminan los pozos que se encuentran secos en la actualidad, la condición no se cumple. Los documentos antes indicados se incluyen electrónicamente en el Anexo F.

Al analizar los resultados del Cuadro 7.4-1, con respecto a la sectorización original, se observa que en los sectores 1 al 3 la densidad es menor en comparación con la densidad de los otros sectores, en otras palabras, en los sectores 1 al 3 hay más pozos que en los sectores 5 al 6. Por otra parte, al considerar la nueva sectorización, la variabilidad en sectorización es aún mayor.

Se hace notar que uno de los criterios de trabajo para la proposición de mejoramientos a la red sería propender a tener una densidad de estaciones relativamente homogénea a lo largo del área de estudio. Ahora bien, debe tenerse en cuenta además que la densidad ***necesaria para la red*** depende en un rango de factores, incluyendo densidad de pozos de extracción, pendiente del terreno y la napa y los objetivos del monitoreo, por ejemplo cerca de un pozo de agua potable o un humedal significativo debe contar con una densidad mayor que en un gran llanura con bajo desarrollo del recurso. Es probable que en las partes altas de la cuenca se necesite una mayor densidad de pozos porque la situación es más crítica. Lo anterior hace considerar que la densidad de la red propuesta no debería ser uniforme, sino que debería mantener aproximadamente la proporción actual entre los diferentes sectores, aunque no necesariamente las densidades actuales.

CUADRO 7.4-1
DETERMINACIÓN DENSIDAD DE ESTACIONES

Sector	Número de Pozos	Densidad (#/km^2)	Sub-Sector	Número de Pozos	Densidad (#/km^2)
1	8	0,244	1a	2	0,282
			1b	2	0,267
			1c	1	0,128
			1d	3	0,288
2	8	0,213	2a	7	0,213
3	8	0,149	3a	5	0,189
			3b	3	0,110
4	6	0,057	4a	6	0,057
5	5	0,049	5a	5	0,041
6	18	0,043	6a	9	0,068
			6b	9	0,034

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

7.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE NIVELES

Tal como se indicó anteriormente, se presenta la información histórica de niveles en el Anexo C, y posteriormente en el Anexo E se presenta la información procesada a nivel promedio anual. En el Cuadro 7.5-1 se muestra la información de niveles procesada de manera que cada pozo queda representado por 5 parámetros característicos:

- Nivel mínimo
- Nivel promedio
- Nivel máximo
- Desviación Estándar de los niveles
- Variación media de los niveles (calculada como la diferencia entre años consecutivos)

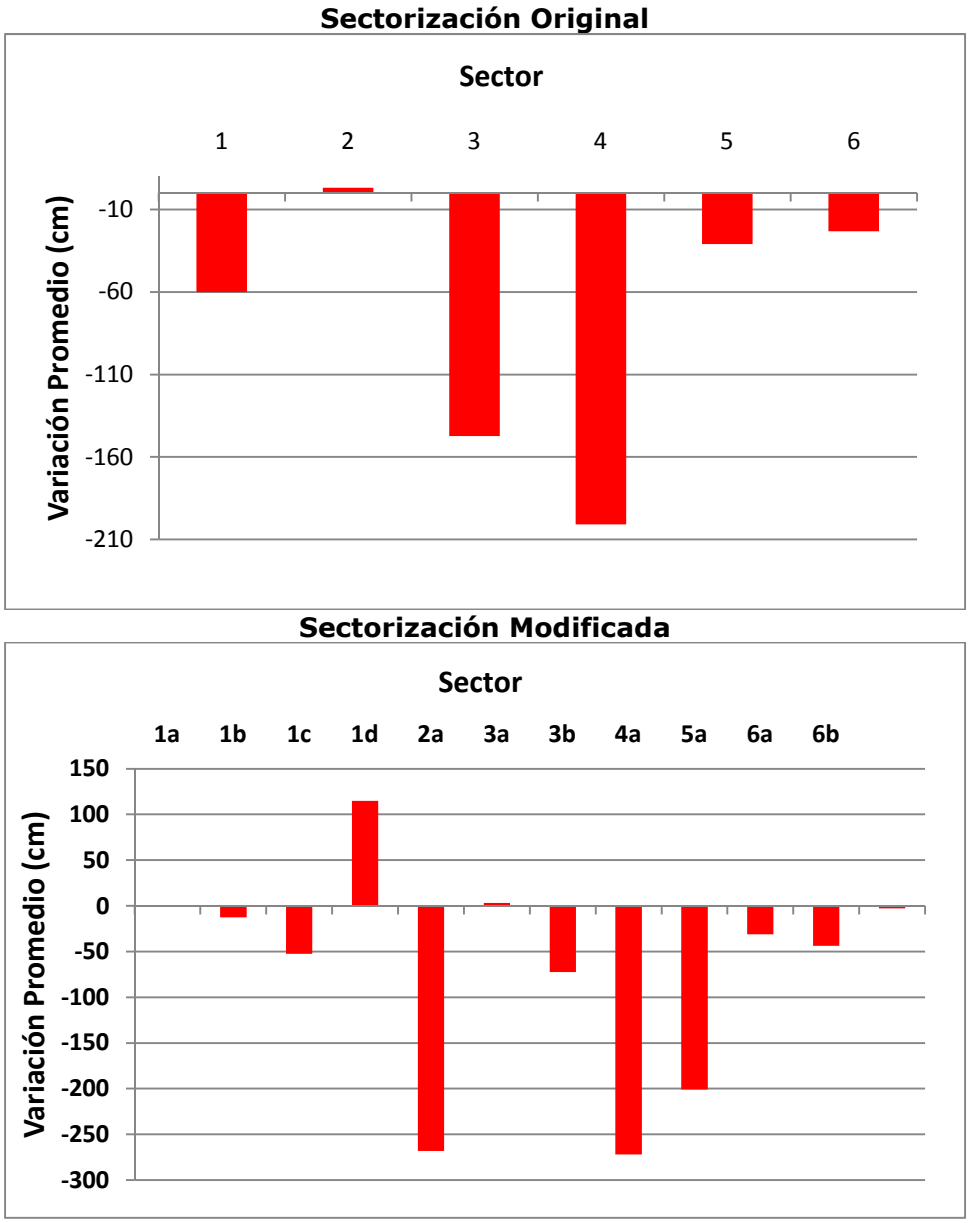
Se hace notar que la información presentada en el Cuadro 7.5-1 corresponde a una base de datos depurada ya que se eliminaron los pozos 32 y 36 que fueron sacados de la red por no tener derechos de agua. Adicionalmente se eliminaron los pozos 26 y 28 ya que poseen muy pocos datos, y la deviación estándar no se puede determinar.

Con el fin de tener una visión de la información histórica recopilada, se presenta en la Figura 7.5-1 la variación de niveles promedio anual en cada sector, tanto para la sectorización original, como para la modificada.

Al analizar la variable "variación media", se observa que en general en el Sector 1 los niveles en promedio van a la baja. Por otra parte, en el Sector 2 también van a la baja, aunque en menor medida que en el Sector 1, tal como se muestra en la Figura 7.5-1. En el Sector 3 los descensos van a la baja, siendo menores que en el Sector 2. Debe hacerse notar que en el Sector 4 se dispone de muy poca información, e incluso en uno de los casos no hay información ya que el pozo se encontró seco al momento de las mediciones. En el Sector 5 se observa la misma tendencia de pozos con niveles a la baja. Por último, en el Sector 6 los niveles también se encuentran a la baja, aunque con descensos medios no tan pronunciados. Al extender el análisis a la nueva sectorización, en general se observan las mismas tendencias, aunque en el sector 1d, en promedio los niveles están al alza.

Debe hacerse notar en todo caso que el resultado del análisis de los niveles promedio está influenciado por el número de mediciones disponibles, siendo los cálculos realizados con un mínimo número de datos poco confiables.

FIGURA 7.5-1
VARIACIÓN MEDIA DE NIVELES POR SECTOR



Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

CUADRO 7.5-1
ANÁLISIS INFORMACIÓN DE NIVELES
RED DE MEDICIÓN DEPURADA

Pozo	Sector	Sub-Sector	Nombre	Coordenadas (m)			Nivel (m)				Variación Media (cm)	Cantidad
				Norte	Este	Cota	Mínimo	Promedio	Desviación	Máximo		
1	1	1a	Hda. Manflas (Manflas ante Hda.)	6.891.871,1	403.735,9	1.296,7	1.541,1	1.552,7	7,1	1.567,9	-34	27
2	1	1a	Hda. Manflas	6.886.875,1	403.324,8	1.429,7	1.468,5	1.473,1	2,8	1.480,2	9	27
3	1	1b	Iglesia Colorada	6.884.187,8	414.735,4	1.573,3	1.547,8	1.556,0	4,4	1.565,1	-60	27
4	1	1b	Quebrada Seca	6.886.169,0	411.976,9	1.493,7	1.471,9	1.478,5	3,8	1.485,1	-45	27
5	1	1c	Fundo Rodeo	6.898.073,1	407.408,0	1.248,1	1.355,8	1.371,3	10,8	1.407,2	115	23
6	1	1d	Algarrobo La Virgen	6.902.276,2	403.915,1	1.151,7	1.238,5	1.273,9	16,9	1.292,2	-224	25
7	1	1d	Junta Manflas	6.898.029,8	403.606,1	1.198,2	1.144,6	1.171,3	13,0	1.194,9	-181	21
8	1	1d	Pastillo (Prohens)	6.899.416,6	404.283,4	1.178,1	1.109,3	1.113,2	4,0	1.117,3	-399	3
9	2	2a	Embalse Lautaro	6.904.769,3	401.524,3	1.115,4	1.100,7	1.113,1	4,9	1.115,8	114	15
10	2	2a	Escuela 17 Los Loros	6.921.025,6	391.053,3	960,4	936,7	939,1	3,5	960,4	-4	42
11	2	2a	Fundo La Puerta	6.923.434,2	388.877,3	886,5	876,6	883,9	4,1	886,5	-7	25
12	2	2a	Goyo Díaz	6.911.951,3	399.223,7	1.044,5	1.032,6	1.035,5	2,8	1.038,1	-151	3
13	2	2a	Pueblo San Antonio	6.915.749,0	396.199,0	1.020,0	1.004,5	1.007,4	3,4	1.019,5	47	29
14	2	2a	Quebrada Calquis (Antiguo)	6.909.886,0	400.550,0	1.093,0	1.070,9	1.078,5	2,0	1.081,0	23	31
15	2	2a	Quebrada Calquis UAC	6.909.647,0	400.660,0	1.096,0	1.063,0	1.066,3	4,1	1.070,4	-274	3
16	2	2a	Vegas El Giro	6.916.884,1	394.760,6	989,3	976,3	981,8	2,3	984,9	0	32
17	3	3a	Agrícola Villa María	6.936.528,3	379.562,4	715,1	643,0	644,3	2,2	646,9	-195	3
18	3	3a	Hornito (Rojas)	6.929.417,9	383.845,4	799,1	725,0	742,5	14,2	785,8	101	23
19	3	3a	Pabellón	6.942.355,2	378.669,4	655,6	597,9	611,2	11,9	635,2	-35	26
20	3	3a	Planta Elisa de Bordo	6.933.491,7	382.092,0	753,2	697,3	715,1	12,5	739,6	-242	32
21	3	3a	Villa María- Hornitos	6.936.528,3	379.562,4	715,1	656,2	673,1	13,1	695,0	9	25
22	3	3b	Fundo Alianza	6.946.839,0	376.589,0	608,0	543,3	548,2	5,0	553,3	-500	3
23	3	3b	Quebrada Cerrillos	6.949.649,1	376.689,1	597,8	559,7	571,4	7,4	593,6	49	35
24	3	3b	Quebrada Cerrillos Amancay	6.949.718,2	377.107,8	611,2	536,9	548,8	9,2	561,1	-365	7
25	4	4a	Hochschild	6.971.996,2	367.532,7	376,4	344,0	346,3	3,4	348,7	476	2
27	4	4a	Carola	6.956.454,8	375.003,9	513,3	453,4	460,5	8,1	470,1	-805	3
29	4	4a	Pueblo San Fernando (Las Cañas)	6.968.006,1	372.276,8	432,3	377,4	399,6	6,9	412,3	-71	45
30	4	4a	Quebrada Infernillo (Mal Paso)	6.955.346,3	375.038,0	512,3	426,4	449,9	20,3	462,1	-1.787	3
31	5	5a	Escuela Italiana	6.974.241,1	366.171,2	355,0	297,0	298,4	1,9	299,7	-268	2
33	5	5a	Hda. Toledo	6.979.338,2	357.003,7	291,7	277,3	283,3	3,9	290,4	31	22
34	5	5a	Valle Dorado	6.975.316,3	362.229,2	333,1	286,5	302,1	9,4	315,9	19	22
35	5	5a	Villa Candelaria (Daniel Álvarez)	6.979.309,6	358.951,1	297,2	264,8	269,2	4,3	273,4	432	3
37	6	6a	Fundo San Juan	6.977.601,2	350.339,5	246,1	233,5	240,5	2,6	244,3	-15	46
38	6	6a	Hda. Margarita	6.975.101,4	341.191,4	195,0	187,5	191,1	1,3	193,2	-18	44
39	6	6a	Hda. Margarita (Mamoros)	6.974.008,0	341.042,6	193,4	187,5	190,3	1,1	191,8	-19	16
40	6	6a	Hda. San Francisco	6.980.247,5	355.036,8	280,5	259,1	272,4	4,9	277,8	-66	32
41	6	6a	Noria Santelices	6.978.640,7	353.178,2	264,8	255,7	260,3	2,3	263,5	-9	23
42	6	6a	Piedra Colgada (13)	6.979.848,1	353.128,0	268,4	263,4	265,0	0,8	266,5	-9	15
43	6	6a	San Pedro (11)	6.977.201,0	345.668,7	214,8	208,8	211,5	1,2	212,9	-23	15
44	6	6a	San Pedro (Floridor)	6.976.256,9	348.029,0	230,1	217,7	218,3	0,6	218,9	-58	3
45	6	6b	Hda. María Isabel (1)	6.974.809,5	322.613,0	95,7	92,8	93,5	0,5	94,3	-4	26
46	6	6b	Hda. María Isabel (3)	6.974.629,5	324.827,6	105,7	102,2	102,8	0,4	103,6	-4	26
47	6	6b	Hda. María Isabel (4)	6.974.192,9	326.794,1	124,7	118,2	118,7	0,5	120,7	3	26
48	6	6b	Kiosco Santa Valentina	6.974.148,3	339.384,6	185,2	178,7	178,8	0,2	179,0	-14	3
49	6	6b	Monte Amargo (2)	6.973.059,4	329.531,3	131,0	122,0	122,9	0,9	126,6	-2	24
50	6	6b	Punta Picazo(5)	6.972.994,1	332.401,0	150,7	140,6	141,1	0,3	141,6	3	26
51	6	6b	San Camilo (6)	6.970.812,0	333.555,0	161,4	154,7	155,2	0,2	155,5	2	26
52	6	6b	San Camilo (8)	6.971.845,5	335.543,2	166,7	160,2	160,5	0,3	161,8	-6	25
53	6	6b	Valle Fértil	6.971.129,1	336.803,9	171,6	165,4	166,2	0,4	166,8	-3	26

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA

7.6. ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD

En base a los datos mostrados anteriormente en el Cuadro 7.5-1, se considera que en general la información de niveles que entrega la red es confiable, en lo que respecta a los pozos de observación o sin uso, que en total ascienden a 289, tal como se muestra en el Cuadro 7.6-1. Por otra parte, en aquellos pozos de observación que en la actualidad se encuentran secos, la información es sólo de tipo cualitativo. En el Cuadro 7.6-1 se muestra que adicionalmente 20 pozos están en operación (lo que significa que podrían estar midiendo niveles dinámicos en el peor caso, o niveles cercanos a los estáticos en el mejor caso), 13 pozos se encuentran secos, 4 están sin acceso, y 11 tienen registros con menos de 10 años de información.

CUADRO 7.6-1
ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD DE LA RED DEPURADA

Caracterización de Sectores									
Sector	Observación				Operación				Total
	Vigentes	Secos	Sin Acceso	Menos 10 Datos	Vigentes	Secos	Sin Acceso	Menos 10 Datos	
1	3				5			1	8
2	1				7	1	1	2	8
3	4	4			4			3	8
4	2		1	1	2	1		2	4
5	4	3		2					4
6	15	4	2		2				17
Total	**29**	**11**	**3**	**3**	**20**	**2**	**1**	**8**	**49**
Caracterización de Sub-Sectores									
Sub-Sector	Observación				Operación				Total
	Vigentes	Secos	Sin Acceso	Menos 10 Datos	Vigentes	Secos	Sin Acceso	Menos 10 Datos	
1a	1				1				2
1b	1				1				2
1c					1				1
1d	1				2			1	3
2a	1				7	1	1	2	8
3a	3	3			2			1	5
3b	1	1			2			2	3
4a	2		1	1	2	1		2	4
5a	4	3		2					4
6a	7	4	1		1				8
6b	8		1		1				9
Total	**29**	**11**	**3**	**3**	**20**	**2**	**1**	**8**	**49**

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

En primer lugar se analiza la existencia de pozos secos o sin acceso. Se observa que en el sector 1 no hay pozos secos o sin acceso. Por otra parte en el Sector 3 la situación es delicada, ya que de los 8 pozos existentes, 4 se encuentran secos. Por otra parte, en el Sector 4 hay sólo un pozo seco. En el sector 5 se tiene una situación más compleja ya que hay 3 pozos secos. Por último, en el Sector 6, aunque hay 4 pozos secos, el efecto no es tan importante, ya que la red tiene 17 pozos. Por otra parte, desde el punto de vista de longitud de registros, en los sectores 2, 3 y 4 se concentra la mayor cantidad de pozos con registros cortos, con menos de 10 años con información.

Otro elemento relevante para la confiabilidad de la red está relacionado con el uso de los pozos. Cuando los pozos se usan regularmente, lo que en realidad miden son niveles dinámicos, y no niveles estáticos, lo que resta confiabilidad a las mediciones. Por

lo anterior, desde el punto de vista de los usos, las mediciones en los sectores 1 y 2 son poco confiables, ya que la mayor parte de los pozos son de riego, por lo que en general lo que miden son niveles dinámicos, o a lo más niveles cercanos a los estáticos, y no niveles propiamente estáticos. Por otra parte, en los sectores 3 y 4 los pozos son una mezcla de pozos netamente de observación y pozos en uso. Por último, en la zona definida por los sectores 5 y 6, los pozos son fundamentalmente de observación. En definitiva, para el análisis posterior se consideran los pozos de observación que no se encuentren secos o sin acceso, lo que reduce el universo de pozos de 49 (en la base reducida) a 15 pozos: 3 en el Sector 1; 1 en los sectores 2, 4 y 5; y 9 pozos en el Sector 6. En el Cuadro 7.6-2 se muestra la densidad de la red calculada sólo para los pozos de observación. Se observa que la densidad de los sectores en que hay pozos de observación, es cercana al 50% de la densidad de la red original.

CUADRO 7.6-2
DETERMINACIÓN DENSIDAD DE ESTACIONES DE OBSERVACIÓN

Sector	Número de Pozos	Densidad (#/km^2)	Sub-Sector	Número de Pozos	Densidad (#/km^2)
1	3	0,091	**1a**	1	0,141
			1b	1	0,133
			1c	0	0,000
			1d	1	0,096
2	1	0,027	**2a**	1	0,027
3	0	0,000	**3a**	0	0,000
			3b	0	0,000
4	1	0,010	**4a**	1	0,010
5	1	0,008	**5a**	1	0,008
6	9	0,023	**6-a**	2	0,015
			6-b	7	0,026

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

7.7. DIAGNÓSTICO DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO DE LA RED

Con respecto a la representatividad de los pozos que integran la red de monitoreo, la geomorfología del valle del río Copiapó juega un papel fundamental en relación a la distribución de los pozos de monitoreo. Por una parte, en el segmento superior del valle del río Copiapó (sectores 1, 2 y 3), éste presenta una morfología elongada, donde los pozos de monitoreo representan la variación del nivel a lo largo de la línea de flujo. En este segmento la componente longitudinal del flujo subterráneo es la predominante, siendo la componente transversal prácticamente despreciable. En el sector 4 se observa que el segmento sur se mantiene la morfología elongada, pero hacia aguas abajo, desde el sector de San Fernando, se observa un ensanchamiento del valle, por lo que la componente transversal del flujo comienza a tomar importancia. De aquí en adelante, en los sectores 5 y 6, los pozos que integran la red de monitoreo deben representar tanto la variación lateral como longitudinal del flujo, de modo de representar cualquier singularidad del terreno.

En relación a la granulometría, los pozos de la red de monitoreo se emplazan dentro de los depósitos fluviales del río Copiapó, constituidos por arenas y gravas, con intercalaciones de limos y arcillas. Hacia la parte baja del valle se presenta una mayor proporción de material fino, debido a la disminución de la pendiente. Esta disminución de pendiente se relaciona con la energía involucrada en los mecanismos de transporte de sedimentos, donde a menor pendiente, menor energía, por lo que se facilita el transporte de las partículas más finas en lugar de las más gruesas. Si bien dentro de la unidad de depósitos fluviales se pueden observar intercalaciones de depósitos finos entre granulometrías más gruesas, no se considera que la distribución de los sedimentos sea una variable que controle, por si sola, la variación de los niveles freáticos. Por lo tanto, el tipo de material presente en el acuífero no constituye, por si mismo, una variable que permita definir diferencias en la frecuencia de monitoreo de los pozos que integran la red, lo que en definitiva implica que red pueda ser monitoreada con una sola frecuencia de medición.

7.8. DIAGNÓSTICO INTEGRAL DE LA RED

En base a los antecedentes mostrados en los acápites anteriores, se tiene que la red es adecuada como red de observación, teniéndose los siguientes resultados específicos por sector:

- **Sector 1:** De acuerdo a la información disponible, este es el segundo sector en que la red de monitoreo es la más confiable, ya que de los 8 pozos que la conforman, 3 son de observación y tienen registros largos.

- **Sector 2:** En este sector la red, con un total de 8 pozos, también no es muy confiable, ya que aunque se tienen 5 pozos con un registro largo y 7 pozos están en uso. Lo anterior obliga a agregar pozos a la red, con el fin de hacerla confiable. En este sector existe un pozo exclusivo para observación.

- **Sector 3:** En este sector la red también es confiable desde el punto de vista de la longitud de los registros, teniéndose 5 pozos con un registro largo. Ahora bien, no hay pozos de observación en operación, ya que se encuentran secos. Se requiere aplicar cambios profundos de manera que se tengan pozos con la suficiente profundidad para que puedan medir a largo plazo.

- **Sector 4 y 5:** Estos 2 sectores en conjunto presentan una red que es poco confiable, con pocos pozos con registros de gran longitud (sólo 5), encontrándose los pozos de observación secos. En términos simples estos sectores son los que requieren una mayor atención al momento de definir la red de monitoreo definitiva.

- **Sector 6:** Tal como se indicó anteriormente, en este sector hay un total de 18 pozos dedicados exclusivamente para observación, de los cuales 13 se encuentran vigentes, lo que haría que este sector sea el que requiera una menor intervención.

Como regla general, para proponer la nueva red se tendrán las siguientes consideraciones:

1. En cada sub-sector se tendrá al menos 1 pozo en uso, con el fin de comparar los niveles pseudo-estáticos con los niveles estáticos de los pozos netamente de observación.

2. En las zonas en que hay pozos secos, se debe profundizar lo existente, y en caso en que esto no se pueda, se deben construir pozos de observación de mayor profundidad a la actual.

3. Tal como se indicó en el diagnóstico geológico y geomorfológico, se requiere que en el sector 6 los pozos se encuentren más dispersos, ya que los flujos laterales son importantes. Por otra parte, en lo que respecta a la frecuencia de medición, las características geológicas del acuífero permiten tener una frecuencia de medición uniforme.

8. PROPOSICIÓN DE RED MEJORADA

8.1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de obtener información de mejor calidad con el mismo costo o incluso menor costo, se desarrolla esta componente del estudio en la que se determina si existen pozos redundantes en la red, es decir, pozos que pueden eliminarse sin disminuir la calidad de la información representativa de los procesos que ocurren en la zona. Con este fin se propone usar el método estadístico de las Componentes Principales (Análisis de Componentes Principales) PCA por su sigla en inglés, que se describe en el Acápite 8.2. Posteriormente en el Acápite 8.3 se muestran las metodologías propuestas para el análisis, incluyendo la definición del caso base, la aplicación de las metodologías a este caso base, y la posterior selección de la mejor metodología. Luego se presenta en el Acápite 8.4 la aplicación de la metodología seleccionada a la red de vigilancia. En el Acápite 8.5 se presenta un análisis para incorporar nuevos pozos a la red con el fin de mejorar la representación de zonas deficitarias. Posteriormente en el Acápite 8.6 se muestran lineamientos metodológicos y técnicos para la medición de niveles. Por último, en el Acápite 8.7 se muestra la evaluación del costo de la red.

8.2. MÉTODO DE ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Análisis de componentes principales es un procedimiento matemático que utiliza una transformación ortogonal para convertir un conjunto de observaciones de las variables correlacionadas posiblemente en un conjunto de valores de las variables linealmente correlacionados denominados componentes principales. El número de componentes principales es menor o igual al número de variables originales. Esta transformación se define de tal manera que la primera componente principal tiene la varianza más grande posible, y cada componente subsiguiente a su vez tiene la mayor varianza posible en virtud de la restricción que sea ortogonal a (es decir, no correlacionada con) las componentes anteriores. Las componentes principales están garantizadas para ser independiente sólo si el conjunto de datos se distribuyen

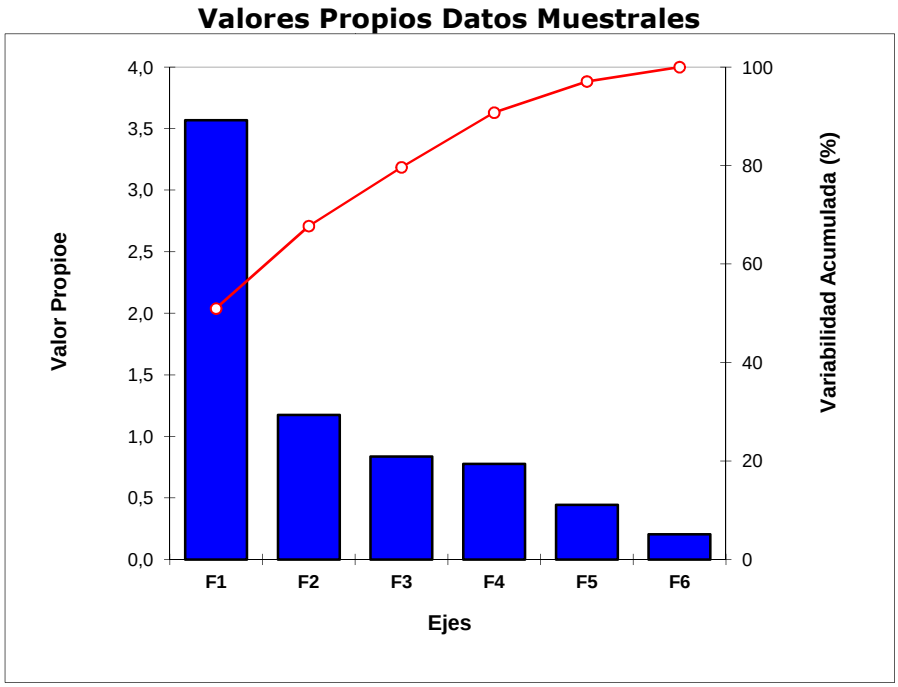
normalmente conjuntamente. Se hace notar que PCA es sensible a la escala relativa de las variables originales.

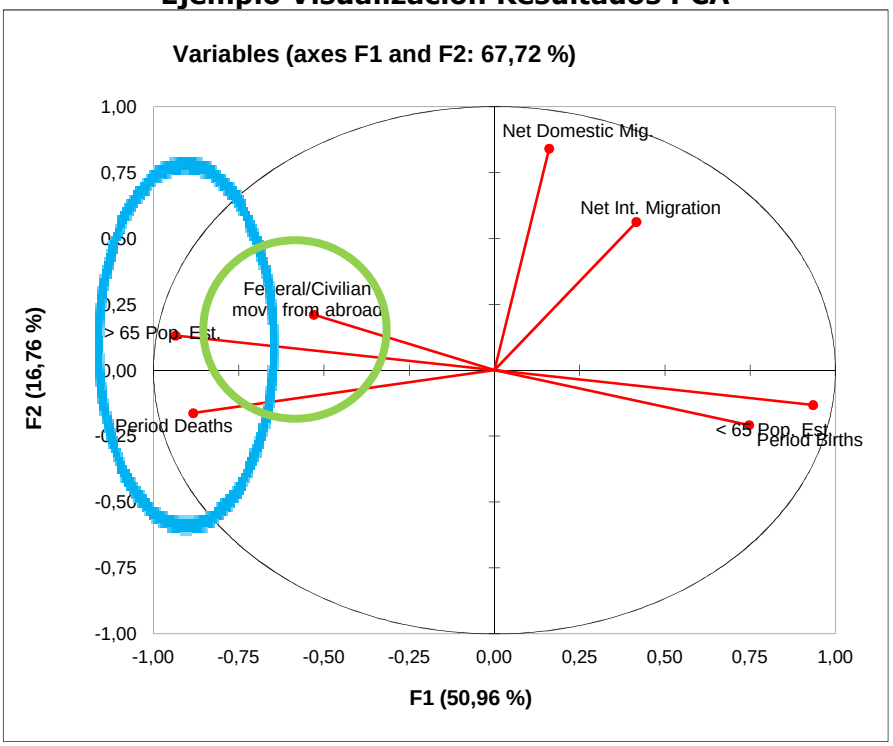
PCA se aplica a series de M observaciones con N variables, para las cuales se puede hacer la descomposición de valores propios de la matriz de covarianza de los datos, por lo general después normalizar y centrar con respecto a la media de los datos. Los resultados de un PCA normalmente se discuten en términos de puntuaciones de los componentes, llamados a veces las puntuaciones de los factores (los valores de las variables transformadas correspondientes a un punto de datos en particular) y cargas (el peso por lo que debería ser cada variable original estandarizado multiplicado para obtener el puntaje del componente).

Se hace notar que PCA puede revelar la estructura interna de los datos en la forma que mejor explica la varianza en los mismos. Si un conjunto de datos multivariante se visualiza como un conjunto de coordenadas en un espacio de alta dimensional de datos (1 eje por variable), PCA puede suministrar al usuario con una imagen de menor dimensión, una "sombra" de este objeto cuando se ve desde un punto de vista más informativo (en algún sentido). Esto se hace mediante el uso de sólo las primeras componentes principales de modo que la dimensionalidad de los datos transformados se reduce considerablemente (en general 2).

A modo de ejemplo se muestra en la Figura 8.2-1 los resultados de un ejemplo provisto con el software xlstat. En este gráfico se muestran los 6 valores propios para una serie de más de 50 datos con 8 variables. Se observa que la primera variable representa más de un 50% de la variabilidad total, y en conjunto los dos primeros ejes representan cerca del 70% de la variabilidad medida. Adicionalmente se muestra la información graficada en el Plano F1-F2, es decir una representación más fácil de analizar. Por ejemplo, en esta última figura las variables destacadas en el círculo de color verde tienen una contribución muy similar a los ejes F1-F2, o sea una de las 2 variables podría eliminarse sin mayores problemas, algo similar puede inferirse de las variables indicadas en celeste. De este modo PCA permite identificar las variables que podrían eliminarse sin modificar los resultados en términos de variabilidad o error representado, ya que el valor del "valor propio" no es lo importante.

FIGURA 8.2-1
RESULTADOS ANÁLISIS PCA





Fuente: Documentación xlstat (**https://www.xlstat.com**)

8.3. METODOLOGÍAS PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA RED DE MEDICIÓN

8.3.1. Generalidades

En este acápite se presentan 2 metodologías alternativas para la determinación de una posible redundancia en la red de niveles. En este caso se proponen 2 metodologías: una cuando se dispone de series continuas de niveles, y una segunda metodología cuando no se dispone de series continuas.

8.3.2. Metodología para Series de Niveles Con Información Continua

Esta metodología fue la utilizada en la memoria de título de Rodrigo Larenas (2003) para la red de medición del Valle de Aconcagua, la que fue presentada anteriormente en el Acápite 3.3.3. En este caso se aplica PCA directamente a los registros de la red a través del tiempo. Para esto, el registro de niveles debe ser continuo, sin vacíos de información. En el evento que el registro presente algunos vacíos, éstos deben ser previamente rellenados.

Posteriormente se aplica el siguiente procedimiento:

1. Se aplica el PCA a todos los elementos, y se determinan las direcciones principales de interés.

2. Luego se determina la existencia de "clusters" o agrupaciones de pozos. Estas agrupaciones de pozos son las que se requiere destruir eliminando uno o más pozos. Los criterios para eliminar pozos son: primero los que están secos o sin acceso, luego los que tienen registros cortos, y luego pozos con gran longitud pero que en definitiva son redundantes, es decir, pozos que aportan el mismo grado de información.

3. Si se estima aún hay pozos redundantes el proceso se repite desde el paso **1**.

8.3.3. Metodología para Series de Niveles Sin Información Continua

En este caso, dado que no se dispone de una serie continua, se reemplaza la serie por una serie de parámetros que representan cada serie. En este caso, se proponen los siguientes 5 parámetros:

a) Nivel mínimo y máximo

b) Nivel promedio y desviación estándar

c) Variación promedio entre medidas consecutivas

De esta forma, para cada pozo se tiene una colección de 5 parámetros que representan el registro medido, y se pueden calcular sin necesidad de tener continuidad en el registro.

Posteriormente se aplica el siguiente procedimiento a la serie modificada:

1. Se aplica el PCA a todos los elementos, y se determinan las direcciones principales de interés.

2. Luego se determina la existencia de "clusters" o agrupaciones de pozos. Estas agrupaciones de pozos son las que se requiere destruir eliminando uno o más pozos. Los criterios para eliminar pozos son: primero los que están secos o sin acceso, luego los que tienen registros cortos, y luego pozos con gran longitud pero que en definitiva son redundantes, es decir, pozos que aportan el mismo grado de información.

3. Si se estima aún hay pozos redundantes el proceso se repite desde el paso **1**.

8.3.4. Caso Ejemplo

Con el fin de aplicar las metodologías descritas anteriormente, se analizó la información de disponibilidad de niveles presentada en el Anexo E. Se observa que los pozos del Sector 6 presentan registros de niveles promedio anual bastante completos para el periodo 1987-2001, tal como se muestra en el Cuadro 8.3.4-1. Se hace notar que el valor calculado no necesariamente se determinó con información para cada mes del año, sino que de un valor anual calculado con la información disponible. En este cuadro se observa que fue necesario rellenar 6 años para tener un registro continuo desde 1987 a 2001. Por otra parte, este mismo sector presenta registros bimensuales de muy buena calidad desde el año 2002, los que también se muestran en el Cuadro 8.3.4-1. Los datos mostrados en el cuadro anterior, permiten observar que la metodología de series continuas es bastante limitada ya que la serie 1987-2011 no incluye los pozos P #39, P#42 y P #43 que si se incluyen en la serie 1987-2001, por lo que aplicar el método a la segunda serie entrega forzosamente una solución diferente.

Con el fin de aplicar la metodología para series discontinuas mostrada anteriormente en el Acápite 8.3.3, en el Cuadro 8.3.4-2 se incluyen los 5 indicadores que se usan para representar la serie continua 1987-2001 como una serie discontinua. Adicionalmente, y con el fin de analizar la versatilidad de la metodología de series discontinuas, se presentan 3 series de indicadores adicionales: parámetros para la serie 2001-2011, 1987-2011, y 1961-2011.

CUADRO 8.3.4-1
NIVELES SECTOR 6

Año	P #37	P #38	P #39	P #40	P #41	P #42	P #43	P #45	P #46	P #47	P #49	P #50	P #51	P #52	P #53
1987	243,4	192,1	**191,5**	277,3	263,5	266,5	212,0	94,3	103,3	118,2	123,4	140,6	154,7	161,8	166,1
1988	243,1	192,7	**191,5**	277,8	**263,1**	265,9	212,4	94,0	102,7	118,4	126,6	140,9	154,9	160,6	166,7
1989	242,7	193,2	191,5	277,8	262,7	265,5	212,6	94,3	103,2	118,3	122,0	140,8	155,0	160,6	166,7
1990	242,8	193,0	191,1	277,7	261,9	265,5	212,7	93,8	103,3	118,2	**122,1**	140,8	155,1	160,8	166,8
1991	242,8	192,9	191,2	277,4	262,5	265,4	212,9	93,5	103,1	118,3	**122,1**	140,8	155,1	160,6	166,8
1992	242,9	192,7	191,0	277,0	262,4	265,7	212,7	93,3	103,0	118,3	122,2	140,8	155,1	160,4	166,7
1993	242,6	192,6	190,8	276,6	262,2	265,4	212,4	93,3	103,0	118,4	122,2	140,8	155,2	160,4	166,7
1994	242,4	192,4	190,6	276,2	262,0	265,1	212,1	93,0	102,8	118,6	122,3	141,0	155,2	160,5	166,6
1995	242,1	192,2	190,5	275,6	261,8	265,0	211,6	92,8	102,9	118,6	122,4	141,0	155,1	160,5	166,5
1996	241,6	192,0	190,3	274,9	261,6	264,6	211,0	93,1	103,0	118,6	122,4	141,0	155,3	160,4	166,5
1997	241,0	191,9	189,9	274,4	261,4	264,3	210,5	93,1	102,9	118,6	122,3	141,0	155,2	160,4	166,4
1998	241,5	192,1	190,1	274,5	261,8	264,2	210,7	92,9	102,7	118,7	122,7	141,2	155,5	160,6	166,5
1999	240,9	191,8	190,0	273,8	261,1	263,9	210,3	93,0	103,0	118,7	123,1	141,4	155,1	160,7	166,4
2000	240,7	191,9	189,6	273,2	260,3	263,4	209,9	93,7	102,3	118,6	122,7	141,1	155,3	**160,7**	166,4
2001	239,7	191,5	189,9	271,5	260,1	265,2	208,8	93,9	103,6	120,7	122,6	140,8	155,3	160,6	166,3
2002	240,0	191,3		271,0	259,0			94,0	102,8	118,7	122,7	141,3	155,3	160,5	166,3
2003	238,0	192,8	191,8	270,0	258,4			94,1	103,0	118,6	122,8	141,2	155,3	160,5	166,2
2004	237,4	190,1		269,8	258,6			94,3	102,9	118,6	122,7	141,3	155,3	160,5	166,1
2005	236,8	189,6		269,4	257,5			93,7	102,7	118,7	123,0	141,3	155,3	160,5	166,1
2006	236,3	189,2		268,4	257,1			93,4	102,4	118,6	123,4	141,2	155,2	160,3	165,9
2007	244,3	188,8		268,1	257,3			92,9	102,5	118,6	122,9	141,3	155,3	160,4	165,8
2008	235,4	188,2		266,8	256,4			92,9	102,2	118,9	123,3	141,4	155,2	160,4	165,7
2009	234,8	187,9		265,4	255,7			93,3	102,3	118,8	122,9	141,6	155,2	160,3	165,6
2010	234,2	187,5		264,1	261,4			93,4	102,3	118,9	123,0	141,5	155,2	160,2	165,5
2011	233,5	**189,7**	188,4	262,3	**257,6**			94,2	102,5	119,0	123,0	141,3	155,2	160,3	165,6

999,9 Datos rellenados en base a promedios y tendencias

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA

CUADRO 8.3.4-2
PARÁMETROS REPRESENTATIVOS SERIES DISCONTINUAS
SECTOR 6

	P #37	P #38	P #39	P #40	P #41	P #42	P #43	P #45	P #46	P #47	P #49	P #50	P #51	P #52	P #53
Parámetros 1987-2001															
Máximo (m)	243,4	193,2	191,5	277,8	263,5	266,5	212,9	94,3	103,6	120,7	126,6	141,4	155,5	161,8	166,8
Promedio (m)	242,0	192,3	190,6	275,7	261,9	265,0	211,5	93,5	103,0	118,6	122,7	140,9	155,1	160,6	166,5
Desviación (m)	1,1	0,5	0,6	1,9	0,9	0,8	1,2	0,5	0,3	0,6	1,1	0,2	0,2	0,3	0,2
Mínimo (m)	239,7	191,5	189,6	271,5	260,1	263,4	208,8	92,8	102,3	118,2	122,0	140,6	154,7	160,4	166,1
Variación Promedio (cm)	-26	-18	-19	-66	-9	-9	-23	-4	-4	3	-2	3	2	-6	-3
Parámetros 2001-2011															
Máximo (m)	244,3	192,8	191,5	271,5	261,4	266,5	212,9	94,3	103,6	120,7	123,4	141,6	155,3	160,6	166,3
Promedio (m)	237,3	189,7	190,6	267,9	258,1	265,0	211,5	93,6	102,7	118,9	122,9	141,3	155,3	160,4	165,9
Desviación (m)	3,1	1,6	0,6	3,0	1,6	0,8	1,2	0,5	0,4	0,6	0,2	0,2	0,1	0,1	0,3
Mínimo (m)	233,5	187,5	189,6	262,3	255,7	263,4	208,8	92,9	102,2	118,6	122,6	140,8	155,2	160,2	165,5
Variación Promedio (cm)	-61	-18	-19	-66	-9	-9	-23	-4	-4	3	-2	3	2	-6	-3
Parámetros 1987-2011															
Máximo (m)	244,3	193,2	191,5	277,8	263,5	266,5	212,9	94,3	103,6	120,7	126,6	141,6	155,5	161,8	166,8
Promedio (m)	240,0	191,2	190,6	272,4	260,3	265,0	211,5	93,5	102,8	118,7	122,8	141,1	155,2	160,5	166,3
Desviación (m)	3,2	1,8	0,6	4,7	2,3	0,8	1,2	0,5	0,4	0,5	0,9	0,3	0,2	0,3	0,4
Mínimo (m)	233,5	187,5	189,6	262,3	255,7	263,4	208,8	92,8	102,2	118,2	122,0	140,6	154,7	160,2	165,5
Variación Promedio (cm)	-23	-2	-16	-29	-21	-22	-15	-11	-4	4	-10	4	6	-14	3
Parámetros 1961-2011															
Máximo (m)	244,3	193,2	191,8	277,8	263,5	266,5	212,9	94,3	103,6	120,7	126,6	141,6	155,5	161,8	166,8
Promedio (m)	240,5	191,1	190,3	272,4	260,3	265,0	211,5	93,5	102,8	118,7	122,9	141,1	155,2	160,5	166,2
Desviación (m)	2,6	1,3	1,1	4,9	2,3	0,8	1,2	0,5	0,4	0,5	0,9	0,3	0,2	0,3	0,4
Mínimo (m)	233,5	187,5	187,5	259,1	255,7	263,4	208,8	92,8	102,2	118,2	122,0	140,6	154,7	160,2	165,4
Variación Promedio (cm)	-15	-18	-19	-66	-9	-9	-23	-4	-4	3	-2	3	2	-6	-3

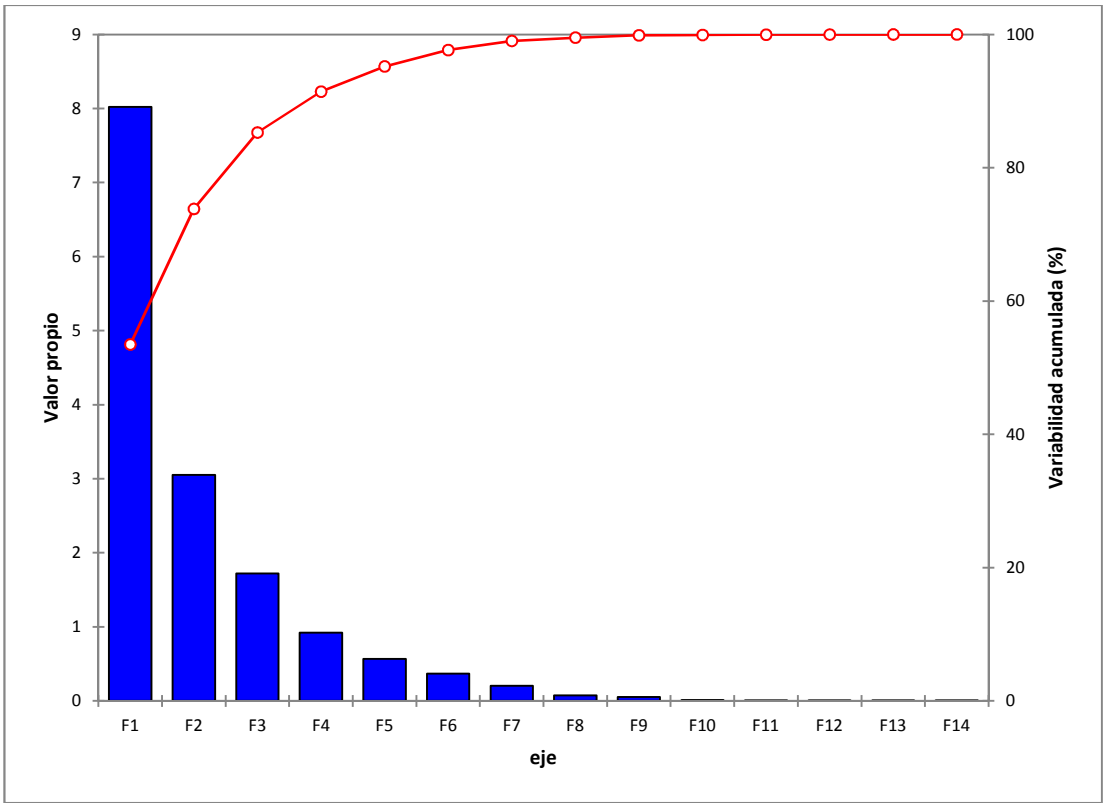
Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes DGA

8.3.5. Aplicación de Metodologías para Caso Ejemplo 8.3.4

8.3.5.1. Resultados para Metodología Con Series Continuas

Al aplicar la metodología a los 15 pozos que forman la serie de datos desde 1987 a 2001, se obtienen los resultados mostrados en la Figura 8.3.5.1-1, en que se observan los valores propios. Se observa que los 2 primeros valores propios representan cerca de un 75 % de la variabilidad de la serie. Representando los pozos en el Plano F_1-F_2, se obtiene la Figura 8.3.5.1-2. Los resultados en detalle se presentan en el Anexo G.

FIGURA 8.3.5.1-1
VALORES PROPIOS SERIE CONTINUA

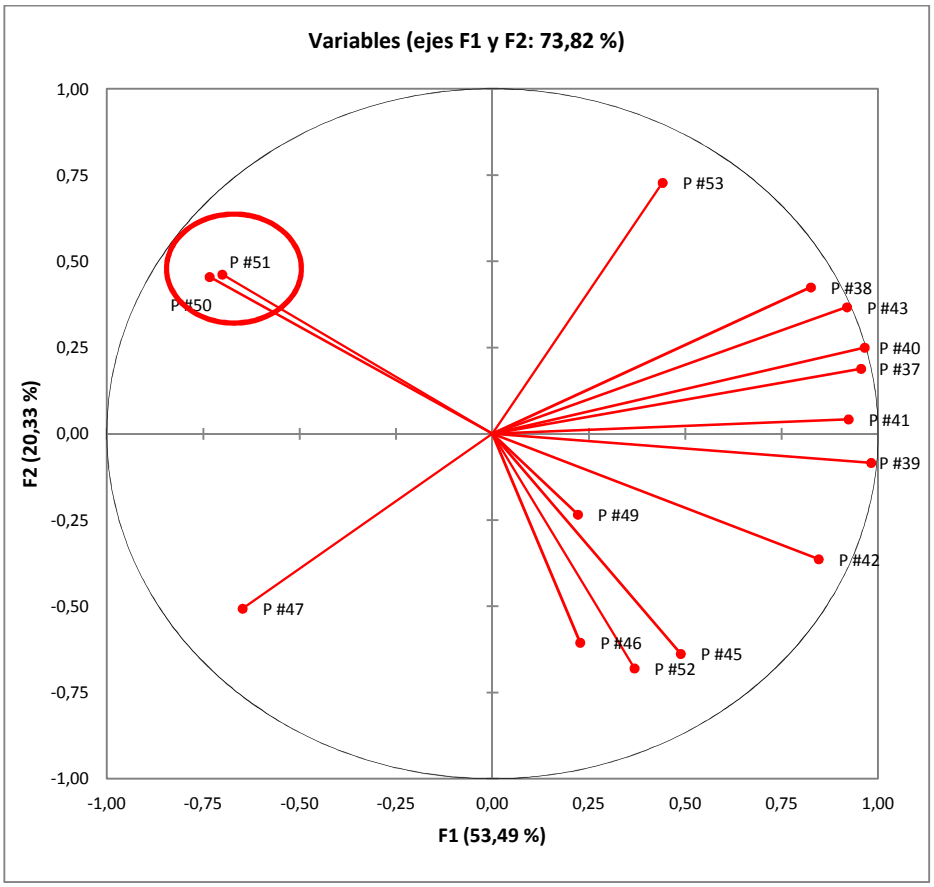


Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

Al analizar la información contenida en la Figura 8.3.5.1-2 se observa que los coeficientes de correlación entre los pozos #50 y #51 y los valores propios son muy similares, por lo que se espera que uno de ellos sea redundante. Al eliminar el pozo #51 la suma de los valores propios se incrementa a 74,1 %, muy similar a 73,8% que es el valor representado por la situación original. La cercanía entre los restantes coeficientes de correlación no es significativa, por lo que la representación de las series en forma continua no permite identificar adicionales pozos redundantes. Se espera que en el caso de tenerse series de mayor longitud, pudiera identificarse otras redundancias, de existir estas. Es más, en el caso de esta serie continua al analizar que ocurre al eliminar otros

pozos, por ejemplo, el #47 o el #53 se obtienen resultados similares, es decir, el método no es capaz de identificar mayores redundancias.

FIGURA 8.3.5.1-2
REPRESENTACIÓN CORRELACIÓN POZOS-VALORES PROPIOS EN PLANO F_1-F_2



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

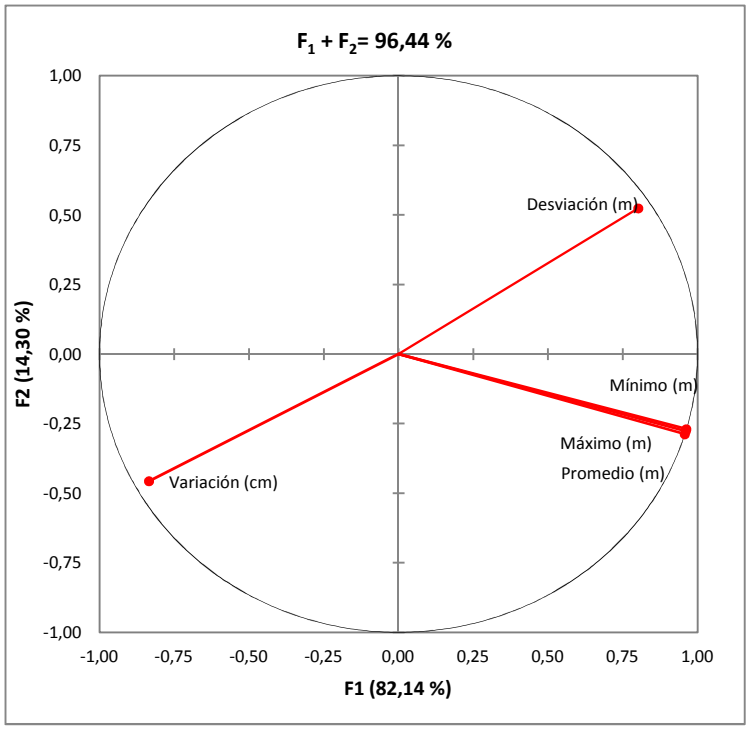
8.3.5.2. Resultados para Metodología Sin Series Continuas

En primer lugar se presenta la Figura 8.3.5.2-1 que muestra que las variables Máximo, Promedio y Nivel entregan el mismo efecto en la varianza, es decir, 2 de estas variables son redundantes. Por otra parte, las variables Desviación y variación Media son claramente independientes. Se hace notar que la figura fue determinada para la serie discontinua del año 1987-2001, y que el comportamiento de las variables se mantiene para las otras variables.

El resultado del análisis realizado se presenta gráficamente en las Figuras 8.3.5.2-2 a 8.3.5.2-5, para las series 1987-2001, 1987-2011, y 1961-2011. En estas figuras se indican entre círculos los pozos que se esperan que sean redundantes. Para estas variables se tiene que como la suma de los valores propios F_1 y F_2 es superior

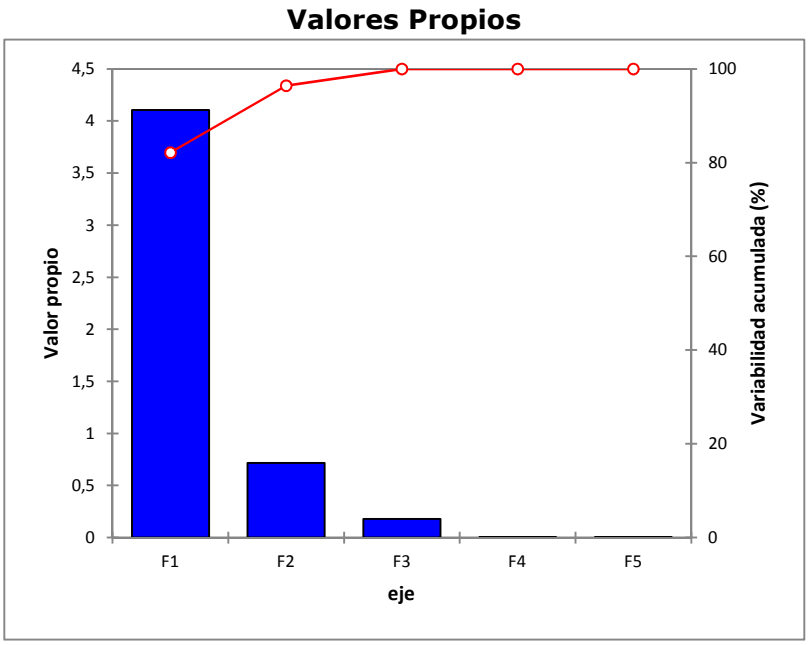
al 93%, sólo diferencias muy amplias entre las variables puede interpretarse como signo de independencia entre los pozos.

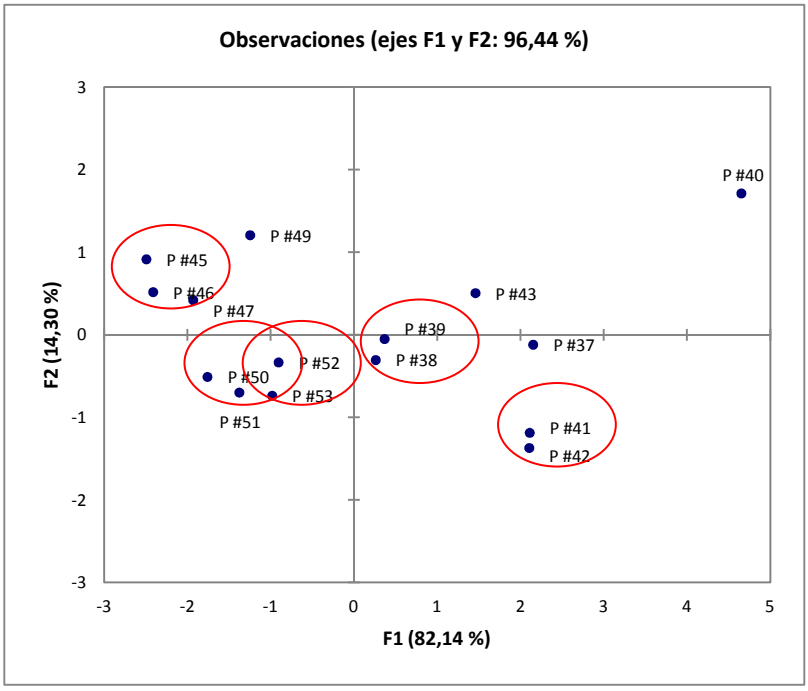
FIGURA 8.3.5.2-1
REPRESENTACIÓN CORRELACIÓN VARIABLES-VALORES PROPIOS EN PLANO F_1-F_2
SERIE DISCONTINUA 1987-2001



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

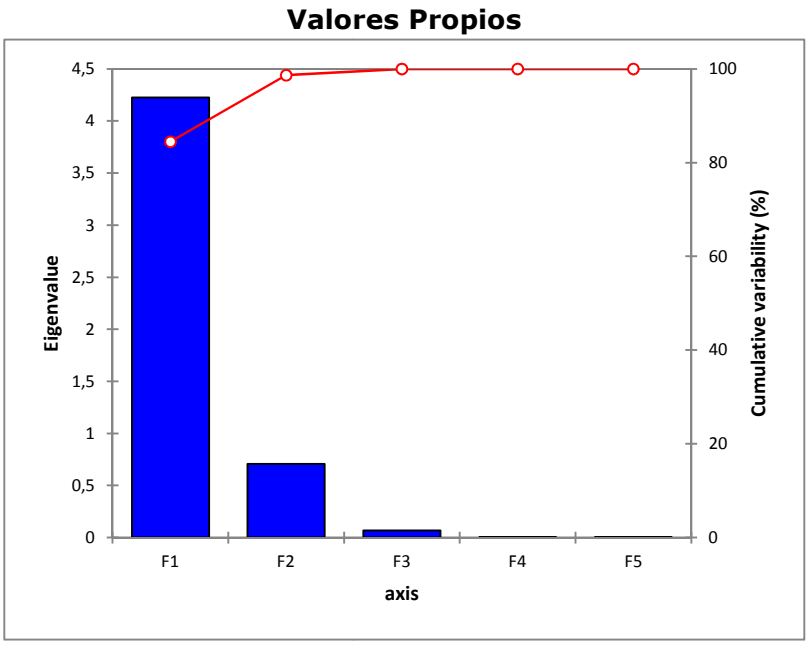
FIGURA 8.3.5.2-2
RESULTADOS SERIE DISCONTINUA 1987-2001





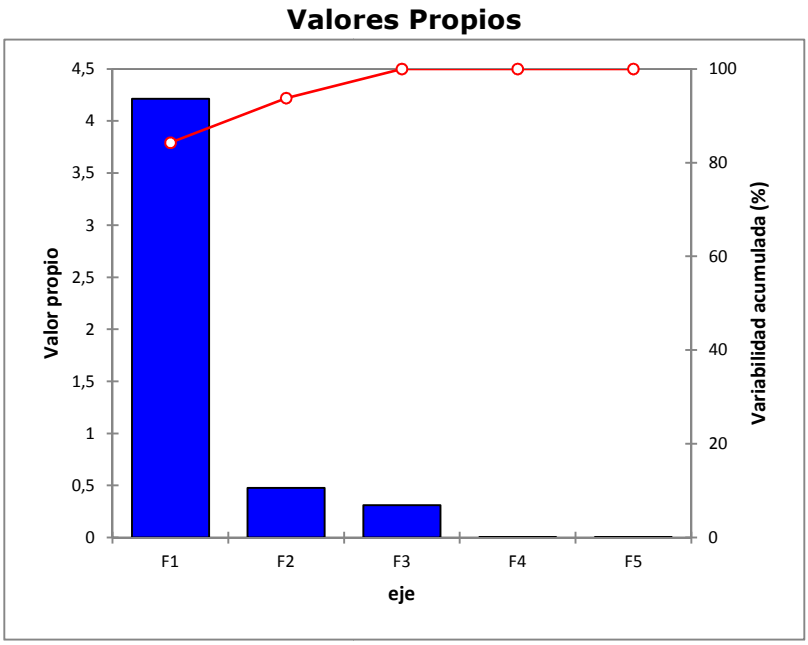
Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

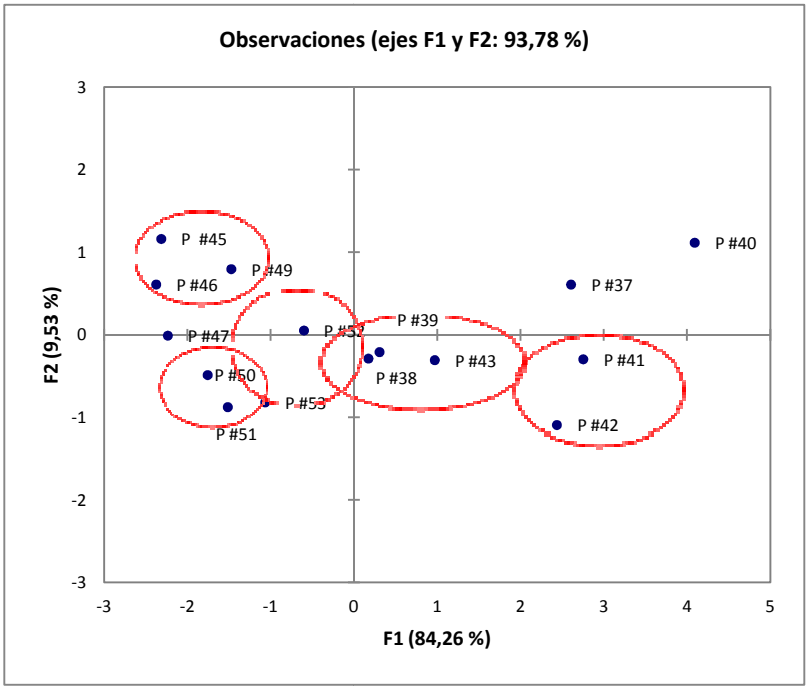
FIGURA 8.3.5.2-3
RESULTADOS SERIE DISCONTINUA 2001-2011



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

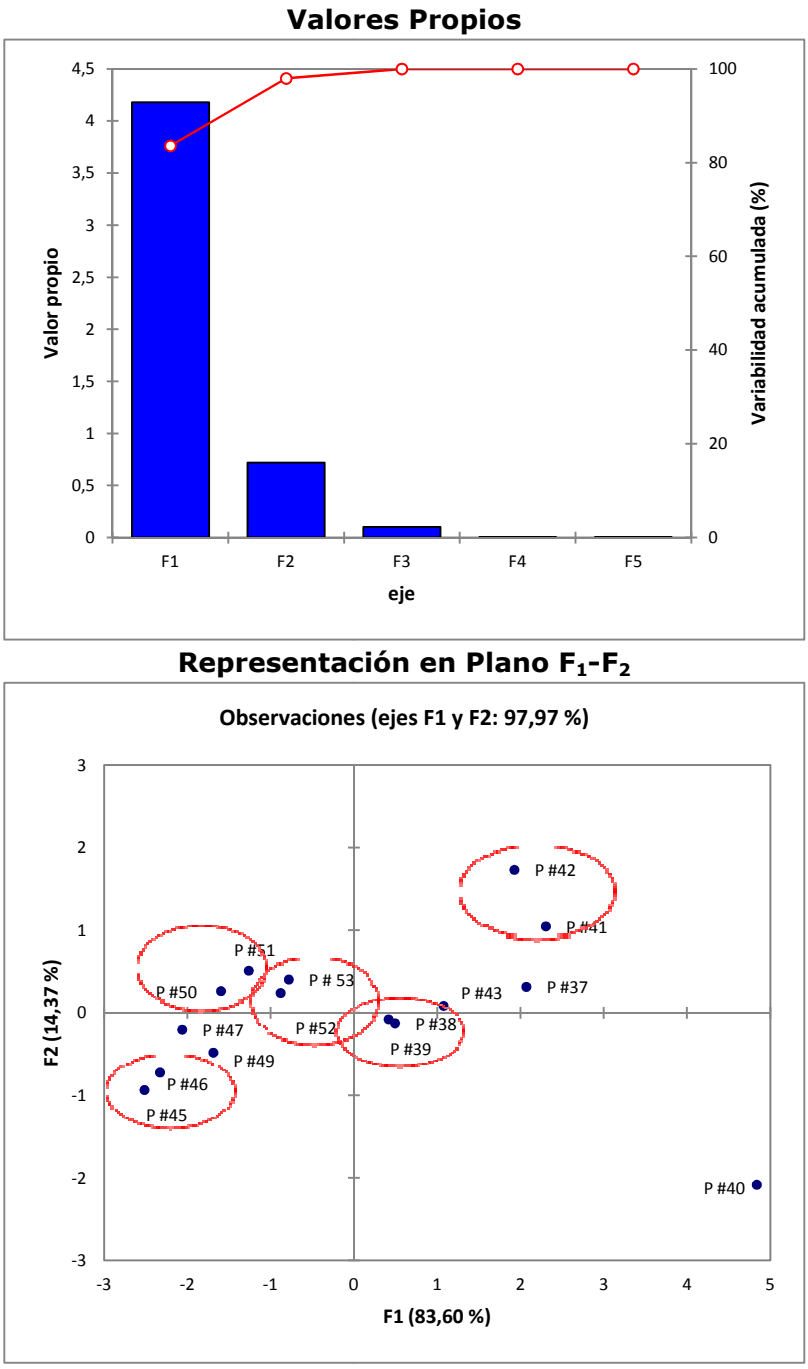
FIGURA 8.3.5.2-4
RESULTADOS SERIE DISCONTINUA 1987-2011





Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

FIGURA 8.3.5.2-5
RESULTADOS SERIE DISCONTINUA 1961-2011



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

8.3.6. Análisis de Resultados para Caso Ejemplo 8.3.4

Un primer elemento que se debe considerar es la redundancia identificada por cada uno de los métodos analizados, y que se mostró como pozos cercanos encerrados

con un círculo en el Acápite 8.3.6. En el Cuadro 8.3.6-1 se muestra para cada serie analizada los pozos identificados como posible redundantes, indicados en verde aquellos pares de pozos que se estima son redundantes. En primer lugar se observa que el método de la serie continua identificó un par de pozos posibles de ser redundantes. Por otra parte, los métodos aplicados a las series discontinuas encontraron 5 pares de pozos posibles de ser redundantes. Adicionalmente, con las series 2001-2011 y 1961-2011 se determinó un posible par adicional de pozos redundantes. Para verificar si la redundancia es verdadera, se aplicó el método PCA a las bases reducidas en las que se eliminó uno de los pozos redundantes. Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro 8.3.6-2, cuadro en el que se incluyen los valores propios F_1 y F_2 para la serie original y la serie reducida.

CUADRO 8.3.6-1
IDENTIFICACIÓN DE POZOS REDUNDANTES
PARA CASO EJEMPLO 8.3.4

Pozo	Continua	Discontinua 1987-2001	Discontinua 2001-2011	Discontinua 1987-2011	Discontinua 1961-2011
P #37					
P #38					
P #39					
P #40					
P #41					
P #42					
P #43					
P #45					
P #46					
P #47					
P #49					
P #50					
P #51					
P #52					
P #53					

Pozos Identificados como Independientes
Pozos Identificados como Redundantes

Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

Antes de continuar con el análisis de redundancia es conveniente analizar que sucede cuando se elimina un pozo que no es identificado como redundante. Por ejemplo para la serie discontinua 1987-2001 mostrada en la Figura 8.3.5.2-2, al eliminarse el Pozo #40, la varianza explicada disminuye de 96,4 % a 92,6 %, lo que muestra claramente que el Pozo #40 es importante para explicar la varianza. Por otra parte, al eliminar los pozos identificados como posibles redundante la varianza explicada se incrementa a 97,1 %, tal como lo muestra el Cuadro 8.3.6-2. Siguiendo una línea similar de análisis para la serie 1987-2011, al eliminar el Pozo #40, la varianza explicada también disminuye a 92,6 %. Una situación similar se repite para las otras series, en que al eliminar el Pozo #40, la varianza explicada disminuye a 91,6 para la serie 1987-2011 y a 93,0 para la serie 1961-2011.

CUADRO 8.3.6-2
VARIABILIDAD ASOCIADA A LOS VALORES PROPIOS
SERIES ANALIZADAS

Serie		F_1	F_2	F_1+F_2
Original				
Continua		53,487	20,334	73,821
Discontinua	**1987-2001**	82,140	14,301	96,441
	2001-2011	84,486	14,176	98,662
	1987-2011	84,257	9,526	93,783
	1961-2011	83,600	14,373	97,972
Reducida				
Continua		53,763	20,367	74,129
Discontinua	**1987-2001**	83,854	13,256	97,110
	2001-2011	88,671	8,011	96,682
	1987-2011	88,601	10,297	98,898
	1961-2011	87,211	11,171	98,832

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados mostrados en el Cuadro 8.3.6-2, se observa claramente que en tres de los cuatro casos, la eliminación de pozos potencialmente redundantes incrementa la varianza explicada. La excepción ocurre con la serie 2001-2011 en que la varianza explicada disminuye al eliminar los 6 pozos identificados como posiblemente redundantes. La explicación a este hecho es que el PCA identifica pozos ***"posiblemente redundantes"*** y no ***"redundantes",*** por lo que eliminarlos inmediatamente no es 100 % adecuado. Lo que se deba hacer en la aplicación posterior es proceder a hacer el análisis de redundancia en pasos, eliminando sólo algunos de los pozos candidatos a redundantes a la vez.

Un punto claro es que la metodología de series discontinuas permite capturar redundancias más claramente que la metodología de series continuas, ya que esta última metodología es capaz de explicar sólo un 74% del error, en cambio la metodología de series discontinuas predice sobre un 96 % del error. En todo caso, también se observa que al considerar diferentes periodos de análisis se observan diferentes redundancias, lo que en todo caso no afecta la calidad del resultado final. De hecho en el caso de la serie más larga, se obtiene el mayor incremento entre la serie original y la reducida. Debe hacerse notar que la selección final de pozos a eliminar de la red se realizará considerando la ubicación relativa de los pozos, de manera que no queden sectores sin representación, aunque no tengan efecto importante en la varianza explicada, y el análisis PCA indique que matemáticamente son redundantes.

8.3.7. Metodología Adoptada para Aplicar a la Red de Niveles de Copiapó

A partir del análisis desarrollado en el Acápite 8.3.6, se determinó que la metodología de series discontinuas es de mejor calidad y aplicabilidad que la metodología de series continuas, por lo que será esta nueva metodología la elegida para analizar la redundancia de los pozos de la red. En general la metodología de series continuas es más difícil de usar, ya que requiere de series con mayor cantidad de información, lo que hace

que su aplicabilidad sea reducida. Por el contrario, la metodología de series discontinuas permite manejar series con diferentes grados de vacíos, e incluso series continuas, para las que determinan sus indicadores como si fueran series discontinuas. También los resultados anteriores muestran claramente que es necesario realizar el proceso de eliminación en forma paulatina, y no para todos los pozos candidatos en un sólo paso.

En todo caso, para la aplicación de la metodología seleccionada al análisis de la red en su totalidad requiere que los datos se analicen desde diferentes puntos de vista: agrupación de pozos por sectores, agrupación de pozos por uso (observación y en uso propiamente tal), y agrupación de pozos por condición actual (secos).

Se hace notar que dado que identificar los pozos que pueden ser redundantes es complejo, se propone aplicar la metodología seleccionando los pozos que deben estar en la red, para luego determinar la información redundante. En definitiva, el protocolo de trabajo propuesto es el siguiente:

1. En primer lugar, el proceso se aplica sólo para los pozos de observación que no presentan problemas de acceso o profundidad (al menos actualmente).

2. Dada la escala, se identifican los pozos que forzosamente deben estar en la red, para eliminarlos del gráfico, ampliarlo y determinar cuáles pozos deben ser eliminados de la red. Luego se repite el proceso hasta que se determina que no haya pozos redundantes.

3. En segundo lugar el proceso presentado en las Etapas 1 y 2 se aplica a los pozos secos. Si bien es cierto estos pozos no son representativos en la actualidad, en el caso de aquellos que tienen suficiente longitud, lo que conviene es ubicar pozos más profundos en sus cercanías, de modo de asimilar los pozos nuevos con los antiguos. De esta manera se puede mantener una red capaz de medir los descensos por un tiempo mayor, pero sin perder la información histórica disponible.

4. Al igual que se hizo con los pozos de observación y secos, se aplica la metodología a los pozos en uso. Esto se hace con el mismo objetivo de mantener pozos secos, no perder la historia de los pozos.

5. Posteriormente, el proceso se aplica a cada uno de los sectores: usando la sectorización original, y no la modificada, ya que en general la cantidad de datos por sector en la nueva situación es muy reducida, lo que hace poco confiable el análisis de redundancia.

8.4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA ADOPTADA A LA RED DE NIVELES DE COPIAPÓ

8.4.1. Generalidades

Tal como se indicó en el acápite anterior, el análisis se presenta en diferentes etapas:

- Pozos de Observación
- Pozos Secos
- Pozos en Operación
- Pozos por Sectores

Los resultados se presentan en el Anexo H.

8.4.2. Resultados

8.4.2.1. Análisis Pozos de Observación

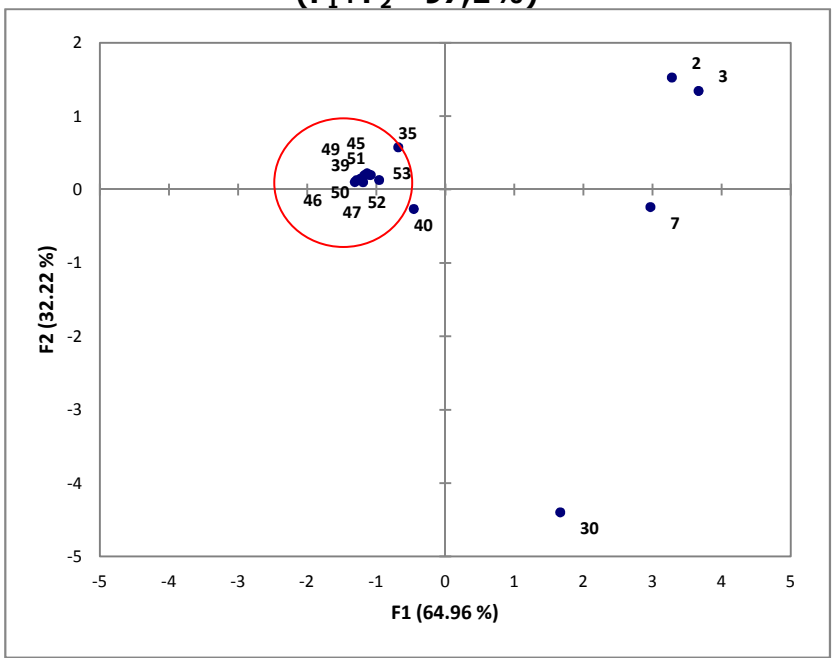
Tal como se indicó previamente, el análisis se realiza para los 15 pozos de observación que no están secos, o no presentan problemas de acceso.

Al analizar los pozos mostrados en la Figura 8.4.2.1-1, se observa claramente que los pozos 2, 3, 7 y 30 son lo suficientemente independientes por lo que deben estar en la red. Los restantes pozos están muy cercanos para determinar que pozo(s) es(son) redundante(s), por lo que se procede a ampliar la figura de manera de observar donde se encuentra la redundancia. En la Figura 8.4.2.1-2 se muestran 2 ampliaciones del área de trabajo. La primera ampliación muestra claramente que el pozo 40 está lo suficientemente alejado, es decir, no es redundante. Posteriormente la segunda ampliación muestra que habría que elegir entre los pozos 45 y 46 por una parte. Además debe seleccionarse un pozo entre 49 y 50, y por último uno entre 51 y 52. Dado que las longitudes de los registros son similares, se decide eliminar en forma preliminar los pozos 45, 49, y 51.

Al aplicar el proceso PCA a la serie reducida, se obtiene que la varianza explicada sea igual a 97,1 %, en términos prácticos el mismo valor que se obtuvo anteriormente. En la Figura 8.4.2.1-3 se muestra la nueva configuración y una ampliación de la zona que es difícil de distinguir.

FIGURA 8.4.2.1-1
ANÁLISIS POZOS OBSERVACIÓN: PASO 1
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2

(F_1+F_2= 97,2%)

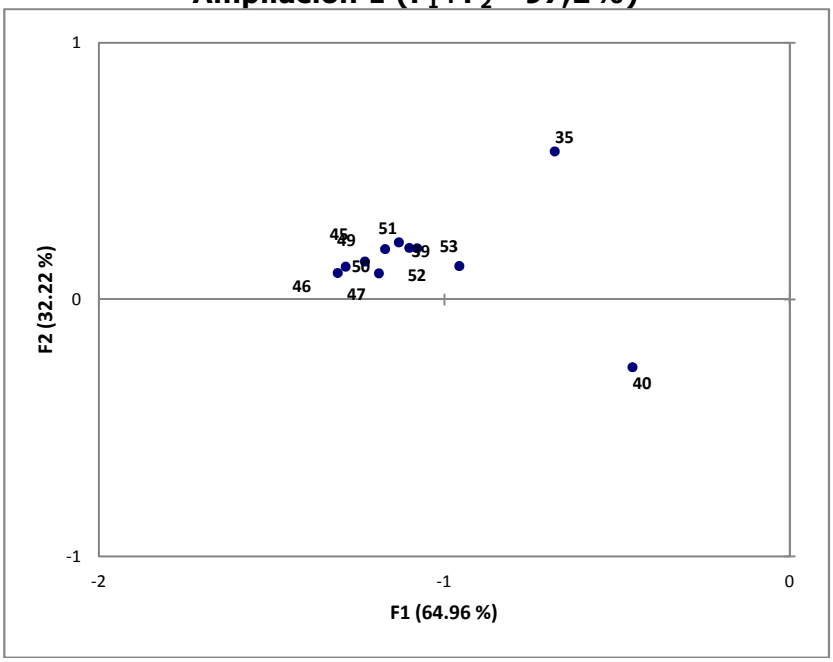


Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

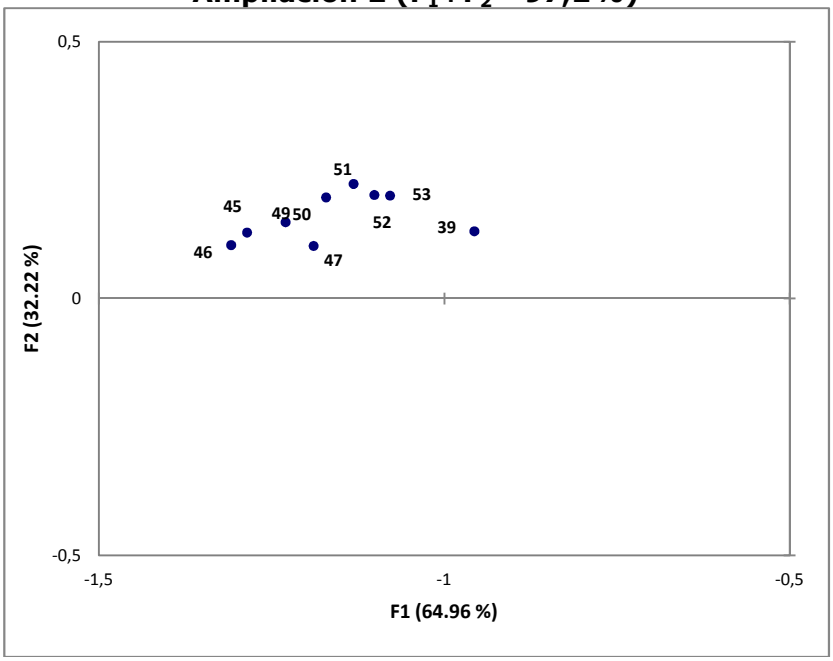
En la zona ampliada de la Figura 8.4.2.1-3 se observa que los pozos 52 y 53 ocupan en términos prácticos el mismo espacio, por lo que se propone eliminar uno de ellos. Al eliminar el pozo 53, el error explicado se mantiene en 97,1 %, lo que confirma la redundancia. Se hace notar que el análisis de redundancia podría continuar, pero se decide no hacer una nueva iteración, ya que el error explicado es bastante alto.

FIGURA 8.4.2.1-2
ANÁLISIS POZOS OBSERVACIÓN: PASO 2
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2

Ampliación 1 (F_1+F_2= 97,2%)



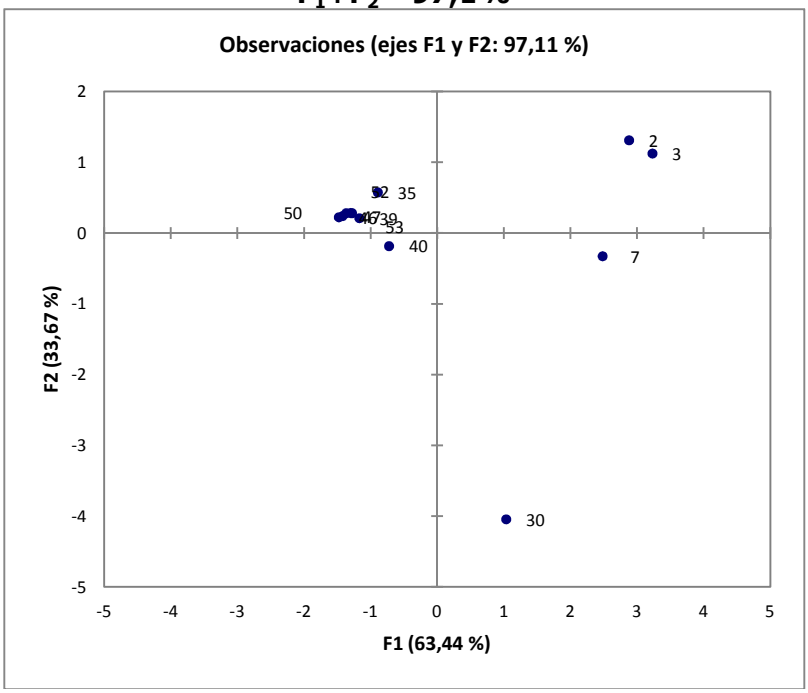
Ampliación 2 (F_1+F_2= 97,2%)



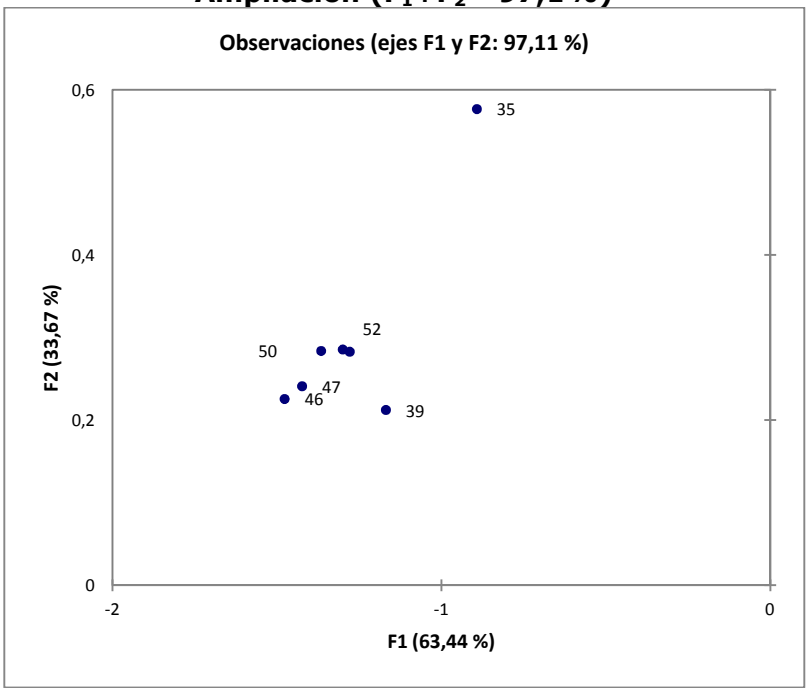
Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

FIGURA 8.4.2.1-3
ANÁLISIS POZOS OBSERVACIÓN: PASO 3
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2

F_1+F_2= 97,1%



Ampliación (F_1+F_2= 97,1%)



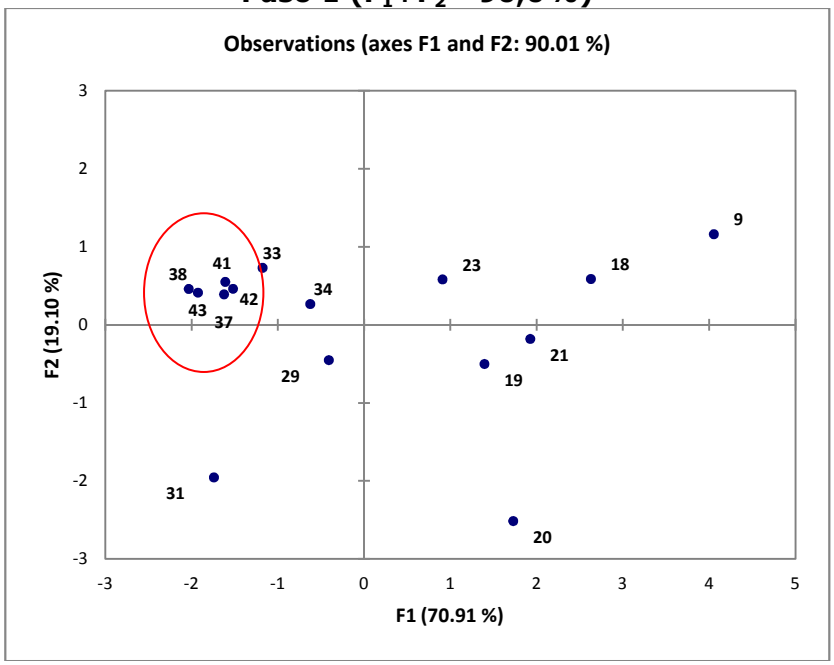
Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

8.4.2.2. Análisis Pozos Secos

El siguiente paso fue analizar los pozos secos, los que en total suman 15. En la Figura 8.4.2.2-1 se observa que los pozos 37, 38, 41, 42 y 43 pueden ser redundantes. Posteriormente se muestra en la Figura 8.4.2.2-1 que al eliminar los pozos 41 y 37 se obtienen mejores resultados.

FIGURA 8.4.2.2-1
ANÁLISIS POZOS SECOS
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2

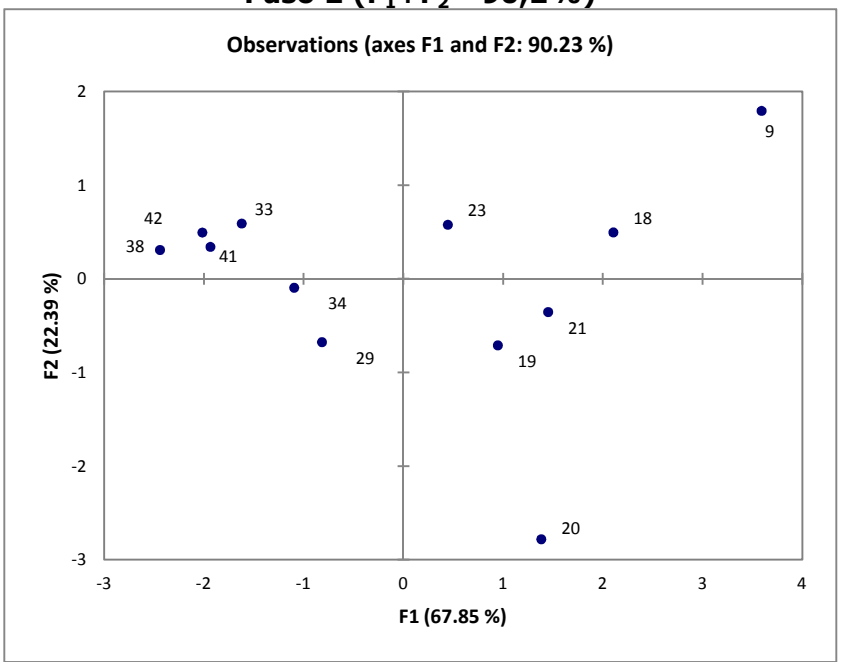
Paso 1 (F_1+F_2= 90,0%)



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

FIGURA 8.4.2.2-2
ANÁLISIS POZOS SECOS
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2

Paso 2 (F_1+F_2= 90,2%)



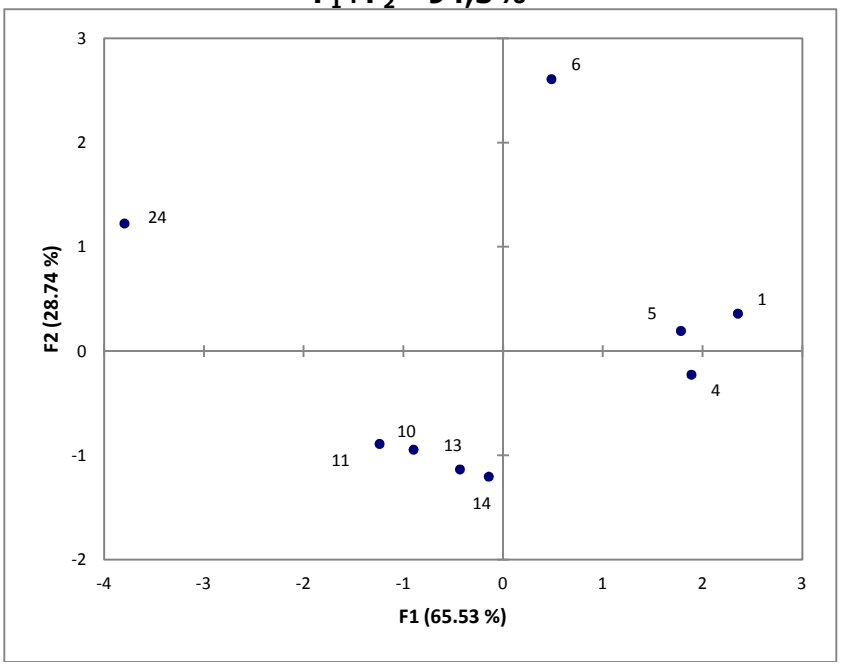
Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

8.4.2.3. Análisis Pozos en Operación

Siguiendo la línea de trabajo realizada anteriormente con los pozos de observación y secos, se analizaron los 17 pozos en uso que no están secos o sin acceso. De estos, se eliminaron 8 que tienen registros muy cortos, entre 2 y 3 años, fundamentalmente porque en estos casos la variable desviación es anormalmente grande dado el reducido número de datos. Con los 9 pozos restantes se construyó la Figura 8.4.2.3-1 en la que no se observan agrupaciones de pozos, por lo que se determinó que no hay redundancia. Es importante entender que desarrollar el análisis con estos pozos de periodo muy corto introduce errores que no es posible manejar, por lo que no es aconsejable mantenerlos en el análisis.

FIGURA 8.4.2.3-1
ANÁLISIS POZOS USO: PASO 1
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2

F_1+F_2= 94,3%



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

8.4.2.4. Análisis por Sectores

En esta sección se presenta el análisis de redundancia de los pozos para los sectores 1 al 5. Para el Sector 6, se presenta un nuevo análisis, ya que en la etapa de validación de la metodología, se determinó que eliminar todos los pozos que pueden ser redundantes de una sola vez no es adecuado.

En la Figura 8.4.2.4-1 se muestran los resultados para el Sector 1, en su versión original, se marcan con círculos 2 sectores. En el primero se indican los pozos 2 y 4, cuyos valores están bastante cercanos, por lo que se decidió eliminar el pozo 4 por entregar información muy similar a la del pozo 2. Por otra parte, para la segunda redundancia identificada, los pozos 1 y 3 están muy cercanos, por lo que se decide eliminar el pozo 3. De esta manera, la red modificada para el sector 1 tendría 6 pozos.

Para el Sector 2 los resultados se muestran en la Figura 8.3.2.4-2. Inicialmente se observa que los pozos 14 y 15 se ubican relativamente cerca, por lo que se decidió eliminar uno de los pozos, en este caso el pozo 15, de modo que la distancia entre los pozos es mayor, y por lo tanto la redundancia es menor.

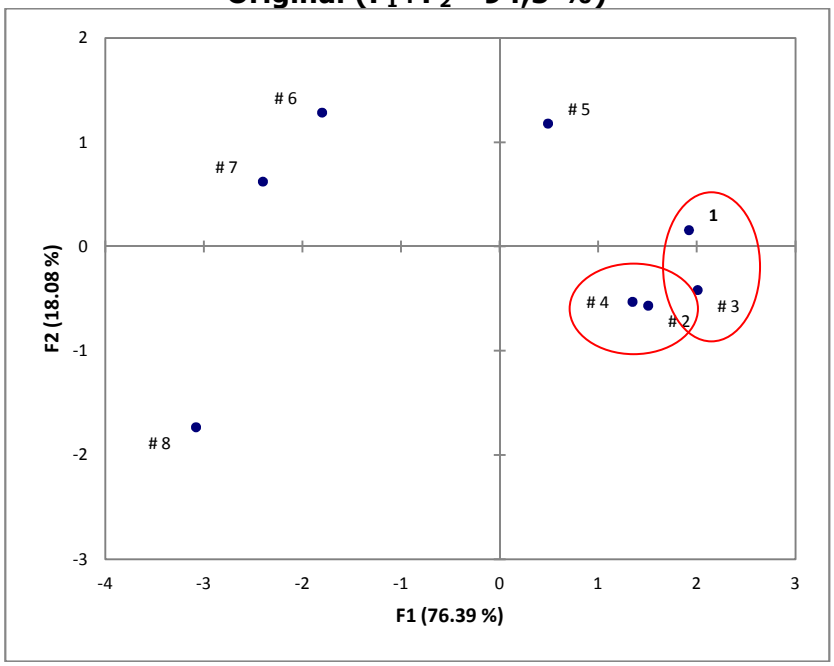
Por otra parte, para el Sector 3 se observa en la Figura 8.4.2.4-3 que no hay acumulación de pozos, lo que indica no hay redundancia. Una situación similar se presenta para el Sector 4 que también se visualiza en la misma figura. Por último, en la

Figura 8.4.2.4-4 se muestran los resultados para el Sector 5, sector para el que tampoco se observa redundancia.

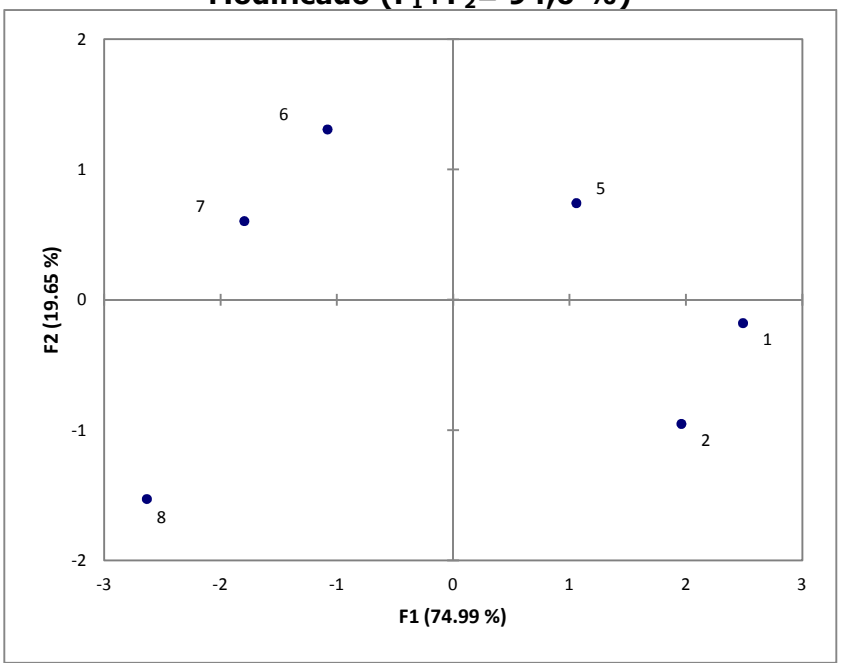
En la Figura 8.4.2.4-5 se muestran los resultados para el Sector 6. Se observan 6 pares de pozos candidatos a redundantes: 38/39, 41/42, 45/46, 50/51 y 52/53. Al analizar la información en detalle, se observa que los pozos 38, 41 y 42 están secos, por lo que en el caso del par de datos 38/39, se elige 39. En el caso del par 41/42, se puede elegir cualquier pozo, por lo que se elige eliminar el 41. Por último, en este primer paso se elige eliminar un tercer pozo, en este caso el 53. La varianza explicada entre el paso 1 y el Paso 2, varía entre 97,8 % y 98,5 %, es decir, el análisis de redundancia efectivamente permitió eliminar pozos redundantes. En un tercer paso se eliminaron los pozos 45 y 50 determinados previamente como redundantes. Luego de eliminar estos últimos pozos, la varianza explicada es de 98,4 %, en términos prácticos igual a la del paso anterior. La configuración final de pozos también se muestra en la Figura 8.4.2.4-5.

FIGURA 8.4.2.4-1
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2 SECTOR 1

Original (F_1+F_2= 94,5 %)



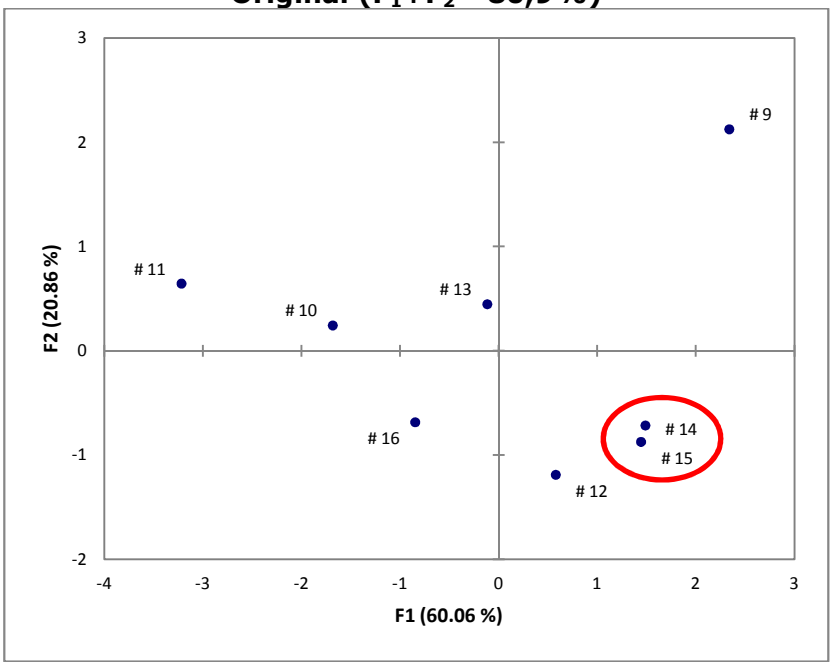
Modificado (F_1+F_2= 94,6 %)



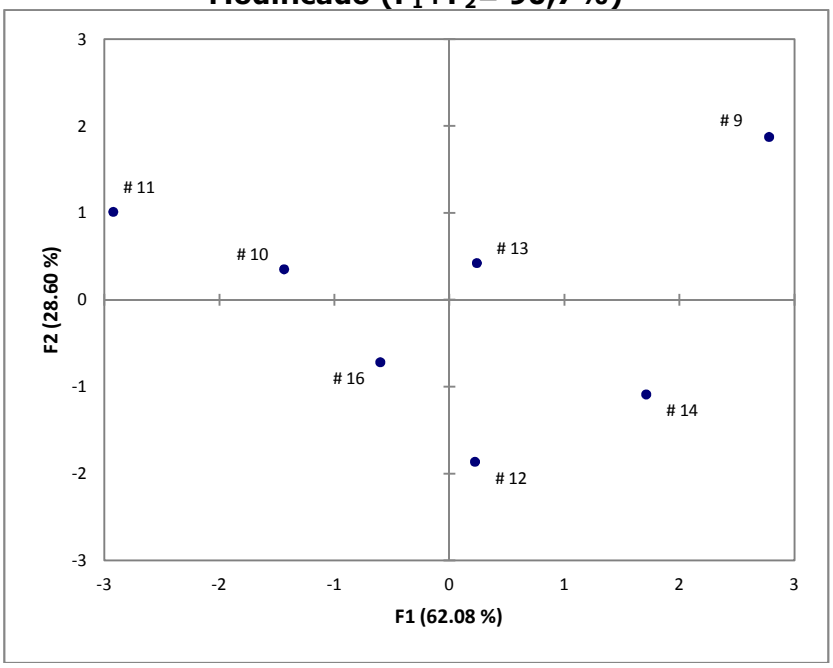
Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

FIGURA 8.4.2.4-2
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2 SECTOR 2

Original (F_1+F_2= 80,9%)



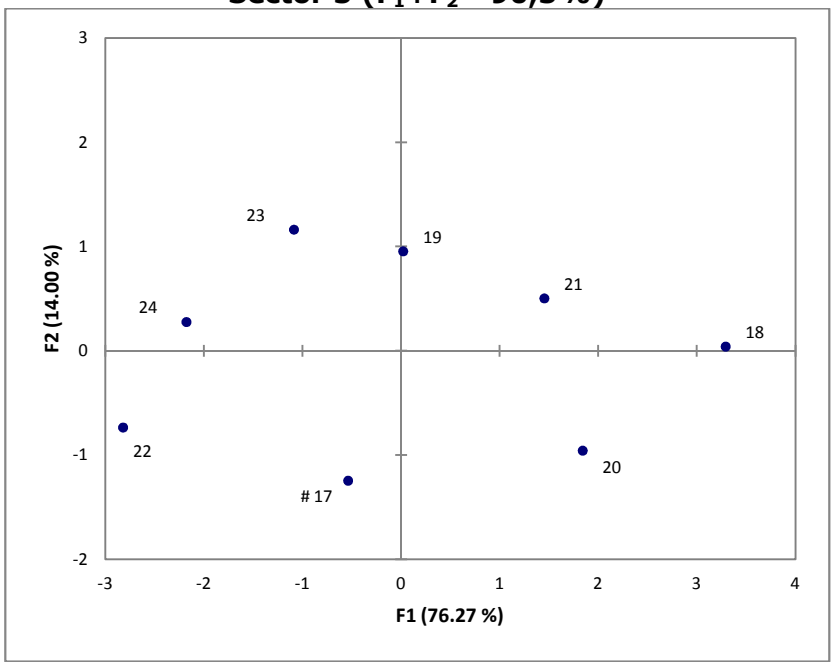
Modificado (F_1+F_2= 90,7%)



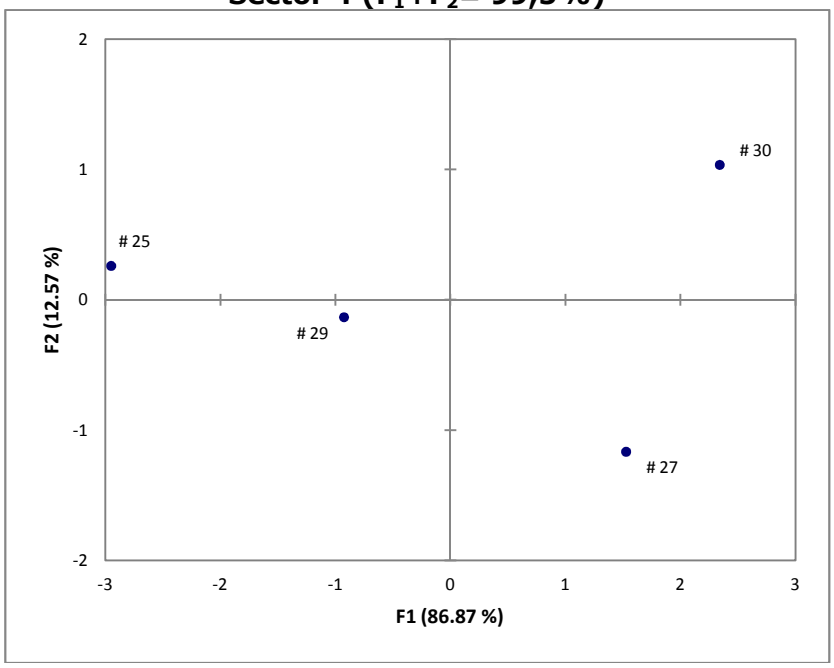
Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

FIGURA 8.4.2.4-3
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2 SECTORES 3 y 4

Sector 3 (F_1+F_2= 90,3%)



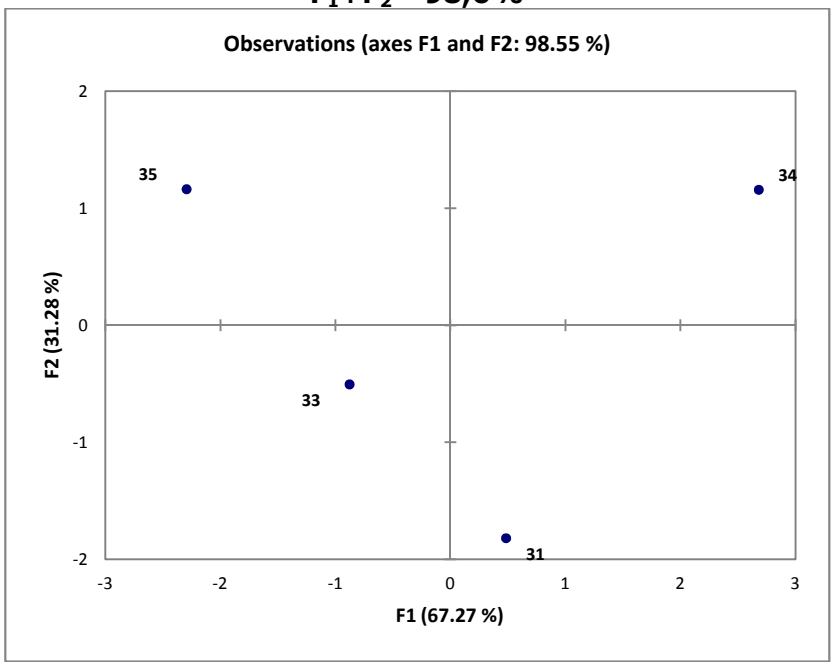
Sector 4 (F_1+F_2= 99,5%)



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

FIGURA 8.4.2.4-4
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2 SECTOR 5

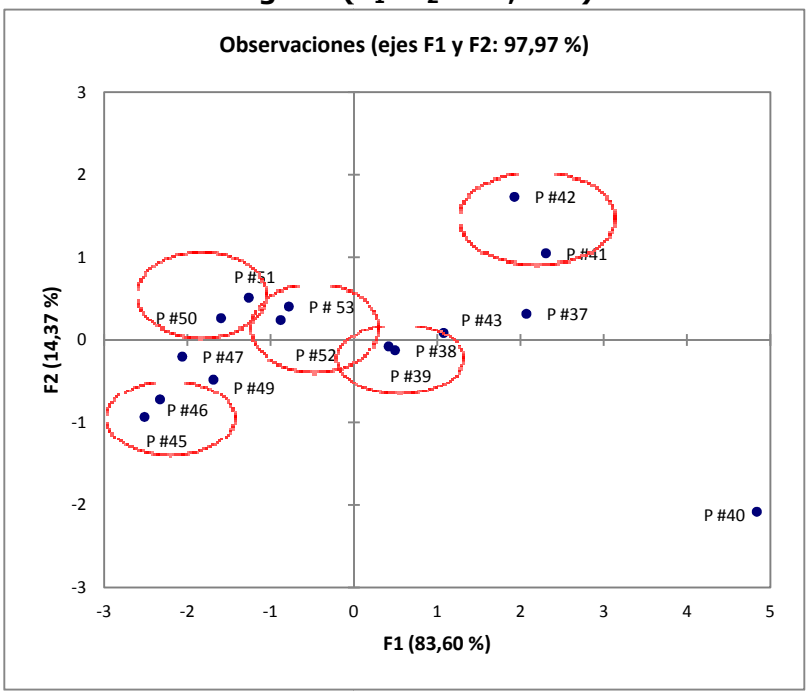
F_1+F_2= 98,6%



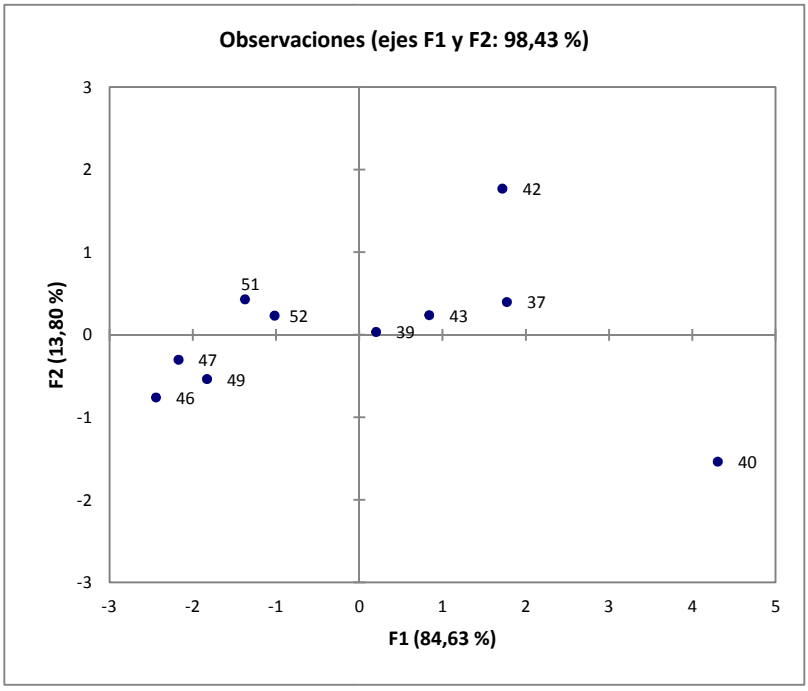
Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

FIGURA 8.4.2.4-5
REPRESENTACIÓN EN PLANO F_1-F_2 SECTOR 6

Original (F_1+F_2= 97,9 %)



Modificado (F_1+F_2= 98,4 %)



Fuente: Elaboración propia usando xlstat Versión 2012.3.03

8.4.3. Base de Datos Resultante

Luego de aplicado el análisis de redundancia, se debe determinar los elementos de la red antigua que continúan en la red nueva, ya sea como pozos que se mantienen, o como pozos que se deben agregar de reemplazo de pozos existentes. Para esto se confeccionó el Cuadro 8.4.3-1 en el que se indica en primer lugar los pozos que deberían estar en la red de acuerdo a los criterios de análisis: observación, secos, usos, sector, y longitud. En el cuadro se indican los pozos adoptados para la red bajo los siguientes criterios:

- Se adoptan directamente los pozos seleccionados en el análisis de pozos de observación
- Se adoptan aquellos pozos seleccionados en al menos 2 de los análisis de pozos secos, por operación, o que además fueron seleccionados en el análisis por sector
- Se adoptan aquellos pozos seleccionados con uno de los criterios, secos o en operación, pero que a la vez tengan registros largos con más de 10 años de longitud

Se hace notar que el análisis PCA excluye pozos con registros cortos por ser relativamente nuevos, por lo anterior, se sugiere proponer una red de tipo secundario adicional a lo propuesto por el PCA. Siguiendo este procedimiento, la red se reduce de 53 a 37, tal como se muestra en el Cuadro 8.4.3-1, con una red secundaria de 6 pozos.

CUADRO 8.4.3-1
SELECCIÓN DE POZOS DE LA RED NUEVA MEDIANTE PCA
APLICADO A LA RED DEPURADA

Pozo	Sector	Sub-Sector	Nombre	Observación	Secos	Operación	Sector	Longitud	Red Secundaria	Adoptado	Razón para Aceptación
1	1	1a	Hda. Manflas (Manflas Ante Hda.)								PC
2	1	1a	Hda. Manflas								PO
3	1	1b	Iglesia Colorada								PO
4	1	1b	Quebrada Seca								PL
5	1	1c	Fundo Rodeo								PC
6	1	1d	Algarrobo La Virgen								PC
7	1	1d	Junta Manflas								PO
8	1	1d	Pastillo (Prohens)								RS
9	2	2a	Embalse Lautaro								PC
10	2	2a	Escuela 17 Los Loros								PC
11	2	2a	Fundo La Puerta								PC
12	2	2a	Goyo Díaz								RS
13	2	2a	Pueblo San Antonio								PC
14	2	2a	Quebrada Calquis (Antiguo)								PC
15	2	2a	Quebrada Calquis UAC								NS1
16	2	2a	Vegas El Giro								PC
17	3	3a	Agrícola Villa María								NS1

CUADRO 8.4.3-1
SELECCIÓN DE POZOS DE LA RED NUEVA MEDIANTE PCA APLICADO A LA RED DEPURADA

Pozo	Sector	Sub-Sector	Nombre	Observación	Secos	Operación	Sector	Longitud	Red Secundaria	Adoptado	Razón para Aceptación
18	3	3a	Hornito (Rojas)								PC
19	3	3a	Pabellón								PC
20	3	3a	Planta Elisa de Bordo								PC
21	3	3a	Villa María- Hornitos								PC
22	3	3b	Fundo Alianza								RS
23	3	3b	Quebrada Cerrillos								PC
24	3	3b	Quebrada Cerrillos Amancay								PC
25	4	4a	Buitron								NS2
27	4	4a	Hochilds								NS1
29	4	4a	Pueblo San Fernando (Las Cañas)								PC
30	4	4a	Quebrada Infernillo (Mal Paso)								PO
31	5	5a	Escuela Italiana								RS
33	5	5a	Hda. Toledo								PL
34	5	5a	Valle Dorado								PL
35	5	5a	Villa Candelaria (Daniel Álvarez)								PO
37	6	6a	Fundo San Juan								PL
38	6	6a	Hda. Margarita								PL
39	6	6a	Hda. Margarita (Mamoros)								PO
40	6	6a	Hda. San Francisco								PO
41	6	6a	Noria Santelices								PC
42	6	6a	Piedra Colgada (13)								PC
43	6	6a	San Pedro (11)								PL
44	6	6a	San Pedro (Floridor)								RS
45	6	6b	Hda. María Isabel (1)								NS2
46	6	6b	Hda. María Isabel (3)								PO
47	6	6b	Hda. María Isabel (4)								PO
48	6	6b	Kiosco Santa Valentina								RS
49	6	6b	Monte Amargo (2)								PL
50	6	6b	Punta Picazo(5)								PO
51	6	6b	San Camilo (6)								PL
52	6	6b	San Camilo (8)								PO
53	6	6b	Valle Fértil								NS2
			Total	**11**	**12**	**9**	**31**	**36**	**6**	**43**	**-**

	Pozos Preseleccionados
	Pozos Seleccionados
	Pozo con registro largo (> 10)
	Pozos Eliminados
PO	Pozo Seleccionado por ser de Observación
PC	Pozo Seleccionado por cumplir 2 de los criterios: Operación, Seco o Sector
PL	Pozo Seleccionado por longitud de registros
RS	Pozos Aceptados para la Red Secundaria
NS1	No seleccionado por cumplir solo 1 criterio
NS2	No seleccionado por no cumplir criterios

Fuente: Elaboración propia

Al analizar los resultados del Cuadro 8.4.3-2 se muestra que la red queda compuesta por 11 pozos seleccionados por ser de observación, 18 pozos seleccionados por cumplir con los criterios, 8 por su longitud y 6 como parte de la red secundaria.

Usando la información del Cuadro 8.4.3-1, se determinó la densidad de la red que se muestra en el Cuadro 8.4.3-3, tanto para la sectorización original, como para la sectorización del DICTUC. Se hace notar que los pozos que forman parte de la red secundaria no se consideran para el cálculo de los parámetros de la red. En este cuadro se muestra además la red original con sus respectivas densidades. Estos cuadros muestran claramente que la red reducida tiene problemas de representatividad en cuanto a densidad, ya que la densidad de la zona 6 es mucho menor a la densidad de la zona 1, es decir, hay menos estaciones por unidad de superficie. En todo caso, todos los sub-sectores están representados en la red. El respaldo con el cálculo de densidades y de la red reducida se presenta en el Anexo I.

CUADRO 8.4.3-2
DENSIDAD RED REDUCIDA

Sectorización Original				
Sector	**Original**		**Reducida**	
	Número de Pozos	**Densidad (#/km^2)**	**Número de Pozos**	**Densidad (#/km^2)**
1	8	0,244	7	0,213
2	8	0,213	6	0,160
3	8	0,149	6	0,112
4	6	0,057	2	0,019
5	5	0,049	3	0,029
6	18	0,043	13	0,031
Total	**53**	**-**	**37**	-
Sectorización DICTUC				
Sub-Sector	**Número de Pozos**	**Densidad (#/km^2)**	**Número de Pozos**	**Densidad (#/km^2)**
1a	2	0,282	2	0,282
1b	2	0,267	2	0,267
1c	1	0,128	1	0,128
1d	3	0,288	2	0,192
2a	8	0,213	6	0,160
3a	5	0,189	4	0,152
3b	3	0,110	2	0,074
4a	6	0,057	2	0,019
5a	5	0,041	3	0,024
6a	9	0,068	7	0,053
6b	9	0,034	6	0,023
Total	**53**	**-**	**37**	**-**

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

Por último, en el Cuadro 8.4.3-3, se muestran los pozos componentes de la red reducida, que fueron seleccionados usando PCA, y en el Cuadro 8.4.3-4 los pozos de la red secundaria.

CUADRO 8.4.3-3
POZOS COMPONENTES DE LA RED PRINCIPAL
SELECCIONADOS USANDO PCA

#	Sector	Sub-Sector	# Antiguo	Coordenadas(m)			Uso	Observaciones
				Norte	Este	Cota		
1	1	1a	1	6.891.871,1	403.735,9	1.296,7	Riego	
2	1	1a	2	6.886.875,1	403.324,8	1.429,7	Observación	
3	1	1b	3	6.884.187,8	414.735,4	1.573,3	En Reparaciones	
4	1	1b	4	6.886.169,0	411.976,9	1.493,7	Riego	
5	1	1c	5	6.898.073,1	407.408,0	1.248,1	Riego	
6	1	1d	6	6.902.276,2	403.915,1	1.151,7	Riego	
7	1	1d	7	6.898.029,8	403.606,1	1.198,2	Observación	
8	2	2a	9	6.904.769,3	401.524,3	1.115,4	Piezómetro	Seco
9	2	2a	10	6.921.025,6	391.053,3	960,4	Riego	
10	2	2a	11	6.923.434,2	388.877,3	886,5	Riego	
11	2	2a	13	6.915.749,0	396.199,0	1.020,0	Riego	
12	2	2a	14	6.909.886,0	400.550,0	1.093,0	Riego	
13	2	2a	16	6.916.884,1	394.760,6	989,3	Riego	Sin Acceso Último Año
14	3	3a	18	6.929.417,9	383.845,4	799,1	Observación	Seco
15	3	3a	19	6.942.355,2	378.669,4	655,6	Observación	Seco
16	3	3a	20	6.933.491,7	382.092,0	753,2	Observación	Seco
17	3	3a	21	6.936.528,3	379.562,4	715,1	Riego	Seco
18	3	3b	23	6.949.649,1	376.689,1	597,8	Sin Uso	Seco
19	3	3b	24	6.949.718,2	377.107,8	611,2	Riego	
20	4	4a	29	6.968.006,1	372.276,8	432,3	Observación	Seco
21	4	4a	30	6.955.346,3	375.038,0	512,3	Sin Información	
22	5	5a	33	6.979.338,2	357.003,7	291,7	Observación	Seco
23	5	5a	34	6.975.316,3	362.229,2	333,1	Observación	Seco
24	5	5a	35	6.979.309,6	358.951,1	297,2	Sin Información	
25	6	6a	37	6.977.601,2	350.339,5	246,1	Observación	Últimos Meses Seco
26	6	6a	38	6.975.101,4	341.191,4	195,0	Sin Uso	Seco
27	6	6a	39	6.974.008,0	341.042,6	193,4	Observación	
28	6	6a	40	6.980.247,5	355.036,8	280,5	Sin Uso	
29	6	6a	41	6.978.640,7	353.178,2	264,8	Sin Uso	Seco
30	6	6a	42	6.979.848,1	353.128,0	268,4	Observación	Seco
31	6	6a	43	6.977.201,0	345.668,7	214,8	Observación	Seco
32	6	6b	46	6.974.629,5	324.827,6	105,7	Observación	
33	6	6b	47	6.974.192,9	326.794,1	124,7	Observación	
34	6	6b	49	6.973.059,4	329.531,3	131,0	Observación	
35	6	6b	50	6.972.994,1	332.401,0	150,7	Observación	
36	6	6b	51	6.970.812,0	333.555,0	161,4	Observación	
37	6	6b	52	6.971.845,5	335.543,2	166,7	Observación	

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

CUADRO 8.4.3-4
POZOS COMPONENTES DE LA RED SECUNDARIA

#	Sector	Sub-Sector	# Antiguo	Coordenadas(m)			Uso	Observaciones
				Norte	Este	Cota		
1	1	1d	8	6.899.416,6	404.283,4	1.178,1	Riego	
2	2	2a	12	6.911.951,3	399.223,7	1.044,5	Riego	
3	3	3b	22	6.946.839,0	376.589,0	608,0	Riego	
4	5	5a	31	6.974.241,1	366.171,2	355,0	Observación	Seco
5	6	6a	44	6.976.256,9	348.029,0	230,1	Riego	
6	6	6b	48	6.974.148,3	339.384,6	185,2	Riego	Sin Acceso último Año

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

8.5. MODIFICACIONES PROPUESTAS A LA RED DE VIGILANCIA

Al analizar los pozos componentes de la red reducida, se observa que 13 pozos son netamente de observación o están sin uso, 15 están secos o sin acceso en el último tiempo (13 de observación y 2 en operación), y 9 están en operación en la actualidad. Con el fin de no perder la información histórica de los pozos, se sugiere profundizar los pozos secos, o en caso en que esto no sea posible, se sugiere instalar piezómetros de observación muy cercanos a los pozos secos y en uso. Dado que los piezómetros no captan agua, no están sujetos al radio de protección legal, por lo que podrían instalarse cerca a los pozos existentes, sin alterar la situación de derechos. En segundo lugar, con el fin de mejorar la densidad de la red, se propone incrementar el número de pozos de la red en algunos sectores específicos. Lo que interesa es que en cada uno de los sub-sectores la densidad sea al menos igual a lo recomendado por el EEA, lo cual se cumple para toda la red, con excepción del sub-sector 4a. Por otra parte, dado que la densidad de los sub-sectores 4a, 5a y 6b es baja, la red se debe incrementar con pozos en los citados sub-sectores. Se agregaron 5 pozos, 2 en el sub-sector 4a, 1 en el 5a y 2 en el 6b, de manera que las densidades de los sectores son del mismo orden de magnitud. Dado que en la red secundaria hay un pozo del sector 5a y otro del 6b, estos 2 pozos serán incluidos en la red propuesta, por lo que la red secundaria se reduce de 6 a 4 pozos. Lo anterior queda de manifiesto en el Cuadro 8.5-1, en el que se compara la red reducida con la red final.

La red propiamente tal se presenta en el plano de la Figura 8.5-1. El detalle se presenta en el Anexo I.

Ahora bien, con el fin de ubicar los 3 pozos faltantes de definir para la red, se propone usar una combinación entre PCA y modelación del sistema acuífero. Esto se logra seleccionando ubicaciones de pozos candidatos, para los que mediante la aplicación del modelo de simulación se genere la curva de niveles en el tiempo. Posteriormente, se ingresa esta curva de niveles modelada al análisis PCA. En este caso pueden ocurrir 2 cosas: si el error explicado por el PCA no varía o no varía sustancialmente, entonces se debe analizar otra posible ubicación. Si por el contrario, el error explicado varía en una forma importante, entonces el pozo candidato es incluido en la red.

CUADRO 8.5-1
DENSIDAD RED FINAL

Sectorización Original					
Sector	**Red Reducida por PCA**		**Red Final**		
	Número de Pozos	**Densidad (#/km²)**	**Pozos Adicionales**	**Número de Pozos**	**Densidad (#/km²)**
1	8	0,244		7	0,213
2	8	0,213		6	0,160
3	8	0,149		6	0,112
4	6	0,057	2	4	0,038
5	5	0,049	1	4	0,039
6	18	0,043	2	15	0,036
Total	**53**	**-**		**42**	
Sectorización DICTUC					
Sub-Sector	**Red Reducida por PCA**		**Red Final**		
	Número de Pozos	**Densidad (#/km²)**	**Pozos Adicionales**	**Número de Pozos**	**Densidad (#/km²)**
1a	2	0,282		2	0,282
1b	2	0,267		2	0,267
1c	1	0,128		1	0,128
1d	2	0,192		2	0,192
2a	6	0,160		6	0,160
3a	4	0,152		4	0,152
3b	2	0,074		2	0,074
4a	2	0,019	2	4	0,038
5a	3	0,024	1	4	0,033
6a	7	0,053		7	0,053
6b	6	0,023	2	8	0,030
Total	**37**	**-**	**5**	**42**	-

Fuente: Elaboración propia en base a información DGA

LEYENDA

Red de Medición Niveles Estáticos de Pozos

ID	POZO
1	HDA MANFLAS (manflas ante hda).
2	HDA MANFLAS .
3	IGLESIA COLORADA
4	QUEBRADA SECA
5	FUNDO RODEO
6	ALGARROBO LA VIRGEN
7	JUNTA MANFLAS
8	PASTILLO (PROHENS)
9	EMBALSE LAUTARO
10	ESCUELA 17 LOS LOROS
11	FUNDO LA PUERTA
12	GOYO DIAZ
13	PUEBLO SAN ANTONIO
14	QUEBRADA CALQUIS (Antiguo)
15	QUEBRADA CALQUIS UAC
16	VEGAS EL GIRO
17	AGRÍCOLA VILLA MARÍA
18	HORNITO (ROJAS)
19	PABELLÓN
20	PLANTA ELISA DE BORDO
21	VILLA MARIA- HORNITOS
22	FUNDO ALIANZA
23	QUEBRADA CERRILLOS
24	QUEBRADA CERRILLOS AMANCAY
25	HOCHSCHILD
26	BUITRON

ID	POZO
27	CAROLA
28	PUCOBRE (8)
29	PUEBLO SAN FERNANDO (Las Cañas)
30	QUEBRADA INFERNILLO (MAL PASO)
31	ESCUELA ITALIANA
32	GINO AROSTICA
33	HDA TOLEDO
34	VALLE DORADO
35	VILLA CANDELARIA (DANIEL ALVAREZ)
36	CANTO DEL VIENTO
37	FUNDO SAN JUAN
38	HDA MARGARITA
39	HDA MARGARITA (Mamoros)
40	HDA SAN FRANCISCO
41	NORIA SANTELICES
42	PIEDRA COLGADA (13)
43	SAN PEDRO (11)
44	SAN PEDRO (FLORIDOR)
45	HDA MARÍA ISABEL (1)
46	HDA MARÍA ISABEL (3)
47	HDA MARÍA ISABEL (4)
48	KIOSCO SANTA VALENTINA
49	MONTE AMARGO (2)
50	PUNTA PICAZO(5)
51	SAN CAMILO (6)
52	SAN CAMILO (8)
53	VALLE FERTIL

SIMBOLOGÍA

Información Base

- Red Vial
- Pavimento
- Ripio
- Tierra
- Sin informacion
- Localidades

Sectorización DICTUC

- Sector 1A
- Sector 1B
- Sector 1C
- Sector 1D
- Sector 2A
- Sector 3A
- Sector 3B
- Sector 4A
- Sector 5A
- Sector 6A
- Sector 6B

Red de medición Nivel Estatico de Pozos

- Pozos adicionales propuestos
- Pozos Actuales
- Pozas Actuales Seleccionados por PCA
- Pozos Red Secundaria

Región de Copiapó

País Chile

DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
División de Estudios y Planificación

SISTEMA DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

ANALISIS CRÍTICO DE LA RED DE NIVELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE COPIAPÓ

RED DE MEDICIÓN FINAL

Fuente Cartográfica: Cartografía Regular 1:250.000
Fuente Temática: DGA. 2012, H2 Cuenca Ingenieros Consultores Lmtda., 2012.

ESCALA 1:150,000
500 250 0 Km

Jefe División Adrian Lillo Z.
Inspector Fiscal Miguel Angel Caro H.

Referencia Cartográfica: Proyección UTM DATUM WGS84 HUSO 19 Sur

Fecha: Febrero 2012

FIGURA: 8.5-1

8.6. GUÍA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE NIVELES

8.6.1. Introducción

El control y la vigilancia de las aguas subterráneas es de suma importancia en orden a establecer una serie de medidas relacionadas con la utilización y la protección de los recursos hidrogeológicos, para poder abordar los problemas de sobreexplotación y contaminación que afectan a los acuíferos.

En este capítulo se describen los diferentes sistemas usados en las distintas fases de un proceso de monitorización, estas son las siguientes: medición de parámetros, registro de los datos, transmisión y finalmente la evaluación y gestión de los datos obtenidos. Como consecuencia de estas necesidades, se plantea una Red de Control de Aguas Subterráneas como la herramienta más eficaz en la lucha y prevención frente a los problemas anteriores, contribuyendo también, en gran medida, a un mejor conocimiento y gestión de los sistemas hidrogeológicos.

Las soluciones tecnológicas para el control y vigilancia automática de las aguas subterráneas que se analizan se refiere al control del nivel piezométrico y al de la calidad de aguas.

8.6.2. Fases de Control

8.6.2.1. Generalidades

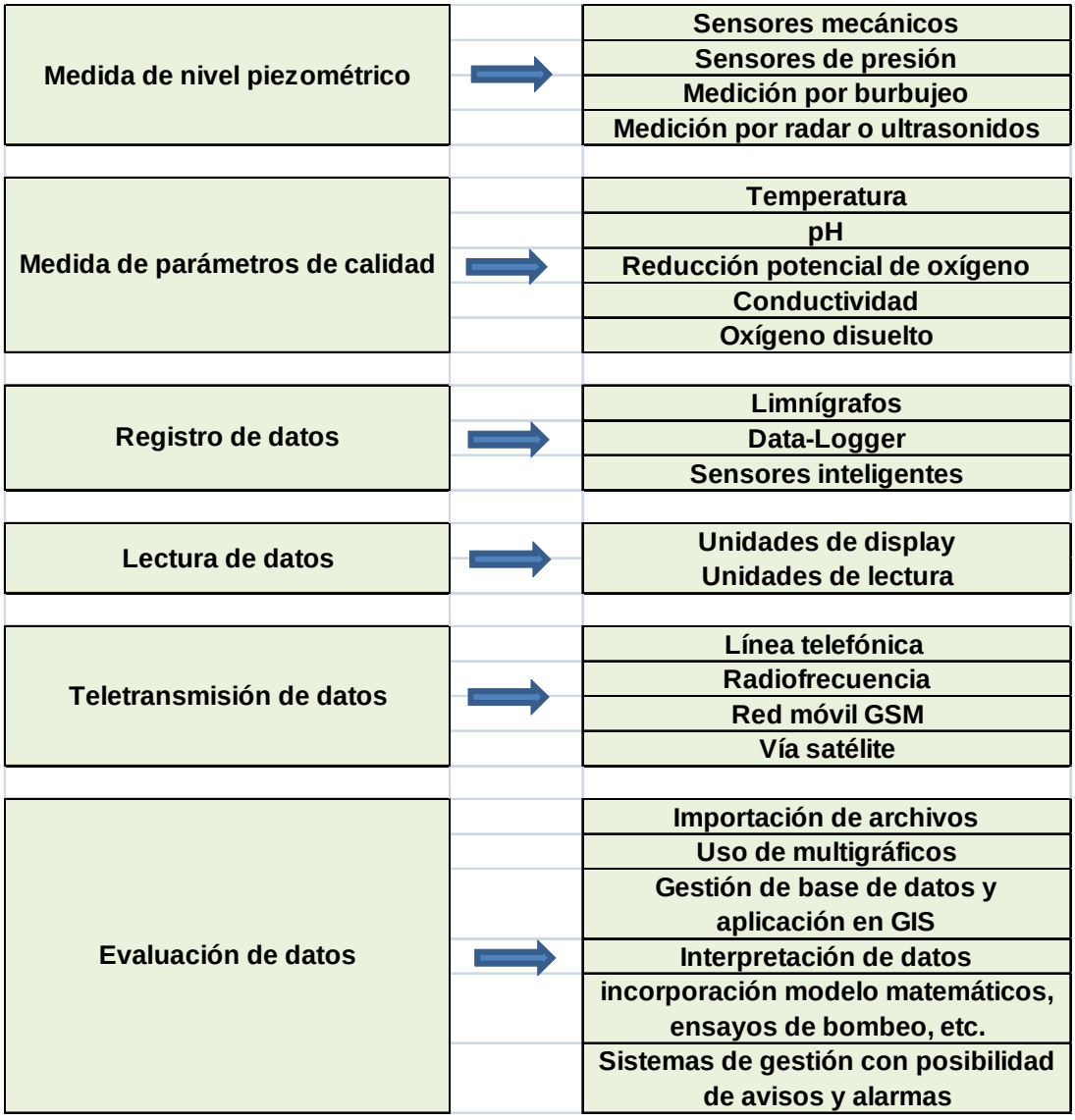
En el proceso de monitorización del sistema de medición de aguas subterráneas, se pueden distinguir fundamentalmente cuatro fases:

- Medición de parámetros
- Registro de datos
- Transmisión de datos
- Tratamiento y evaluación

Dentro de cada una de estas fases intervienen diferentes equipos diseñados específicamente para cumplir las funciones propias de cada una de ellas. De este modo, y para seguir un orden lógico, se describen a continuación estas tecnologías según la fase en la que intervienen.

En el esquema de la Figura 8.6.2.1-1 se presenta la descripción de los elementos y medidas principales de cada fase.

FIGURA 8.6.2.1-1
FASES DEL SISTEMA DE CONTROL



Fuente: Elaboración propia

8.6.2.2. Medida de Nivel Piezométrico

La medida del nivel piezométrico caracteriza la profundidad a la cual se encuentra la napa y permite cuantificar de manera indirecta los volúmenes de agua almacenada en los acuíferos y controlar su explotación.

Existen distintos aparatos de medición siendo las soluciones adoptadas diferentes en función del sensor utilizado y del principio físico en el que se basan.

a) Sensores Mecánicos

Los sensores mecánicos consisten en un sistema de flotador y contrapeso que, unidos por un cable, pasan por una polea que gira en función de las oscilaciones del nivel del agua. Estos giros pueden ser transformados en señales eléctricas mediante potenciómetros o codificadores angulares.

b) Sensores de Presión

La medida obtenida con estos sensores aprovecha la propiedad de algunos materiales en los que, cuando son sometidos a una corriente eléctrica, se produce una variación en ésta debido a la deformación del material por la presión de la columna de agua. De esta forma, la variación de tensión eléctrica será proporcional a la altura de la columna de agua existente sobre el sensor. Este dispositivo eléctrico es denominado transductor de presión.

c) Medición por Burbujeo

Estos sistemas inyectan en el fluido aire comprimido en forma de burbujas a través de un tubo transmisor y utilizando un pequeño compresor interno. La columna de agua situada sobre el orificio de salida ejerce una presión que es transmitida a un sensor piezoresistivo de presión, de forma que, en este caso, no se mide la presión hidrostática, sino la presión de aire equivalente a esta. Estos sistemas son utilizados más frecuentemente en aguas superficiales, debido a sus límites de profundidad; aún así, existen equipos diseñados específicamente para la medida en aguas subterráneas.

d) Medición por Radar o Ultrasonidos

Estos dispositivos determinan la profundidad del nivel del agua mediante el uso de ultrasonidos u ondas radar (microondas). Consiste en la medida del tiempo que tarda un pulso de estas ondas en su trayecto desde el emisor al agua, y de éste, de nuevo al emisor al ser reflejado por su superficie; esta medida permite determinar la distancia a la que se halla el agua con respecto del sensor.

Los ultrasonidos tienen el inconveniente de que su velocidad de transmisión varía con la temperatura y, aunque se han adoptado diversas soluciones al respecto, el radar, que carece de este problema, es más utilizado. Sin embargo no se usa en pozos debido a las importantes reflexiones que producirían las paredes del sondeo.

8.6.2.3. Medida de Parámetros de Calidad

Actualmente existen equipamientos que permiten medir algunos parámetros de calidad de aguas, y a través de modelos de simulación, permiten caracterizar el agua en función de ciertos parámetros físico-químicos.

Los sensores más frecuentes en la medición directa son los mostrados en el Cuadro 8.6.2.3-1.

CUADRO 8.6.2.3-1
PARÁMETROS CALIDAD DE AGUAS

Parámetro	Características
Temperatura	Estos sensores miden en rangos de 0 ºC a 50 ºC con una precisión de 0,15 ºC
pH	Controla la actividad de iones de hidrógeno (acidez o alcalinidad). Miden todo el rango (0-14 pH) con una precisión de 0,1 pH
Reducción potencial de oxígeno	Suelen medir en un rango de ±2000 mV con un error de 2 mV
Conductividad	Mide la actividad iónica en soluciones acuosas, es utilizado también como índice de contaminación. Miden en diferentes rangos desde los 0 mS hasta 100 mS
Oxígeno disuelto	Pueden medir hasta 60 mg/L con una precisión del 0,5%

Fuente: Antecedentes Fabricantes

Actualmente existen sondas multiparamétricas que integran varios sensores en su interior de forma modular pudiendo obtener diferentes combinaciones de sensores según las necesidades del usuario.

8.6.2.4. Registro de Datos

a) Generalidades

El registro de datos consiste en el almacenamiento de las señales producidas por los sensores previamente convertidas a sus unidades correspondientes.

El registro puede hacerse de forma analógica y en papel, tal y cómo funcionan los limnígrafos registrando el nivel de agua, y también puede hacerse digitalmente mediante registradores automáticos o "data-loggers". Estos últimos se han impuesto sobre los primeros en el control de las aguas subterráneas debido a sus grandes prestaciones.

b) Limnígrafos

Los limnígrafos transmiten el movimiento de un flotador y su contrapeso, mediante un sistema de poleas y engranajes, a una plumilla que imprime las oscilaciones del nivel del agua en un papel enrollado entorno a un tambor giratorio.

La escala de impresión o "reducción de alturas" es variable en función del recorrido del cable a través de las poleas, del tamaño del tambor y de la velocidad de rotación del mismo, variable mediante un mecanismo de reloj. La precisión depende, a su vez, del diámetro del flotador, que debe moverse libremente, de la reducción de alturas, y de si tiene indicador de inversión o no.

Con estos dispositivos se puede tener precisiones de hasta 1 cm y una operatividad que oscila entre 32 días con relojes mecánicos y 500 días con relojes de cuarzo.

c) Data-Logger

Los registradores de datos automáticos o "data-logger" consisten básicamente en una memoria de estado sólido que almacena señales eléctricas interpretándolas y transformándolas en unidades útiles mediante algoritmos matemáticos aplicados mediante un microprocesador.

Por un lado existen grandes unidades que permiten el registro de muchos tipos de medidas gracias a sus múltiples entradas, cada una de ellas programables de forma independiente.

Son equipos de gran capacidad de memoria (más de 250.000 medidas) que además permiten la transmisión de información, bien mediante tarjetas de memoria magnéticas o bien mediante distintos tipos de interfaces que permiten su conexión a un ordenador portátil u otra unidad de lectura.

Sin embargo, la aplicación de estas unidades se ha visto orientada a otros campos como el de la meteoróloga o el de las aguas superficiales, donde la gran cantidad de parámetros a controlar necesitan de equipos muy potentes. Para aguas subterráneas se han desarrollado equipos más compactos y adaptados para su colocación en el interior de los pozos o piezómetros; éstos, consisten también en una memoria, un microprocesador y una batería que alimenta tanto a los sensores como al microprocesador proporcionando una completa autonomía al equipo; todo ello protegido adecuadamente para su colocación en el interior del piezómetro.

Las pilas pueden ser sustituidas por una batería recargable o por la instalación de paneles solares; el consumo de estos registradores depende en gran medida de los sensores que tengan que alimentar y de la frecuencia de las medidas.

d) Sensores Inteligentes

Estos sensores denominados "sensores inteligentes", son capaces de medir, registrar y transmitir a la vez. Se trata de equipos muy compactos que integran el sensor de medida y la memoria en un mismo instrumento.

Para la medida del nivel del agua se han diseñado pequeños instrumentos que se instalan por encima del nivel del agua (con medición mecánica) y por debajo de ella (con sensores de presión). Estos instrumentos se comunican con el exterior mediante un cable que funciona a la vez como sujeción y como interface para la comunicación y extracción de datos.

8.6.2.5. Lectura de Datos

a) Unidades de Display

Las unidades de display permiten leer directamente las medidas del sensor convertidas ya por el data-logger prescindiendo de unidades de lectura; por ello, estas unidades casi siempre digitales están incorporadas en el propio registrador de datos. Su posición en el registrador facilita una lectura rápida y cómoda.

El inconveniente de estas unidades es que aumenta el consumo de batería, por lo que suele presentarse como algo opcional dentro de los diferentes modelos.

Existen también unidades de display móviles muy portátiles que te permiten conectarte a múltiple equipos, pudiendo comprobar con uno solo de estos equipo el correcto funcionamiento de toda una red.

b) Unidades de lectura

Las unidades de lectura o de manejo desempeñan dos funciones, por un lado sirven para capturar los datos registrados por el data-logger para después trasladarlos al computador central, y por otro lado, sirven para configurar el punto de control (escalímetro) variando la frecuencia de la medida, la fecha, la hora, etc.

8.6.2.6. Teletransmisión de Datos

Los sistemas de teletransmisión o transmisión "on-line" consisten en el intercambio de información de un lugar a otro, en este caso, de la estación central a los puntos de control y viceversa, mediante sistemas que actúan a distancia de forma que ya no es necesario acercarse hasta los puntos de control para obtener datos. Esta transmisión a distancia puede realizarse de diferentes formas en función del medio utilizado.

En el Cuadro 8.6.2.6-1 se resume las ventajas e inconvenientes de aquellos sistemas utilizados más frecuentemente en sistemas de control.

Los elementos que siempre están presentes independientemente del método utilizado es la fuente de energía utilizada para alimentar el sistema. Los paneles solares, las baterías recargables de plomo hermético y los reguladores de carga son indispensables en instalaciones de este tipo cuando se les quiere dotar de un funcionamiento completamente autónomo. En función del sistema elegido, la antena en sus diferentes formas, también es obligatoria.

CUADRO 8.6.2.6-1
VENTAJAS Y DESVENTAJAS SISTEMAS USUALES DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Método de Transmisión	Descripción
Línea telefónica	Para instalar este sistema se necesita un modem conectado a la salida del data-logger y a una línea telefónica común. Precisamente es la disponibilidad de estas líneas el problema fundamental de estos sistemas, sobre todo, cuando se trata de una red de control con numerosos puntos.
Radiofrecuencia	La transmisión se hace a través de ondas de radio. Se trata de un sistema muy barato pero tiene el problema del alcance, que únicamente llega a cubrir distancias que oscilan entre 2 y 5 km. Además el uso común de frecuencias tan pequeñas facilita que existan muchas interferencias, debido a los numerosos usuarios con las mismas frecuencias.
Red móvil de telefonía celular	Hoy en día es el sistema más utilizado, debido a sus bajos costos en "llamadas" y a su sencillez de instalación, sólo es necesario conectar el registrador a una "unidad GSM" y asegurarse de la existencia de una buena cobertura
Vía satélite	Este sistema consta de una constelación formada por satélites en órbita baja que proporciona servicios de comunicación bidireccional de datos y localización de todo tipo de activos. El sistema está concebido para proporcionar capacidad de tráfico de datos tipo mensaje con una cobertura global en todo el planeta mediante terminales fijos o móviles de pequeño tamaño y bajo coste.

Fuente: Elaboración propia en base a antecedentes de fabricantes

8.6.2.7. Evaluación de Datos

El seguimiento de los datos adquiridos en las fases anteriores debe realizarse en la estación central, que frecuentemente se trata de un computador personal, utilizando además las herramientas necesarias en función de los objetivos pretendidos. Se trata de un conjunto de programas que se configuran en lo que se denomina "Software de gestión y evaluación" y que debe permitir realizar una serie de funciones para obtener los mejores resultados posibles, como por ejemplo:

- Importación de archivos en sus diferentes formatos.
- Uso de multigráficos, versatilidad en las salidas graficas.
- Gestión de base de datos y posibilidad de aplicación en GIS.
- Interpretación de datos, mallados, introducción de funciones matemáticas, etc.

- Posibilidad de incorporación en modelos matemáticos, ensayos de bombeo, etc.

- Sistemas de gestión con posibilidad de avisos y alarmas.

Por supuesto, además estas herramientas informáticas deben permitir también gestionar un buen sistema de transmisión permitiendo la bidireccionalidad del mismo y la captura de datos ya se vía on-line (teletransmisión) o vía off-line (mediante unidades de lectura).

8.6.2.8. Método de Trabajo Descriptivo

a) Generalidades

La definición de la metodología a emplear para el trabajo predictivo tendrá directa relación con los objetivos y características del acuífero en estudio.

Las fluctuaciones del nivel de agua subterránea reflejan variaciones de su almacenamiento en los acuíferos. En este fenómeno cabe distinguir dos tipos principales de fluctuación del nivel de las aguas subterráneas.

- Fluctuaciones de largo período, como las causadas por variaciones estacionales de la recarga natural o un bombeo persistente.
- Fluctuaciones de corto período, como las causadas por períodos breves de bombeo intermitente o por variaciones mareométricas o barométricas.

Como el nivel de agua subterránea responde, por lo general, lentamente a los cambios externos, en ocasiones no es necesario efectuar mediciones continuas con limnígrafos. Para la mayoría de las redes una serie de observaciones sistemáticas a intervalos regulares suele ser suficiente. Cuando las fluctuaciones sean rápidas, convendrá registrarlas en régimen continuo, como mínimo hasta que se conozca su naturaleza exacta.

En general, el sistema de medición propuesto tendrá que dar respuesta al primero de los tipos principales de fluctuación de niveles, por lo tanto el plan de monitoreo del registro de niveles será discrecional y no continuo.

A partir de lo anterior, se propone una frecuencia de medición de los niveles cada 2 meses.

b) Fases de Control

En el proceso de monitorización de aguas subterráneas se pueden distinguir fundamentalmente cuatro fases:

- Medida del nivel

- Registro de datos
- Transmisión de datos
- Tratamiento y evaluación

Dentro de cada una de estas fases intervienen diferentes equipos diseñados específicamente para cumplir las funciones propias de cada una de ellas.

Para este estudio se centrará el problema en las dos primeras fases.

b.1) Medida del Nivel

Los niveles de agua subterránea pueden ser medidos directamente en los pozos de observación, ya sea manualmente o mediante instrumentos de registro automáticos.

b.2) Registro de Datos

El registro de datos consiste en el almacenamiento de las señales producidas por los sensores previamente convertidas a sus unidades correspondientes. El registro puede hacerse de forma analógica y en papel, tal y cómo funcionan los limnígrafos registrando el nivel de agua, y también puede hacerse digitalmente mediante registradores automáticos o data-loggers. Estos últimos se han impuesto sobre los primeros en el control de las aguas subterráneas debido a sus grandes prestaciones aunque, en ocasiones, la adopción de uno u otro sistema depende de factores económicos y técnicos, fundamentalmente.

Para cada pozo se identificarán los siguientes antecedentes:

- Identificación del pozo:
  - Nombre Estación
  - Código BNA
  - Sector
  - UTM Este (m)
  - UTM Norte (m)
  - Altitud (m.s.n.m.)
- Fecha y hora de la medición
- Registro de nivel estático o dinámico, en este último caso con el dato del caudal de bombeo
- Observaciones relevantes

c) Instrumentos y Métodos de Observación

Se describen a continuación varios conceptos básicos para la medición de los niveles de agua subterránea:

- **Sensores Mecánicos:** Los sensores mecánicos consisten en un sistema de flotador y contrapeso que, unidos por un cable, pasan por una polea

que gira en función de las oscilaciones del nivel del agua. Estos giros pueden ser transformados en señales eléctricas mediante potenciómetros o codificadores angulares, mediante un sistema electrónico de funcionamiento magnético u óptico. Estos últimos ofrecen una mayor precisión debido a la digitalización de la fase eléctrica.

- **Medición por Radar o Ultrasonidos:** Estos dispositivos determinan la profundidad del nivel del agua mediante el uso de ultrasonidos u ondas radar (microondas). Consiste en la medida del tiempo que tarda un pulso de estas ondas en su trayecto desde el emisor al agua, y de éste, de nuevo al emisor al ser reflejado por su superficie; esta medida permite determinar la distancia a la que se halla el agua con respecto del sensor.

El método manual más común consiste en suspender un cable flexible con graduaciones de medida desde un punto de referencia desde la superficie, por lo general en la boca del pozo, hasta alcanzar el nivel de las aguas al interior del pozo.

Este instrumento se llama comúnmente Sondas de Nivel. Las sondas de nivel corresponden al equipamiento más estándar para la medición del nivel de las aguas subterráneas. Estas unidades portátiles se caracterizan por su forma sencilla, rápida y precisa de medir el nivel del agua. Con la variedad de modelos disponibles se puede seleccionar la unidad adecuada de acuerdo con las necesidades particulares de utilización o de longitud de cable.

Las sondas de nivel están equipadas con una señal luminosa que se enciende al contacto con el agua, también pueden equiparse con señal acústica o visual y sensor de fondo para medir la profundidad del sondeo.

d) Áreas de Aplicación

- Medición del nivel de líquidos conductores en sondeos, pozos y depósitos.
- Observaciones a largo plazo en mediciones periódicas de nivel
- Registro continuo del nivel del agua durante pruebas de bombeo
- Medición adicional de la profundidad del pozo utilizando el sensor de fondo

e) Especificaciones del Equipamiento

En el Cuadro 8.6.2.8-1 se presentan diversos elementos que se utilizan para la medición de niveles en pozos de aguas subterráneas disponibles en el mercado nacional. En el Anexo J se presentan los catálogos de los productos descritos.

CUADRO 8.6.2.8-1
DESCRIPCIÓN INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN AGUAS SUBTERRÁNEAS

Categoría	Fotografía	Descripción
Nivel		Modelo: WL 16 Transductor de nivel/presión para canal abierto, pozos profundos estanque, ríos y lagos
Nivel		Modelo: WL 400 Transductor sumergible de nivel pozo profundo o estanque o canal Entrega señal análoga de 4-20mA
Registrador continuo de nivel de agua Registrador continuo de nivel de agua con data-logger es un instrumento diseñado especialmente para registrar, monitorear y almacenar los datos de variaciones del nivel y de temperatura del agua con gran precisión y confiabilidad (opcional conductividad) almacena 349.000 registros, opera con bajo potencia. Este equipo es utilizado para tanques, lagos, ríos y pozos de monitoreo, entre otros. Características: •de alta precisión y fiabilidad •completamente sumergibles transductor de presión y cable •Compacto, robusto diseño para una fácil instalación •un mínimo de mantenimiento y cuidado •de nivel de agua del sensor compatible con la mayoría de equipos de monitoreo •4-20ma de salida		
Nivel		Modelo Water Tape: pozometro/hidronivel Para medir niveles de agua subterránea desde 30m hasta 350m
Medidor de nivel de agua montado en carrete liviano de plástico en modelo de hasta 100 metros, y en carrete robusto de acero con aluminio en modelos grandes, cinta amarilla reforzada y revestida para evitar borrado prematuro por roce y marcada al milímetro, punta de sonda intercambiable en campo, alarma sonora y visual, sensibilidad regulable, modelos de 30 a 500 m, marca Geotech environmental, Americanos.		

CUADRO 8.6.2.8-1
DESCRIPCIÓN INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN AGUAS SUBTERRÁNEAS

Categoría	Fotografía	Descripción
Nivel		Modelo: WL 600 Indicador sónico de nivel de agua subterránea y napas freáticas
Nivel		Modelo: Control de nivel de contacto
Nivel		Modelo: Sensor de nivel opera vía principio de radar
Nivel		Modelo: Transmisor de nivel en estanques pozos, ríos, esteros

Distribuidores en Chile:

Hidrotecnologías, ventas@hidrotecnologias.cl, Av. Sucre 2560, (056-2)494-7385

Hidro Chile Datos: Roy Curtis, 56-2-217 00 03 y 09-5191414 hidrochile@gmail.com

Geoequipos S.A. , Avenida Miguel Claro 786, Providencia – Santiago, (56) - (2) – 22355248

Fuente: Catálogo Fabricantes

8.7. EVALUACIÓN DEL COSTO DE LA RED DE MEDICIÓN

8.7.1. Introducción

En este acápite se presenta el costo de implementar la red, tanto en su condición sin instrumentación remota, como con instrumentación remota.

8.7.2. Programa de Implementación de la Red

De acuerdo a lo indicado en el Acápite 8.5, la red final luego de la inclusión de 2 pozos de la red secundaria consta de 13 pozos antiguos de observación, 17 pozos antiguos que en la actualidad están secos o sin acceso, 9 pozos que en la actualidad están en operación, y 3 pozos nuevos. Adicionalmente se planteó. Con esta información se plantea el cronograma de implementación de la red mostrado en el Cuadro 8.7.2-1. Se considera también que los pozos deberían instrumentarse con el fin de disminuir los costos de operación de la red. Se estima para fines de esta evaluación que el costo de operación se reduce en un 25 % c/r al costo de operación actual. Esta reducción está dada ya que se requieren menos visitas a los pozos, y por ende menor tiempo de dedicación del personal. Se hace notar que la red secundaria se continúa operando en la misma modalidad actual, por lo que su costo diferencial es nulo.

CUADRO 8.7.2-1
ETAPAS IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

Año	Actividad	Cantidad de Piezómetros
1-5	Etapa 1 Perforación piezómetros de reemplazo pozos secos	3
6	Etapa 2 Perforación piezómetros de reemplazo pozos secos	2
2	Perforación nuevos propuestos para mejorar la densidad de la red	3
3-5	Perforación piezómetros de reemplazo pozos en uso	3
1-9	Etapa 1 Instrumentación piezómetros y pozos	4
10-11	Etapa 2 Instrumentación piezómetros y pozos	3

Fuente: Elaboración propia

Usando la información presentada en el Cuadro 8.7.2-1, se construye el Cuadro 8.7.2-2 el que muestra la secuencia de instalación de piezómetros, reemplazo de pozos secos y en uso, e instrumentación.

CUADRO 8.7.2-2
SECUENCIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED

Año	Inicial	Nuevos	Reemplazo		Total	Instrumentación	
			Secos	Uso		Incremento	Total
1	39		3		39	4	4
2		3	3		42	4	8
3		2	3	3	42	4	12
4			3	3	42	4	16
5			3	3	42	4	20
6			2		42	4	24
7					42	4	28
8					42	4	32
9					42	4	36
10					42	3	39
11					42	3	42

Fuente: Elaboración propia

8.7.3. Evaluación Económica de la Red

Con el fin de evaluar el costo de reposición de la red, se consideran los costos de operación de la red actual que se presentan en el Cuadro 8.7.3-1 a nivel mensual, y como gasto específico de cada campaña, la que se estima en 4 días por mes, en términos prácticos, iguala un 25% del gasto mensual en personal, además de gastos propios de la campaña en combustible y viáticos.

CUADRO 8.7.3-1
GASTO DE OPERACIÓN DE LA RED ACTUAL ($)

Profesional/Técnico	Mensual	Campaña
Jefe Unidad Hidrología	1.400.000	350.000
Encargado Hidrometría	1.200.000	300.000
Analista Hidrometría	1.200.000	300.000
Chofer	530.000	132.500
Total Gastos en Personal	**4.330.000**	**1.082.500**
Otros Gastos		350.000
Total		**1.432.500**

Fuente: Elaboración propia en base a datos Transparencia DGA año 2012

Dado que la red original tiene 53 pozos, el pozo unitario mensual es cercano a $ 27.000/mes/pozo, adoptándose $ 30.000/mes/pozo como costo de operación unitario a nivel mensual. En todo caso, como la red se opera a nivel bimensual, por lo tanto para los cálculos se considera en promedio un valor de $15.000/mes/pozo. Para la red nueva, se estima que el costo de operación sería menor, estimándose conservadoramente que disminuye en un 25 %, tal como se indicó anteriormente.

Como costo de nuevos pozos se considera en promedio la perforación de piezómetros de 80 m, a $ 200.000 como precio unitario.

Por último, el costo de la instrumentación se determinó a partir de cotizaciones solicitadas a la empresa Hidrotecnologías Ltda. Se incluye data-logger y cableado (en una longitud de 110 m). No se incluye instalación de tipo satelital para el envío de la información. Se consideran 3 configuraciones de sondas según se detalla en el Cuadro 8.7.3-2. La primera configuración considera sólo la medición de niveles, la segunda incluye conductividad eléctrica y temperatura, y la tercera agrega otros parámetros, tales como pH, turbiedad y sólidos disueltos totales. Las cotizaciones se adjuntan en el Anexo K.

CUADRO 8.7.3-2
COSTO DE INSTALACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN (millones $)

Opción #	Configuración	Neto	Total
1	Nivel	1,98	2,4
2	Nivel + Cond +Temp	2,45	2,9
3	Nivel + Cond +Temp + pH, Turb + TDS	3,35	4,0

Fuente: Elaboración propia en base cotización Hidrotecnologías Ltda.

Usando la información antes indicada, se preparó en primer lugar el Cuadro 8.7.3-3 que resume los costos de inversión. La evaluación se preparó a precios sociales, considerando una tasa de descuento para la evaluación igual a 6 %. Posteriormente se presenta la planilla de evaluación económica, la que se presenta en los Cuadros 8.7.3-4 para la red cuando no se considera instrumentación, y en los Cuadros 8.7.3-5 a 8.7.3-7 se presentan los casos en que se considera instrumentación, indicándose Opción 1, 2 y 3.

CUADRO 8.7.3-3
RESUMEN COSTOS DE INVERSIÓN (millones $)

Costo Mejoramiento	Sin Actualizar	Actualizado
Pozos Secos	272,0	224,8
Pozos Nuevos	80,0	69,6
Pozos en Operación	144,0	114,2

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en el Cuadro 8.7.3-8 los resultados de la evaluación económica de la red que se muestra en detalle en el Anexo I. En este cuadro se presentan los tres tipos de configuración mostrada anteriormente en el Cuadro 8.7.3-2. Para evaluar el caso de los pozos secos y en operación, se considera el peor caso posible, que considera que se perfora el piezómetro en forma íntegra, y no la profundización de los pozos existentes, actividad que es más económica.

CUADRO 8.7.3-4
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA RED SIN INSTRUMENTACIÓN

Año	Costo Operación		Reemplazo (Según Cuadro 8.7.2-2)		Nuevos (según Cuadro 8.7.2-2)	Instrumentación	Sin Actualizar			Actualizado		
	Red Actual*	Red Nueva**	Secos	Operación			Red Actual	Red Nueva	Diferencial	Red Actual	Red Nueva	Diferencial
1	9.540.000	4.995.000	48.000.000				9.540.000	52.995.000	43.455.000	9.000.000	49.995.283	40.995.283
2	9.540.000	5.400.000	48.000.000		48.000.000		9.540.000	101.400.000	91.860.000	8.490.566	90.245.639	81.755.073
3	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000	32.000.000		9.540.000	133.400.000	123.860.000	8.009.968	112.005.212	103.995.244
4	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000			9.540.000	101.400.000	91.860.000	7.556.574	80.318.297	72.761.724
5	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000			9.540.000	101.400.000	91.860.000	7.128.843	75.771.979	68.643.136
6	9.540.000	5.400.000	32.000.000				9.540.000	37.400.000	27.860.000	6.725.324	26.365.524	19.640.201
7	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	6.344.645	3.591.308	-2.753.336
8	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	5.985.514	3.388.027	-2.597.487
9	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	5.646.711	3.196.252	-2.450.460
10	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	5.327.086	3.015.332	-2.311.754
11	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	5.025.553	2.844.653	-2.180.900
12	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.741.088	2.683.635	-2.057.453
13	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.472.724	2.531.731	-1.940.994
14	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.219.551	2.388.425	-1.831.126
15	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.980.709	2.253.231	-1.727.477
16	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.755.386	2.125.690	-1.629.696
17	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.542.817	2.005.368	-1.537.449
18	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.342.280	1.891.856	-1.450.423
19	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.153.094	1.784.770	-1.368.324
20	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.974.617	1.683.746	-1.290.872
21	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.806.243	1.588.439	-1.217.803
22	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.647.399	1.498.528	-1.148.871
23	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.497.546	1.413.705	-1.083.841
24	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.356.175	1.333.684	-1.022.491
25	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.222.807	1.258.193	-964.614
26	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.096.988	1.186.974	-910.014
27	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.978.290	1.119.787	-858.503
28	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.866.312	1.056.403	-809.909
29	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.760.671	996.606	-764.065
30	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.661.011	940.195	-720.816
									Costo Total Actualizado	**131.316.489**	**482.478.472**	**351.161.982**

***** **En base de 53 pozos**
**** En base de 42 pozos**

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 8.7.3-5
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA RED
CON INSTRUMENTACIÓN OPCIÓN 1

Año	Costo Operación		Reemplazo (Según Cuadro 8.7.2-2)		Nuevos (según Cuadro 8.7.2-2)	Instrumentación	Sin Actualizar			Actualizado		
	Red Actual*	Red Nueva**	Secos	Operación			Red Actual	Red Nueva	Diferencial	Red Actual	Red Nueva	Diferencial
1	9.540.000	4.995.000	48.000.000			9.424.800	9.540.000	62.419.800	52.879.800	9.000.000	58.886.604	49.886.604
2	9.540.000	5.400.000	48.000.000		48.000.000	9.424.800	9.540.000	110.824.800	101.284.800	8.490.566	98.633.677	90.143.111
3	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000	32.000.000	9.424.800	9.540.000	142.824.800	133.284.800	8.009.968	119.918.456	111.908.488
4	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000		9.424.800	9.540.000	110.824.800	101.284.800	7.556.574	87.783.622	80.227.048
5	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000		9.424.800	9.540.000	110.824.800	101.284.800	7.128.843	82.814.738	75.685.895
6	9.540.000	5.400.000	32.000.000			9.424.800	9.540.000	46.824.800	37.284.800	6.725.324	33.009.636	26.284.313
7	9.540.000	5.400.000				9.424.800	9.540.000	14.824.800	5.284.800	6.344.645	9.859.339	3.514.694
8	9.540.000	5.400.000				9.424.800	9.540.000	14.824.800	5.284.800	5.985.514	9.301.263	3.315.749
9	9.540.000	5.400.000				9.424.800	9.540.000	14.824.800	5.284.800	5.646.711	8.774.776	3.128.065
10	9.540.000	5.400.000				7.068.600	9.540.000	12.468.600	2.928.600	5.327.086	6.962.401	1.635.315
11	9.540.000	5.400.000				7.068.600	9.540.000	12.468.600	2.928.600	5.025.553	6.568.303	1.542.750
12	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.741.088	2.683.635	-2.057.453
13	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.472.724	2.531.731	-1.940.994
14	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.219.551	2.388.425	-1.831.126
15	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.980.709	2.253.231	-1.727.477
16	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.755.386	2.125.690	-1.629.696
17	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.542.817	2.005.368	-1.537.449
18	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.342.280	1.891.856	-1.450.423
19	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.153.094	1.784.770	-1.368.324
20	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.974.617	1.683.746	-1.290.872
21	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.806.243	1.588.439	-1.217.803
22	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.647.399	1.498.528	-1.148.871
23	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.497.546	1.413.705	-1.083.841
24	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.356.175	1.333.684	-1.022.491
25	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.222.807	1.258.193	-964.614
26	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.096.988	1.186.974	-910.014
27	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.978.290	1.119.787	-858.503
28	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.866.312	1.056.403	-809.909
29	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.760.671	996.606	-764.065
30	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.661.011	940.195	-720.816
									Costo Total Actualizado	**131.316.489**	**554.253.781**	**422.937.291**

*** En base de 53 pozos**
**** En base de 42 pozos**

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 8.7.3-6
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA RED
CON INSTRUMENTACIÓN OPCIÓN 2

Año	Costo Operación		Reemplazo (Según Cuadro 8.7.2-2)		Nuevos (según Cuadro 8.7.2-2)	Instrumentación	Sin Actualizar			Actualizado		
	Red Actual*	Red Nueva**	Secos	Operación			Red Actual	Red Nueva	Diferencial	Red Actual	Red Nueva	Diferencial
1	9.540.000	4.995.000	48.000.000			11.662.000	9.540.000	64.657.000	55.117.000	9.000.000	60.997.170	51.997.170
2	9.540.000	5.400.000	48.000.000		48.000.000	11.662.000	9.540.000	113.062.000	103.522.000	8.490.566	100.624.778	92.134.211
3	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000	32.000.000	11.662.000	9.540.000	145.062.000	135.522.000	8.009.968	121.796.852	113.786.884
4	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000		11.662.000	9.540.000	113.062.000	103.522.000	7.556.574	89.555.694	81.999.120
5	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000		11.662.000	9.540.000	113.062.000	103.522.000	7.128.843	84.486.504	77.357.661
6	9.540.000	5.400.000	32.000.000			11.662.000	9.540.000	49.062.000	39.522.000	6.725.324	34.586.774	27.861.450
7	9.540.000	5.400.000				11.662.000	9.540.000	17.062.000	7.522.000	6.344.645	11.347.204	5.002.560
8	9.540.000	5.400.000				11.662.000	9.540.000	17.062.000	7.522.000	5.985.514	10.704.910	4.719.396
9	9.540.000	5.400.000				11.662.000	9.540.000	17.062.000	7.522.000	5.646.711	10.098.972	4.452.260
10	9.540.000	5.400.000				8.746.500	9.540.000	14.146.500	4.606.500	5.327.086	7.899.332	2.572.246
11	9.540.000	5.400.000				8.746.500	9.540.000	14.146.500	4.606.500	5.025.553	7.452.200	2.426.647
12	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.741.088	2.683.635	-2.057.453
13	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.472.724	2.531.731	-1.940.994
14	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.219.551	2.388.425	-1.831.126
15	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.980.709	2.253.231	-1.727.477
16	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.755.386	2.125.690	-1.629.696
17	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.542.817	2.005.368	-1.537.449
18	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.342.280	1.891.856	-1.450.423
19	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.153.094	1.784.770	-1.368.324
20	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.974.617	1.683.746	-1.290.872
21	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.806.243	1.588.439	-1.217.803
22	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.647.399	1.498.528	-1.148.871
23	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.497.546	1.413.705	-1.083.841
24	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.356.175	1.333.684	-1.022.491
25	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.222.807	1.258.193	-964.614
26	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.096.988	1.186.974	-910.014
27	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.978.290	1.119.787	-858.503
28	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.866.312	1.056.403	-809.909
29	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.760.671	996.606	-764.065
30	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.661.011	940.195	-720.816
									Costo Total Actualizado	**131.316.489**	**571.291.354**	**439.974.865**

*** En base de 53 pozos**
**** En base de 42 pozos**

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 8.7.3-7
EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA RED
CON INSTRUMENTACIÓN OPCIÓN 3

Año	Costo Operación		Reemplazo (Según Cuadro 8.7.2-2)		Nuevos (según Cuadro 8.7.2-2)	Instrumentación	Sin Actualizar			Actualizado		
	Red Actual*	Red Nueva**	Secos	Operación			Red Actual	Red Nueva	Diferencial	Red Actual	Red Nueva	Diferencial
1	9.540.000	4.995.000	48.000.000			15.946.000	9.540.000	68.941.000	59.401.000	9.000.000	65.038.679	56.038.679
2	9.540.000	5.400.000	48.000.000		48.000.000	15.946.000	9.540.000	117.346.000	107.806.000	8.490.566	104.437.522	95.946.956
3	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000	32.000.000	15.946.000	9.540.000	149.346.000	139.806.000	8.009.968	125.393.781	117.383.813
4	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000		15.946.000	9.540.000	117.346.000	107.806.000	7.556.574	92.949.023	85.392.449
5	9.540.000	5.400.000	48.000.000	48.000.000		15.946.000	9.540.000	117.346.000	107.806.000	7.128.843	87.687.758	80.558.915
6	9.540.000	5.400.000	32.000.000			15.946.000	9.540.000	53.346.000	43.806.000	6.725.324	37.606.825	30.881.501
7	9.540.000	5.400.000				15.946.000	9.540.000	21.346.000	11.806.000	6.344.645	14.196.309	7.851.664
8	9.540.000	5.400.000				15.946.000	9.540.000	21.346.000	11.806.000	5.985.514	13.392.744	7.407.230
9	9.540.000	5.400.000				15.946.000	9.540.000	21.346.000	11.806.000	5.646.711	12.634.665	6.987.953
10	9.540.000	5.400.000				11.959.500	9.540.000	17.359.500	7.819.500	5.327.086	9.693.454	4.366.368
11	9.540.000	5.400.000				11.959.500	9.540.000	17.359.500	7.819.500	5.025.553	9.144.768	4.119.215
12	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.741.088	2.683.635	-2.057.453
13	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.472.724	2.531.731	-1.940.994
14	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	4.219.551	2.388.425	-1.831.126
15	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.980.709	2.253.231	-1.727.477
16	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.755.386	2.125.690	-1.629.696
17	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.542.817	2.005.368	-1.537.449
18	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.342.280	1.891.856	-1.450.423
19	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	3.153.094	1.784.770	-1.368.324
20	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.974.617	1.683.746	-1.290.872
21	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.806.243	1.588.439	-1.217.803
22	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.647.399	1.498.528	-1.148.871
23	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.497.546	1.413.705	-1.083.841
24	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.356.175	1.333.684	-1.022.491
25	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.222.807	1.258.193	-964.614
26	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	2.096.988	1.186.974	-910.014
27	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.978.290	1.119.787	-858.503
28	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.866.312	1.056.403	-809.909
29	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.760.671	996.606	-764.065
30	9.540.000	5.400.000					9.540.000	5.400.000	-4.140.000	1.661.011	940.195	-720.816
									Costo Total Actualizado	**131.316.489**	**603.916.494**	**472.600.005**

*** En base de 53 pozos**
**** En base de 42 pozos**

Fuente: Elaboración propia

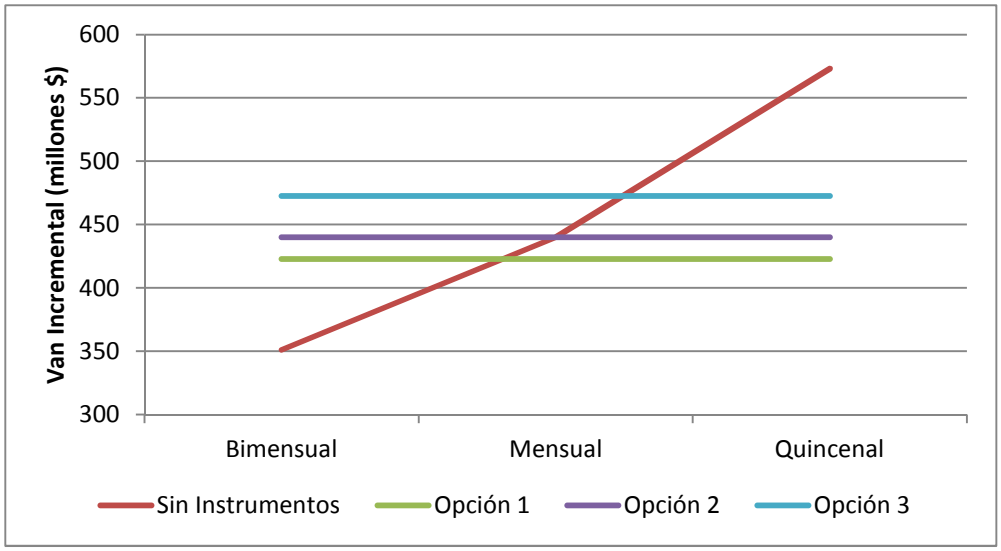
Los resultados incluidos en el Cuadro 8.7.3-8 muestran que la opción con instrumentación requiere un mayor costo incremental actualizado, que varía entre un 20 % y 35 %, dependiendo del tipo de instrumentación considerada. En todo caso, el incremento en el costo se compensa por una mejor cantidad de información, ya que se pasa de datos discontinuos cada 2 meses, a datos continuos. A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 8.7.3-1 la variación del costo incremental de la red, al pasar desde una medición bi-mensual a mensual y quincenal. Al compararse con los costos incrementales de las diferentes opciones de instrumentación, se observa claramente que aumentar la frecuencia a quincenal es más caro que instrumentar con la opción más cara, con la salvedad que se continúan midiendo sólo niveles de las aguas subterráneas, en contraste a una mejor caracterización de lo que ocurre en el acuífero.

CUADRO 8.7.3-8
RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA
COSTO INCREMENTAL ACTUALIZADO

Red		VAN ($)
Sin instrumentos	-	351.161.982
Con Instrumentos	Opción 1	422.937.291
	Opción 2	439.974.865
	Opción 3	472.600.005

Fuente: Elaboración propia

CUADRO 8.7.3-1
RESULTADOS EVALUACIÓN ECONÓMICA
COSTO INCREMENTAL ACTUALIZADO V/S FRECUENCIA MEDICIÓN



Fuente: Elaboración propia

9. CONCLUSIONES

Como resultado de este estudio se tienen las siguientes conclusiones:

- Se dispone de un análisis que presenta las limitaciones de la red de medición de aguas subterráneas existente

- Se evaluó una metodología de análisis que permite identificar pozos redundantes, no sólo para el acuífero de Copiapó, sino que para otros sistemas de aguas subterráneas.

- Se propone la red simplificada de 42 pozos, que genera menores costos de operación, mejorándose sustancialmente la cobertura temporal de la red. Los costos de inversión de la nueva red se estiman preliminarmente y en forma conservadora en 80 millones en pozos nuevos, 272 millones en reemplazo de pozos secos, y 144 millones en reemplazo de pozos en operación.

- Con el fin de determinar la ubicación apropiada de los pozos nuevos, se debe utilizar PCA con una modelación del acuífero, la que permite determinar la forma esperada de la curva de variación de niveles en el tiempo, insumo que es incluido en el análisis PCA. Si los resultados del PCA no cambian o el cambio es mínimo, entonces, la ubicación elegida no es buena. Por el contrario, si los resultados del PCA cambian, entonces el análisis es satisfactorio, y la ubicación se acepta para ubicar el nuevo pozo de la red.

- La nueva red de medición permite tener información de mejor calidad, la que puede estar disponible para que los distintos usuarios puedan analizar de mejor manera el comportamiento del acuífero de Copiapó en lo que respecta a los niveles de aguas subterráneas.

ANEXOS

ANEXO A

FICHAS CARACTERIZACIÓN RED DE MONITOREO

SECTOR 1

SECTOR 1

1. ALGARROBO LA VIRGEN

1.1. UBICACIÓN

Este pozo, lleva el nombre original del fundo en que se encontraba emplazado, sin embargo este predio fue dividido y el pozo quedó al interior del Fundo Altares de la Virgen, aunque casi en el límite con Algarrobo de la Virgen. Estos predios se encuentran en el camino C-35, en la comuna de Tierra Amarilla.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

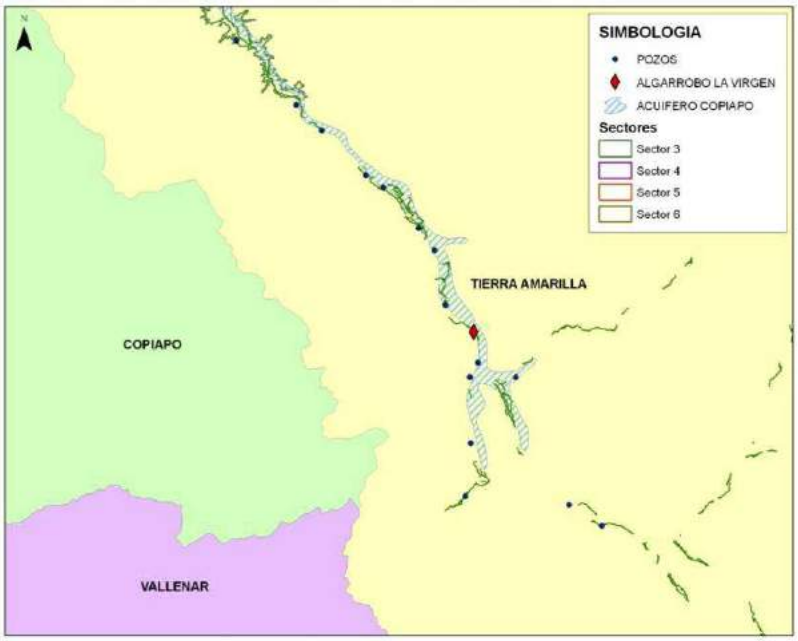


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



1.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Este pozo tiene un diámetro de 12”, una profundidad de 80 m. y actualmente se encuentra en funcionamiento con un caudal aproximado de 40 l/s. Se encuentra instalada en el pozo una bomba y una estructura para la carga de camiones aljibe.

Aguas arriba del lugar en que se ubica el pozo, se encuentran las oficinas del fundo Algarrobo de la Virgen y aproximadamente a 210 m. del pozo que está al interior de esa propiedad. En cuanto al área aguas abajo del pozo, inmediatamente junto a éste, se almacenan pesticidas y fertilizantes líquidos y en una bodega vecina a estos productos agroquímicos en sacos. Vecinas al pozo se encuentran además las casas de los inquilinos del fundo.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



1.3. OBSERVACIONES

La gran cantidad de infraestructura junto al pozo es permanente y no se aprecian posibilidades de modificación del entorno. El tipo de uso que se da a la misma, es claramente un riesgo de contaminación del agua.

2. FUNDO RODEO

2.1. UBICACIÓN

Este pozo está ubicado en el río Jorquera a 2 km de la confluencia de este con los ríos Pulido y Manflas, los cuales forman el río Copiapó, en el Fundo Rodeo, en la comuna de Tierra Amarilla.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

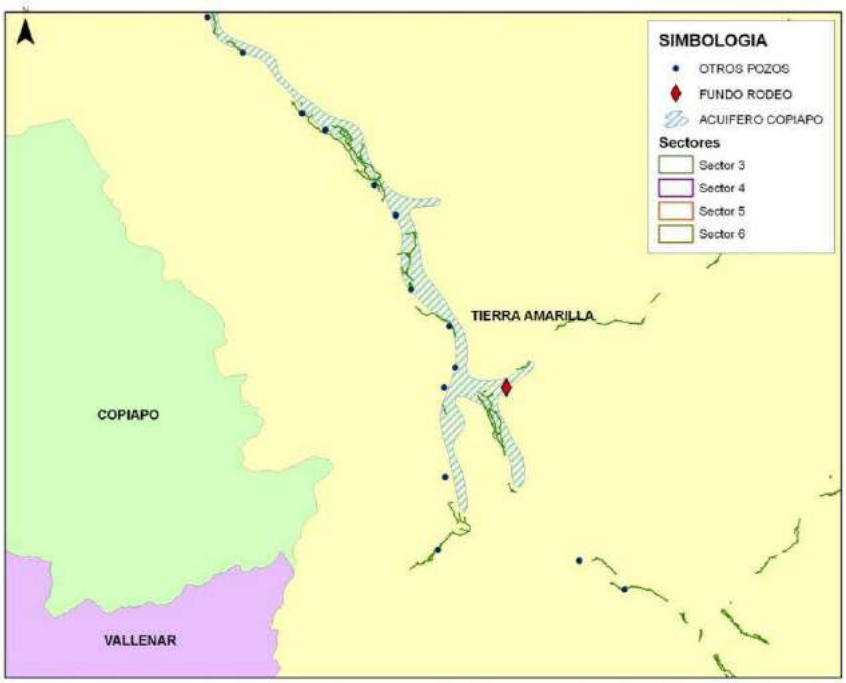


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



2.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Este pozo utilizado para riego en el Fundo Rodeo, corresponde al nuevo pozo que utiliza la DGA para realizar el monitoreo en el sector, puesto que el anterior que corresponde al que se encontraba georreferenciado ya no tiene nivel y no está en uso.

En el caso de este pozo, toda el área aledaña se encuentra dedicada a la actividad agrícola, existen cuarteles de parras en todas direcciones.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



2.3. OBSERVACIONES

El pozo original (georreferenciado) fue sustituido por el pozo de coordenadas indicadas en el informe.

3. JUNTA MANFLAS

3.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra ubicado en la confluencia de los ríos Manflas y Pulido, los cuales junto con el Jorquera forman el río Copiapó, en la comuna de Tierra Amarilla.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

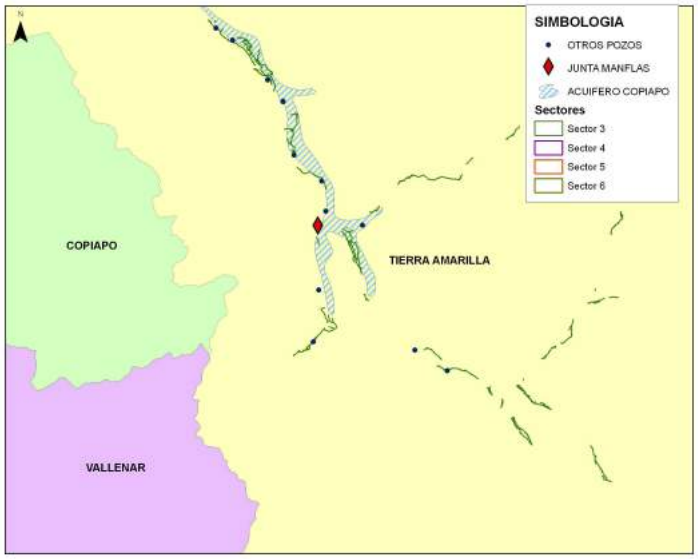


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El sector en que se ubica el pozo, corresponde a lecho de río que actualmente se encuentra seco.

Actualmente no hay infraestructura en uso en el área aledaña, pero existen vestigios de muro que probablemente correspondía a alguna caseta.

Tanto aguas arriba como aguas abajo del pozo, sólo existe vegetación silvestre, principalmente conformada por árboles y arbustos.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



3.3. OBSERVACIONES

El sector no presenta uso productivo o infraestructura que pudieran interferir con el uso del pozo para mediciones.

4. HACIENDA MANFLAS (MANFLAS ANTES HACIENDA)

4.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector rural de Hacienda Manflas en las nacientes del río Copiapó, en el río Manflas.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

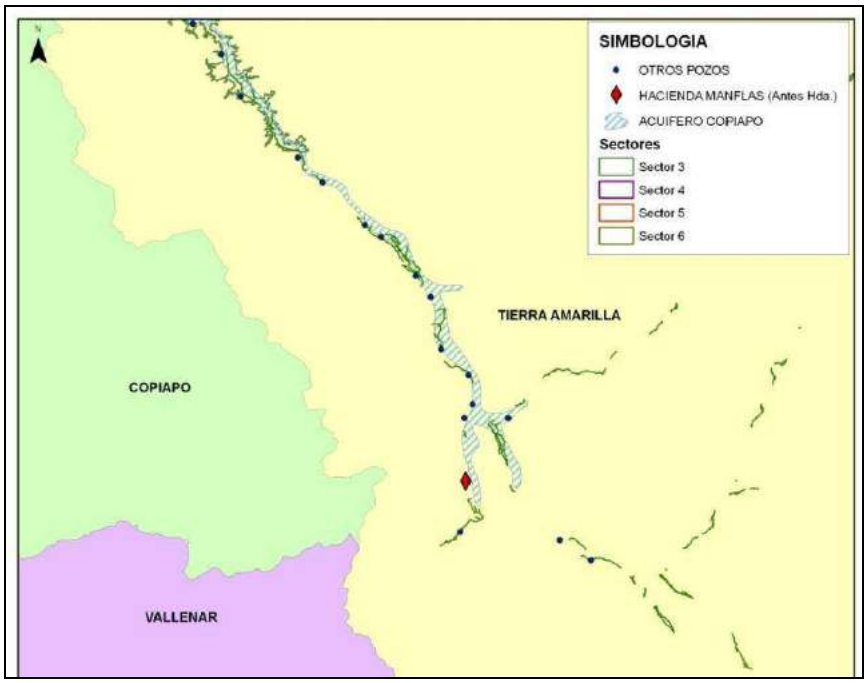


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



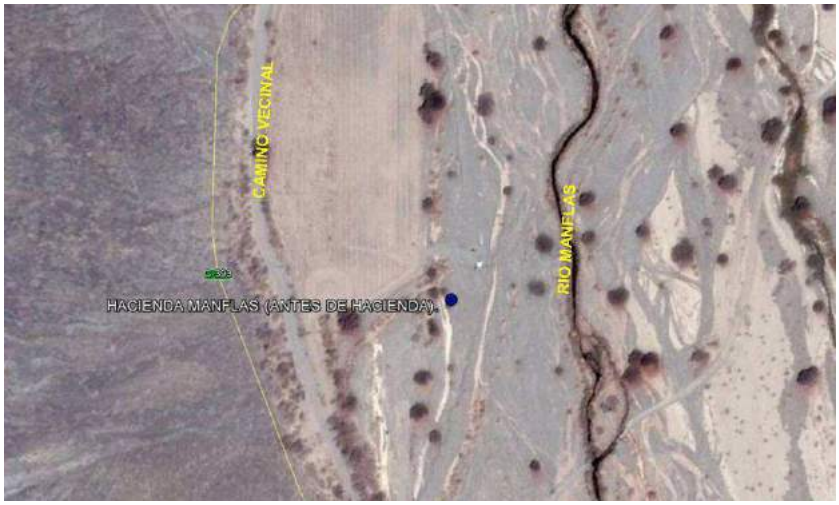
4.2. DESCRIPCION DEL SITIO

El pozo se encuentra en sector rural antes del acceso de Hacienda Manflas en las nacientes del río Copiapó, en el río Manflas.

En las inmediaciones del pozo no se aprecia actividad agrícola o industrial. Se encuentra a un costado de un camino interior vecinal.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



4.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

5. HACIENDA MANFLAS

5.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector rural de Hacienda Manflas en las nacientes del río Copiapó, en la río Manflas.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

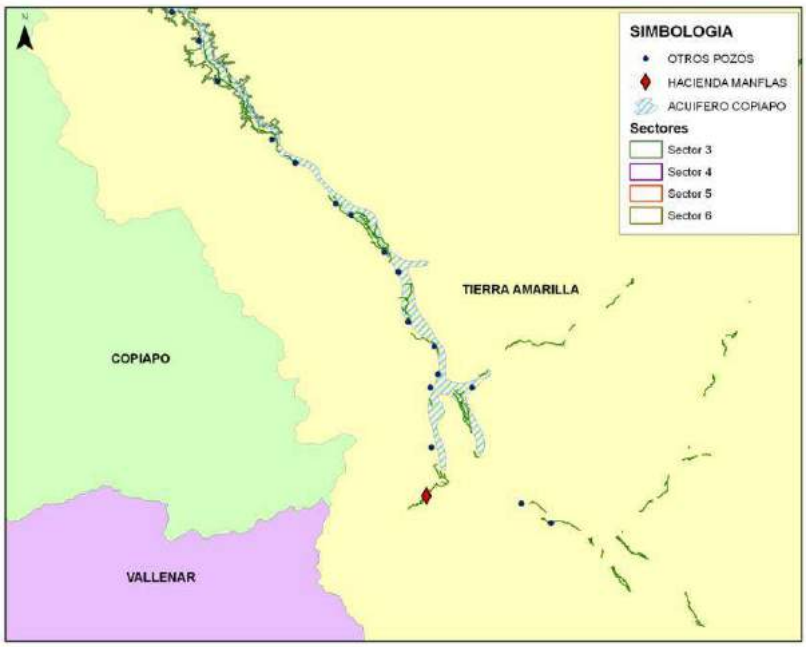


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



5.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra en sector rural de Hacienda Manflas en las nacientes del río Copiapó, en el río Manflas.

En las inmediaciones del pozo no se aprecia actividad agrícola o industrial. Se encuentra a un costado de un camino interior vecinal.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



5.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

6. QUEBRADA SECA

6.1. UBICACIÓN

El pozo que lleva este nombre se encuentra en el límite entre el predio agrícola del Fundo Quebrada Seca y un terreno del mismo propietario (Pedro Cruz en la vereda sur del camino C-35, en la comuna de Tierra Amarilla.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

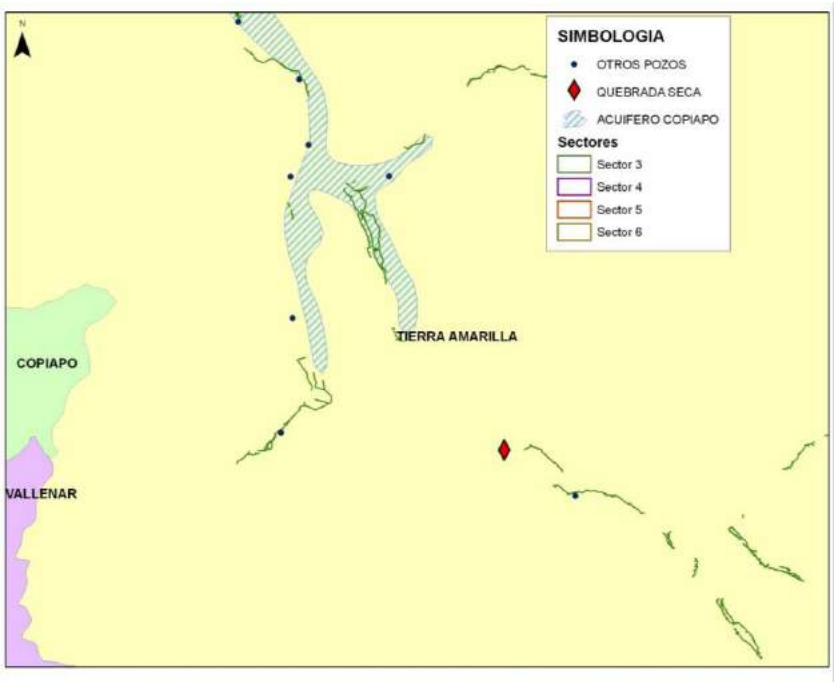


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



6.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El terreno colindante al Fundo, y donde se ubica específicamente el pozo se encuentra destinado al arriendo de maquinaria y servicios a la minería. Estos predios se encuentran en la vereda sur del camino C-35, en la comuna de Tierra Amarilla.

En el área perimetral del pozo, aguas arriba del mismo se encuentra la plantación de parrones del Fundo y aguas abajo el patio de maquinaria anteriormente señalado. Además de esto hay un galpón en el cuál se encuentra una vulcanización, un sector de almacenamiento de baños químicos y un área destinada al acopio de tambores contenedores de aceites, lubricantes y otras sustancias utilizadas para la mantención de la maquinaria. Esto podría llegar a constituir un riesgo de contaminación, puesto que se encuentran a menos de 200 metros de la ubicación del pozo.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



6.3. OBSERVACIONES

Actualmente este pozo no se encuentra en funcionamiento, sin embargo mantiene una estructura para la carga de camiones aljibe.

7. IGLESIA COLORADA

7.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra en lo alto del valle, en la comuna de Tierra Amarilla. En este sector el valle es bastante estrecho y los terrenos se encuentran dominados por el uso agrícola para la producción de uva.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

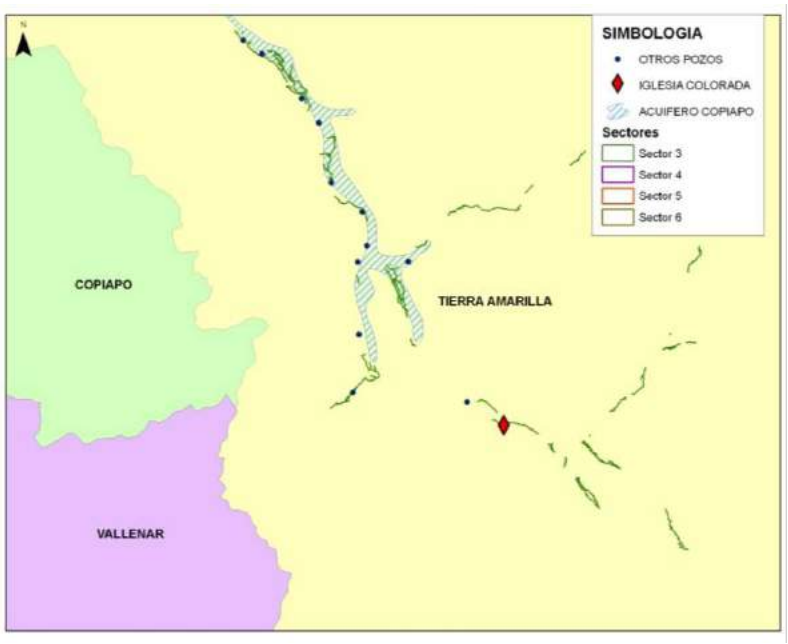


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



7.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo, que actualmente se aprecia en desuso puesto que las bombas no están funcionando, se encuentra al interior de una sala de bombeo y vecino a un estanque de acumulación. (Actualmente llenado con agua extraída de un pozo que se encuentra unos 600 m. aguas arriba).

De la inspección del área aledaña al pozo, se puede indicar que aguas arriba se encuentra un terreno agrícola abandonado (parras secas) y aguas abajo un sector con algunas oficinas de administración y otras plantaciones de vides.

Cruzando el camino, existe un depósito de material minero, pero este se encuentra a una distancia mayor a 200 m. y además de ser material estéril, se deduce que no reviste riesgo de contaminación del acuífero.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



7.3. OBSERVACIONES

El pozo actualmente no se encuentra en uso. El área de influencia no se ve afectada por ningún tipo de interferencia inmediata.

8. PASTILLO (PROHENS)

8.1. UBICACIÓN

El pozo que lleva este nombre, se encuentra ubicado a un costado del camino que une Copiapó y Tierra Amarilla.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

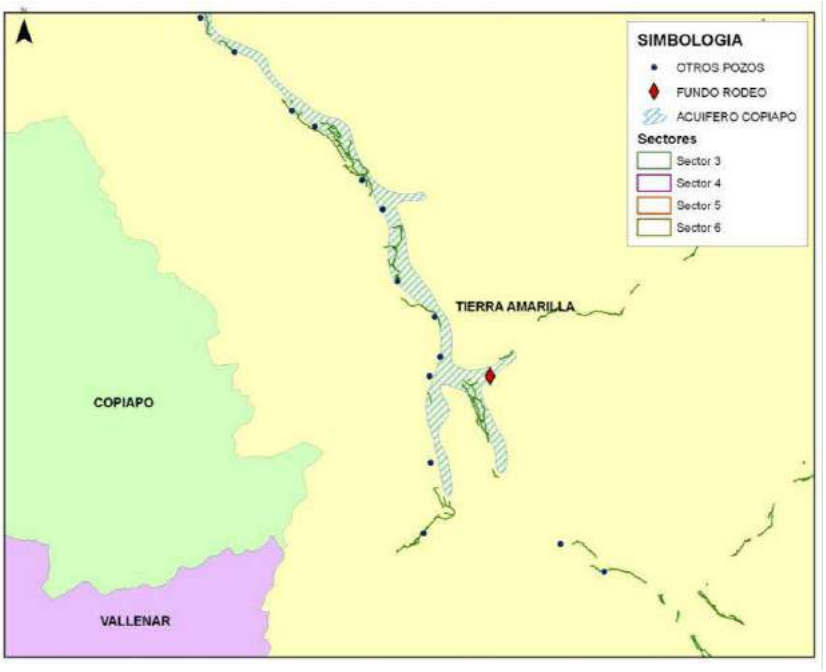


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



8.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

Este pozo de monitoreo se encuentra actualmente en funcionamiento, tiene un diámetro de 12” y según lo que nos informa el encargado de su funcionamiento el caudal extraído corresponde a 53 l/s.

En el área perimetral del pozo sólo existe suelo desnudo y a un costado la carretera. En los alrededores es posible encontrar plantaciones agrícolas (parronales) y no existen pozos que puedan interferir con su funcionamiento.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



8.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias, probables fuentes de contaminación o cambios en el uso del suelo en el corto plazo.

SECTOR 2

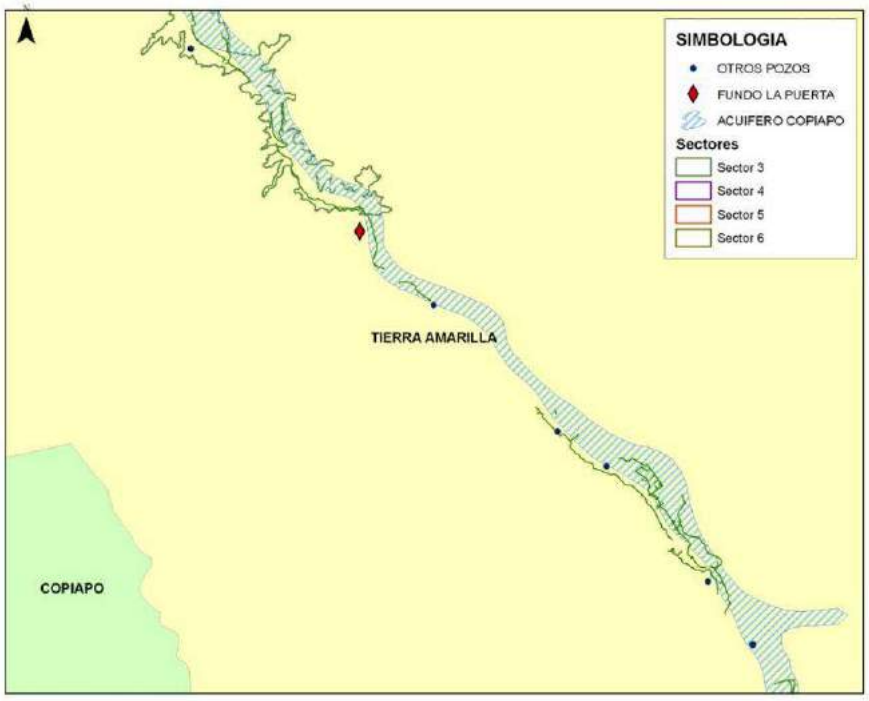
SECTOR 2

1. FUNDO LA PUERTA

1.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra al interior de la propiedad del Fundo La Puerta, ubicada en la comuna de Tierra Amarilla y colindante con la Ruta C-35.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



1.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El área en que se encuentra el pozo corresponde a un predio agrícola junto al Río Copiapó. El pozo se encuentra al interior de un galpón que corresponde a la sala de bombeo. En los alrededores solamente se encuentra una pequeña explanada con pasto, árboles ornamentales y vegetación ripariana.

El agua extraída del pozo es acumulada en un estanque y dirigida hacia el sistema de riego. Debido a que el caudal que se extrae es mayor al utilizado en los cultivos del fundo, el agua sobrante es descargada al cauce del Río.

La actividad desarrollada en los alrededores del pozo es puramente agrícola, dedicada específicamente a la producción de frutales.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



1.3. OBSERVACIONES

Actualmente el pozo se encuentra en funcionamiento y no se aprecian posibles intervenciones o modificaciones futuras del entorno.

2. ESCUELA 17 LOS LOROS

2.1. UBICACIÓN

Esta escuela se ubica en el pueblo de Los Loros en la comuna de Tierra Amarilla, y actualmente su nombre es Escuela Fronteriza D-43.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

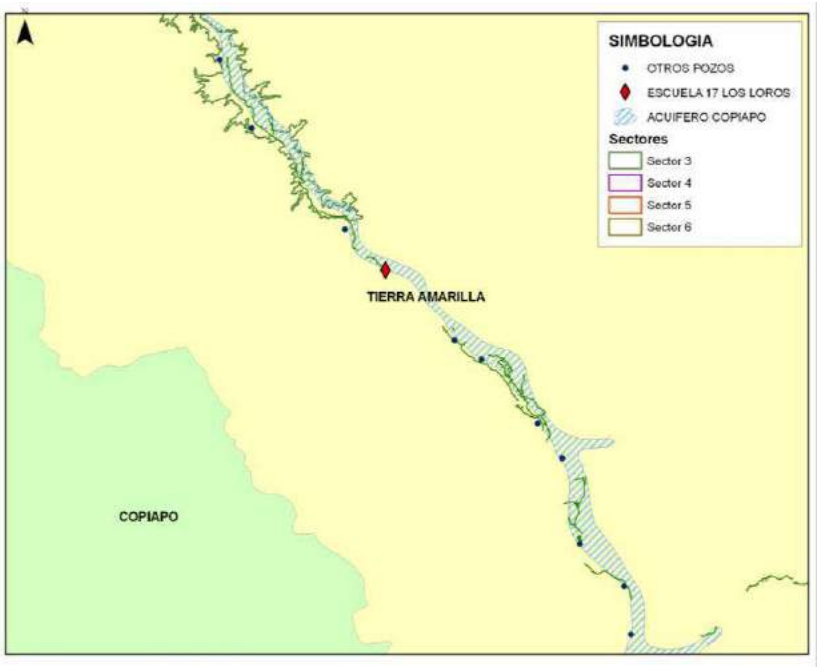


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



2.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo – que cuenta con instalaciones de bombeo - se encuentra al interior de la escuela, en un área techada y cerrada para el acceso de los estudiantes. Esta estructura colinda con una bodega utilizada para guardar

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

maquinaria agrícola y muebles, además de ser vecina con un sector del patio y salas de clases.

El agua que se extrae de este pozo es utilizada para el riego de jardines y de un sector de parronales que pertenece a la escuela.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



2.3. OBSERVACIONES

Actualmente el pozo se encuentra en funcionamiento y no se aprecian posibles intervenciones o modificaciones futuras del entorno.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

3. VEGAS EL GIRO

3.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra en una propiedad agrícola, ubicada en la comuna de Tierra Amarilla, en la Ruta C-35.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

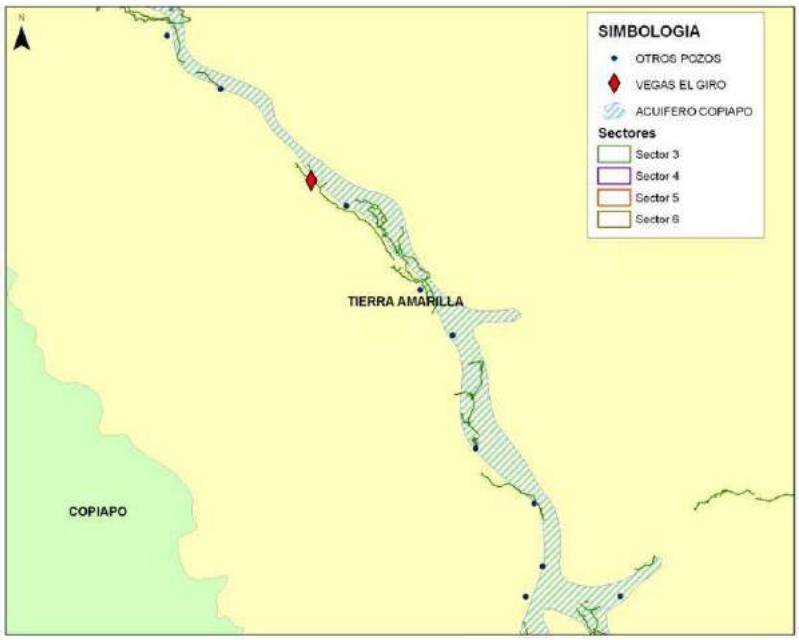


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo está al interior de un galpón techado que alberga la sala de riego del predio. En este lugar existe un estanque de acumulación y un sector de almacenamiento de fertilizantes y otros agroquímicos que se añaden al agua para el riego.

En el área que rodea al pozo, aguas arriba se pueden encontrar instalaciones como baños y bodegas y en todo el resto del sector solamente plantaciones de parrones de diferentes variedades.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



3.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias ni potenciales cambios en el uso del suelo en el mediano plazo.

4. PUEBLO SAN ANTONIO

4.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector rural en el sector de Pueblo de San Antonio, en la intersección de las rutas C-35 y C-539.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

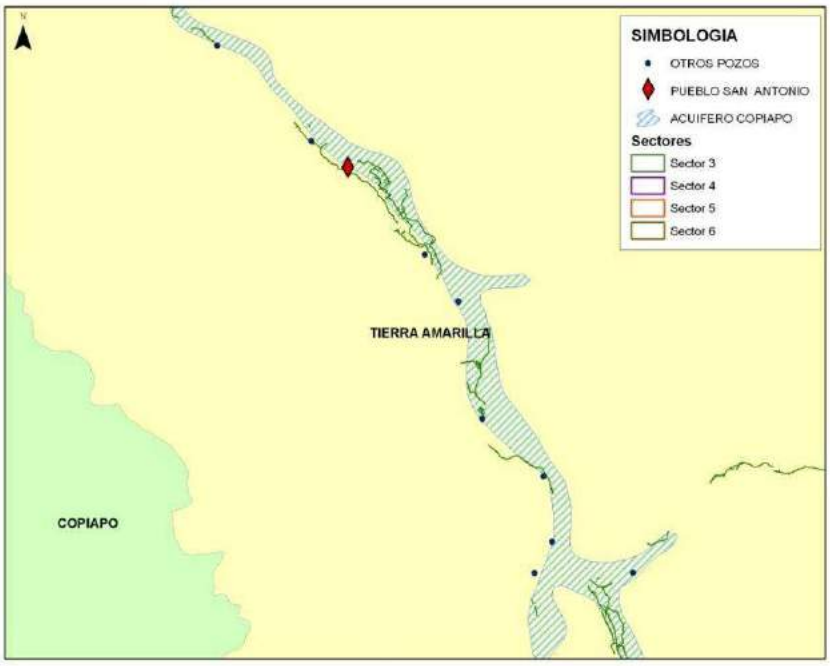


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



4.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El pozo se encuentra en sector rural, en dependencias del fundo San Antonio, perteneciente a Agrícola UAC Ltda. (Del Monte Fresh Produce (Chile) S.A.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

En las cercanías se ubica el poblado de San Antonio en su costado oriente, aguas abajo se localiza bodega de fertillizantes y parronales, aguas arriba un sitio eriazo que colinda con el cauce del río Copiapó y al poniente estanque de combustible y el lecho del río.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



4.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

5. QUEBRDA CALQUIS Y CALQUIS UAC

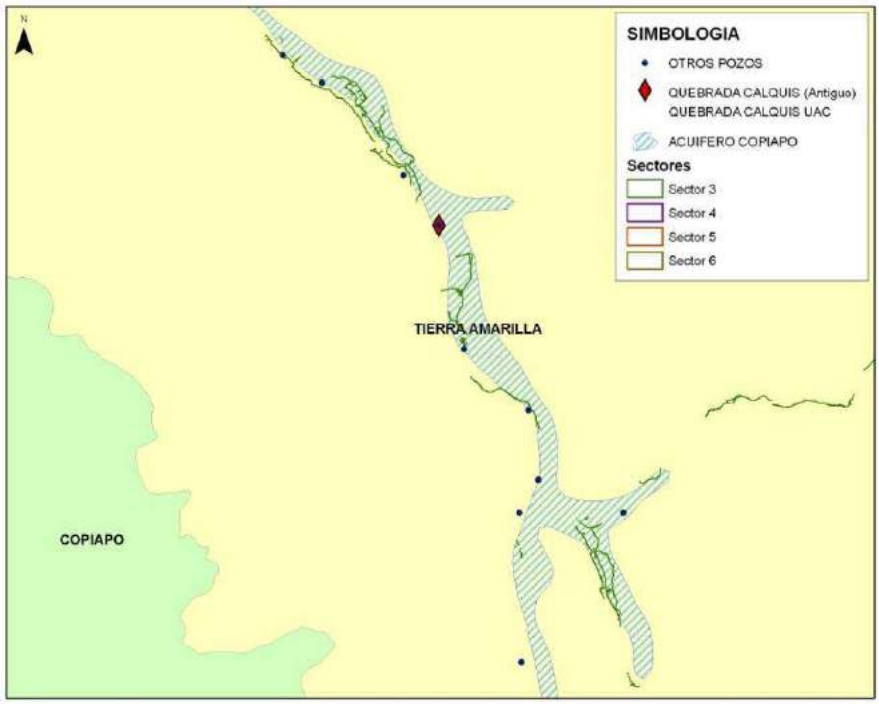
En este caso, y dado que un punto de monitoreo ha sustituido al otro, se realiza sólo una descripción de sitio que los incluye a ambos.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

5.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en el sector de Quebrada de Calquis, en predio del mismo nombre, pertenecientes a la Agrícola Del Monte.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH





5.2. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

Ambos pozos se encuentran en sector rural, en dependencias del fundo Quebrada de Calquis, perteneciente a Agrícola UAC Ltda. (Del Monte Fresh Produce (Chile) S.A.

En las cercanías se ubican dependencias del fundo, al poniente sala de fertilización, aguas abajo bodegas, aguas arriba, sitio destinado a maniobras y luego parronales.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

En visita al sitio solo se ubico el pozo denominado Quebrada de Calquis (Antiguo), según lo informado por la administradora del predio, no existe en las cercanías otro pozo, lo cual fue corroborado con una inspección visual del sitio.

Se informó además de un pozo ubicado a unos 250 m del pozo antes mencionado, el cual es inspeccionado por funcionarios de la DGA. Las coordenadas UTM de este pozo son N: 6.909.647 E: 400.660 Cota : 312 m.s.n.m.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



5.3. OBSERVACIONES

Ambos pozos en funcionamiento, no se ven afectados por ningún tipo de interferencia inmediata.

6. EMBALSE LAUTARO

6.1. UBICACIÓN

El embalse Lautaro se encuentra ubicado a 15 km aguas debajo de las confluencias de los ríos Manflas, Jorquera y Pulido y 90 km aguas arriba de Copiapó.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

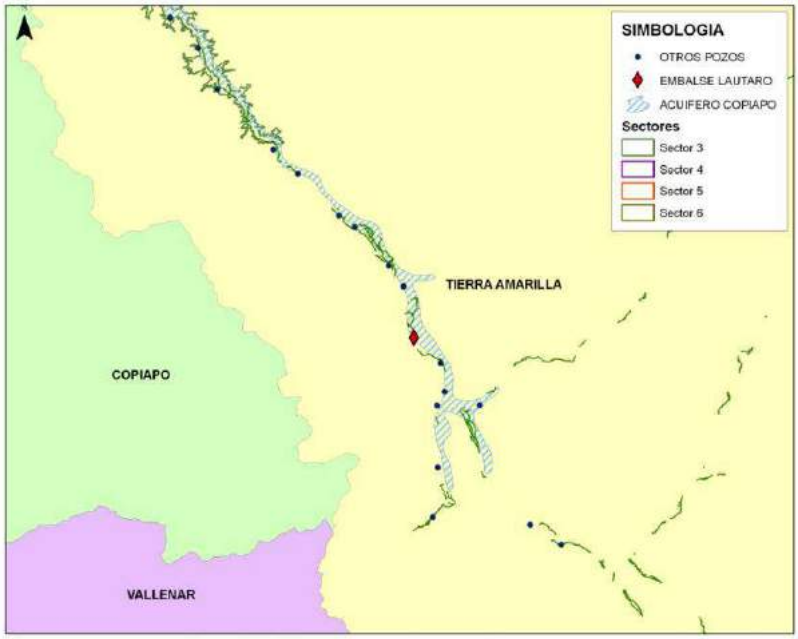


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



6.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo que lleva este nombre se encuentra aguas abajo del muro del embalse, en el sector de Almolanas.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

Aguas abajo del mismo pozo, el terreno corresponde a lo que fue el lecho del Río Copiapó, actualmente sin usos y dominado por matorral bajo y rodeado por predios agrícolas y viviendas del sector Almolanas.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



6.3. OBSERVACIONES

No fue posible verificar el funcionamiento de este pozo de observación. Dada su ubicación no existirán cambios en el entorno que pudieran generar interferencias o alteraciones en los niveles.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

7. GOYO DIAZ

7.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector rural de Goyo Díaz, en predios particulares.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

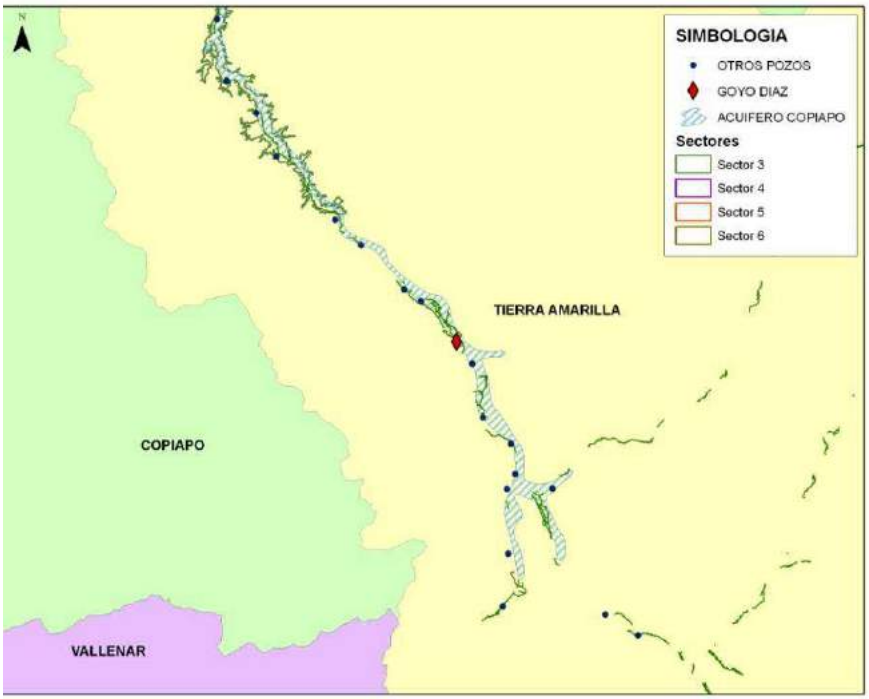


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

7.2. DESCRIPCIÓN SITIO

El pozo se encuentra en el sector rural de Goyo Díaz, en predios particulares.

En las inmediaciones del pozo se aprecian parronales de uva de exportación, a un costado de camino vecinal.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



7.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

SECTOR 3

SECTOR 3

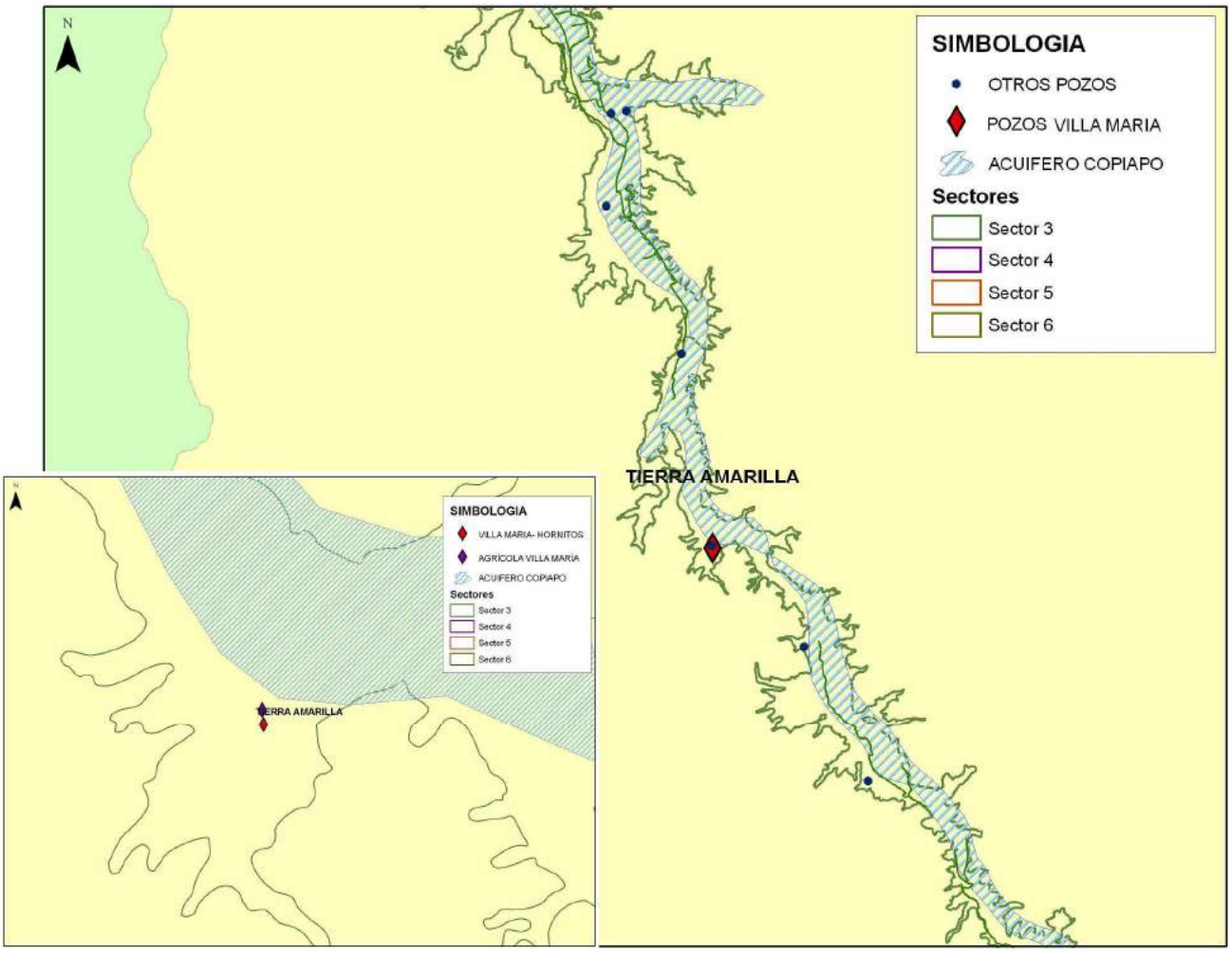
1. AGRÍCOLA VILLA MARÍA

En este caso, ambos puntos se encuentran en el mismo predio, por lo que se presenta una única descripción de sitio, con el fin de no repetir información.

1.1. UBICACIÓN

El Fundo Villa María se encuentra en la Comuna de Tierra Amarilla, en la Ruta C-35. En esta propiedad es posible encontrar dos pozos de observación, "Villa María – Hornitos" y "Agrícola Villa María".

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



1.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo "Agrícola Villa María", corresponde a un pozo exclusivo de observación y se encuentra junto a la sala de bombeo de la Agrícola, en un sector con césped. Este pozo tiene una profundidad de 110 m., 12" de diámetro y actualmente se encuentra seco.

Aproximadamente a 10 m. aguas abajo existe otro pozo, originalmente construido para riego y que actualmente se encuentra en desuso por derrumbe, sin embargo existen planes en el corto plazo de habilitarlo nuevamente.

Directamente aguas arriba de este pozo es posible encontrar la sala de riego e igualmente como sucede en casi todo el entorno, aguas abajo grandes extensiones de parronales.

El encargado del riego, hace mención que los niveles han descendido cerca de 50 m. en los últimos 10 años.

En cuanto al pozo "Villa María – Hornitos", este se encuentra dentro de una caseta en un sector interior del predio, en que hay jardines y a un costado una piscina de acumulación. Tiene una profundidad de 60 m.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

Este pozo se encuentra sin agua hace 8 años, y en ese momento dejó de ser utilizado como pozo de observación y se comenzó a utilizar el pozo "Agrícola Villa María".

El área aguas arriba de este pozo, se encuentra cubierta de vegetación ornamental y un galpón, en cuanto al sector aguas abajo allí es posible encontrar algunas oficinas de la Hacienda.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO





Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN VILLA MARÍA - HORNITOS



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN AGRÍCOLA VILLA MARÍA



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO VILLA MARÍA - HORNITOS



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO AGRÍCOLA VILLA MARÍA



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

1.3. OBSERVACIONES

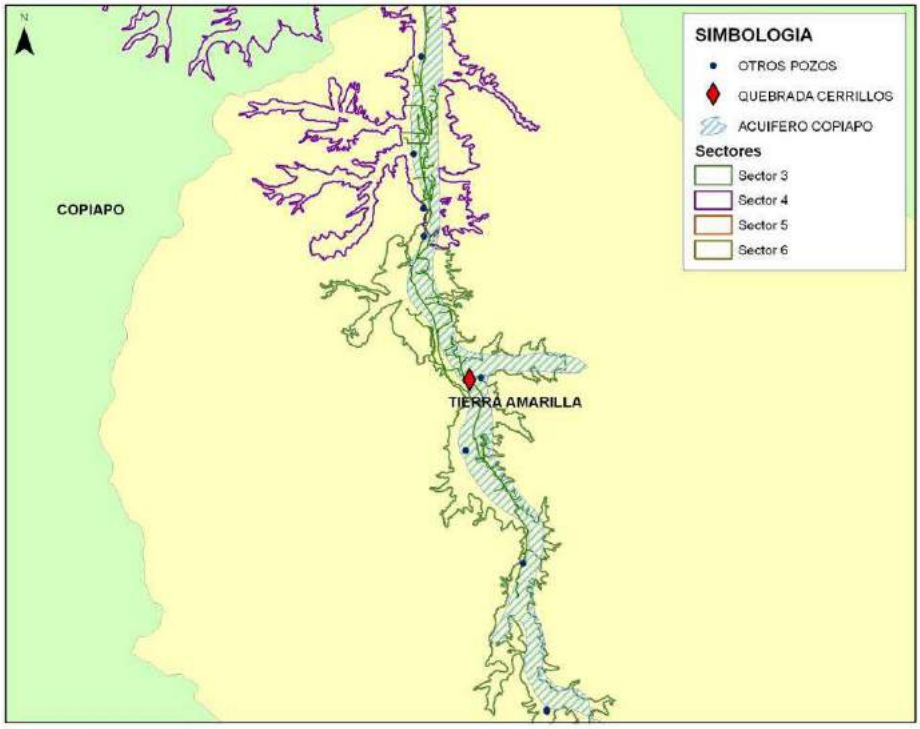
Ambos pozos se encuentran actualmente secos. Existen otros pozos en la propiedad que podrían ser utilizados como sustitutos para el monitoreo de los niveles del acuífero en esta zona.

2. QUEBRADA CERRILLOS

2.1. UBICACIÓN

Este pozo de observación se encuentra al interior de un predio agrícola actualmente abandonado, ubicado en la Ruta C-40 en la comuna de Tierra Amarilla.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



2.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra entre dos cuarteles de parrones, los cuales se encuentran secos, sin estructuras aledañas. El área en los alrededores del pozo corresponden a terrenos agrícolas con parronales.

Sin embargo, aguas arriba existe una planta de procesamiento de cobre, aproximadamente a 200 m del pozo. Esto último, podría ser un eventual foco o revertir riesgos de contaminación.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



2.3. OBSERVACIONES

Este pozo actualmente se encuentra fuera de uso (aterrado)

3. PABELLÓN

3.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, al interior del fundo no identificado, al costado poniente de la ruta C-35.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

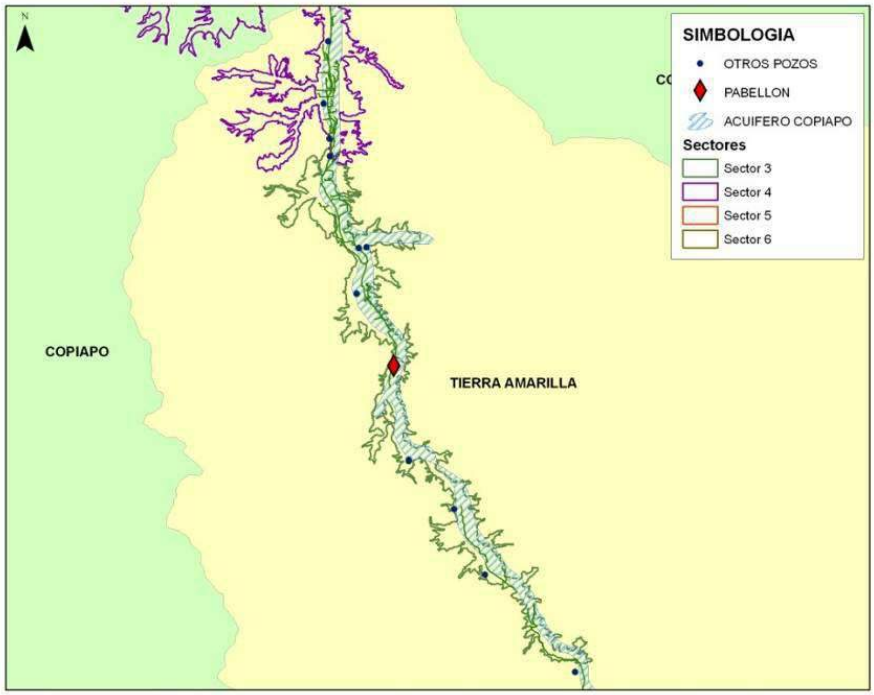


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra ubicado dentro de uno de los cuarteles de parronales que se encuentran en el predio y a 20 metros de ruta C-35.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

Según lo informado por personal de la DGA este pozo se encuentra seco.

En las inmediaciones del pozo, tanto aguas arriba como aguas abajo, sólo existen plantaciones de parronales los cuales se encuentran abandonados.

Aproximadamente 280 m aguas abajo, se encuentra un pozo de 12" de diámetro y de profundidad desconocida, el cual se encuentra con agua a nivel de suelo.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en los niveles del pozo, ni tampoco posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



3.3. OBSERVACIONES

Este pozo actualmente se encuentra seco y en el predio existen otro que se encuentran fuera de funciones y cuyo nivel estático es 0 y que puede ser utilizado como punto de observació

4. PLANTA ELISA DE BORDO

4.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en un predio de la agroexportadora Río Blanco, en la comuna de Tierra Amarilla y colindante con la Ruta C-35.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

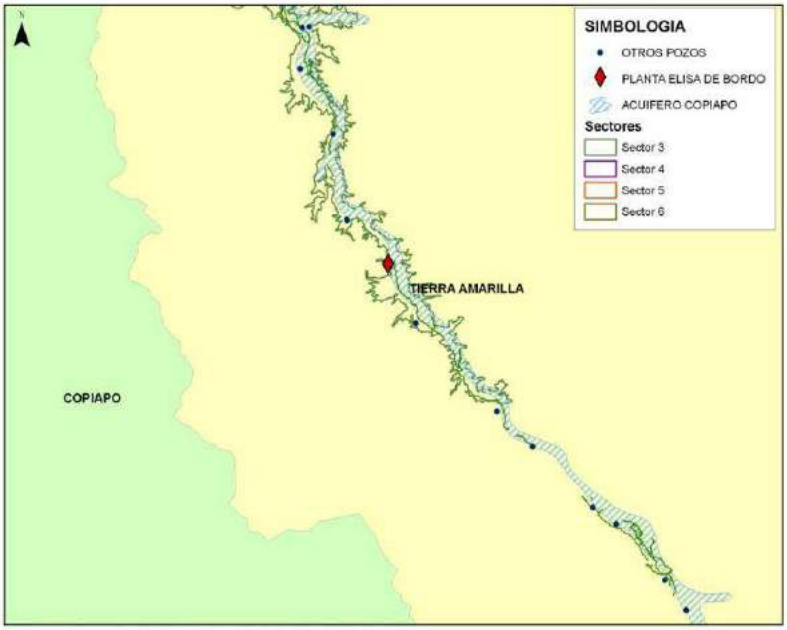


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



4.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El área en que se encuentra el pozo está entre un patio de acopio de material en desuso, bodegas y un patio de estacionamiento.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

Se trata de un pozo antiguo, aproximadamente del año 1960 – según informa uno de los trabajadores- y tiene una profundidad de 70 m. El pozo actualmente se encuentra inhabilitado puesto que la calidad del agua impedía su uso para rego (salobre)

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



4.3. OBSERVACIONES

Este pozo actualmente no se encuentra en funcionamiento. Sin embargo No se aprecian interferencias ni potenciales cambios en el uso de suelo .

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

5. HORNITO (ROJAS)

5.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Tierra Amarilla, siguiendo la ruta C35, en un área dedicada primordialmente a la agricultura.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

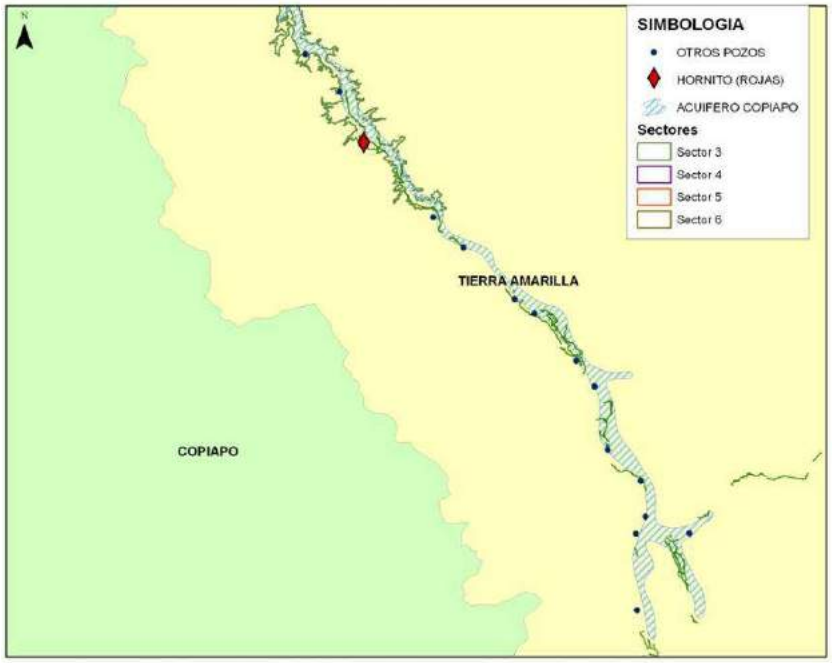
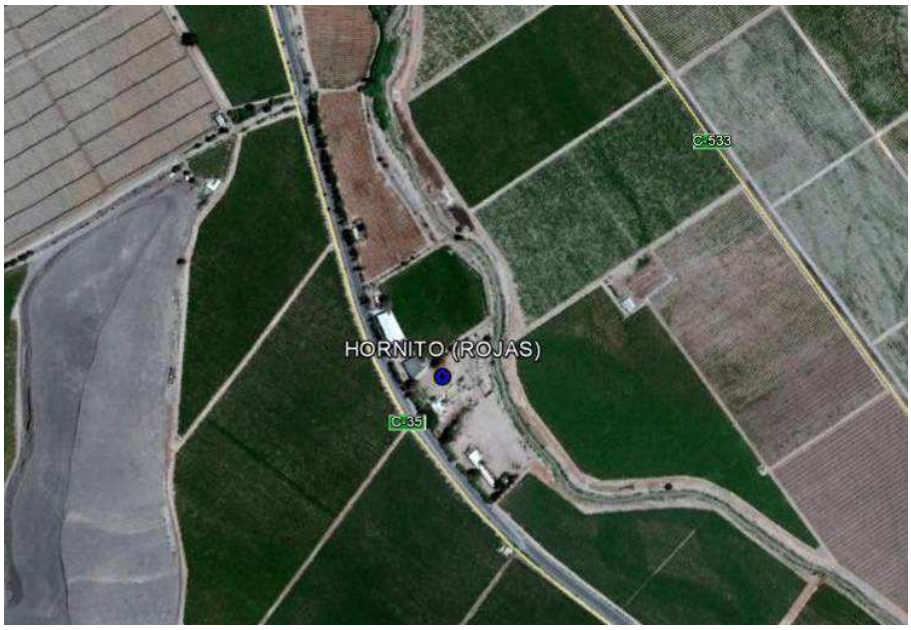


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

5.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

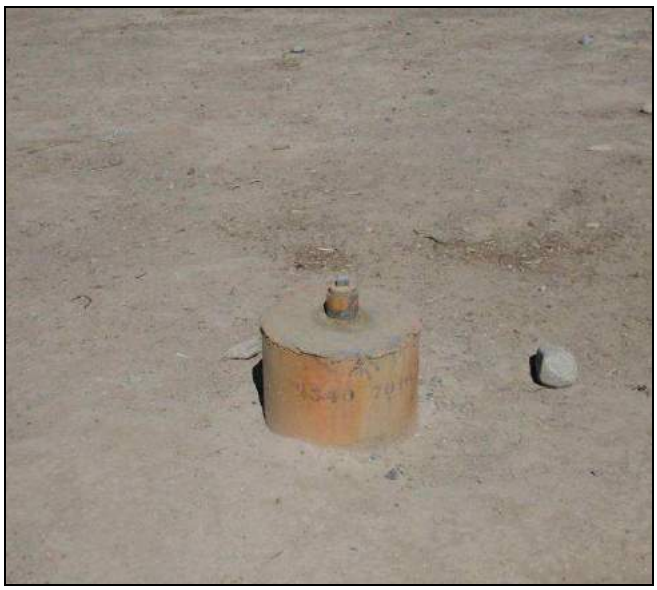
El área específica en que se encuentra emplazado este pozo de observación, corresponde a un sector desprovisto de vegetación y en los alrededores a éste (específicamente aguas arriba) se encuentran algunas de las casas pertenecientes al fundo). Aguas abajo del pozo, a unos 50 m. de distancia comienzan los parronales.

Este pozo tiene aproximadamente 70 m. de profundidad y según el encargado actualmente se encuentra seco.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO

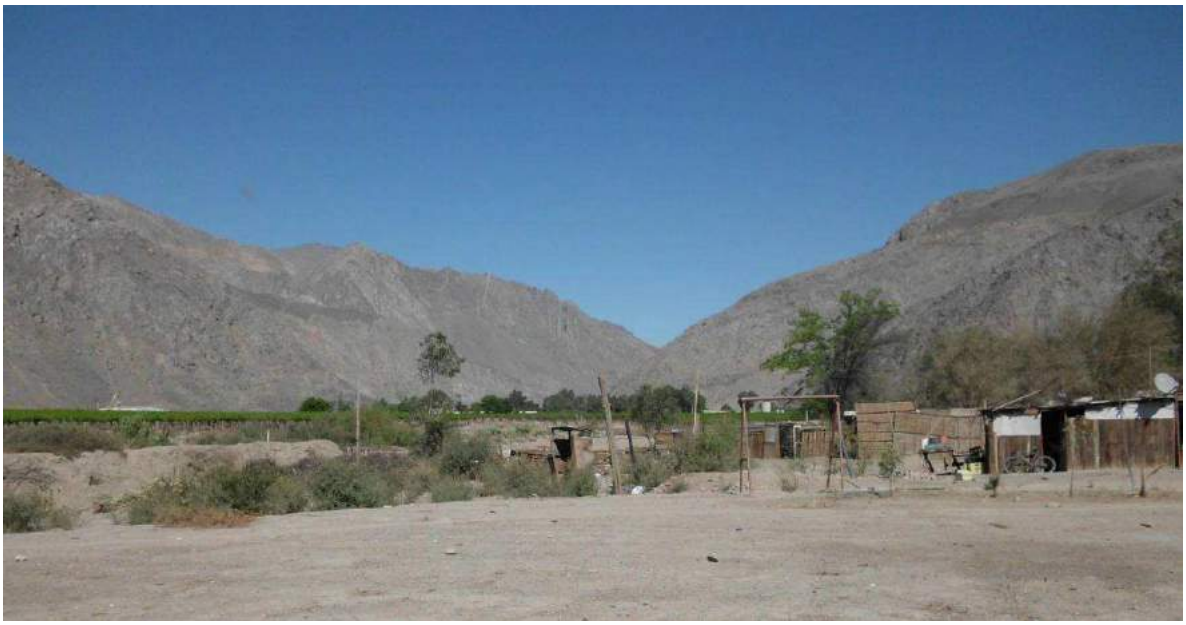


IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



5.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias o actividades que puedan constituir algún cambio en el entorno del pozo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

6. QUEBRADA CERRILLOS AMANCAY

6.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, al interior del fundo de la Sociedad Agrícola Uvas del Norte ubicado a un costado de la ruta C-40

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

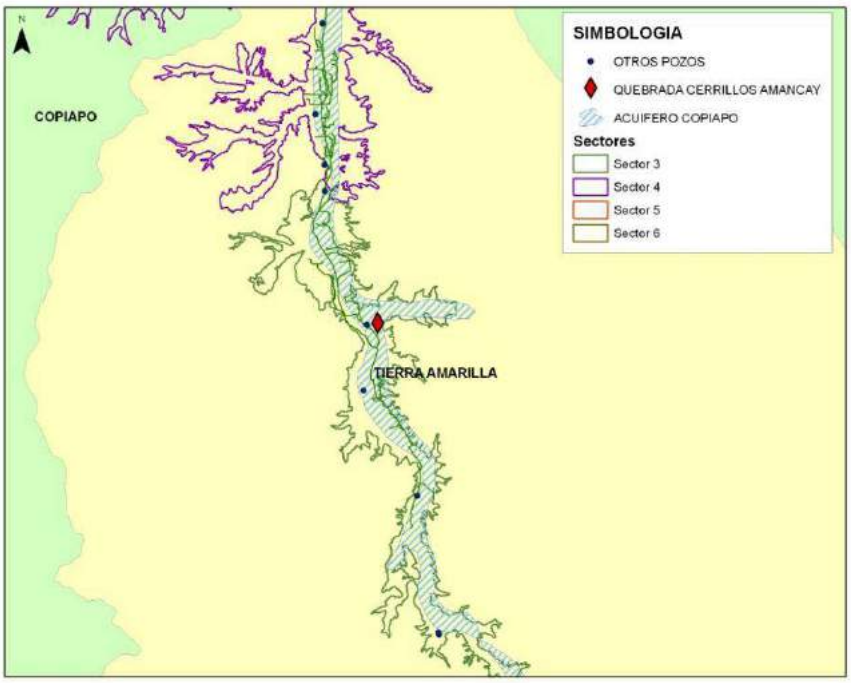


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

6.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra ubicado en la quebrada Cerrillos, tributaria del río Copiapó, en las dependencias del fundo perteneciente a Uvas del Norte (UDN). Aguas abajo del pozo se encuentra cuartel de parrones de uvas de exportación. Aguas arriba se ubica instalaciones para el parking de la uva. Al norte se ubica sala de fertilización de agua, y hacia el sur el parking.

En las inmediaciones del pozo, tanto aguas arriba como aguas abajo, sólo existen plantaciones de parronales destinados a la producción de uva de exportación.

Hacia el sur, a unos 150 a un costado de la ruta C-40 se encuentra planta de proceso de cobre COEMIN. Hacia el norte a unos 400 m se encuentra antiguo tranque de relaves. A menos de 10 m se encuentra un pozo profundo, actualmente en uso para el riego de los parronales.

Según lo indicado por la persona encargada de los sistemas de riego de la Empresa, este pozo tiene 130 m. de profundidad con un díametro de 14”, con un tubo interior de 8” y un caudal de 80 l/s.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en los niveles del pozo, ni tampoco posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este.

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



6.3. OBSERVACIONES

Este pozo actualmente se encuentra seco y en el predio existen otros que se encuentran en funcionamiento y que pueden ser utilizados como puntos de observación.

7. FUNDO ALIANZA

7.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, al interior del fundo del mismo nombre, al costado poniente de la ruta C-35.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

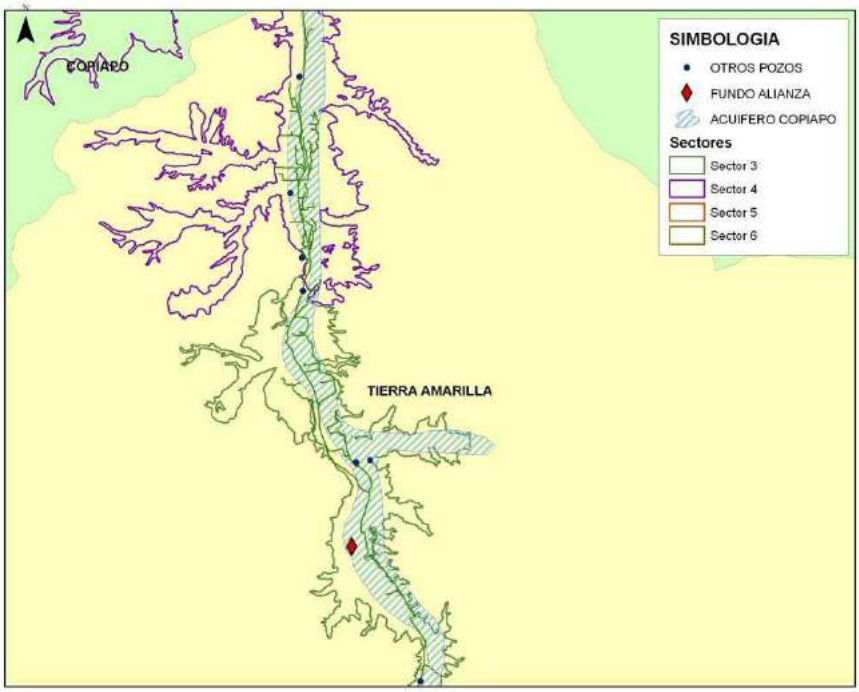


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



7.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra ubicado dentro de las dependencias del predio y a 50 metros aproximadamente de ruta C-35.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

En las inmediaciones del pozo, en su costado oriente y sur se encuentran cuarteles de parronales, de uva de exportación. Al norte del pozo se encuentran dependencias del fundo (dormitorios) y al este, camino de servicio del fundo.

El diámetro del pozo es de 10”, con una profundidad de 100 m, las bombas se encuentran a una profundidad de 80 m y estas tienen una tubería de 6”.

En las cercanías del pozo se encuentra un estanque de combustible (petróleo), el cual no se encuentra enterrado.No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en los niveles del pozo, ni tampoco posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN.



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO





Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO





7.3. OBSERVACIONES

Este pozo actualmente se encuentra en funcionamiento para regadío del fundo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

SECTOR 4

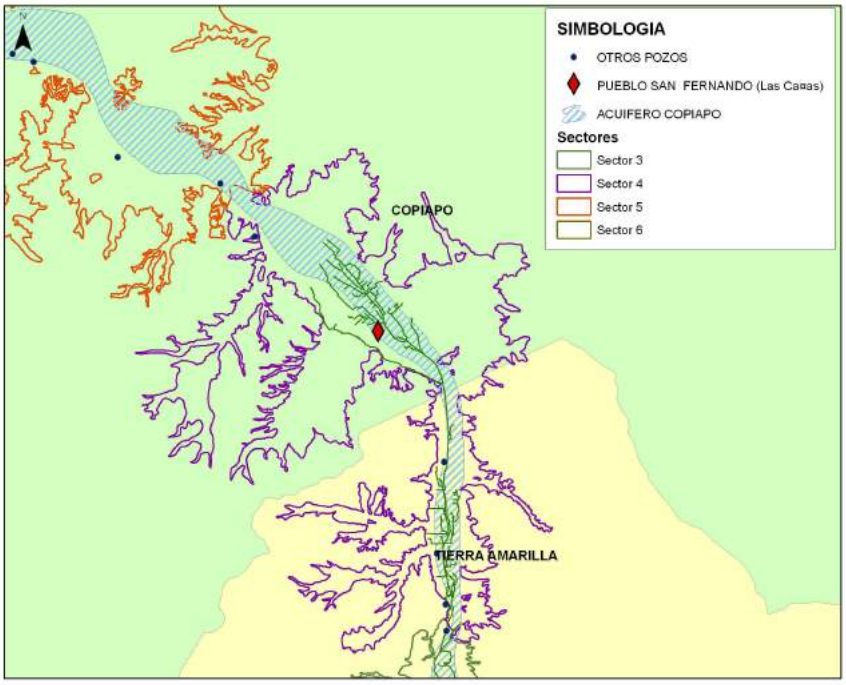
SECTOR 4

1. PUEBLO SAN FERNANDO (LAS CAÑAS)

1.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector semiurbano en el sector sur de la ciudad de Copiapó

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

MAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



1.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra ubicado al interior de un galpón, en una zona rodeada de chacras con cultivos de hortalizas. El galpón sirve como taller mecánico, para reparación de motores y bombas.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



1.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

2. QUEBRADA INFIERNILLO (MAL PASO)

2.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, al interior de fundo ubicado a un costado de la ruta C-35

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

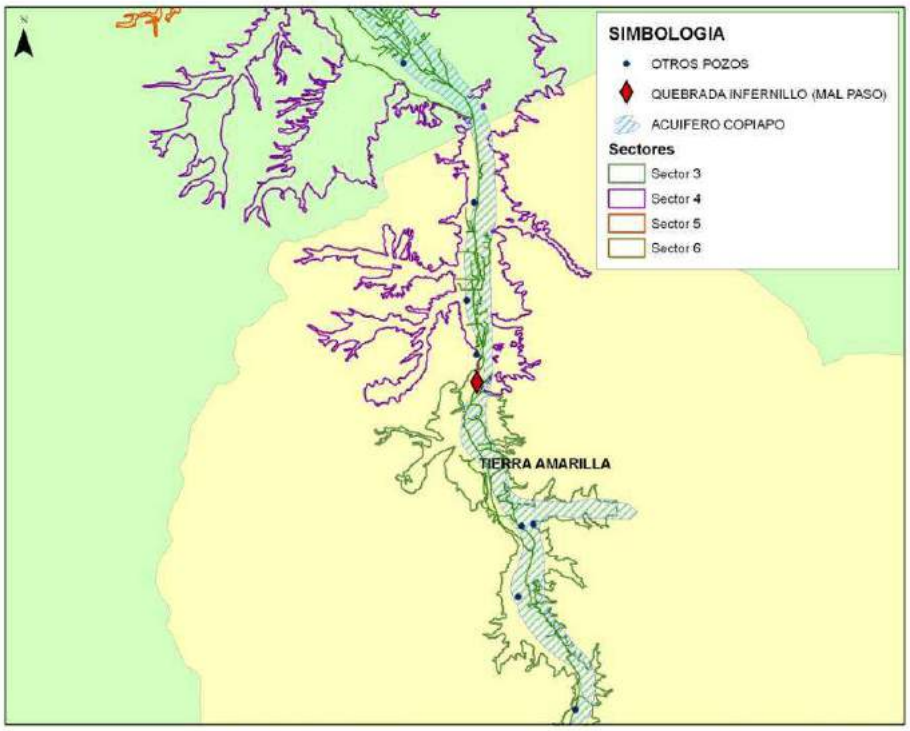
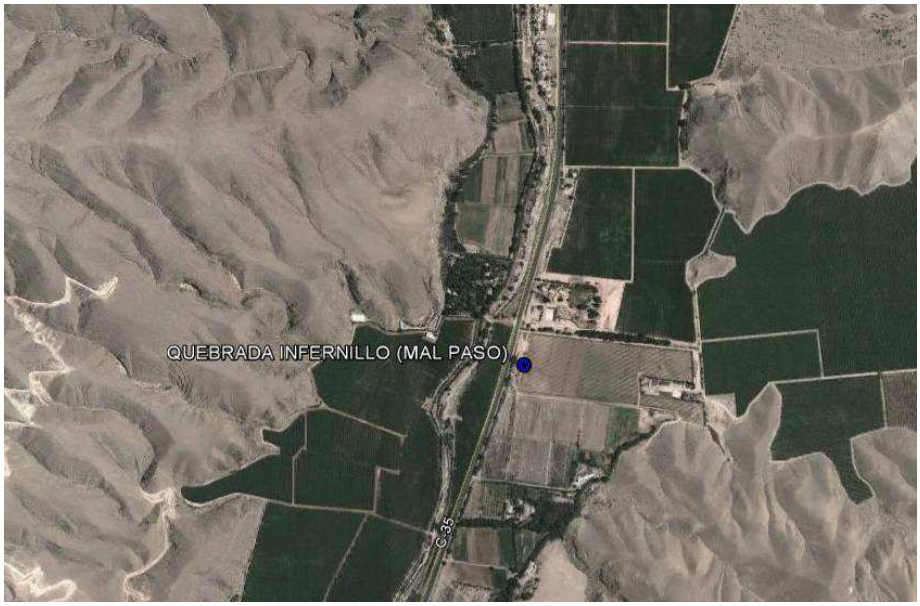


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



2.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra en un predio agrícola, a un costado de la ruta C-35, entre los poblados de Tierra Amarilla y Nantoco.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

En las inmediaciones del pozo, tanto aguas arriba como aguas abajo, se encuentra sitio con muchos desechos de maquinarias. Hacia el oriente se encuentra parronal de uva de exportación y hacia el poniente la ruta antes mencionada.

Aguas abajo, y a unos 350 m se encuentra recinto de Aguas Chañar, donde ubican alrededor de 6 pozos profundos para la extracción de agua para carguío de camiones aljibe. A menos de 3 m del pozo, al momento de la vista se encontraba en excavación un nuevo pozo.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

2.3. OBSERVACIONES

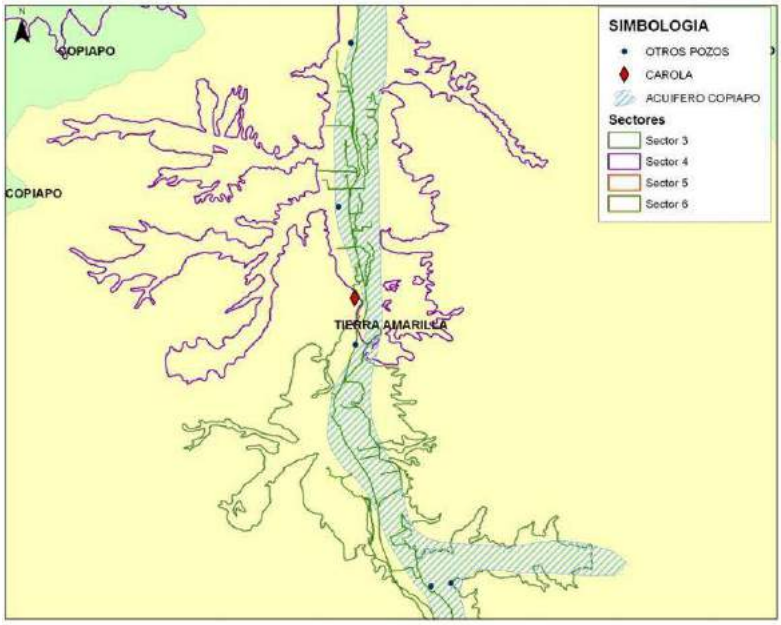
Este pozo actualmente se en funcionamiento, pero se puede ver afectado por la construcción inmediata del nuevo pozo.

3. CAROLA

3.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector semiurbano en el poblado de Tierra Amarilla

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

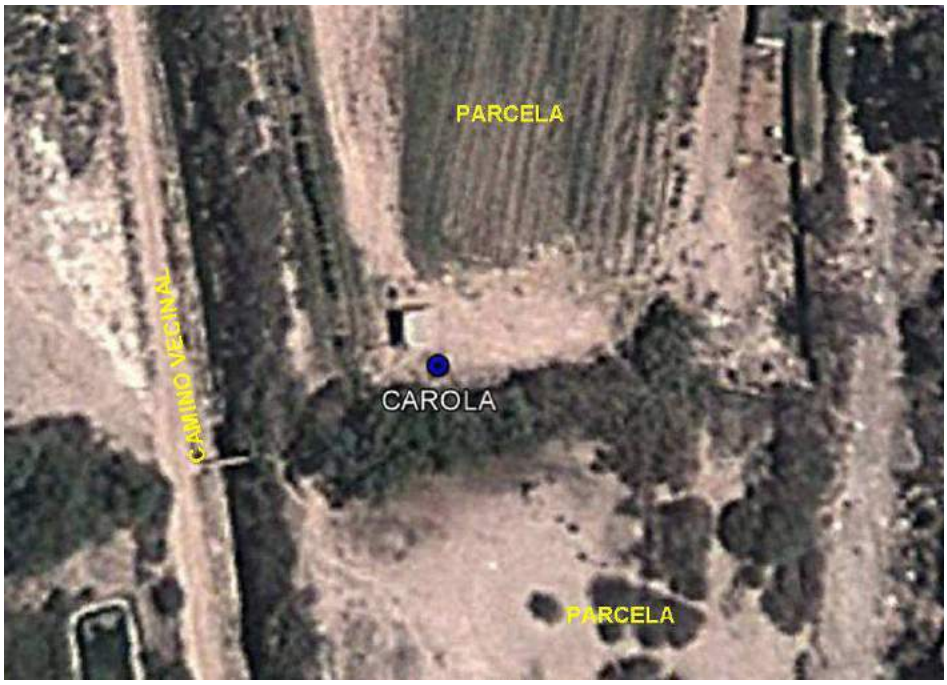
El pozo se encuentra en un predio agrícola (pequeña parcela), perteneciente a Minera Carola, en un sector semiurbano al sur de Tierra Amarilla..

En las inmediaciones del pozo, tanto aguas arriba como aguas abajo, se encuentran pequeños predios de actividad agrícola (pequeñas chacras). Hacia el poniente se encuentran a un distancia de aproximadamente 20 m, camino vecinal y parronales, hacia el oriente, el lecho del río Copiapó, el cual se encuentra sin agua y población al costado del camino.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



3.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

4. BUITRON

4.1. UBICACIÓN.

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector semiurbano en el poblado de Tierra Amarilla.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

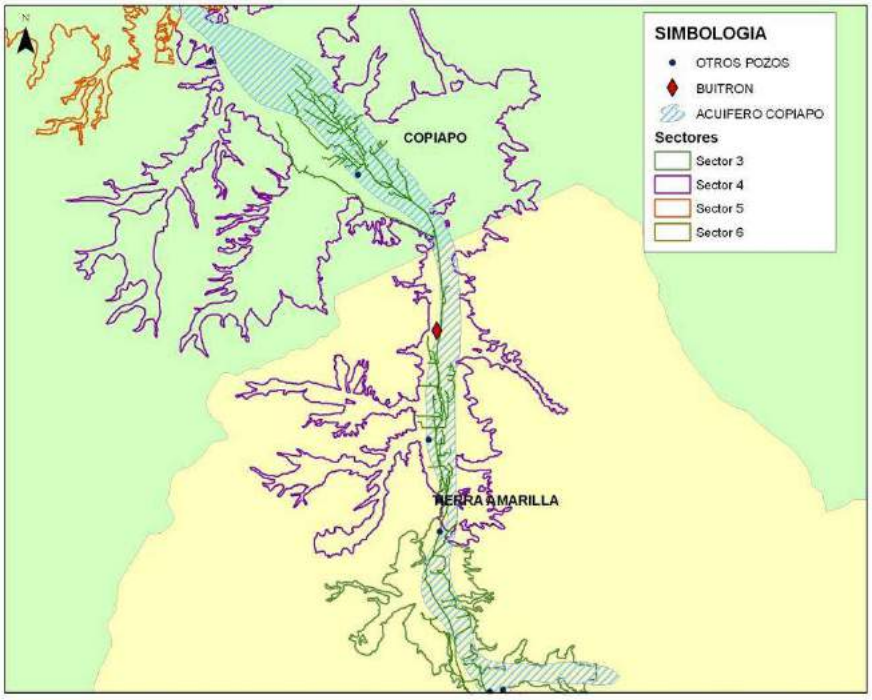


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



4.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

En las inmediaciones del pozo, aguas abajo, a unos 45 m se encuentra planta de áridos de Cemento Melón, en la cual se prepara hormigón industrial. Inmediatamente aguas arriba se encuentra estacionamiento de camiones

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

botoneros y rotonda de acceso a fundo cercano. Hacia el poniente se encuentra se encuentra ruta C-35 y sitios eriazos.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



4.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

5. PUCOBRE (8)

5.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector semiurbano en el poblado de Tierra Amarilla.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

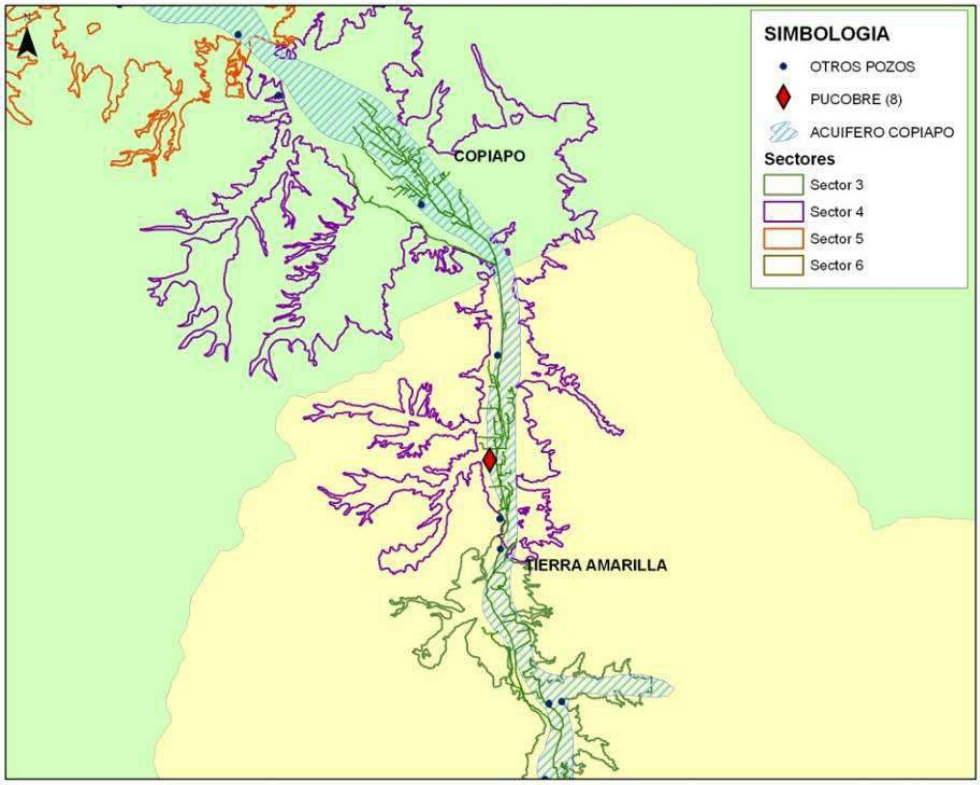


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

5.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra en sector semiurbano, en el sector sur del poblado de Tierra Amarilla, en el antejardín de una propiedad privada. Este pozo pertenece a la Minera Pucobre y esta designado con el nº8.

En las inmediaciones del pozo, aguas arriba, a unos 45 m se encuentra parronal de uvas de exportación, al igual que aguas abajo. Hacia el poniente se encuentra casa particular y hacia el oriente camino vecinal y canal del río Copiapó.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO





Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



5.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

6. HOCHILDS

6.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra al interior de la propiedad del mismo nombre, ubicado en la ciudad de Copiapó.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

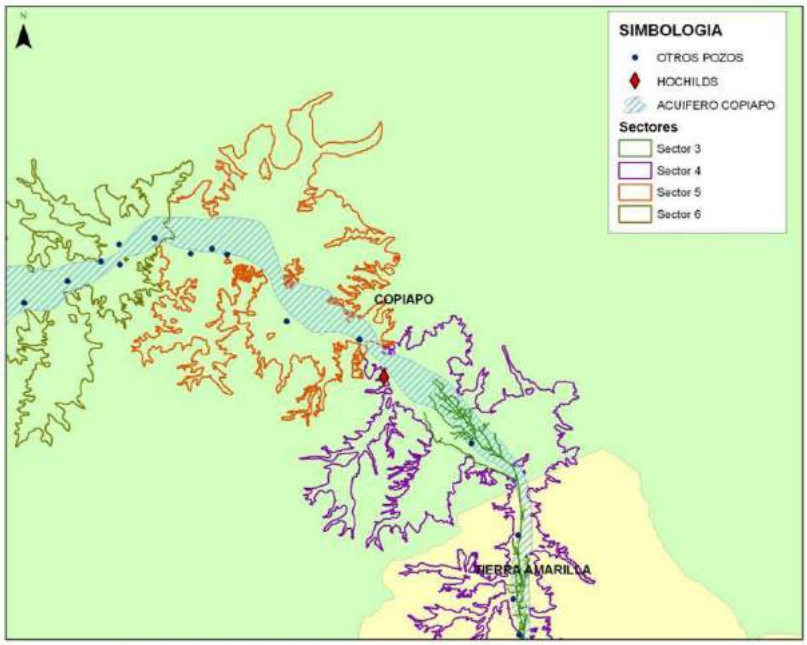


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



6.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Este pozo, está ubicado dentro de una caseta, en que se encuentra instalado un sistema de bombas y de carga de camiones aljibe. Los niveles se encuentran a 32 m. y la profundidad total del pozo es de 70 m.

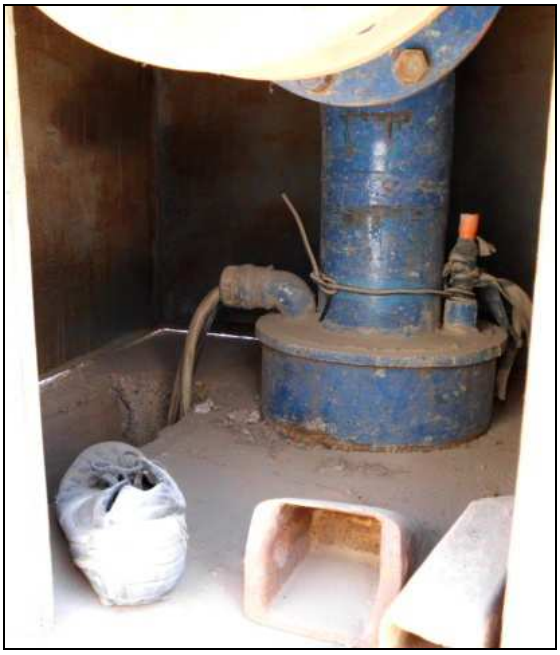
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

Actualmente en este lugar se está comenzando a construir un Mall, por lo cual hay un constante movimiento de maquinarias y en un futuro cercano el sitio se verá completamente modificado. Por ello, a una distancia de 100 m. del pozo original, se está construyendo un nuevo pozo, el cual tendrá un sistema subterráneo de conducción de las aguas.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



6.3. OBSERVACIONES

El entorno de este pozo está siendo completamente alterado y se debe revisar la factibilidad de utilizar el nuevo pozo para las mediciones.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

SECTOR 5

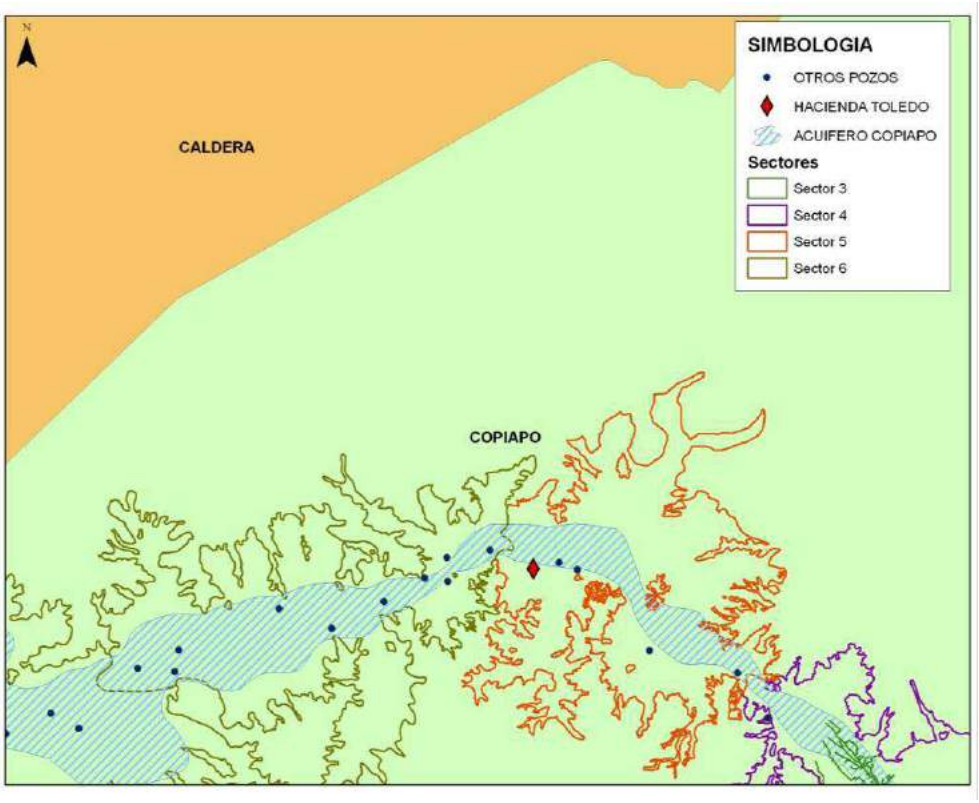
SECTOR 5

1. HACIENDA TOLEDO

1.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra al interior de un predio particular, de uso agrícola que se encuentra aproximadamente en el kilómetro XX de la Ruta 5 en la vereda norte de esta.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



1.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra al interior de una construcción similar a una pequeña bodega que se encuentra anexada a la vivienda de la propiedad, colindante al lado del camino además existe el canal de regadío del sector (aproximadamente a 5 metros del pozo).

El área colindante con el pozo, el sector de aguas arriba es un área agrícola y aguas abajo, aproximadamente a 10 m. se encuentra un pozo negro, el cual podría constituir una fuente de contaminación.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



1.3. OBSERVACIONES

Además de lo anteriormente señalado, está programado el ensanchamiento de la Ruta 5 en este tramo, lo que podría afectar el lugar en que se encuentra el pozo, el que actualmente se encuentra seco.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

2. VALLE DORADO

2.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, al interior del fundo de la Sociedad Agrícola Valle Dorado Ltda. ubicado en Panamericana Norte S/N Km. 815.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

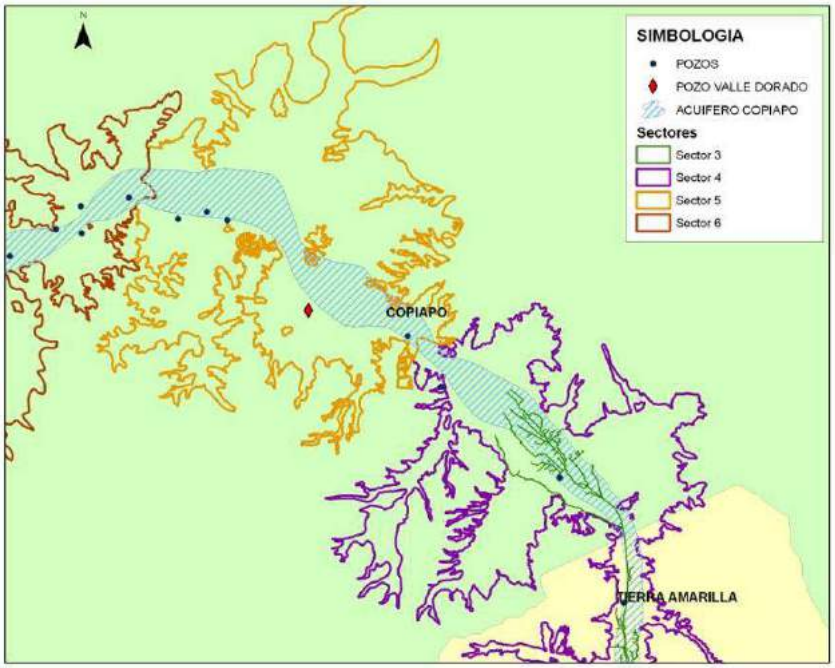


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

2.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra ubicado aproximadamente a 20 metros de uno de los cuarteles de parronales que se encuentran en el predio y a 5 metros de un camino interior.

Según lo indicado por la persona encargada de los sistemas de riego de la Empresa, este pozo tiene 60 m. de profundidad y los niveles según lo que ellos registran a través de los otros pozos utilizados para riego, se encuentran aproximadamente a los 68 m., es decir, el pozo está actualmente seco.

En las inmediaciones del pozo, tanto aguas arriba como aguas abajo, sólo existen plantaciones de parronales destinados a la producción de uva de exportación.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en los niveles del pozo, ni tampoco posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este.

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



2.3. OBSERVACIONES

Este pozo actualmente se encuentra seco y en el predio existen otros que se encuentran en funcionamiento y que pueden ser utilizados como puntos de observación.

3. ESCUELA ITALIANA

3.1. UBICACIÓN

El pozo que lleva este nombre se encuentra en el patio de la Scuola Italiana de la ciudad de Copiapó.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

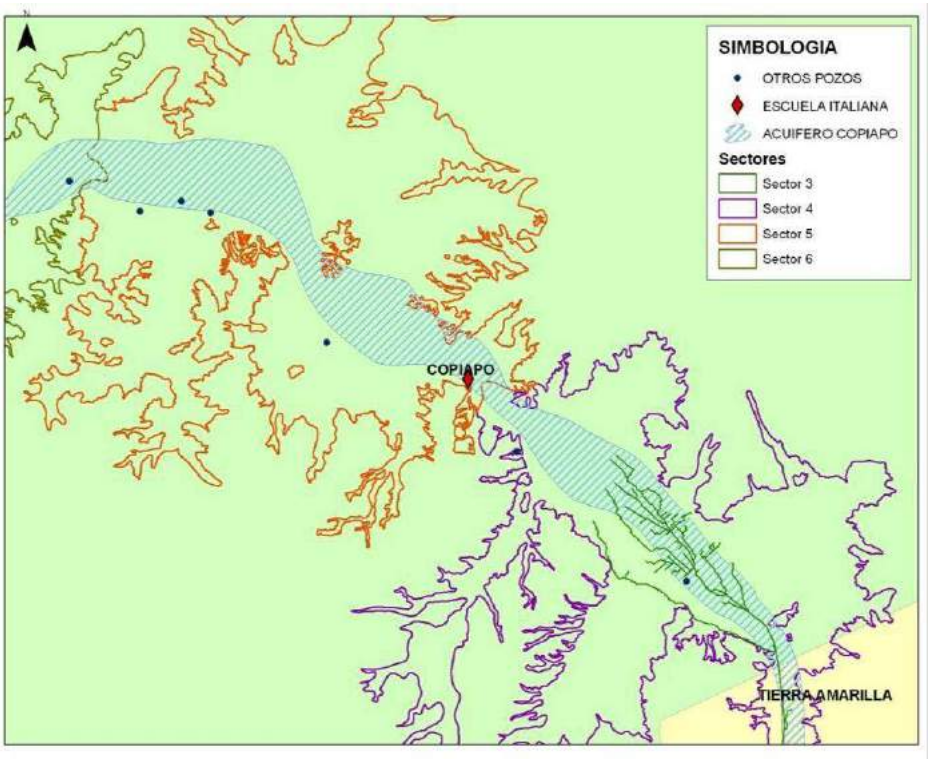


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Este pozo está ubicado al interior de una caseta, vecina al gimnasio de la escuela, a un predio abandonado (aguas arriba), un estanque de acumulación de 30000 litros y a una cancha de tierra aguas abajo.

En cuanto a las características del pozo, este tiene 60 m. de profundidad y un diámetro de 10". Según informa la persona encargada, el pozo fue monitoreada por última vez en el mes de octubre del año 2011, el nivel estático se encontraba en los 58,43 m.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



3.3. OBSERVACIONES

Dado que la escuela se encuentra a un costado de la Ruta 5, este sector podría verse afectado por la expropiación para el ensanchamiento de la carretera y la construcción de una rotonda.

4. VILLA CANDELARIA (DANIEL ALVAREZ)

4.1. UBICACIÓN

En este caso, el pozo de observación se encuentra ubicado al interior de una propiedad dedicada a la venta de insumos agrícolas.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

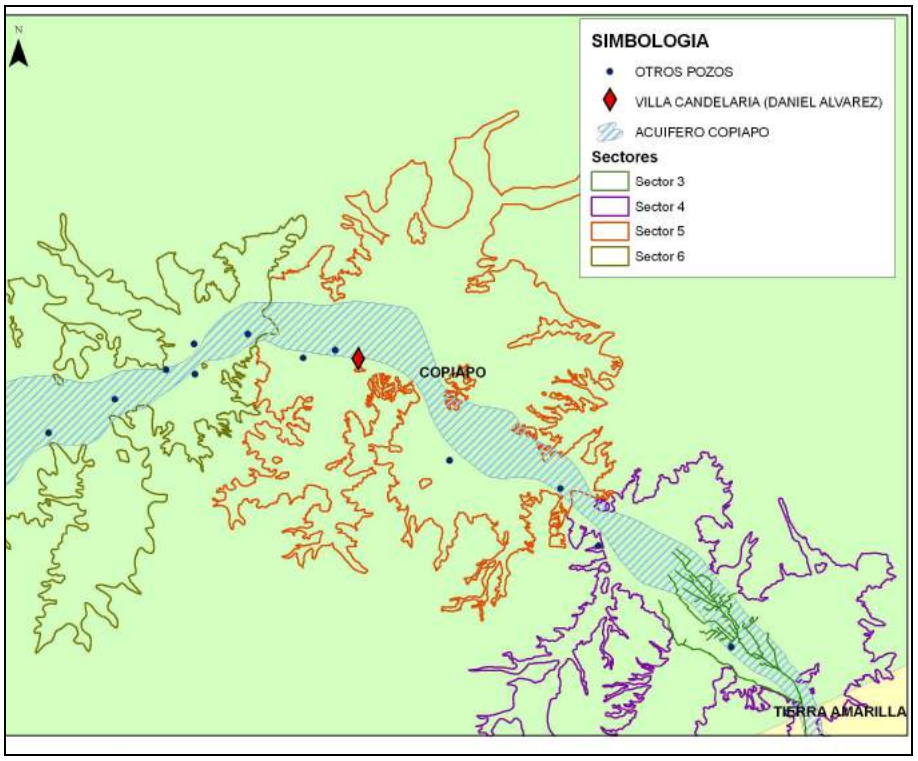


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

4.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra casi a la entrada del recinto, aproximadamente a 30 m. del camino, actualmente el pozo está siendo utilizado y tiene una bomba instalada.

En el entorno del lugar de emplazamiento, aguas arriba es un sector de la propiedad sin uso, y colinda con un predio agrícola, sin embargo actualmente esta zona está siendo utilizada para la construcción de viviendas (parcelas de agrado). Aguas abajo del pozo, aproximadamente a 20 m. se encuentran las instalaciones y oficinas de administración y bodegas de la empresa.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



4.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias ni potenciales modificaciones en el entorno del pozo.

5. GINO ARÓSTICA

5.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra ubicado al interior de un predio particular perteneciente al Sr. Gino Aróstica. La parcela se encuentra a 600 m de la intersección de ruta 5 Norte y ruta C-355.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

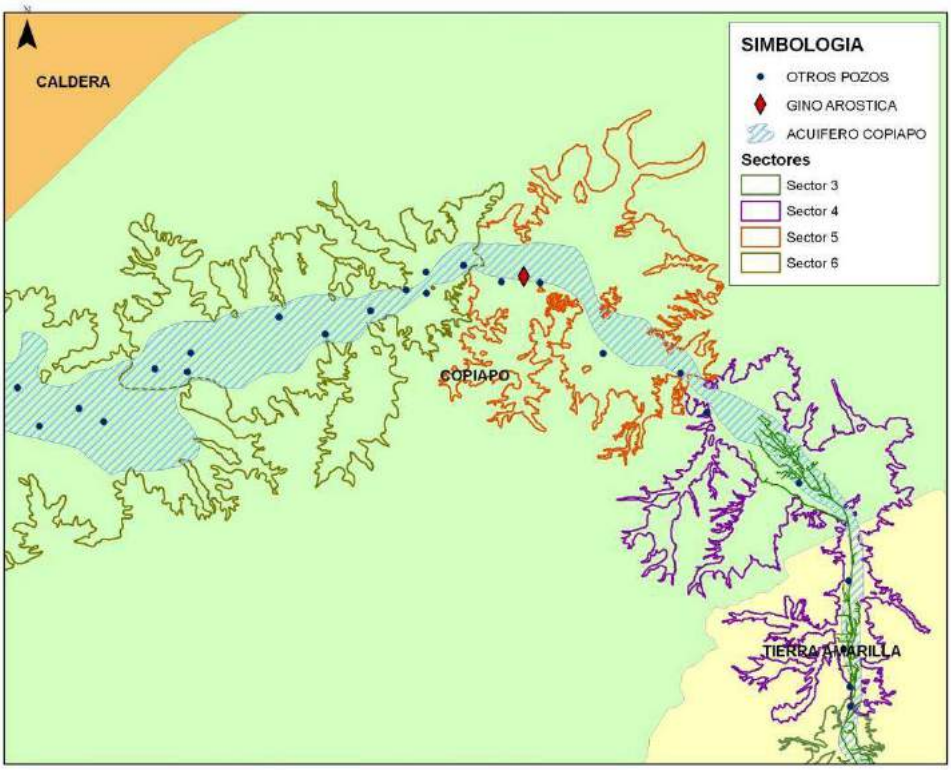


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

5.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra al interior de un predio particular, emplazado entre algunas plantas de Higuerilla (*Ricinus communis*) y junto al cierre perimetral que separa de la propiedad vecina. Este pozo, según lo informado por el usuario, tiene una profundidad de 46 m. y el nivel del agua se encuentra a los 38 m. aproximadamente.

En las cercanías del pozo se encuentran diferentes construcciones (casas del predio), siendo la más cercana, aguas arriba, un invernadero actualmente en desuso. Aguas abajo, hay vegetación silvestre dominada por higuerillas y algunos eucaliptus.

Existe junto al pozo una estructura para la carga de camiones aljibe.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO





5.3. OBSERVACIONES

Este pozo actualmente se encuentra sin uso, no se aprecian interferencias que puedan alterar el uso de este punto de observación.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

SECTOR 6

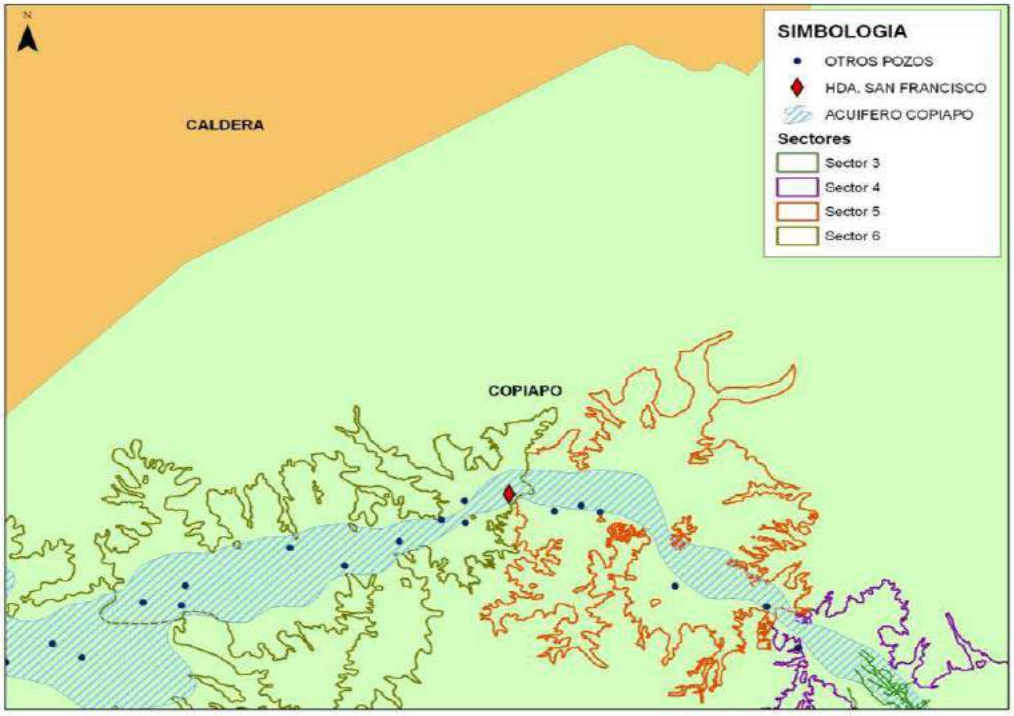
SECTOR 6

1. HACIENDA SAN FRANCISCO

1.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra al interior de un predio abandonado que se ubica donde termina la antigua Ruta 5.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



1.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Este pozo se encuentra aproximadamente a unos 30 m. del camino, rodeado por algunos matorrales y un árbol seco. En general se trata de un terreno baldío, sin construcciones ni infraestructura de tipo alguno.

Junto a esta propiedad, se encuentran las instalaciones de un campamento aparentemente de servicios a la minería. Además, en el área ubicada aguas arriba del pozo es posible distinguir plantaciones agrícolas abandonadas.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



1.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias, sin embargo por tratarse de una propiedad actualmente si uso, podrían existir cambios en el corto plazo.

2. PIEDRA COLGADA

2.1. UBICACIÓN

Este pozo de observación se encuentra ubicado en un predio en la vereda norte de la Ruta 5.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

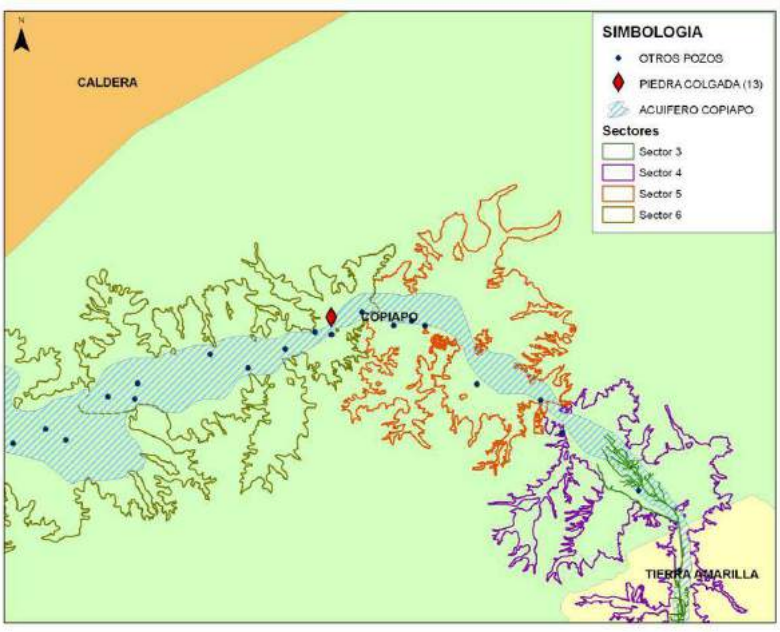


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



2.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Es posible apreciar que se trata de un antiguo predio agrícola, el cuál actualmente sólo tiene herbáceas de origen natural que han colonizado el lugar. El pozo se encuentra al interior de este terreno, junto a un arbusto de gran tamaño y rodeado solamente por este llano poblado de breas *sp*.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

Según la inspección visual, se trata de un pozo utilizado exclusivamente para observación, y sus diámetros son 5" y 2", externo e interno respectivamente.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



2.3. OBSERVACIONES

Considerando que este predio se encuentra abandonado actualmente, es posible que en el mediano plazo pueda sufrir modificaciones que incidan en la dinámica del pozo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

3. NORIA SANTELICES

3.1. UBICACIÓN

Este pozo de observación se encuentra en la comuna de Copiapó, en el sector de Piedra Colgada.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

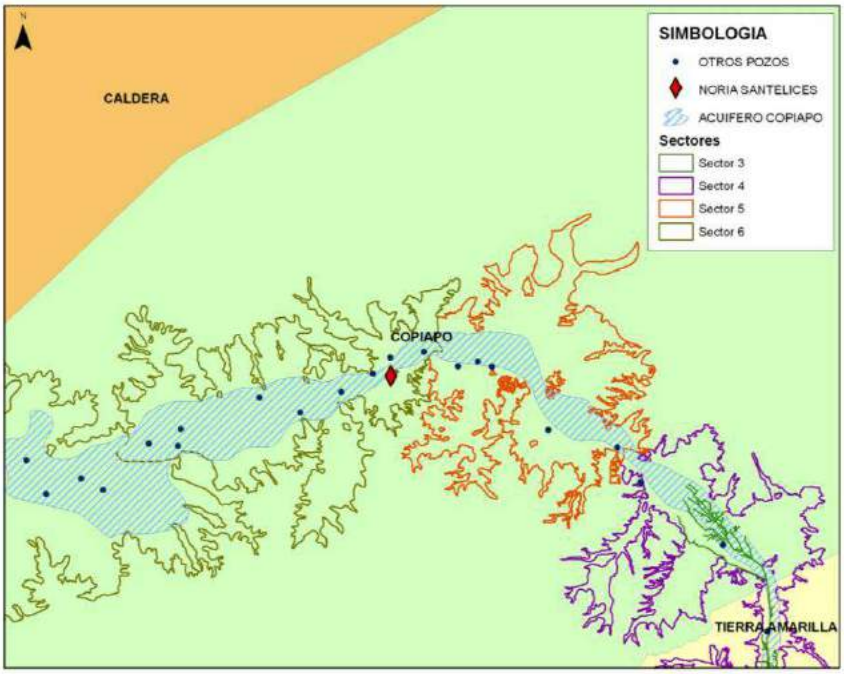


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

3.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Este pozo, más bien la noria, se encuentra al interior de un predio sin uso agrícola y que actualmente está dominado por una plantación de chañares. En el área inmediata al pozo no existe infraestructura alguna, sólo algunos pimientos.

Al revisar la noria, se aprecia que esta tiene unos 90 cm. de diámetro y 10 m. de profundidad.

El cuidador del lugar informa que estos terrenos están loteados y destinados a la construcción de viviendas.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



3.3. OBSERVACIONES

Actualmente la noria está seca, y el uso de este terreno cambiará completamente una vez que se consolide el proyecto inmobiliario.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

4. FUNDO SAN JUAN

4.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector rural de Punta Colorada al poniente de la ciudad de Copiapó.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

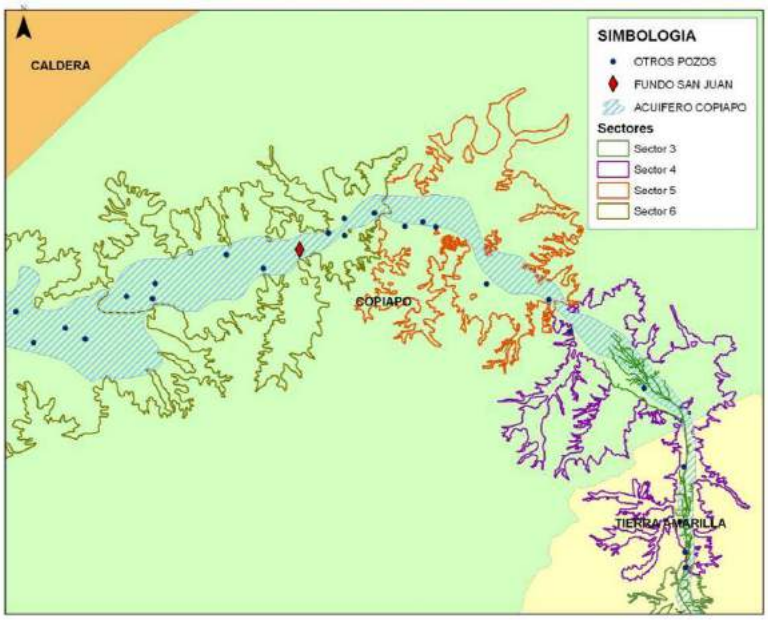


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

4.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

En las inmediaciones del pozo no se aprecia actividad agrícola o industrial. Se encuentra a un costado de un camino interior vecinal.

A menos de 20 m del pozo se encuentra un pozo ubicado en una parcela particular, el cual sirve para el regadío de chacra y algunos olivos.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

4.3. OBSERVACIONES

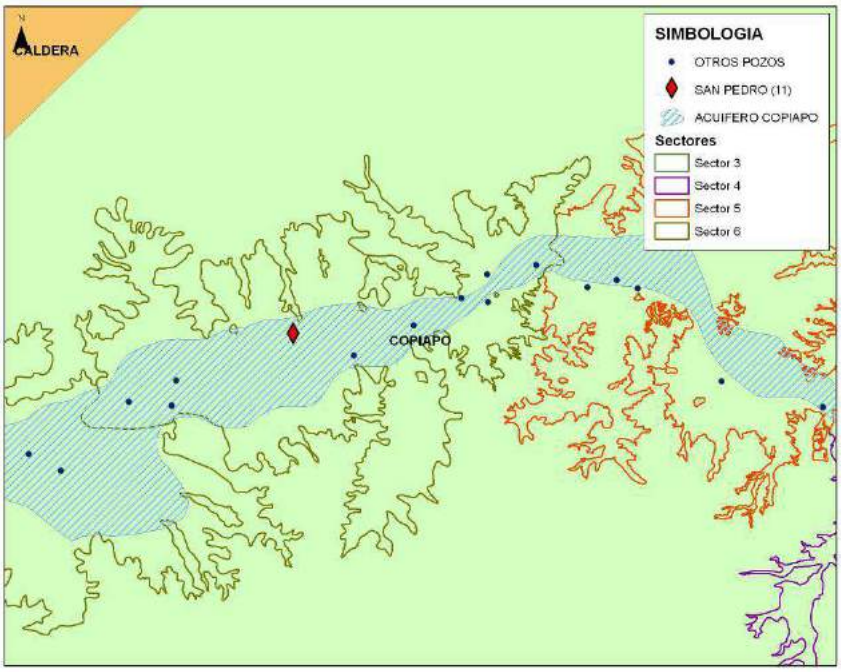
Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

5. SAN PEDRO 11

5.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra al interior de un predio, ubicado en la comuna de Copiapó en el sector Punta Colorada – Portezuelo Las Bombas de la Ruta 5.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



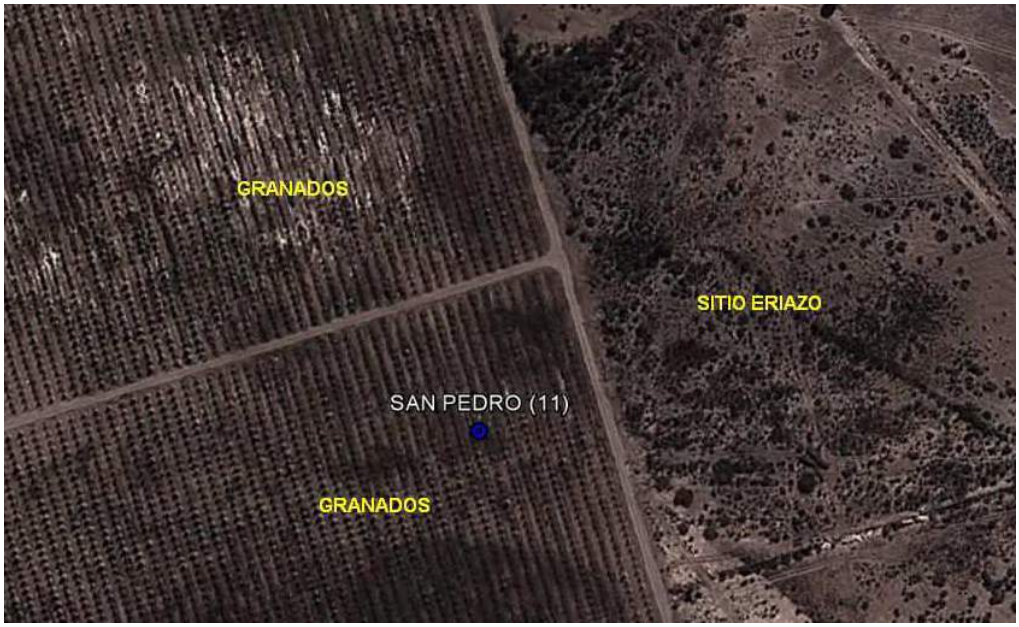
5.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El predio corresponde a una plantación de granados, y entredos cuarteles se encuentra ubicado el pozo, el cual según la inscripción que posee, data del año 1984, tiene una profundidad de 6,6 m. y en la fecha de construcción el agua se encontraba en los 2,9 m.

Tanto aguas arriba como aguas abajo no existe ningún tipo de infraestructura, solamente los árboles frutales.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



5.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias ni potenciales fuentes de contaminación.

6. HACIENDA MARÍA ISABEL 1

6.1. UBICACIÓN

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector rural de Hacienda María Isabel en la Hacienda del mismo nombre.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

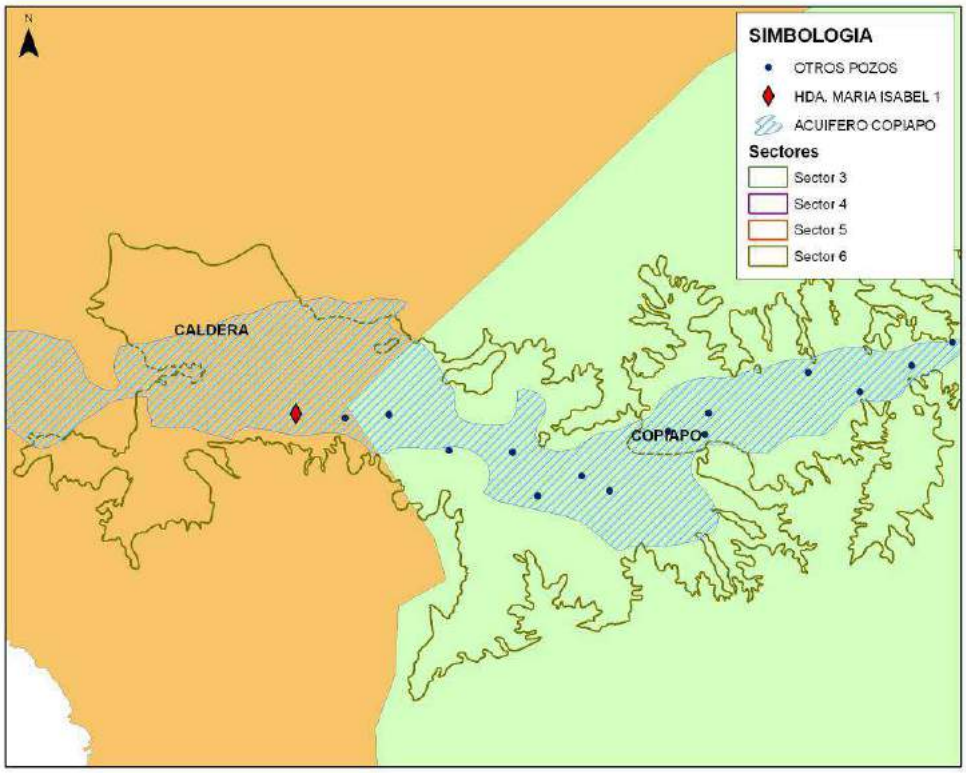


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

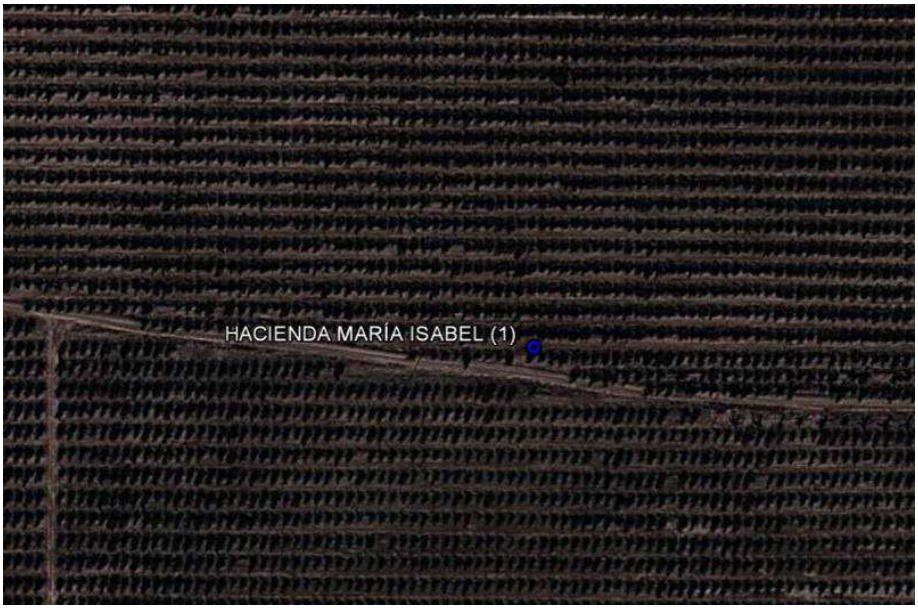
6.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra en la comuna de Copiapó, en sector rural de Hacienda María Isabel en la Hacienda del mismo nombre.

En las inmediaciones del pozo se aprecia cultivos intenso de olivos, no existiendo ningún otro tipo de actividad a su alrededor.

No se aprecian obras o actividades que puedan tener incidencia directa en posibles cambios en el uso del suelo en el entorno de este, ni en los niveles.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO





6.3. OBSERVACIONES

Pozo en funcionamiento, no se ve afectado por ningún tipo de interferencia inmediata.

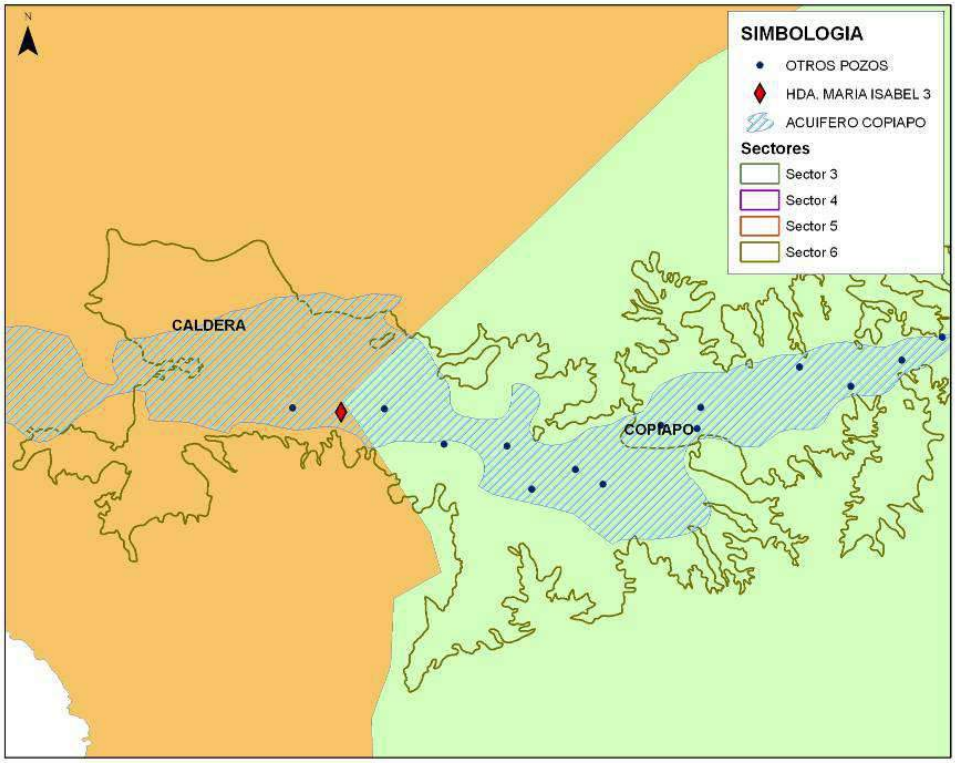
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

7. HACIENDA MARÍA ISABEL 3

7.1. UBICACIÓN

El fundo de la Soc. Agrícola María Isabel Ltda., se encuentra en la comuna de Caldera. Al interior de este lugar se encuentra el pozo María Isabel 2 y para acceder al lugar específico se debe seguir la Ruta C-364 hasta la intersección con la C-358 y desde allí aproximadamente 800 m.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



7.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo está localizado en medio de una plantación de olivos, vecino a un camino utilizado para movilizar la maquinaria en época de cosecha.

La tapa del pozo tiene una placa, en la que se indica que fue construido en el año 1989, con una profundidad de 7,40 m y que en dicho momento el nivel del agua se encontraba a 1,6 m. Después de realizar la medición se constata que actualmente el nivel del agua se encuentra aproximadamente a los 5,7 m.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

7.3. OBSERVACIONES

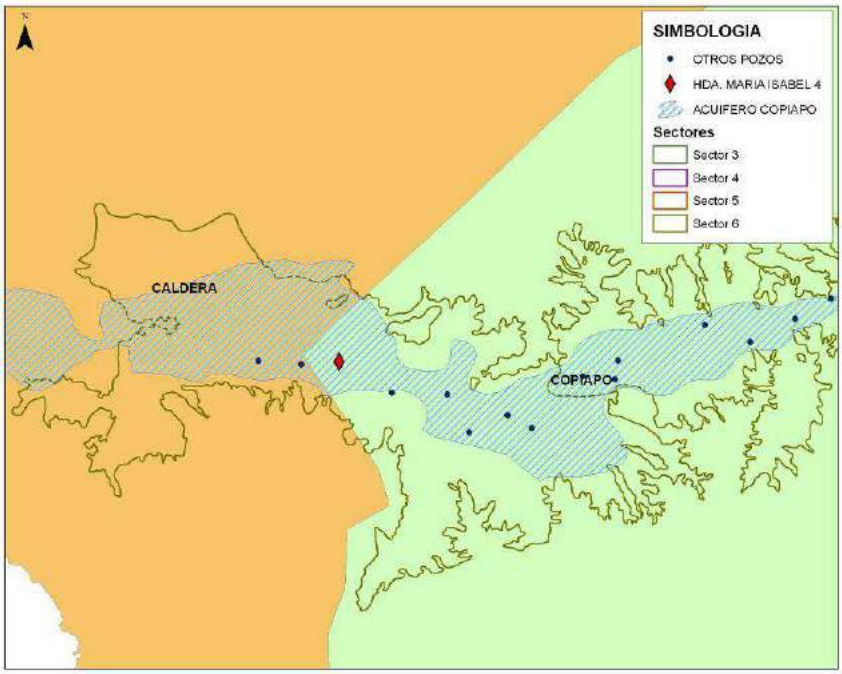
No existen interferencias que puedan tener incidencia en el uso de este punto de monitoreo.

8. HACIENDA MARÍA ISABEL (4)

8.1. UBICACIÓN

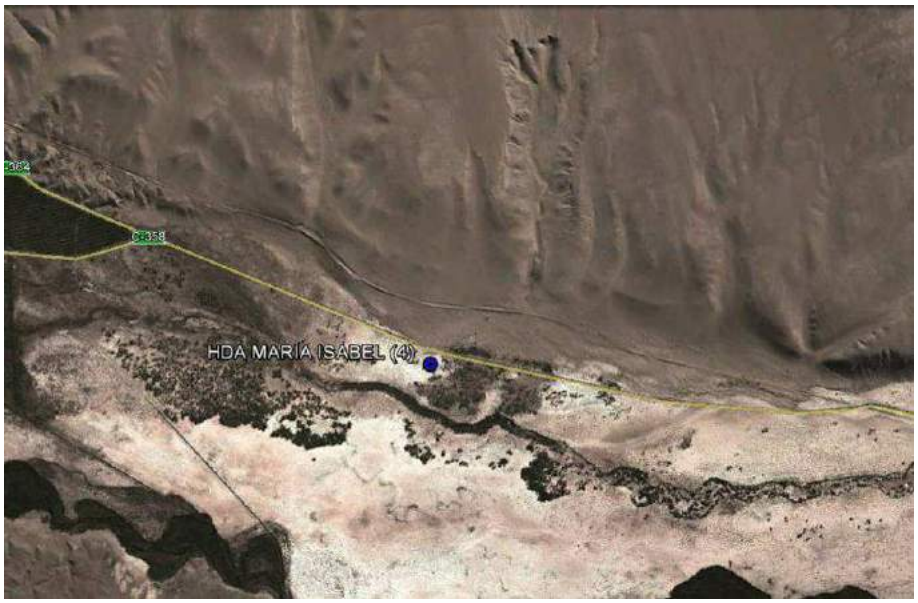
Este pozo se encuentra fuera del predio de la Soc. Agrícola María Isabel, cruzando un camino que colinda con el límite sur del fundo (Ruta C-364).

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



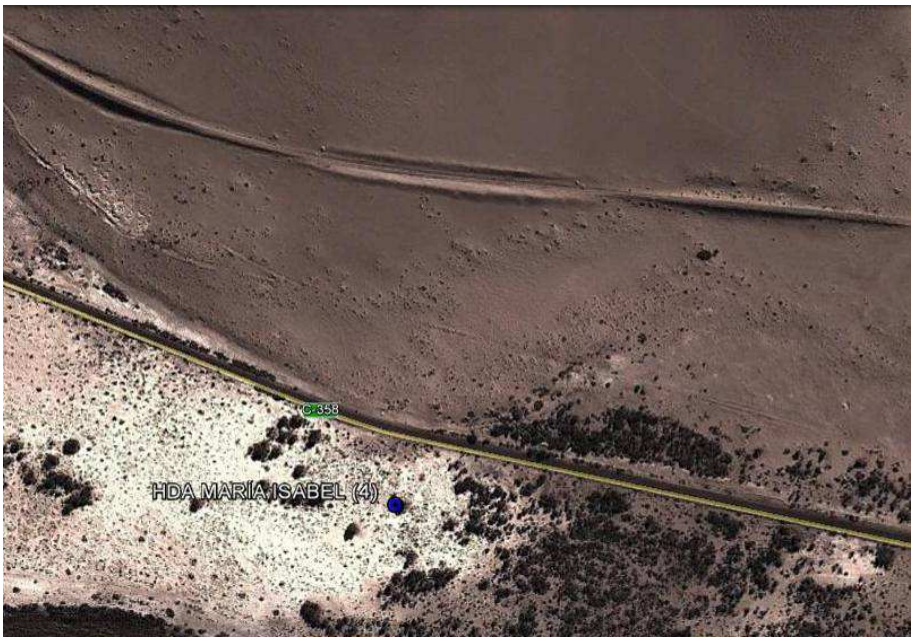
8.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo se encuentra emplazado en un sector de suelo arenoso, dominado por matorral arbustivo bajo, sin aparentes intervenciones recientes. No existe infraestructura en el perímetro del pozo ni aguas arriba o abajo.

La placa de construcción del pozo, que data del año 1986, indica que el pozo tiene una profundidad de 12,88 m. y que en dicho momento el nivel del agua alcanzaba los 6,67 m.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



8.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias que puedan tener incidencia en el uso de este punto de monitoreo.

9. MONTE AMARGO 2

9.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra en el sector de la ribera sur del Río Copiapó, en la comuna del mismo nombre. Para acceder a este lugar se avanzan aproximadamente 2,5 km. desde la Ruta 5 por el camino a Puerto Viejo, en ese lugar se debe seguir una huella que nace antes de la intersección con la ruta C-382, mismo camino que para acceder al Pozo San Camilo (8)y avanzar en dirección al poniente aproximadamente 7 km.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

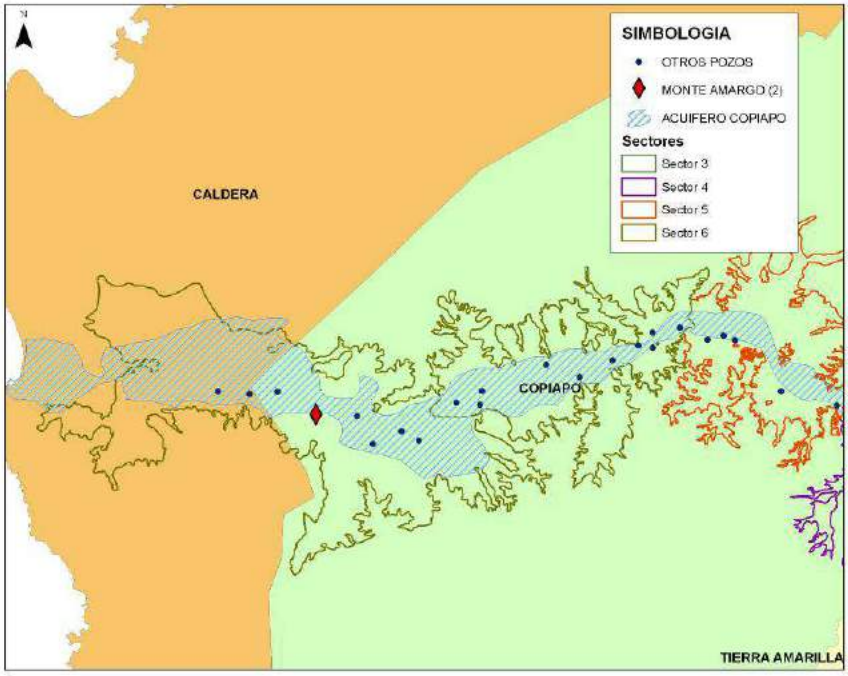
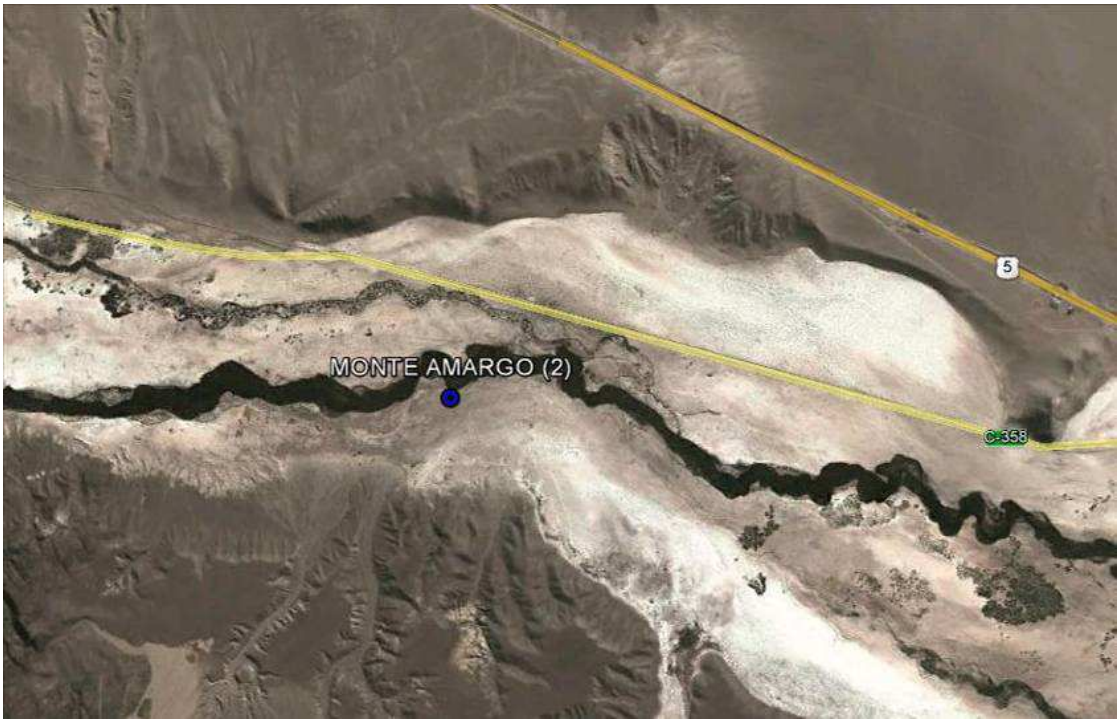


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH

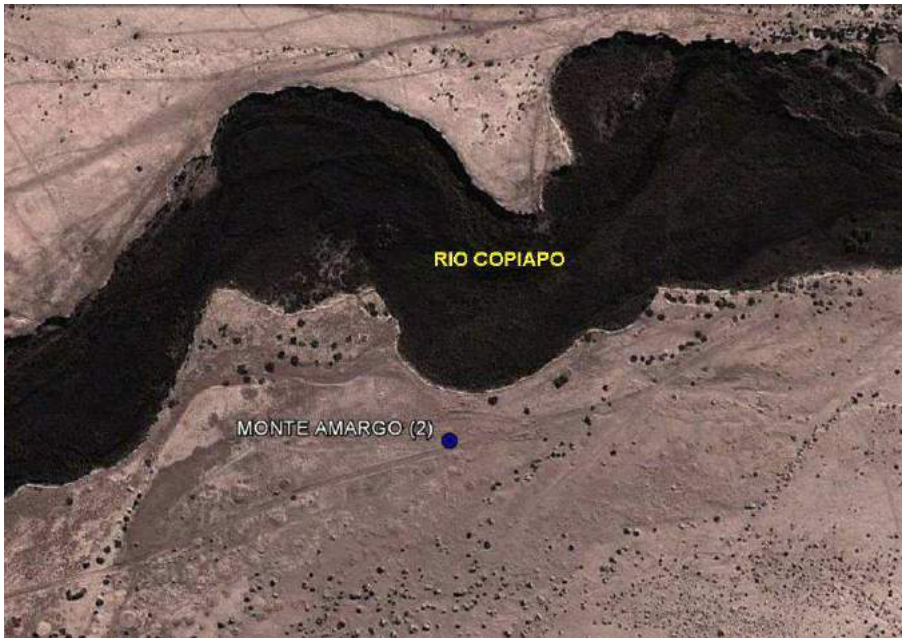


Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

9.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

No existe ni siquiera un camino de acceso hasta este pozo de observación. En el área aledaña al pozo sólo hay arbustos y matorrales bajos, espinos y chañares adaptados a las condiciones del suelo (Chusca)

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



9.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias que puedan tener incidencia en el uso de este punto de monitoreo.

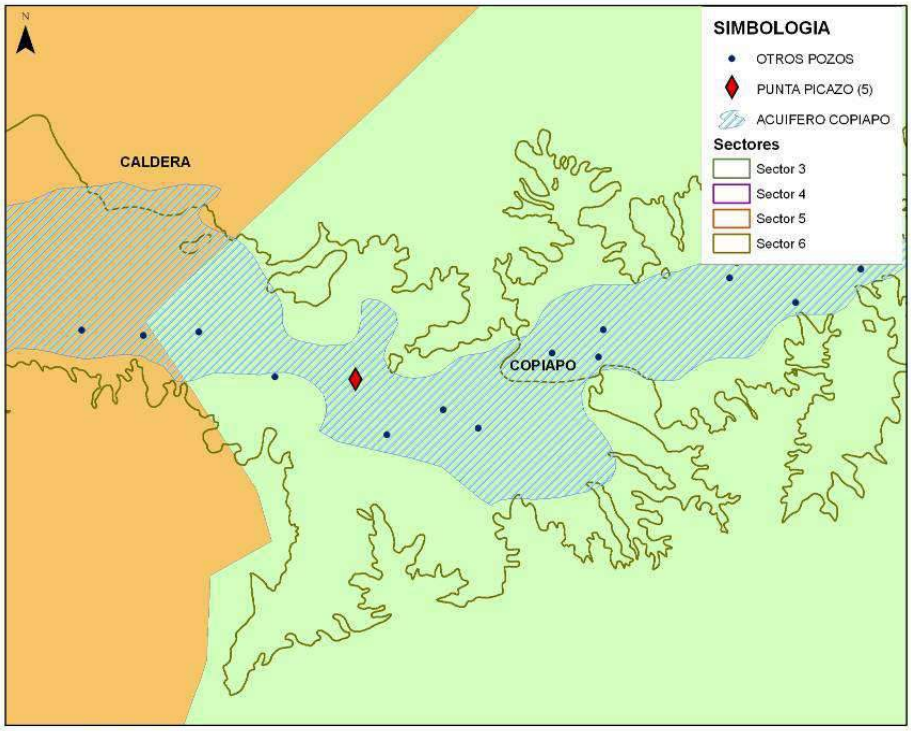
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

10. PUNTA PICAZO (5)

10.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra ubicado al costado sur de la Ruta 5, en la comuna de Copiapó. Para acceder a este pozo se toma la ruta C-358 en dirección hacia el poniente y aproximadamente a los 3,3 km. se encuentra el pozo al costado sur del camino, a unos 300 m.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



10.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El área en que se ubica el pozo es un sector desprovisto de vegetación, probablemente por el tipo de suelo que existe en el lugar (Chusca) que impide la infiltración del agua y la germinación de las semillas

No se aprecian intervenciones que puedan afectar al pozo de observación.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



10.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias que puedan tener incidencia en el uso de este punto de monitoreo.

11. SAN CAMILO 8

11.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra en el sector de la ribera sur del Río Copiapó, en la comuna del mismo nombre. Para llegar al punto se accede por la Ruta a Puerto Viejo aproximadamente 1,5 km. hacia el sur y luego 1,5 km hacia el oeste siguiendo una huella que aparece desde el camino pavimentado.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

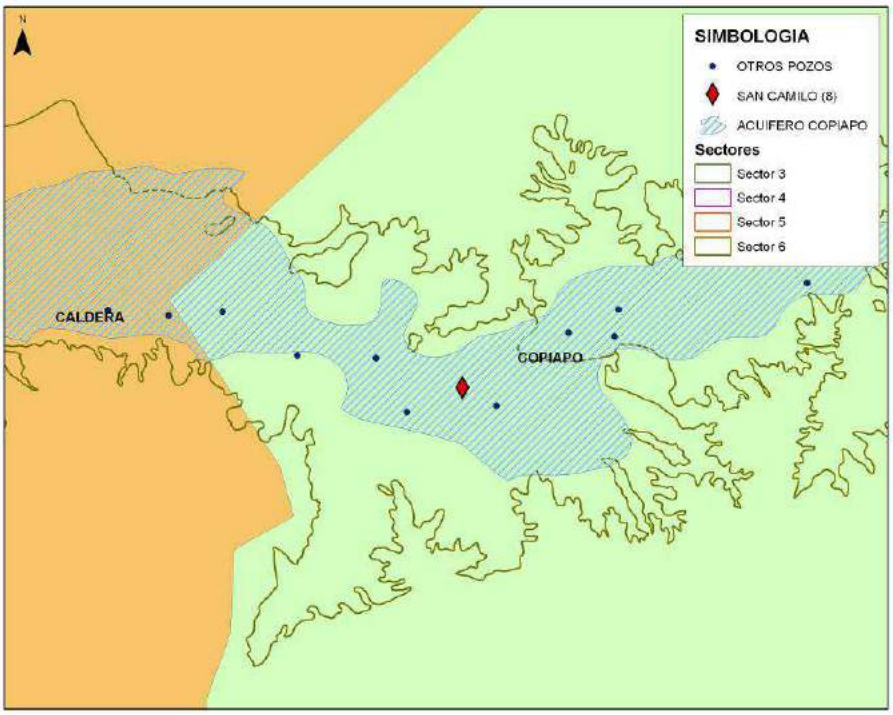


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

11.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

No existe un camino directo de acceso hasta el lugar, para llegar es necesario seguir las coordenadas del GPS si es que no se ha realizado antes una visita a este pozo. El acceso es desde el camino a Puerto Viejo, una huella que se desvía hacia el Oeste y pasa entre algunas propiedades.

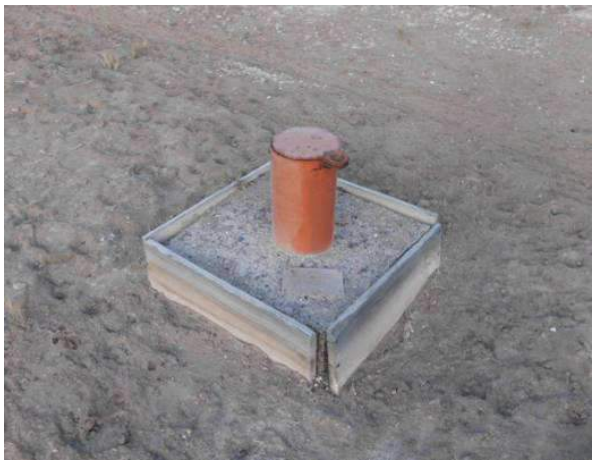
El pozo se encuentra en un área desprovista de vegetación y de suelo arenoso, aproximadamente a 25 m. de una vega de gran extensión.

Aguas arriba del pozo existen algunas casas abandonadas y aguas abajo hay pozos negros también abandonados en la actualidad.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



11.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias que puedan tener incidencia en el uso de este punto de monitoreo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

12. VALLE FÉRTIL

12.1. UBICACIÓN

Este pozo de observación se encuentra a un costado del camino que conduce a Puerto Viejo. Aproximadamente a 1 km. antes del cruce con la Ruta C-382, en la comuna de Copiapó.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

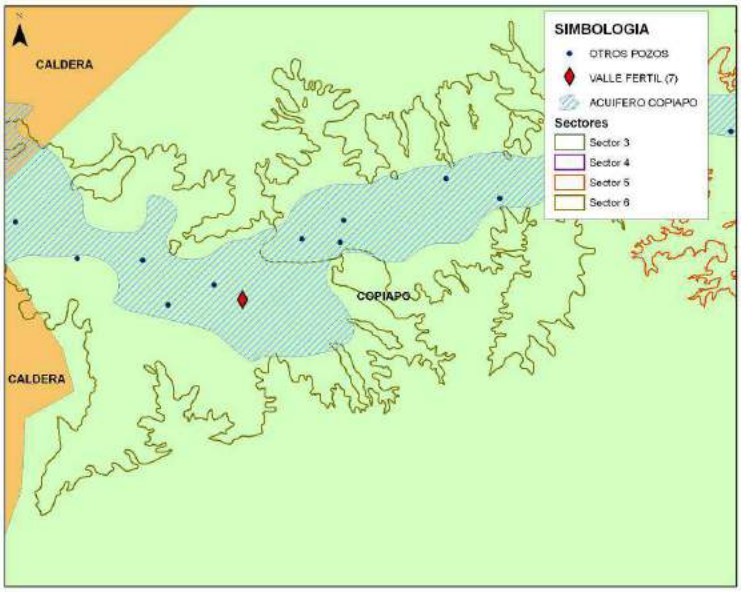


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH

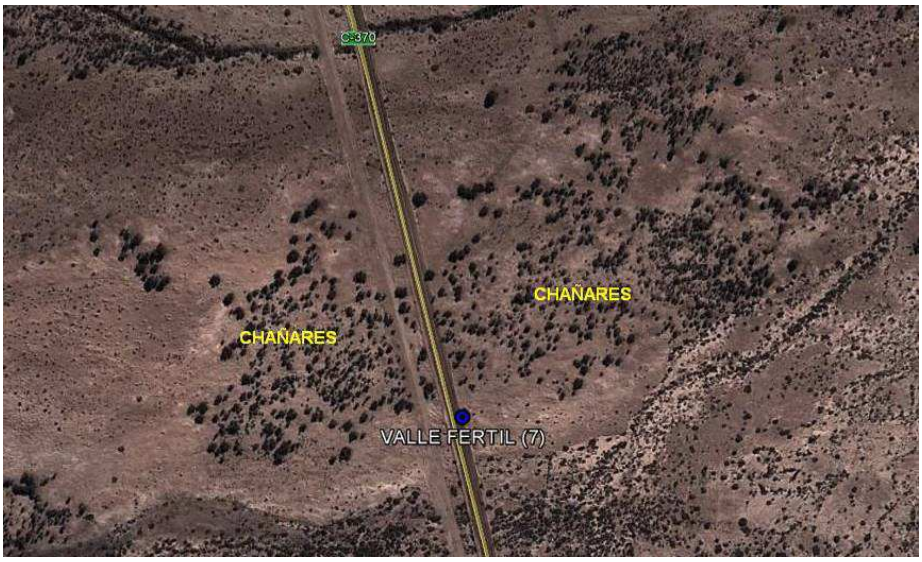


Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

12.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El entorno inmediato del pozo no presenta infraestructura de tipo alguno, salvo el camino pavimentado. La zona de emplazamiento del pozo corresponde a un bosque de chañares, achaparrados por las condiciones climáticas del sector.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



12.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias que puedan tener incidencia en el uso de este punto de monitoreo.

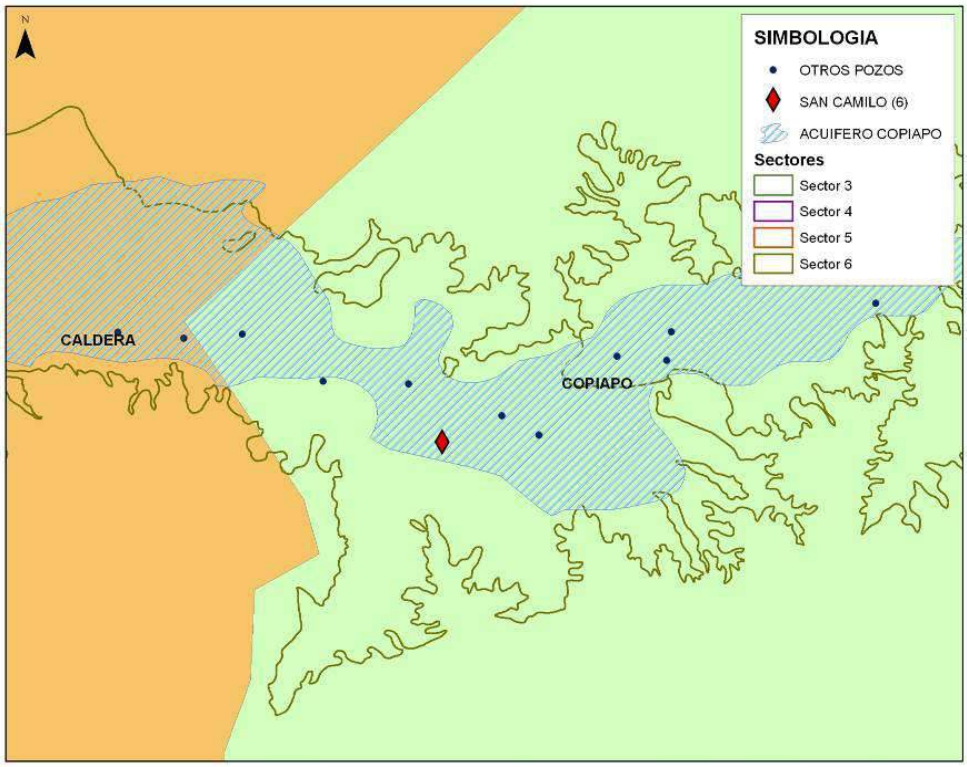
13. SAN CAMILO (6)

13.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra en el sector de la ribera sur del Río Copiapó, en la comuna del mismo nombre. Para acceder a este lugar se avanzan aproximadamente 2,5 km. desde la Ruta 5 por el camino a Puerto Viejo, en ese lugar se debe seguir una huella que nace antes de la intersección con la ruta C-382 (huella que se pierde rápidamente) y avanzar en dirección al poniente aproximadamente 3,5 km.

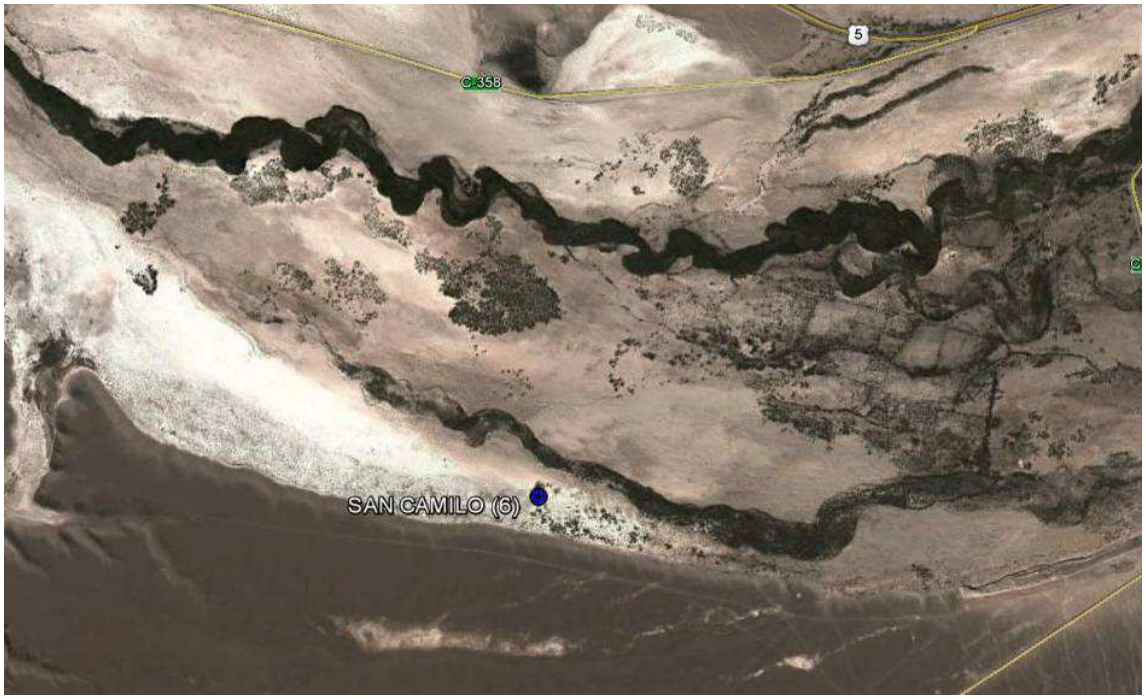
Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



13.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

No existe un camino directo de acceso hasta el lugar, para llegar es necesario seguir las coordenadas del GPS si es que no se ha realizado antes una visita a este pozo.

Este pozo se encuentra en un área en que no existe presencia de infraestructura alguna, sólo gran abundancia de vegetación compuesta por chañares y arbustos de suculentas.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



13.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias que puedan tener incidencia en el uso de este punto de monitoreo.

14. CANTO DEL VIENTO

14.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra en el jardín de una casa en la calle Canto del Viento, a la que es posible acceder desde la Ruta 5. Este sector corresponde a pequeñas propiedades agrícolas.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

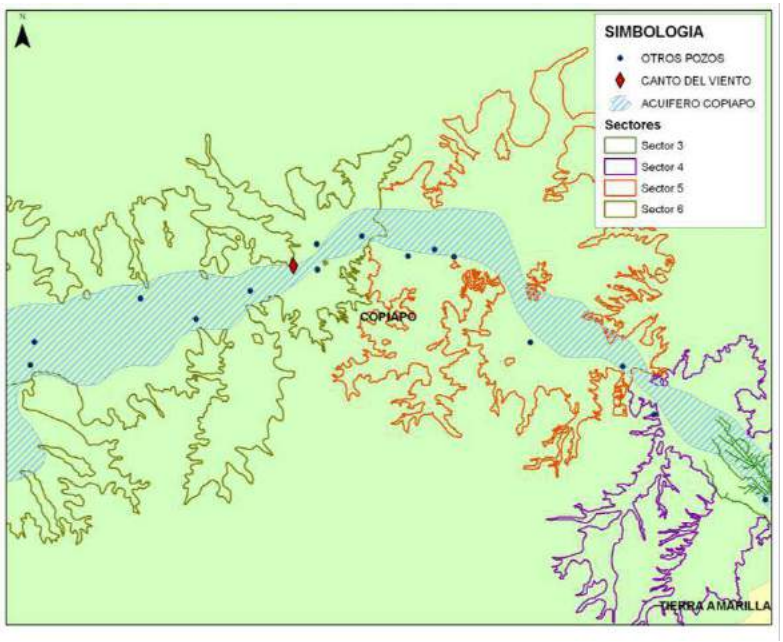


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



14.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Sobre el pozo existe una estructura con forma de torre, que da la impresión fue utilizada en algún momento para sostener un estanque de almacenamiento de agua. El pozo actualmente se encuentra en uso, con una bomba para riego.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

El área en que está emplazado el pozo, como se hacía mención anteriormente, corresponde al jardín de una casa, el área tiene césped y algunas plantas ornamentales.

Aguas abajo del área en que se ubica el pozo, corresponde a un sector con una pequeña plantación de olivos y las casas de la propiedad; y aguas arriba existe un terreno con matorral nativo y sin uso productivo.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



14.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias ni posibles modificaciones que puedan alterar la utilidad de este pozo como punto de observación.

15. SAN PEDRO (FLORIDOR)

15.1. UBICACIÓN

Este pozo se encuentra al interior de una propiedad en el Sector de san Pedro, ubicado en la comuna de Copiapó y cercano a la Ruta 5.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

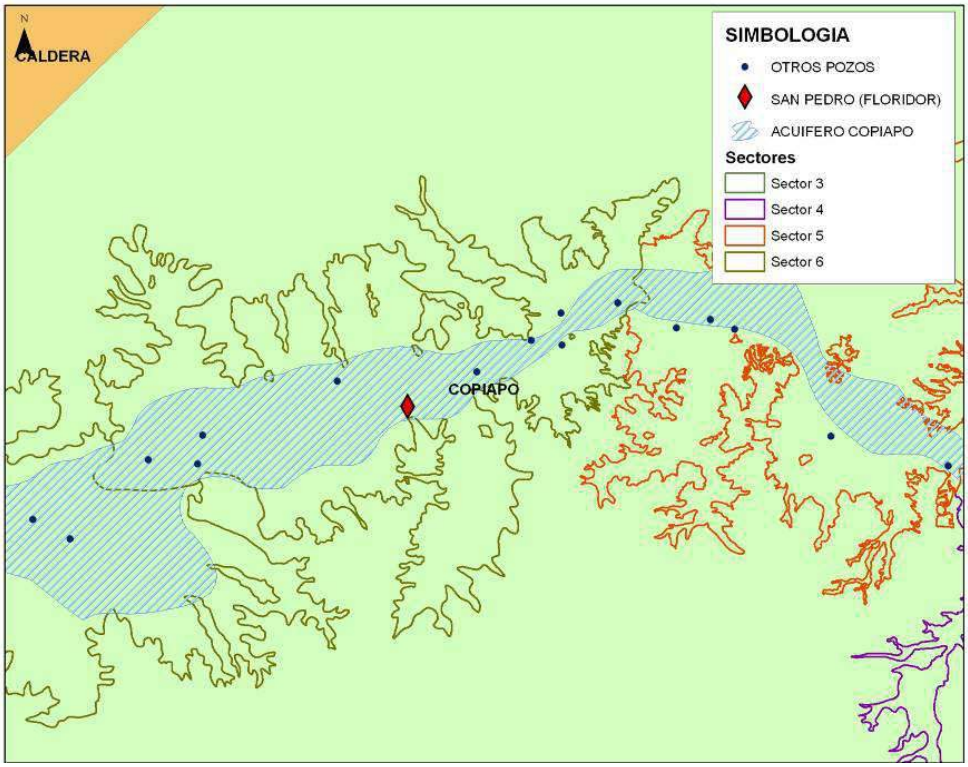
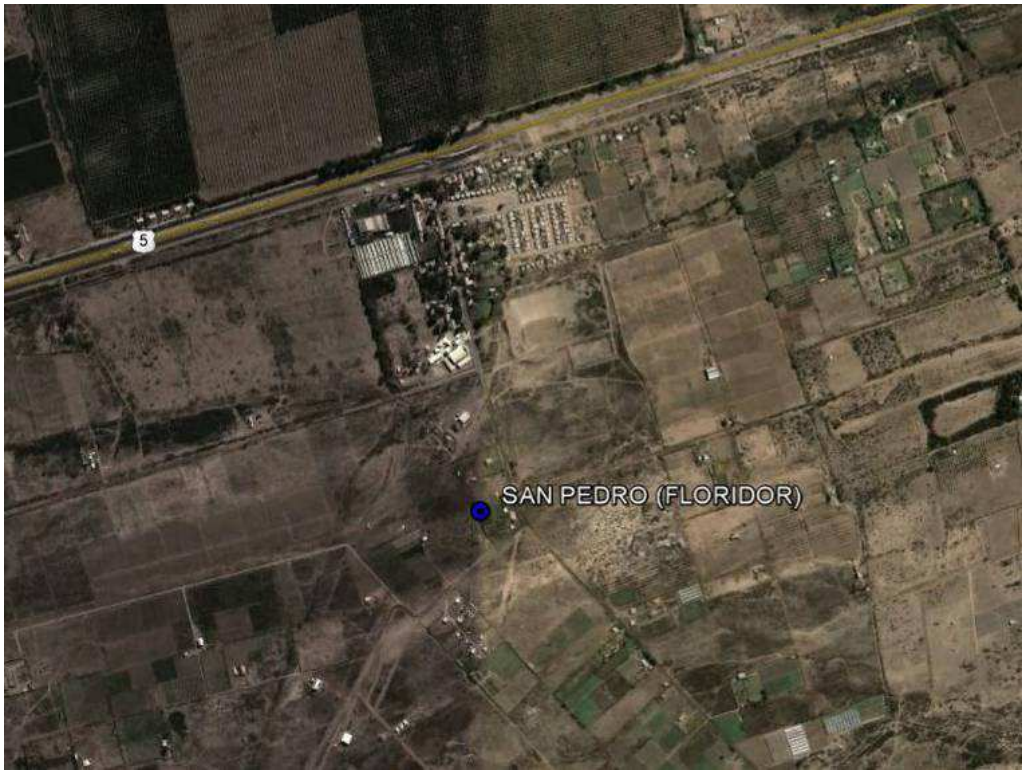


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

15.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo está ubicado al final del predio, al interior de una caseta. Está rodeado por una plantación de olivos y un sector dedicado al cultivo de maíz y hortalizas.

El agua extraída de este pozo está destinada al riego de los cultivos y a la mantención de los jardines de la propiedad.

Aunque el pozo se encuentra a menos de 200 m. de la casa existente en el predio, no se aprecian potenciales riesgos de contaminación.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



15.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias ni posibles cambios futuros en el uso del suelo en torno al pozo.

16. HACIENDA MARGARITA

16.1. UBICACIÓN

Este pozo de monitoreo corresponde a una noria ubicada en el sector de Sierra Lechuza, en la Ruta 5, en la comuna de Copiapó.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

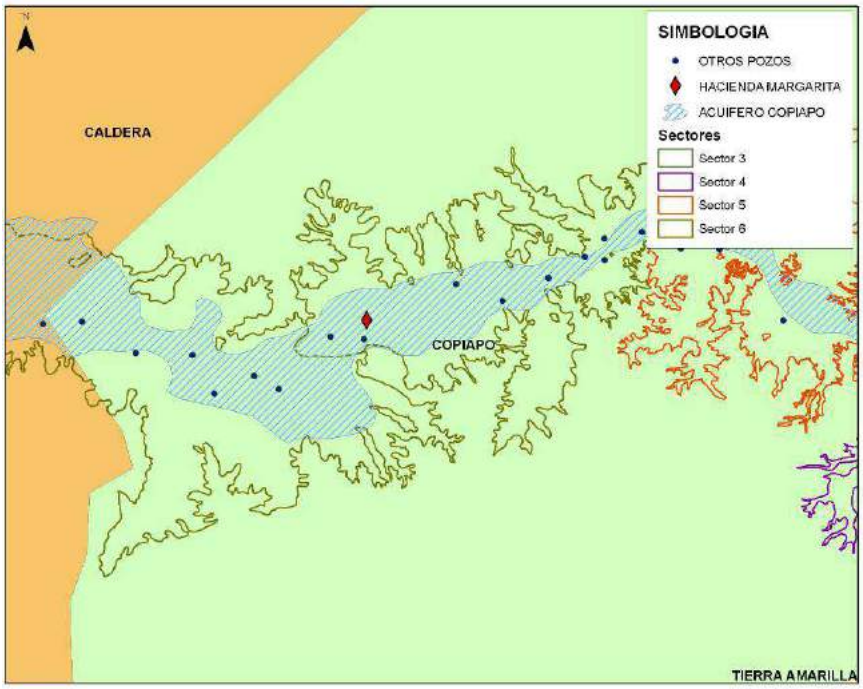


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



16.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

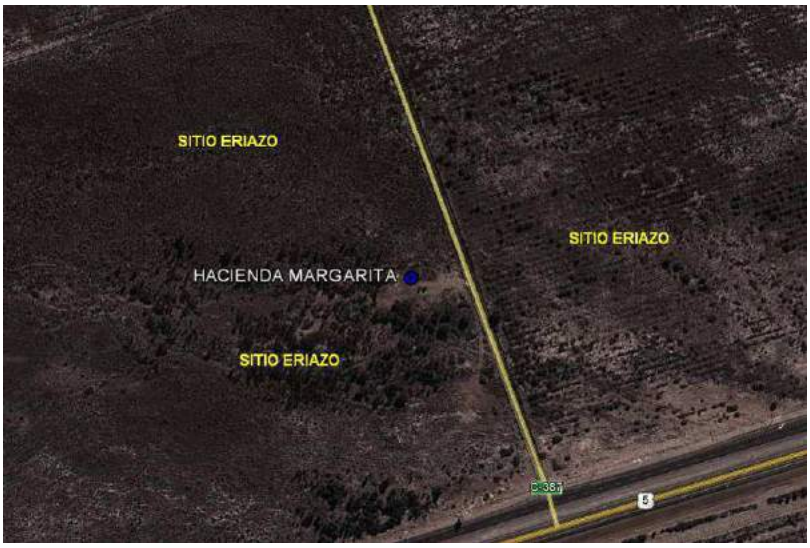
En realidad el punto de observación corresponde a una noria, que antiguamente se utilizaba para el abastecimiento de agua para la bebida de ganado caprino y el abastecimiento de agua para los pastores que allí habitaban.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

Actualmente, la noria se encuentra seca y derrumbada y el terreno está abandonado y convertido en un microbasural. Hay presencia de espinos, chañares, algunos matorrales y vegetación herbácea.

Aproximadamente a 100 m. al sur de la noria y vecino a la Ruta 5, existe un pozo recientemente construido, no tiene placa de identificación y no es posible destaparlo para revisar nivel.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



16.3. OBSERVACIONES

No se aprecian interferencias en el lugar, sin embargo por el estado en que se encuentra la noria ya no puede ser utilizada como punto de observación. El nuevo pozo identificado podría ser una alternativa de sustitución.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

17. HACIENDA MARGARITA (MAMOROS)

17.1. UBICACIÓN

La Hacienda Margarita Mamoros se encuentra en la comuna de Copiapó, en la vereda sur de la Ruta 5.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

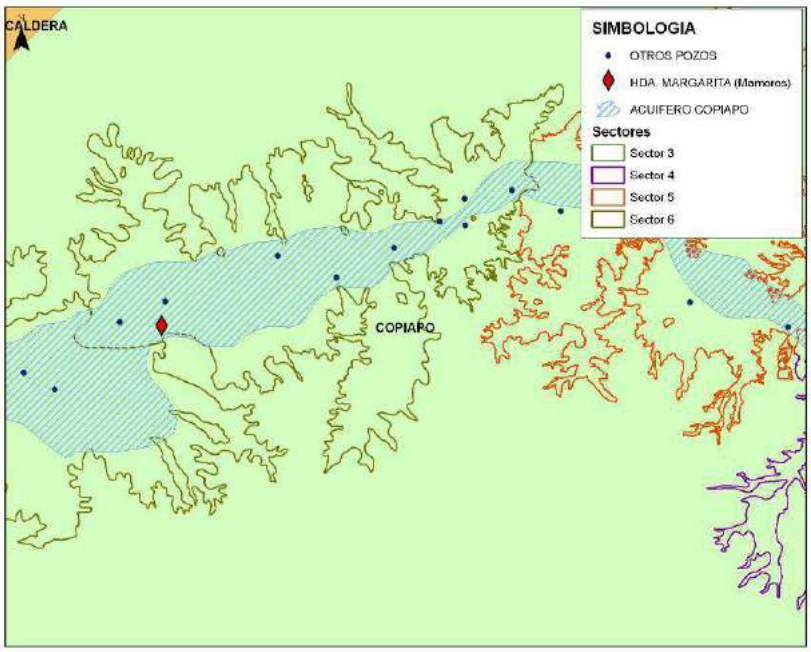


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH

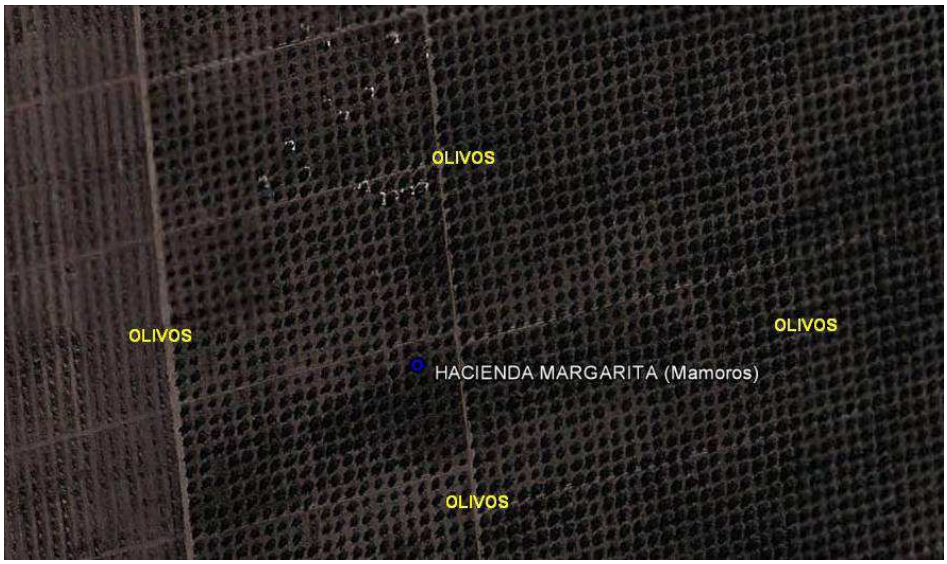


Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

17.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

El pozo que lleva este nombre se encuentra al interior de la Hacienda, en medio de una plantación de Olivos de gran extensión. No existe infraestructura en el área aledaña al pozo, toda el área está dedicada a la producción de esta especie.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



17.3. OBSERVACIONES

No existen interferencias que puedan tener incidencia en el funcionamiento del pozo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

18. KIOSCO SANTA VALENTINA

18.1. UBICACIÓN

El pozo que lleva este nombre se encuentra el interior de una propiedad de uso agrícola y habitacional, ubicada en la comuna de Copiapó en la vereda sur de la Ruta 5.

ESQUEMA UBICACIÓN EN EL ACUÍFERO

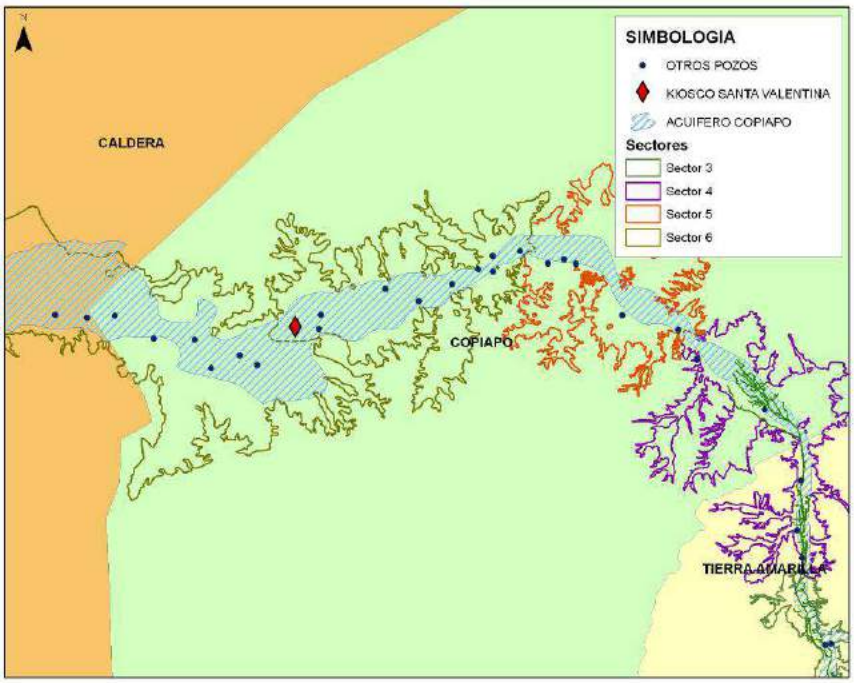


IMAGEN UBICACIÓN GOOGLE EARTH



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

18.2. DESCRIPCIÓN DE SITIO

Al final del predio, al interior de una caseta se encuentra el pozo, cuyo uso actual es el riego de los cultivos que existen en esta propiedad. Este pozo tiene 25 m. de profundidad, 10” de diámetro y el nivel del agua se encuentra a los 7 m.

Las áreas alrededor del pozo, corresponden a otras propiedades de pequeño tamaño en que se encuentran un invernadero sin uso actual y una plantación de melones (aguas arriba). En el área aguas abajo del pozo es posible encontrar un corral de ovejas y una plantación de hortalizas.

IMAGEN ENTORNO DEL SITIO



DETALLE DEL POZO DE OBSERVACIÓN



Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



IMAGEN ÁREA ALREDEDOR DEL POZO



18.3. OBSERVACIONES

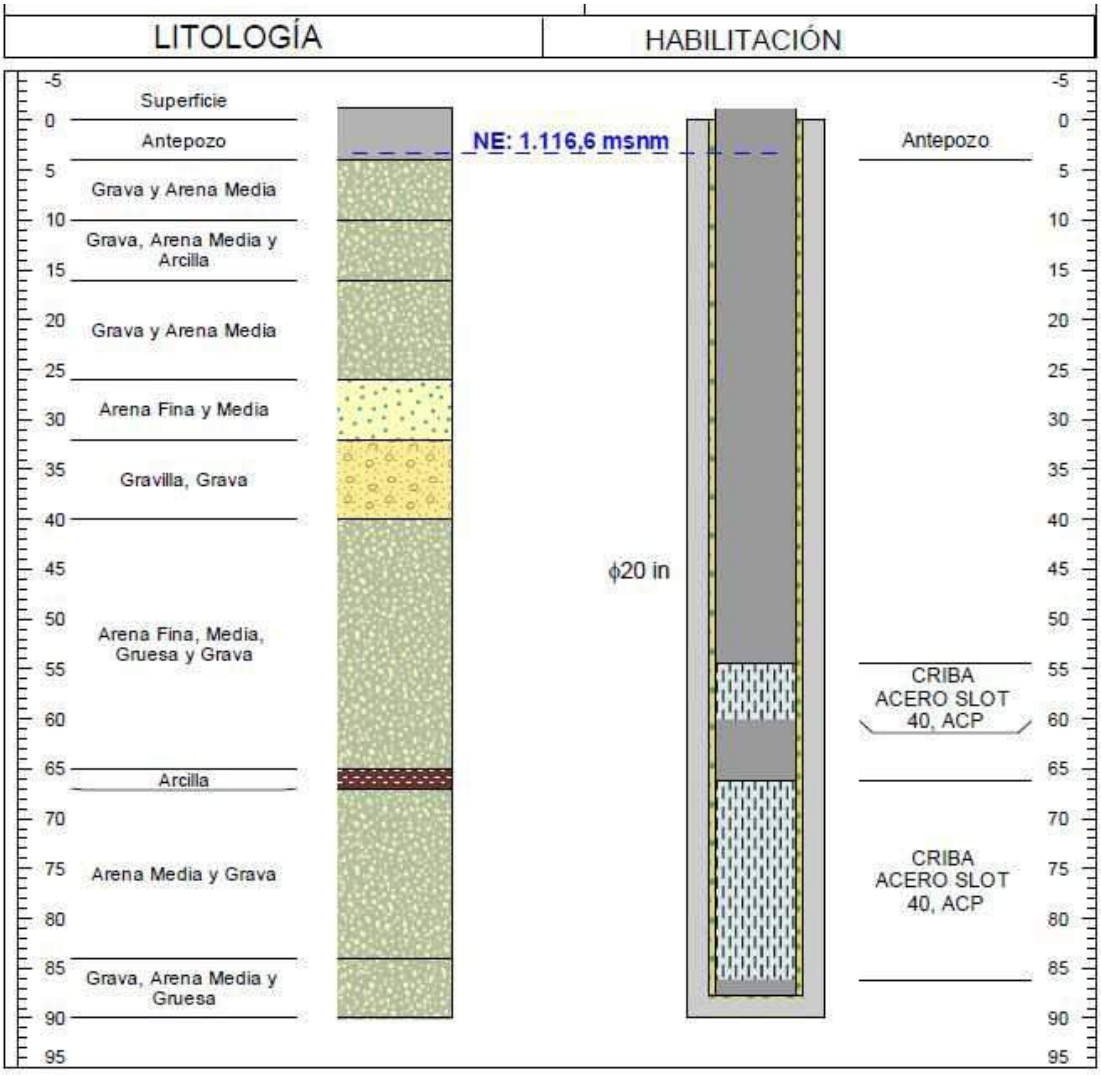
No existen interferencias que puedan tener incidencia en el funcionamiento del pozo.

Mª Luisa Santander 0231, Providencia, Santiago, Chile. Fono (56 2) 341 4800 Fax (56 2) 274 5023 e-mail:

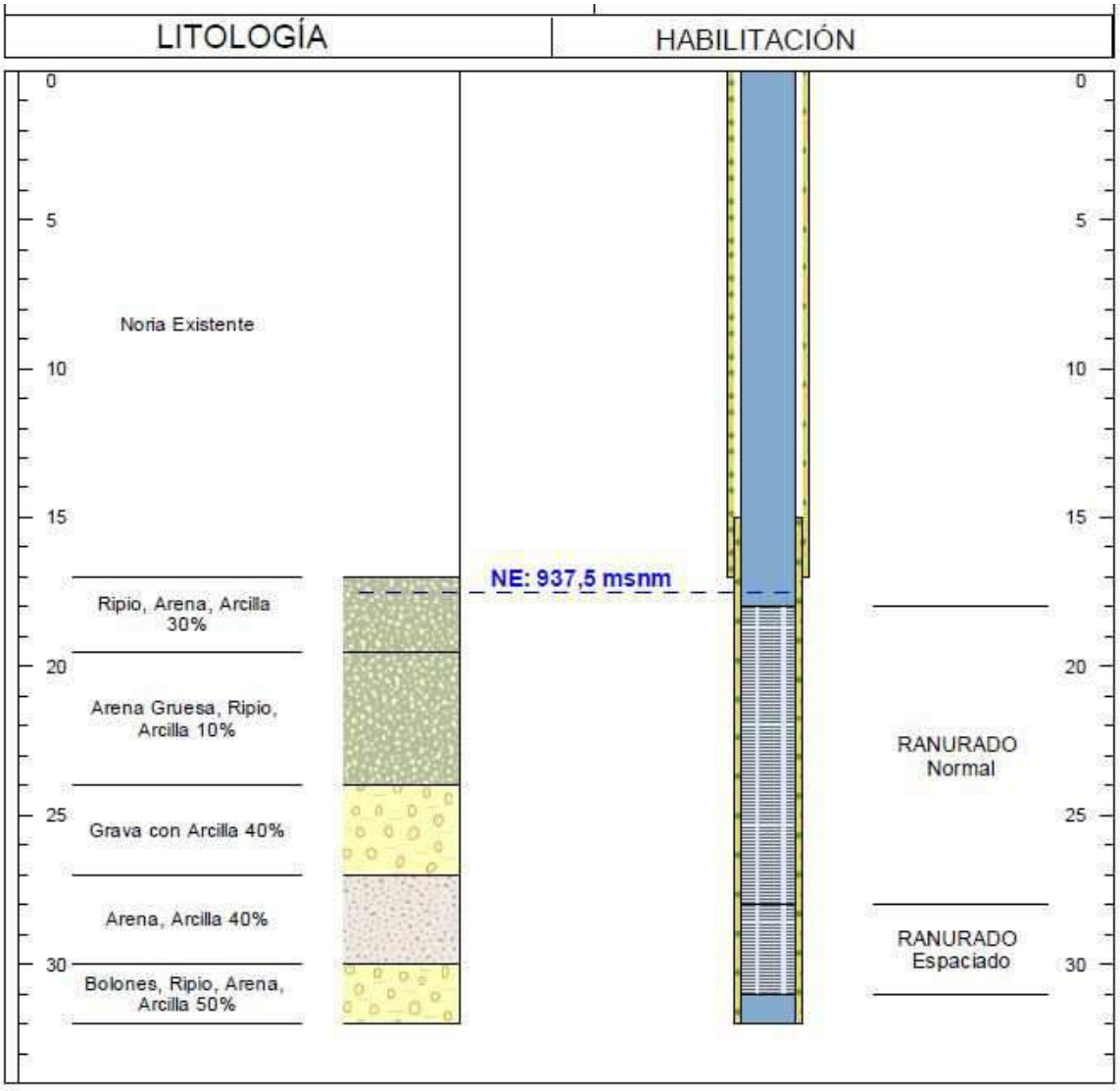
ANEXO B

FICHAS ESTRATIGRÁFICAS DISPONIBLES

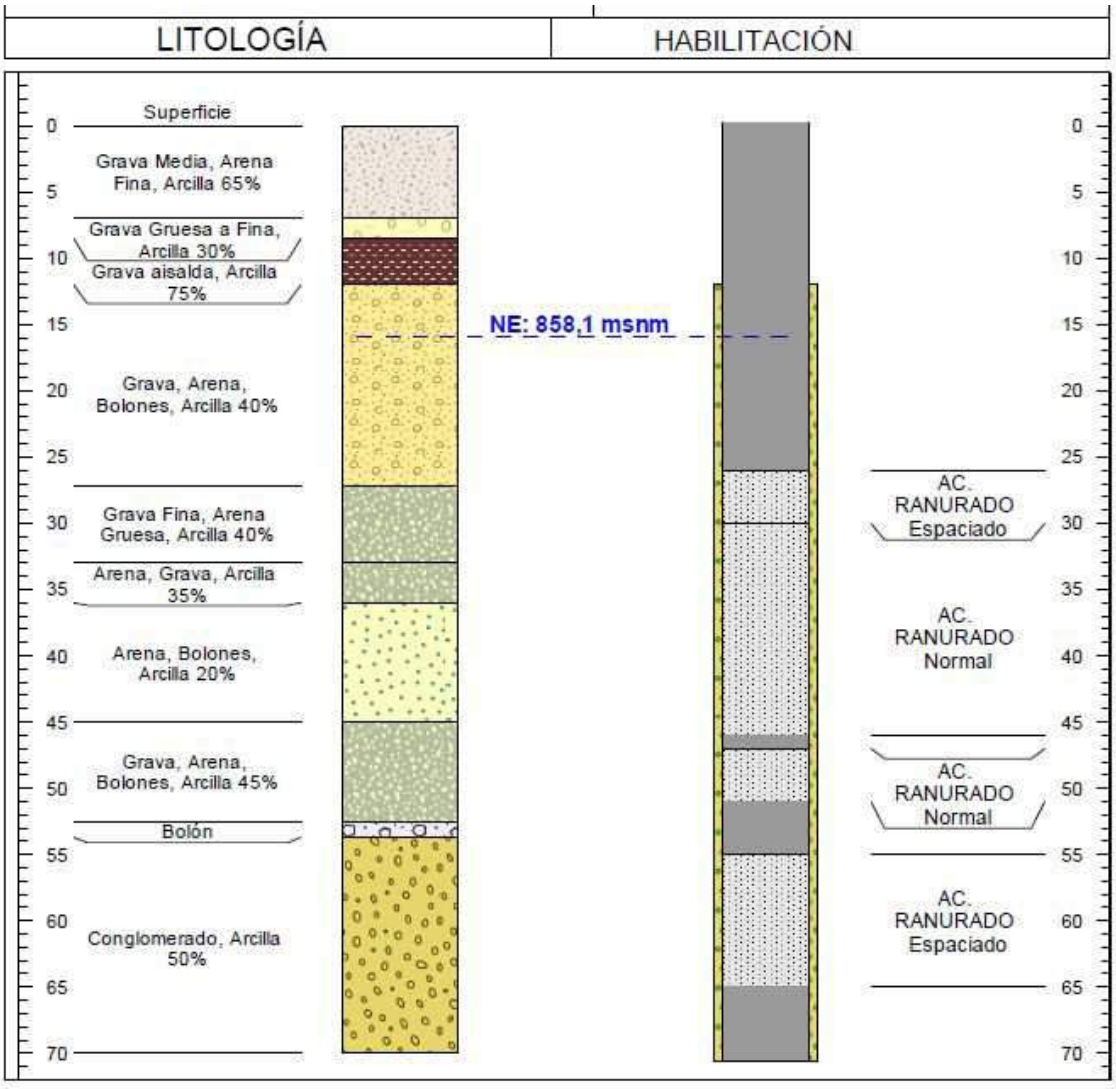
EMBALSE LAUTARO



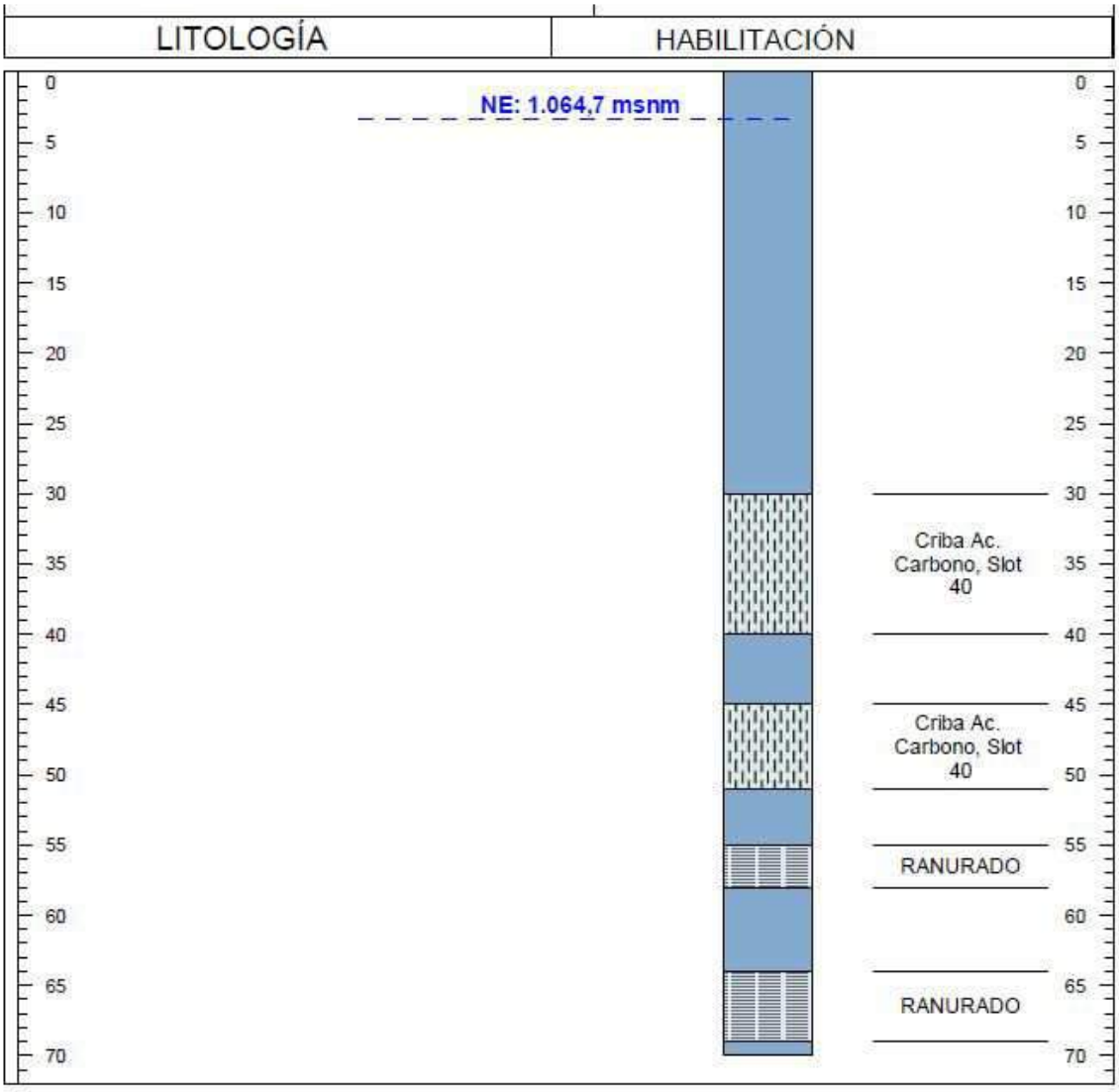
ESCUELA E-17 LOS LOROS



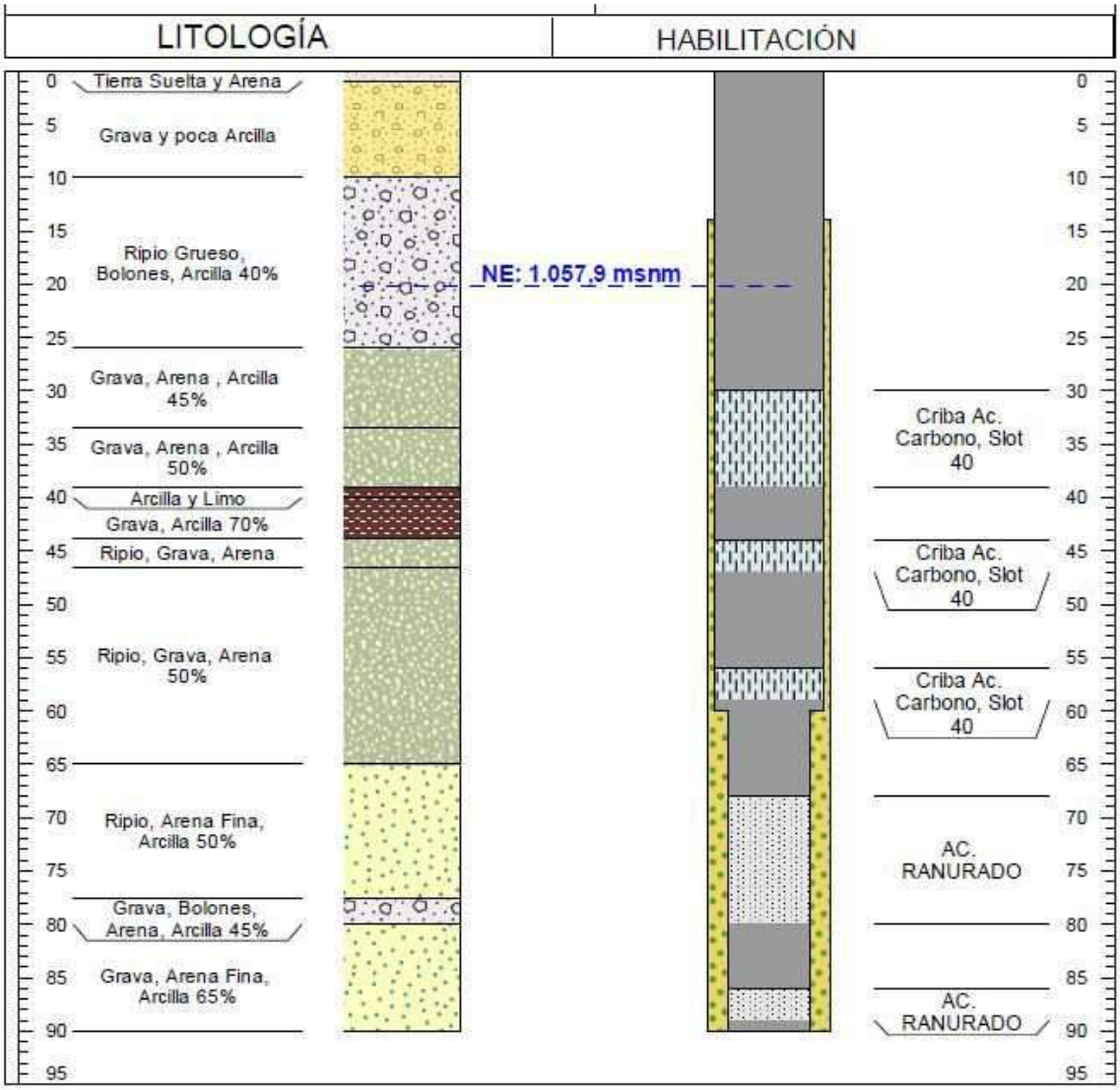
FUNDO LA PUERTA



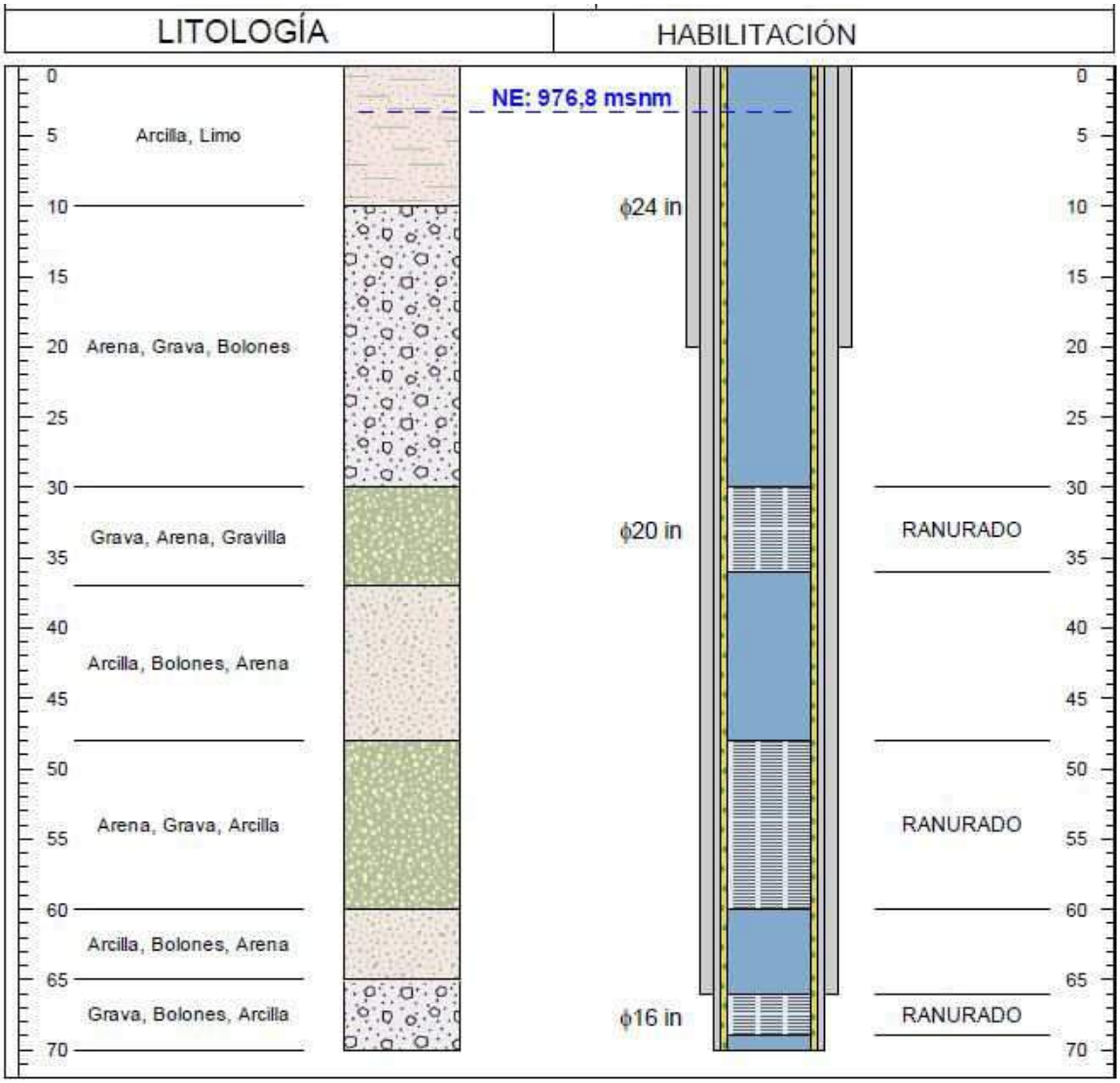
GOYO DIAZ


LITOLOGÍA
HABILITACIÓN
NE: 1.064,7 msnm
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
Criba Ac. Carbono, Slot 40
Criba Ac. Carbono, Slot 40
RANURADO
RANURADO

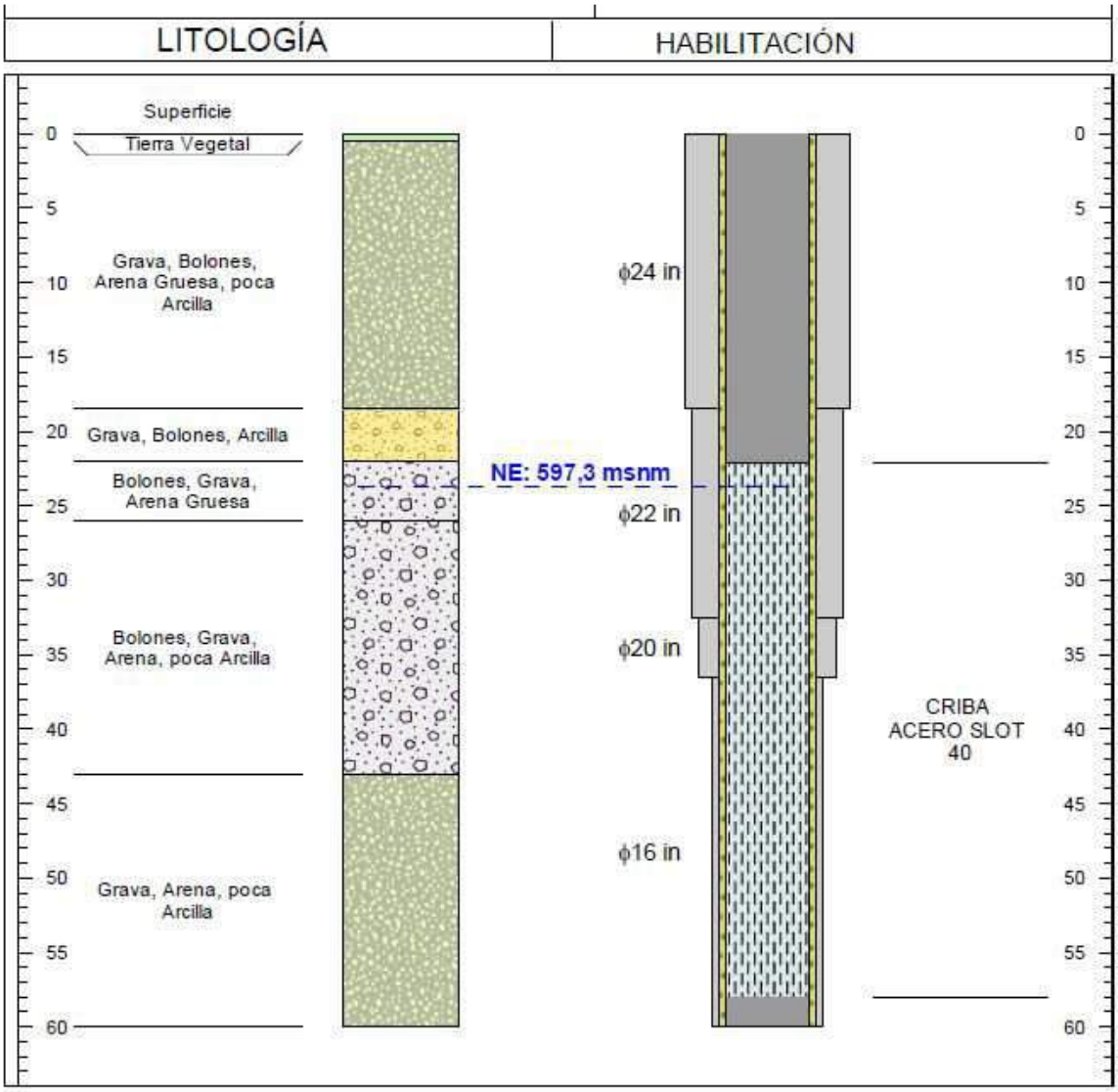
QUEBRADA DE CALQUIS (ANTIGUO)



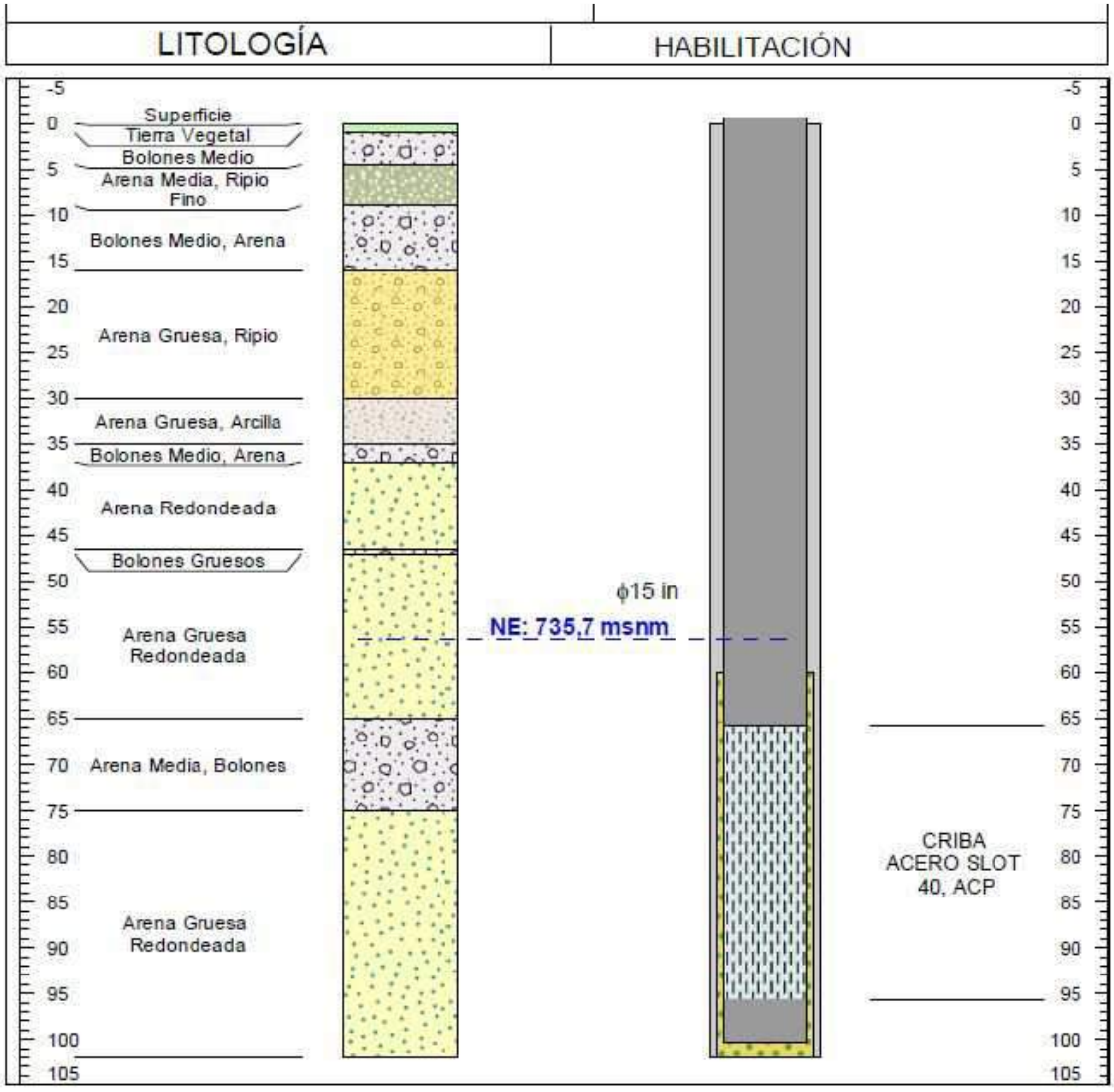
VEGAS EL GIRO



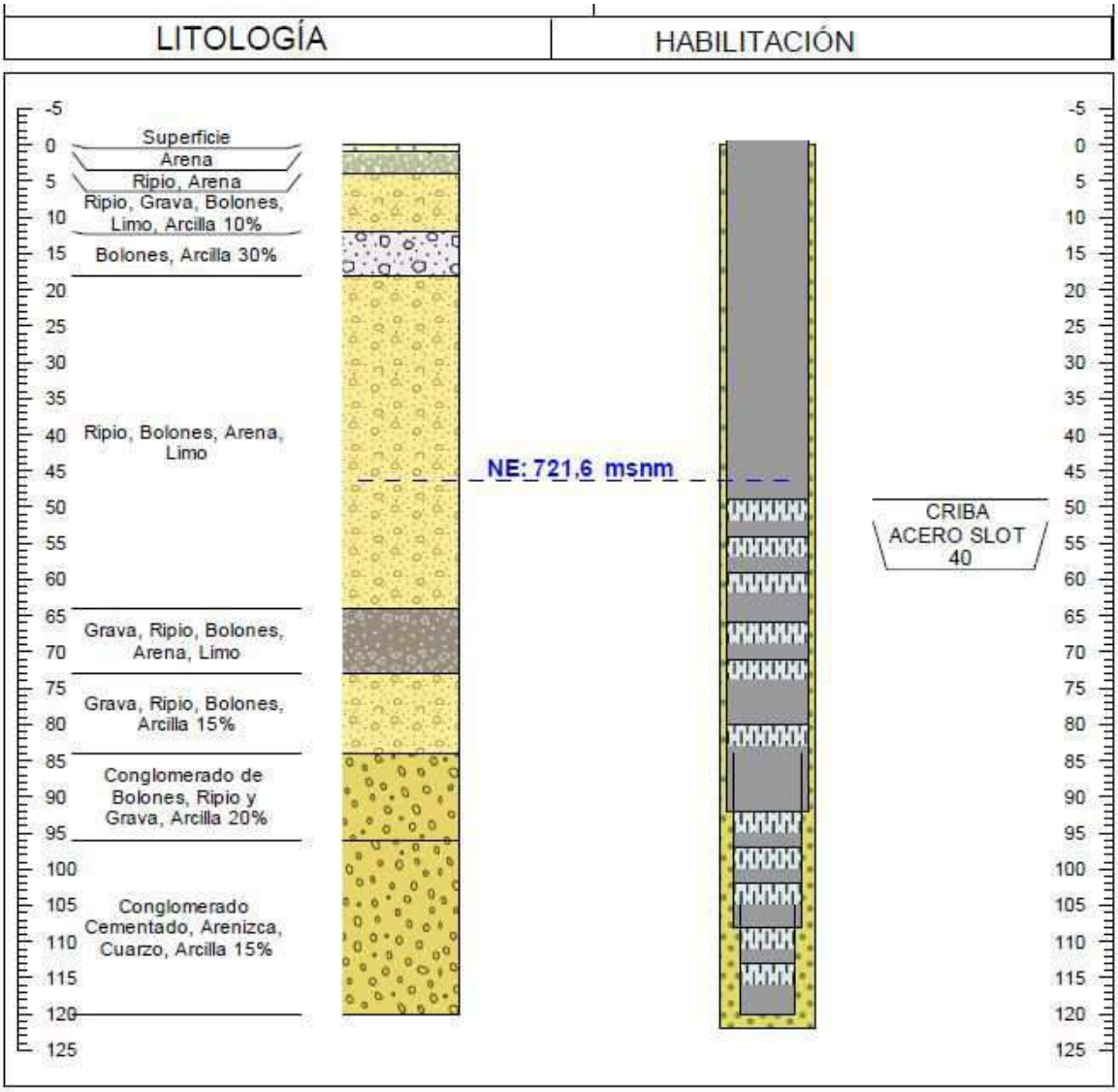
FUNDO ALIANZA



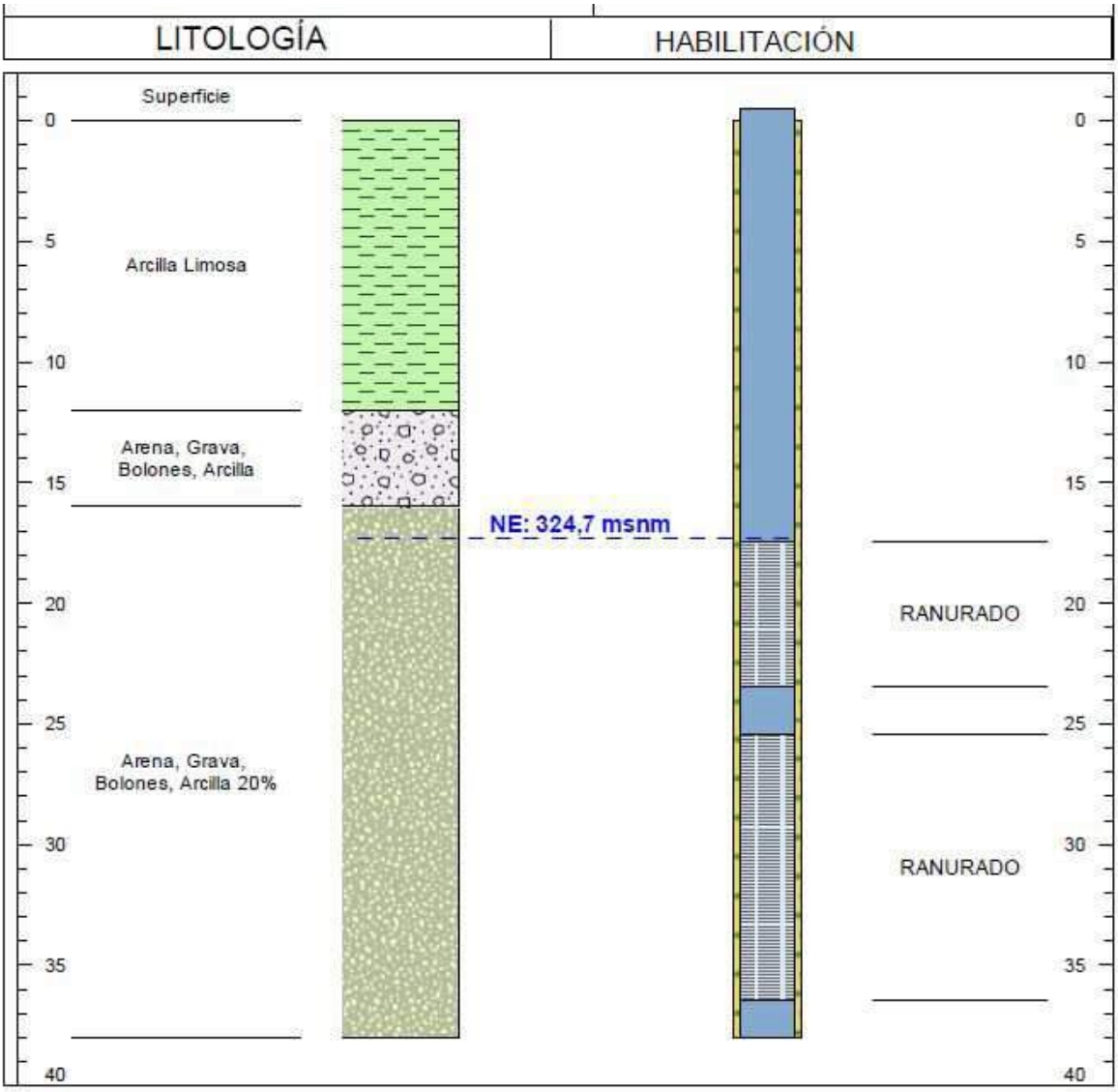
HORNITO ROJAS



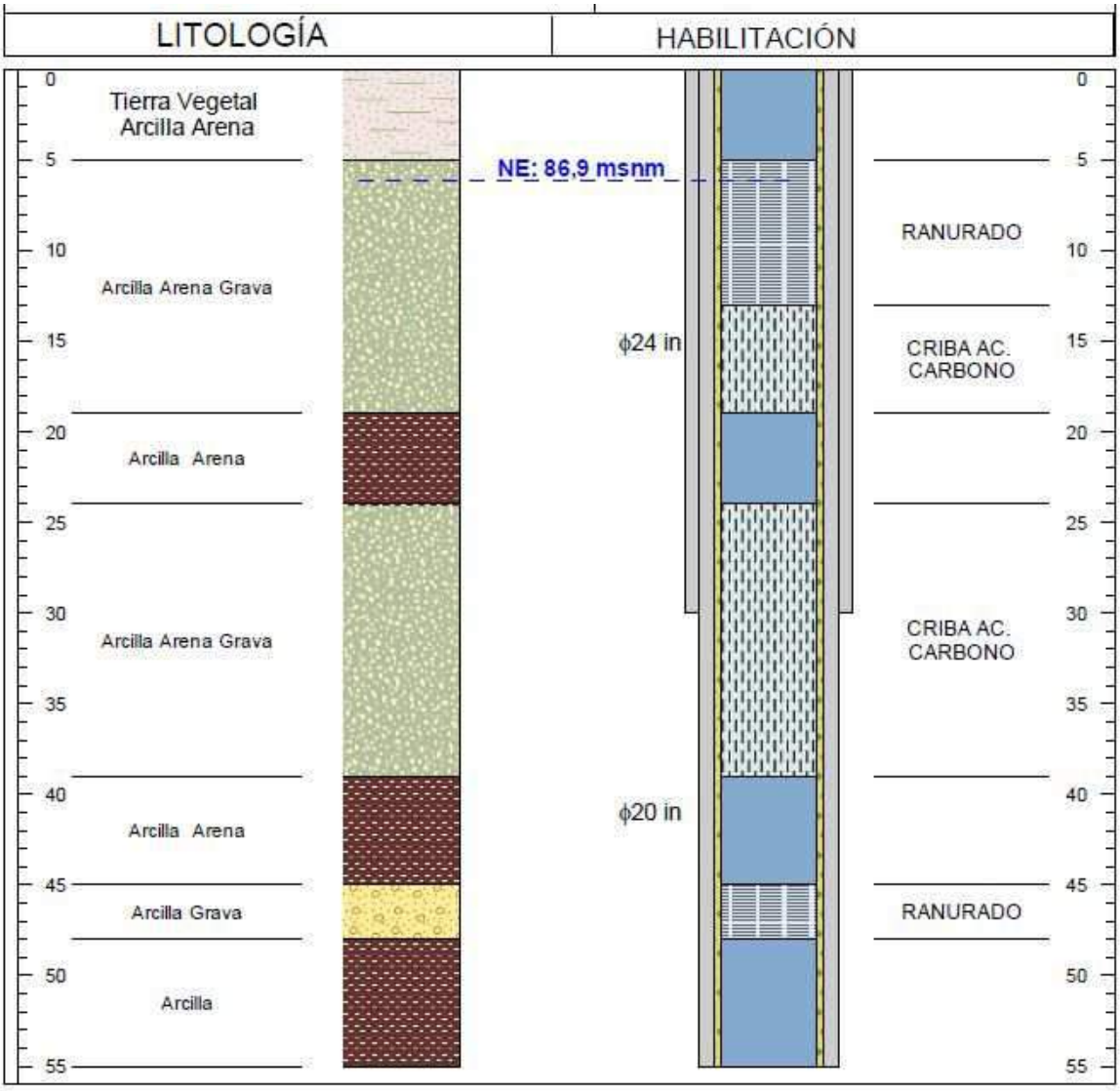
PLANTA ELISA DE BORDOS



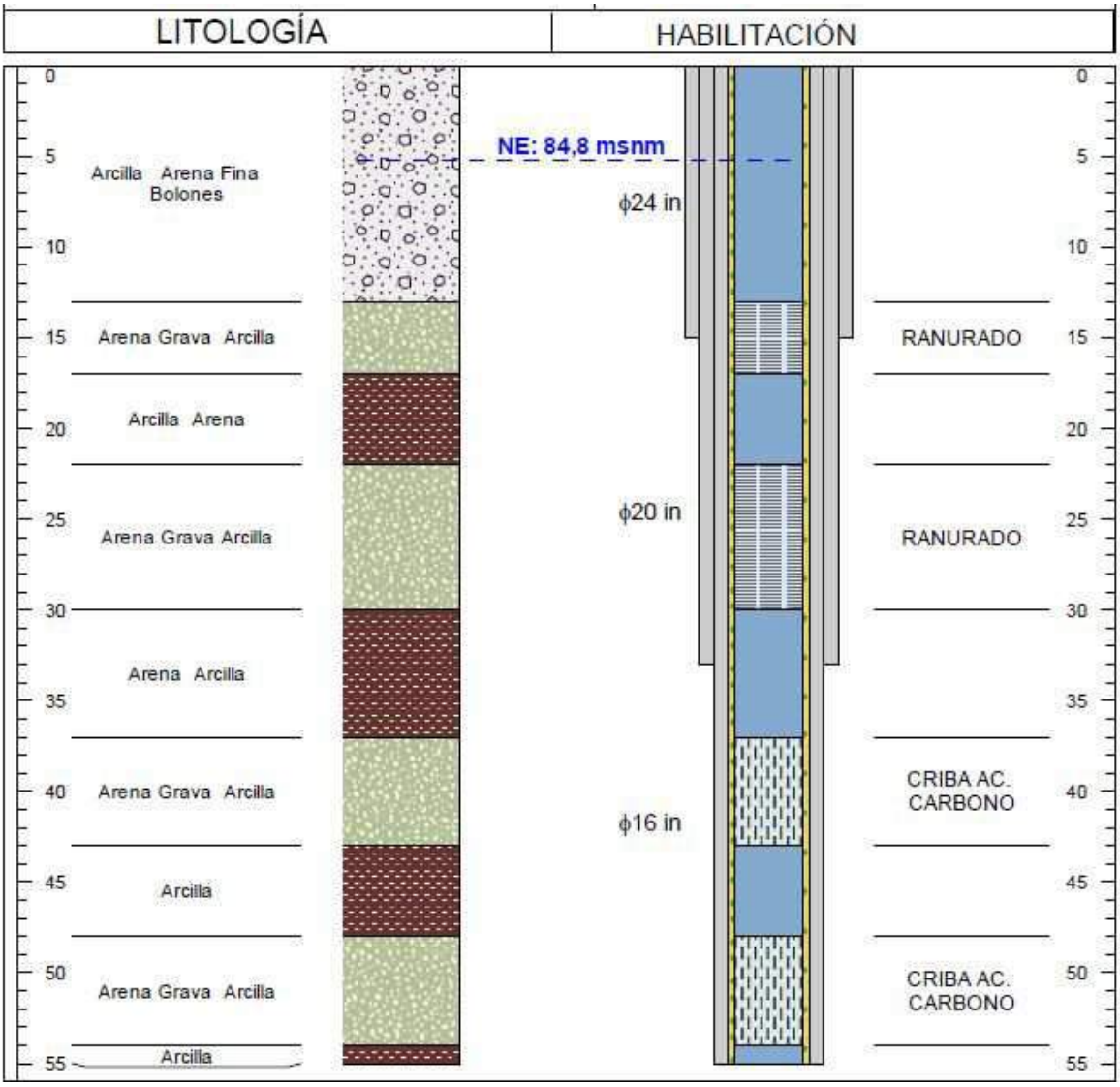
ESCUELA ITALIANA



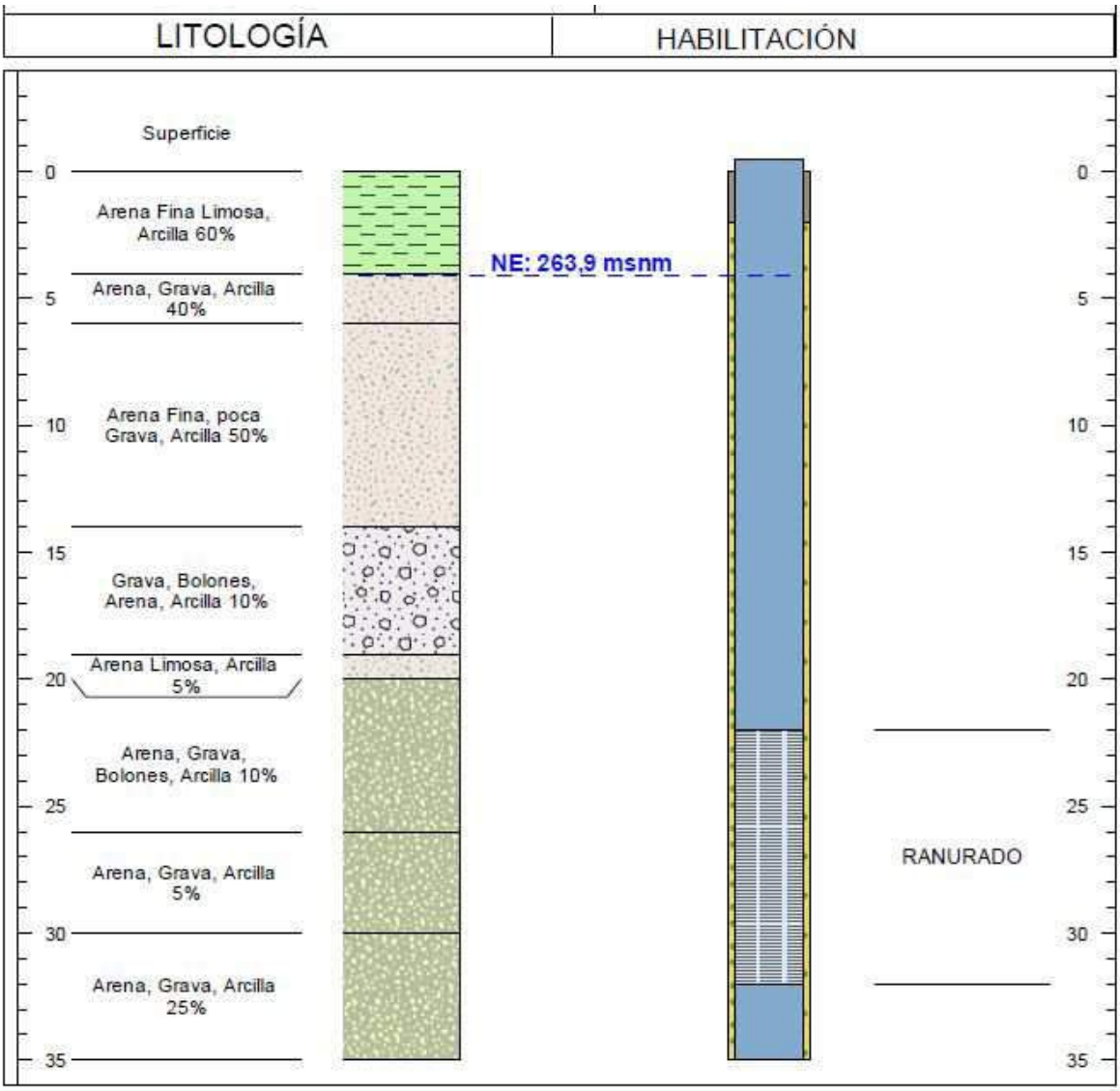
HACIENDA MARIA ISABEL (1)



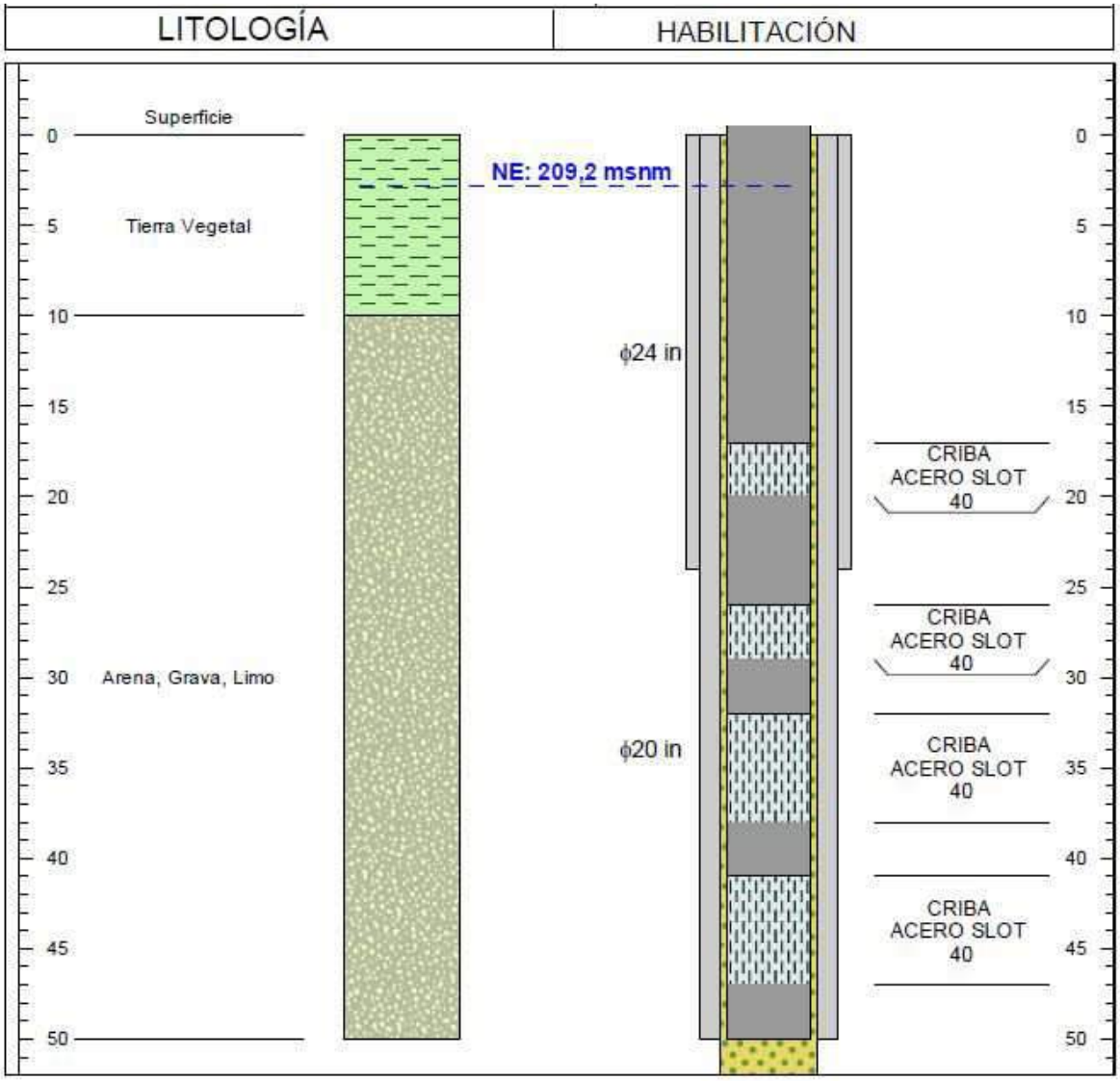
HACIENDA MARIA ISABEL (3)



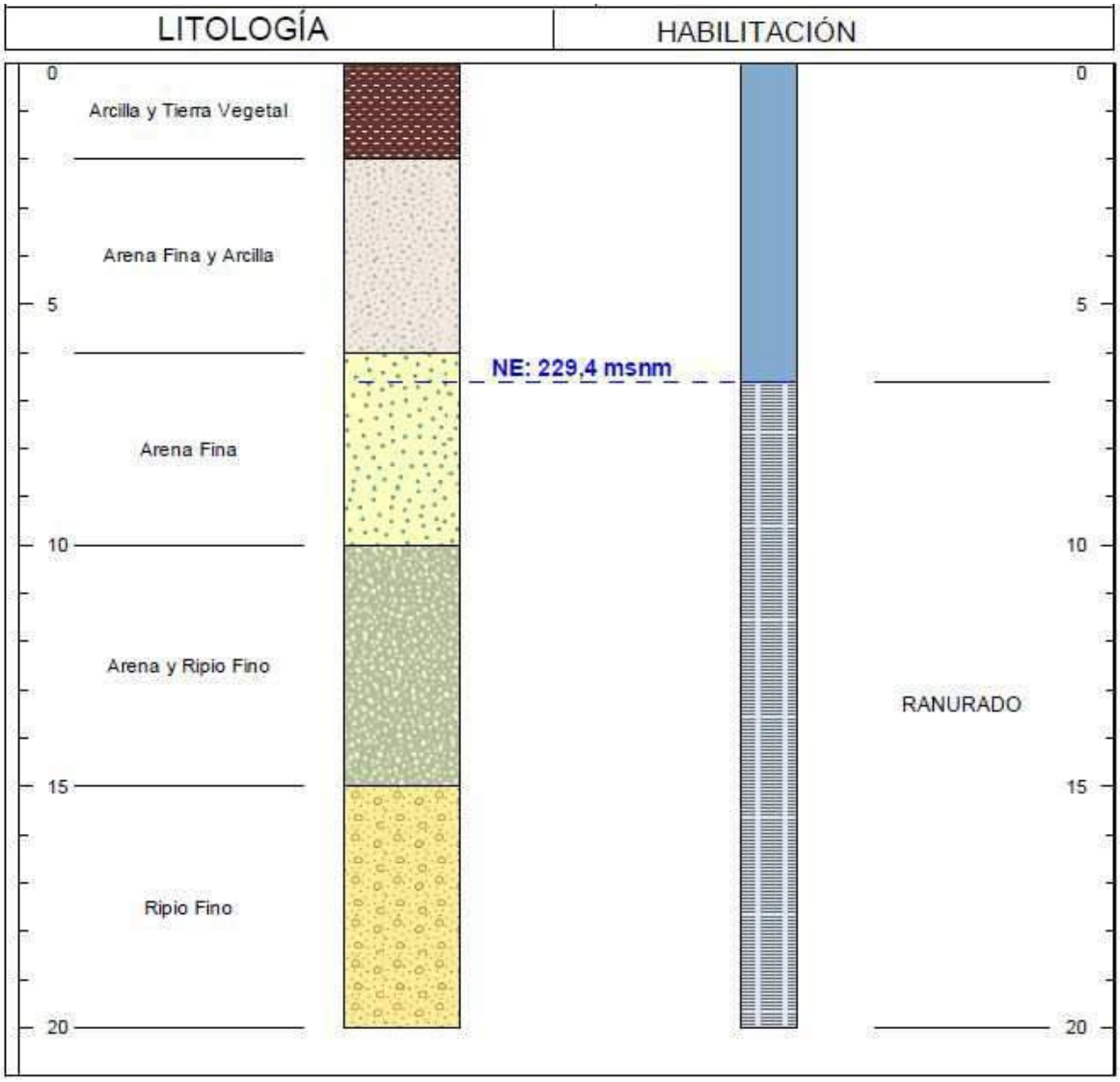
HACIENDA SAN FRANCISCO



SAN PEDRO (11)


LITOLOGÍA
HABILITACIÓN
Superficie
0
5
Tierra Vegetal
10
15
20
25
30
Arena, Grava, Limo
35
40
45
50
NE: 209,2 msnm
ϕ24 in
ϕ20 in
CRIBA ACERO SLOT 40
CRIBA ACERO SLOT 40
CRIBA ACERO SLOT 40
CRIBA ACERO SLOT 40

SAN PEDRO (FLORIDOR)



ANEXO B

FICHAS ESTRATIGRÁFICAS DISPONIBLES

ANEXO C

ESTADÍSTICA HISTÓRICA DE NIVELES

Excel en Digital

ANEXO D

ANÁLISIS DISPONIBILIDAD DE INFORMACIÓN

Excel en Digital

ANEXO E

ESTADÍSTICA DE NIVELES PROCESADA A NIVEL PROMEDIO ANUAL

Excel en Digital

ANEXO F

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PDF-XChange Click to buy NOW! http://www.guthcad.com

EEA European Environment Agency

10. Proposed Groundwater Monitoring Network

10. PROPOSED GROUNDWATER MONITORING NETWORK

10.1 Selection of sites for groundwater monitoring network

There are two important features that distinguish groundwater from surface waters which need to be considered when designing a monitoring network for groundwater quality and quantity. These are:

- the slow movement in groundwater with relatively large residence times; and,
- the considerable degree of physicochemical and chemical interdependence between water and material of aquifer.

The spacing of the observation wells in the groundwater quality network will depend on the strategy for differentiation between diffuse and point pollution stations, between national and regional stations and with the differences between principal networks, specific networks and temporary networks. The criteria for a monitoring network are very important for the evaluation and comparison of the data. If there is a need to evaluate data from all over the EEA area, the sampling sites should be chosen by the same criteria. If they are not, a consistent report is probably impossible. While minimum densities for groundwater have not been developed, other guidance on station location and sampling may be provided. The density of observation wells in a groundwater network depends on:

- The size of the area or country.
- The geological and hydrogeological complexity of the area.
- The geological and hydrological setting and sizes of the main aquifers.
- The land use of the area.
- The admittance to the area and the possibilities for agreeing the establishment of the stations with the landowners.
- Existing monitoring systems.
- The objectives and time limits of the network.
- Financial limitations for establishment of the network and for routine groundwater sampling through time.

The main general demands of the network are:

- All main aquifers should be observed. These aquifers are defined according to the geological information and the known groundwater resources of the area.

- The distance between the observation wells will depend on the geological conditions.
- The network should be based on existing wells in the area from which, valid hydrogeological information can be extracted. Wells drilled for all different purposes can be used depending on the completion programme for the wells. The use of existing wells will reduce the cost of drilling and installation of observation devices.
- It is important also to monitor aquifers that at the time are not being used for groundwater abstraction, both shallow and deep aquifers.

Areas with a high rate of infiltration should be monitored more intensively.

A groundwater quality observation station should be able to monitor the general composition of the groundwater with different types of contaminants. Principally there are different sources of contaminants: diffuse sources arising from the atmosphere: diffuse sources from land use, (e.g. from farming); and, point sources such as landfills, contaminated sites and leaking sewer-systems. These three sources need a different approach to the design and establishment of suitable monitoring networks.

It is important to confirm that the monitoring wells which are chosen for the EEA network have been designed and constructed in the same way so it is possible to compare the results from all the Member States. It is also important that all the selected wells are described in detail both concerning the criteria and the technical design. Stations are considered similar whatever network they serve.

10.2 Proposed network

For groundwater the following is proposed.

1. Monitoring station selection should be based on existing national monitoring networks.
2. Where possible all nationally important aquifers (groundwater in porous media, karst groundwater and others) should be covered. The importance of aquifers could be defined with respect, for example, to quantity and/or quality, spatial extension, actual or planned use.
3. The selected monitoring stations within these selected aquifers should be distributed in a more or less regular geometric pattern and, as a rule, with a density of at least 1 site per 20 to 25 km^2 of aquifer.
4. In special cases a less intensive density of sampling stations is acceptable. This might be especially so in large similar hydrogeological structures with only low impacts (e.g. low density of population, small portion of arable land, mostly forests and grasslands, no serious point sources). In spite of their potential high vulnerability this may also be considered for karst areas.
5. The selected monitoring stations should not be exclusively based on drinking water abstraction points (drinking water abstraction is usually concentrated in a few least impacted areas) and on stations monitoring extremely local hotspots of contamination, as they would not provide comparable information on a Europe-wide scale.

Table 10.1 summarises (based on best available information) the extent of groundwater monitoring undertaken in EEA Member States (Koreimann *et al*. 1996). It indicates that for the interim network there may be major spatial gaps in the information available.

PDF-XChange Click to buy NOW! http://www.guthcad.com

Table 10.1 Summary of the extent of groundwater monitoring undertaken in EEA Member States

	Total number of monitoring stations in			Total area of groundwater media (km^2)			Monitoring station density (no. per km^2) in		
	porous media	karstic media	other media	porous media	karstic media	other media	porous media	karstic media	other media
Austria	1600	450	*	17000	*	*	11	*	*
Belgium	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Denmark	1100	*	*	43216	*	*	39	*	*
Finland	20		30	35	*	30	2	*	1
France	16112	2490	20480	*	*	*	*	*	*
Germany ^	2378	80	327	45900	13200	62245	19	165	190
Greece	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Iceland	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ireland	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Italy	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Luxembourg	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Netherlands	375	*	5	35000	*	*	93	*	*
Norway	21	*	*	*	*	*	*	*	*
Portugal	74	*	*	*	*	*	*	*	*
Spain	1147	408	1377	79258	54628	38644	69	134	28

PDF-XChange Click to buy NOW! http://www.guthcad.com

[illegible]wed[illegible]	*	*	*	*	*	*	*	*	
United Kingdom	346	270	1920	13534	11004	75219	39	41	39

^ Summed data from 3 Länder

* No information

The aim will be to develop a fully statistically representative network for groundwater quality and quantity assessment. In particular the potential gaps in information (Table 10.1) will need to be addressed in the development of the network and the statistical basis of the suggested optimum density of monitoring stations (1 per 20 or 25 km^2) should be further statistically assessed. In addition the applicability of the concept of establishing reference stations in aquifers not affected by human activities will be assessed. Reference stations would be in areas not influenced by groundwater pumping and other anthropogenic activities. In some areas within the EEA (small countries or in densely populated areas) it will not be possible to establish such stations.

10.3 Sampling frequency

For the proposed general surveillance type network, a sampling frequency of twice a year should initially be assessed. One sampling would ideally have been conducted during a period of high ground water level, that is at the end or immediately after a period of high infiltration and recharge of the reservoir. The second sampling would be at a period of low ground water level, that is at the end of a period of minimum infiltration or maximum abstraction. This sampling schedule relates to groundwater reservoirs relatively close to the surface. When deeper reservoirs occur at the same sampling station they should be sampled at the same time as the shallower ones. In areas of very rapid infiltration like karst-areas other guidelines might be applied, e.g. modified according to seasonal exploitation in water supply areas of tourist centres.

10.4 Selection of determinants

10.4.1 Groundwater quality

The quality parameters on which information might be required can be divided into seven groups (Table 10.2).

1. Descriptive parameters;
2. Major ions;
3. Additional parameters;
4. Heavy metals;
5. Organic substances;

PDF-XChange Click to buy NOW! http://www.guthcad.com

6. Pesticides;
7. Microbes.

Groups 1, 2 and 3 are, at present, measured in all countries with an observation network. Group 4, 5 and 6 are only measured in a few of the EEA countries. The types of parameters included in a programme depend on the purpose of the monitoring network. Group 4 and 5 are important in monitoring programmes on point pollution as landfills and contaminated sites, while Groups 4 and 6 are specially important for diffuse pollution from farming. The number of analysed compounds within each group depends on the purpose of the network and on the economy.

Table 10.2 List of suggested determinants required for the groundwater quality monitoring network

Group		Determinants
1	Descriptive determinants	Temperature, pH, DO, (EC).
2	Major ions	Ca, Mg, Na, K, HCO_3, Cl, SO_4, P_{04}, NH_4, NO_3, NO_2, Total organic carbon
3	Additional determinants	Choice depends partly on local pollution source as indicated by land-use framework
4	Heavy metals	Hg, Cd, Pb, Zn, Cu, Cr. Choice depends partly on local pollution source as indicated by land-use framework
5	Organic substances	Aromatic hydrocarbons, halogenated hydrocarbons, phenols, chlorophenols. Choice depends partly on local pollution sources as indicated by land-use framework.
6	Pesticides	Choice depends in part on local usage, land-use framework and existing observed occurrences in groundwater.
7	Microbes	Total coliforms, border="0" width="15" height="20">

Share with others

Re-use paper!

Instead of using a fresh piece of paper for rough work, turn over a used copy and write on the other side. Use products made of recycled paper. Remember! Every ton of recycled paper saves 17 trees compared to paper made from virgin materials. More green tips

European Environment Agency, Kongens Nytorv 6, DK - 1050 Copenhagen K, Denmark - Phone: +45 3336 7100



The European Environment Agency (EEA) is an agency of the European Union.
Comments to EEA Web Team.

Code and API for developers, Legal notice, Disclaimer, Privacy policy

ANEXO G

VALIDACIÓN METODOLOGÍA PAC

Excel en Digital

ANEXO H

APLICACIÓN METODOLOGÍA PAC

Excel en Digital

ANEXO I

BASE DE DATOS FINAL Y RED DE VIGILANCIA PROPUESTA

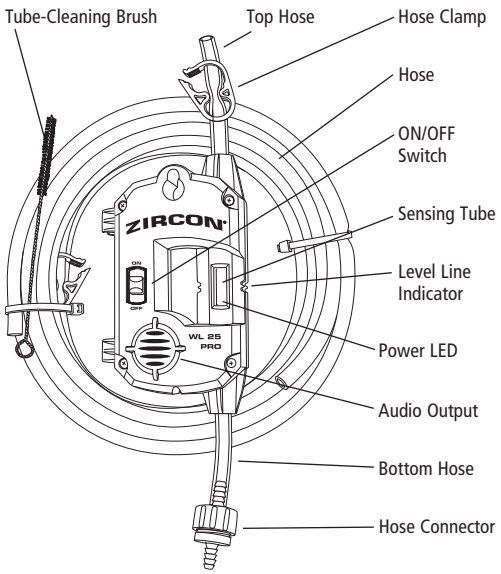
Excel en Digital

ANEXO J

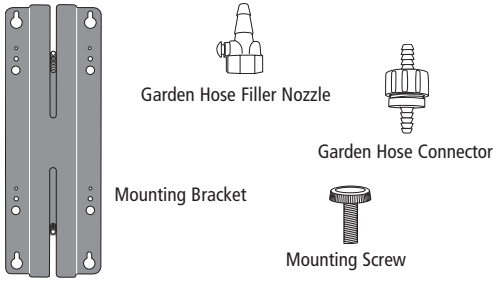
CATÁLOGOS INSTRUMENTOS

WL 25 Pro Kit
Electronic Water Level

The Zircon® WL 25 Pro Electronic Water Level is an ideal tool for determining level reference points up to 25 feet (8 m) away. The WL 25 Pro simplifies working alone or around corners with accurate and reliable measurements and is ideal for a number of applications, including erecting fences, building decks, positioning drainage, plumbing, setting forms, completing masonry work, or remodeling interiors. The WL 25 Pro features a 25 ft. (8 m) hose, mounting bracket and screw, garden hose connector, and filler nozzle.

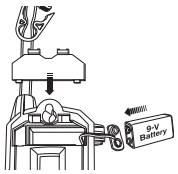


WL 25 PRO KIT ATTACHMENTS



ZIRCON® is a registered trademark of Zircon Corporation.

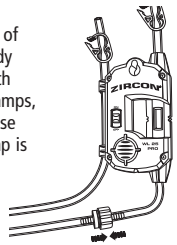
1. INSTALLING BATTERY



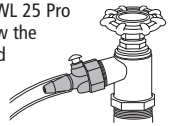
Press battery door release and remove door. Snap 9-V battery onto connector and place inside battery compartment. Replace door and snap shut.

2. ASSEMBLING THE WL 25 PRO

Using the hose connector provided, attach one end of the long hose to the lower end of the short hose that passes through the body of the unit. There will also be a short length extending from the top. Move the hose clamps, if necessary, so that one is on the short hose extending from the top and the other clamp is at the free end of the long hose.



3. FILLING WITH WATER



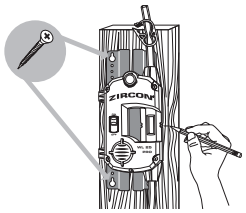
Open the top hose clamp and position the WL 25 Pro to allow water to exit the top hose. Unscrew the garden hose connector and connect one end of the garden hose to the bottom hose. Connect the 25 ft. (8 m) clear hose to the other end of the garden hose. Attach the filler nozzle to an outdoor faucet and turn on the water supply. Water will not flow until the filler button is pressed. Open the working end hose clamp. Press the working end of the hose to filler exit. Hold filler button in to allow water to fill the garden hose until water is flowing out the top hose. Continue holding the filler button in until there is no air in the water exiting the top hose for at least 10 seconds. Release the filler button and close the working end hose clamp. You can also siphon from a bucket to fill.



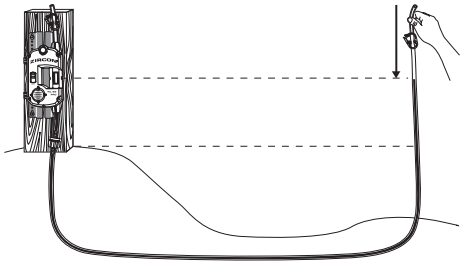
Lock the clamps at each end to keep the water from running out as you set up your work area. To avoid inaccurate readings, always remove large air bubbles in the filled hose before using. Unlock both clamps and shake the hose gently to force the bubbles to the top.

4. MOUNTING THE WL 25 PRO

Mount the WL 25 Pro so that the level reference points on the sides are at the desired finished level point. A mounting bracket and screw are included for attaching unit to a form. The unit fits on the bracket, making height adjustments easier.



You can also mount the WL 25 Pro above or below that reference point, measuring up or down from your marks to the desired position. Fasten the unit at both top and bottom to ensure stability. If the unit swings from side to side, your level points will change and give you inaccurate readings.

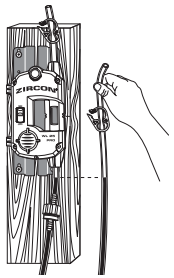


5. USING THE WL 25 PRO

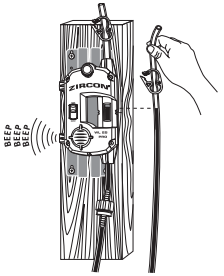
Attach the electronic unit to the work area, then slide the ON/OFF button to ON. Lower the working end of the hose to keep water below the level line indicator. Open the clamp on the short top hose. Move the long length of the hose to the desired level position, making sure that the hose is not knotted or kinked and will not be kicked, stepped on, or disturbed. Keep the long end of the hose lower than the electronic unit until you are ready.

Elevate the end just enough that the water doesn't run out. Open the clamp on the working end of the unit. SLOWLY raise the end of the long hose until the continuous tone just starts. Mark a line on the work surface matching the level of the water.

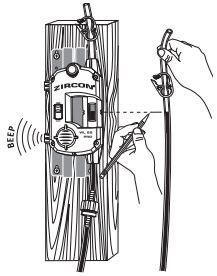
Note: If you raise the tube too fast and the level point is passed and the intermittent tone sounds, lower the working tube until the tone stops and then SLOWLY raise it again. The longer the working tube, the more time it takes for the water levels to stabilize.



No tone sounds; level point too low.



Intermittent tone sounds; level point too high.

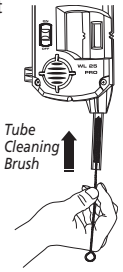


Continuous tone sounds; level point reached.

6. CLEANING AND STORING THE WL 25 PRO

In some areas, high mineral content in water may cause a coating to form on the inside of the sensing tube. The WL 25 Pro's sensing tube can be cleaned easily to ensure accuracy. To reduce mineral buildup do not leave water in tube overnight.

Disconnect the longer length of working hose, connector, and clamps from the unit. Wet the tube-cleaning brush (included in the package) with water. Insert fully into the short sensing tube. Rotate the bristles gently to clean the contacts, remove brush, and then rinse. Reattach the working hose and the level is ready for use.



When quitting work for a short time, you can leave the water inside the hose. Lock the clamps at each end of the hose, and carefully coil the hose.

To prevent corrosion when not in use, unclamp the hose at both ends and drain the water from the long end of the hose. Store unit with clamps open in a dry place and out of sunlight.

7. ADDITIONAL HOSING IS AVAILABLE

Stores that sell this product usually sell or can order additional hosing in 25 ft. (8 m) lengths. You can also call Zircon Customer Service at 1-800-245-9265 to order additional hoses if your local store does not carry them. The hose interior diameter is 5/16 in. (8 mm) and comes with an additional connector to allow you to extend your working length.

8. HELPFUL HINTS

Situation	Probable Causes	Solutions
Trouble seeing water level.	• Water and tubing are clear.	• Add a few drops of food coloring to the water before filling.
Water freezes.	• Temperature dropped. • It's too cold to work.	• Replace the water in hose with a mixture of vodka and water.
Level points change. Inaccurate readings.	• Unit swings from side to side. • Large air bubbles in tubing. • Kinks or knots in tubing.	• Securely fasten electronic unit at both top and bottom. • Open both clamps and shake tube gently to force bubbles to top. • Straighten out the tubing.
Water runs out of tube as you set up work area.	• Clamps open.	• Always close both clamps after filling tubing.
Unit does not beep at the same spot.	• Water level being misread.	• Be sure to look at the tube from the same angle and mark the water level at the same spot in the tube.
Either steady beep or intermittent beep does not operate.	• Pins are dirty.	• Use tube-cleaning brush included with tool to clean pins that detect water level.

Visit www.zircon.com/support for the most current instructions.

ZIRCON

LIMITED 1 YEAR WARRANTY

Zircon Corporation, ("Zircon") warrants this product to be free from defects in materials and workmanship for one years from the date of purchase. Any in-warranty defective product returned to Zircon*, freight prepaid with proof of purchase date and $5.00 to cover postage and handling, will be repaired or replaced at Zircon's option. This warranty is limited to the electronic circuitry and original case of the product and specifically excludes damage caused by abuse, unreasonable use or neglect. This warranty is in lieu of all other warranties, express or implied, and no other representations or claims of any nature shall bind or obligate Zircon. Any implied warranties applicable to this product are limited to the one year period following its purchase. IN NO EVENT WILL ZIRCON BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES RESULTING FROM POSSESSION, USE OR MALFUNCTION OF THIS PRODUCT.

In accordance with government regulations, you are advised that: (i) some states do not allow limitations on how long an implied warranty lasts and/or the exclusion or limitation of incidental or consequential damages, so the above limitations and/or exclusions may not apply to you, and further (ii) this warranty gives you specific legal rights and you may also have other rights which vary from state to state.

Return product freight prepaid with proof of purchase date (dated sales receipt) and $5.00 to cover postage and handling, to:

Zircon Corporation
*Attn: Returns Department
1580 Dell Avenue
Campbell, CA 95008-6992 USA

Be sure to include your name and return address. Out of warranty service and repair, where proof of purchase is not provided, shall be returned with repairs charged C.O.D. Allow 4 to 6 weeks for delivery.

Customer Service, 1-800-245-9265 or 1-408-963-4550
Monday–Friday, 8:00 a.m. to 5:00 p.m. PDT
www.zircon.com • info@zircon.com

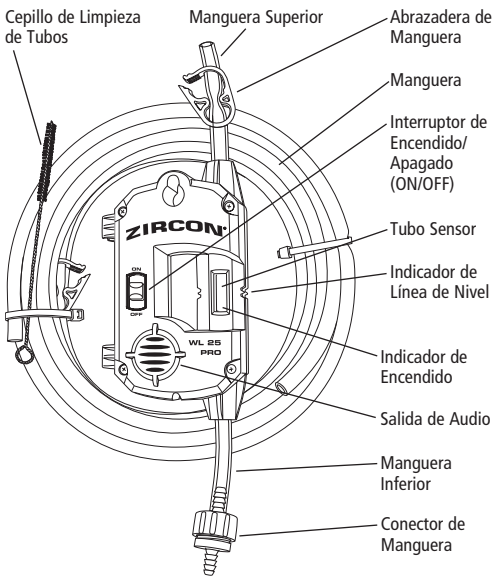
U.S. Patent 6493954

Designed in U.S.A. Assembled in Mexico.

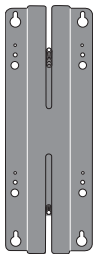
©2010 Zircon Corporation • P/N 58754 • Rev F 03/10

WL 25 Pro Kit
Nivel Electronico de Agua

El nivel electrónico de agua, WL 25 Pro, Zircon® es una herramienta ideal para determinar puntos de referencia de nivel hasta una distancia máxima de 25 pies (8 m). El WL 25 Pro simplifica el trabajo solo o alrededor de esquinas proporcionando medidas exactas y confiables y resulta ideal para una serie de aplicaciones, como por ejemplo, instalación de cercos, construcción de plataformas, posicionamiento de drenajes, plomería, instalación de encofrados, finalización de trabajos de albañilería o remodelación de interiores. El WL 25 Pro incluye una manguera de 25 pies (8 m), soporte para montaje y tornillo, conector para manguera de jardín, y nariz para llenado.



WL 25 PRO KIT ATTACHMENTS





Nariz para llenado de manguera de jardín



Conector para manguera de jardín

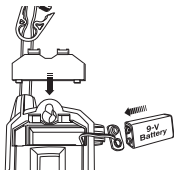
Soporte para montaje



Tornillo para montaje

ZIRCON® es una marca registrada de Zircon Corporation.

1. COLOCACION DE LA BATERIA



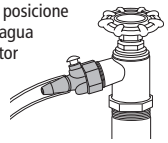
Presione el botón liberador de la puerta de la batería y retire la puerta. Inserte una batería de 9 voltios en el conector y coloquela dentro del compartimiento de baterías. Vuelva a colocar la puerta en su posición.

2. MONTAJE DEL WL 25 PRO

Mediante el conector de manguera provisto, conecte un extremo de la manguera larga al extremo inferior de la manguera corta que atraviesa la carcasa de la unidad. También hay un tramo corto que se extiende desde la parte superior. De ser necesario, mueva las abrazaderas de la manguera a fin de que una quede sobre la manguera corta que se extiende desde la parte superior y la otra, en el extremo libre de la manguera larga.



3. LLENADO CON AGUA



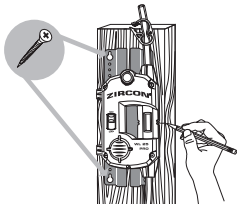
Abra la abrazadera de la manguera superior y posicione el WL 25 Pro de forma tal que permita que el agua salga de dicha manguera. Destornille el conector de manguera y conecte un extremo de la manguera de jardín a la manguera inferior. Conecte la manguera transparente de 25 pies (8 m) al otro extremo de la manguera de jardín. Conecte la boquilla de expansión a un grifo exterior y ábralo. El agua no correrá mientras no se pulse el botón de llenado. Abra la abrazadera que se encuentra en el extremo operativo de la manguera. Presione dicho extremo para llenar la salida. Mantenga presionado el botón de llenado a fin de permitir que el agua llene la manguera de jardín hasta que el agua rebose de la manguera superior. Continúe presionando el botón de llenado hasta que no quede aire en el agua que sale de la manguera superior durante un mínimo de 10 segundos. Libere el botón de llenado y cierre la abrazadera que se encuentra en el extremo operativo de la manguera. Tambien se puede llenar la manguera absorviendo el agua de un valde.



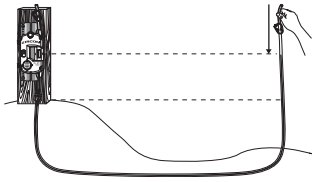
Cierre las abrazaderas en cada extremo para evitar que desborde el agua mientras usted prepara el área de trabajo. Para evitar las lecturas inexactas, elimine siempre las burbujas grandes de aire que pueda tener la manguera llena antes de usarla. Abra ambas abrazaderas y agite suavemente la manguera para dirigir las burbujas hacia la parte superior.

4. COLOCACION DEL WL 25 PRO

Coloque el WL 25 Pro de manera tal que los puntos de referencia de nivel que se encuentran a los lados estén en el punto de nivel deseado. Se incluyen una escuadra y un tornillo de montaje para conectar la unidad a un encofrado. La unidad encaja en la escuadra; lo cual facilita los ajustes de altura.



Usted también puede colocar el WL 25 Pro arriba o debajo de ese punto de referencia, midiendo hacia arriba o hacia abajo desde sus marcas hasta la posición deseada. Ajuste la unidad en la parte superior e inferior para garantizar la estabilidad. Si la unidad se mueve de un lado al otro, los puntos de nivel cambiarán y obtendrá lecturas inexactas.

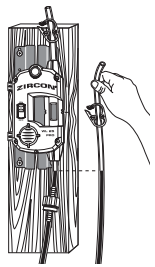


5. USO DEL WL 25 PRO

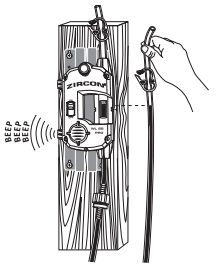
Conecte la unidad electrónica al área de trabajo; después, lleve el botón ON/OFF (encendido/apagado) a la posición de encendido (ON). Haga descender el extremo operativo de la manguera hasta que quede justo por debajo del indicador de línea de nivel. Abra la abrazadera que se encuentra en la manguera corta superior. Mueva el tramo largo de la manguera hasta la posición de nivel deseada, asegurándose de que la manguera no tenga nudos, no esté doblada, no pueda pisarse ni obstaculizarse. Mantenga el extremo largo de la manguera más abajo que la unidad electrónica mientras la configura.

Eleve el extremo lo suficiente como para que no salga agua y abra la abrazadera que se encuentra en el extremo operativo de la unidad. LENTAMENTE, eleve el extremo de la manguera larga hasta que se escuche el tono continuo. Marque sobre la superficie de trabajo en el nivel de agua correspondiente.

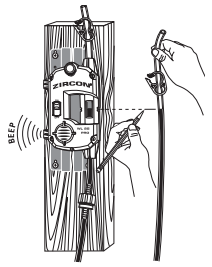
NOTA: Si usted eleva el tubo demasiado rápido, pasa el punto de nivel y se escucha el tono intermitente, haga descender el tubo de trabajo hasta que se detenga el tono; a continuación, vuelva a elevarlo LENTAMENTE. Cuanto más largo sea el tubo de trabajo, más tiempo tardarán en estabilizarse los niveles de agua.



No se escucha tono; el punto de nivel está demasiado bajo.



Se escucha un tono intermitente; el punto de nivel está demasiado alto.



Se escucha un tono continuo; se alcanzó el punto de nivel.

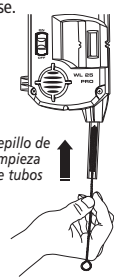
6. LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO DEL WL 25 PRO

En algunas áreas, el alto contenido de minerales en el agua puede hacer que se forme una capa en lado interior del tubo sensor. El tubo sensor del WL 25 Pro puede limpiarse fácilmente para garantizar la precisión. No deje el agua en el tubo durante toda la noche para reducir la formación de la capa por la acumulación de minerales.

Desconecte el tramo más largo de la manguera de trabajo, el conector y las abrazaderas de la unidad. Humedezca con agua el cepillo de limpieza de tubos (que se incluye en el paquete). Insértelo completa-mente en el tubo sensor corto. Haga girar suavemente las cerdas para limpiar los contactos, retire el cepillo y luego enjuague. Vuelva a conectar la manguera de trabajo y el nivel quedará listo para usarse.

Cuando haya un descanso corto durante el trabajo, se puede dejar el agua dentro de la manguera. Cierre las abrazaderas en cada extremo de la manguera y enróllela con cuidado.

Para prevenir la corrosión cuando no use el equipo, quite las abrazaderas de la manguera en ambos extremos y drene el agua del extremo largo de la manguera. Guarde la unidad con las abrazaderas abiertas en un lugar seco, y donde no haya la luz del sol.



7. HAY MANGUERAS ADICIONALES DISPONIBLES

Las tiendas que venden este producto, por lo general, venden o pueden efectuar el pedido de otras mangueras en tramos de 25 pies (8 m). Usted también puede llamar a Servicio a Clientes de Zircon al 1-800-245-9265 para ordenar mangueras adicionales en caso de que su tienda local no las mantenga en inventario. El diámetro interior de la manguera es 5/16 pulgadas (8 mm) y viene con un conector adicional para permitirle extender su longitud de trabajo.

8. CONSEJOS UTILES

Situación	Causas Probables	Soluciones
Problemas para ver el nivel de agua.	• El agua y los tubos son transparentes.	• Agregue unas gotas de colorante de alimentos al agua previa al llenado.
El agua se congela.	• Bajó la temperatura. • Está demasiado frío para trabajar.	• Reemplace el agua de la manguera con una mezcla de vodka y agua.
Los puntos de nivel cambian. Lecturas inexactas.	• La unidad se mueve de un lado al otro. • Hay burbujas de aire grandes en los tubos. • Hay dobleces o nudos en los tubos.	• Fije bien la unidad electrónica en la parte superior e inferior. • Abra ambas abrazaderas y agite suavemente el tubo para dirigir las burbujas hacia la parte superior. • Enderece los tubos.
Sale agua del tubo cuando se configura el área de trabajo.	• Las abrazaderas están abiertas.	• Cierre siempre ambas abrazaderas después de llenar los tubos.
La unidad no emite un sonido en el mismo nivel de agua en el tubo.	• Lecturas erróneas en el nivel de agua.	• Asegurese de mirar el tubo desde el mismo angulo y en el mismo lugar marque el nivel de agua del tubo.
El tono continuo o intermitente no funcionan.	• Los sensores estan sucios.	• Utilize el cepillo de limpieza de tubos incluido con la herramienta para limpiar los sensores que detectan el nivel dela agua.

Visite www.zircon.com/support para actualización de las instrucciones.

ZIRCON

GARANTÍA LIMITADA DE 1 AÑO

Zircon Corporation ("Zircon") garantiza este producto como libre de defectos en materiales y mano de obra por un año a partir de la fecha de compra. Cualquier producto defectuoso dentro de la garantía enviado a Zircon* con el envio pagado, comprobante de fecha de compra y $5,00 para cubrir porte y manejo, se reparará o reemplazará a opción de Zircon. Esta garantía se limita a los circuitos electrónicos y a la caja original del producto y excluye específicamente los daños provocados por uso indebido, uso no razonable o descuido. Esta garantía está en lugar de todas las demás garantías, expresas o implícitas, y ninguna otra declaración o reclamación de cualquier naturaleza será obligatoria para Zircon. Cualquier garantía implícita aplicable para este producto se limita al periodo de un año inmediato a su compra. EN NINGÚN CASO, ZIRCON SERÁ RESPONSABLE DE NINGÚN DAÑO ESPECIAL, INCIDENTAL O RESULTANTE DE LA POSESIÓN, USO O MAL FUNCIONAMIENTO DE ESTE PRODUCTO.

De conformidad con las reglamentaciones gubernamentales, se le notifica que: (i) en algunos estados no se permiten limitaciones del tiempo de vigencia de una garantía implícita y/o de la exclusión o limitación de daños incidentales o consecutivos; así que las limitaciones y/o exclusiones anteriores tal vez no se apliquen para usted, y además, (ii) esta garantía le otorga derechos legales específicos y usted tal vez tenga otros derechos que varían de estado en estado.

Devuelva el producto con envio pagado y comprobante de la fecha de compra (recibo de venta fechado) y $5,00 para cubrir el porte y el manejo, a:

Zircon Corporation
*Attn: Returns Department
1580 Dell Avenue
Campbell, CA 95008-6992 USA

Asegúrese de incluir su nombre y dirección. El servicio y reparación fuera de garantía donde no se incluya el comprobante de compra se regresará con cargos de reparación C.O.D. Permita de 4 a 6 semanas para la entrega.

Atención al Cliente, 1-800-245-9265 o 1-408-963-4550
Lunes a viernes, 8:00 a.m. a 5:00 p.m. Hora estándar del Pacífico
www.zircon.com • info@zircon.com

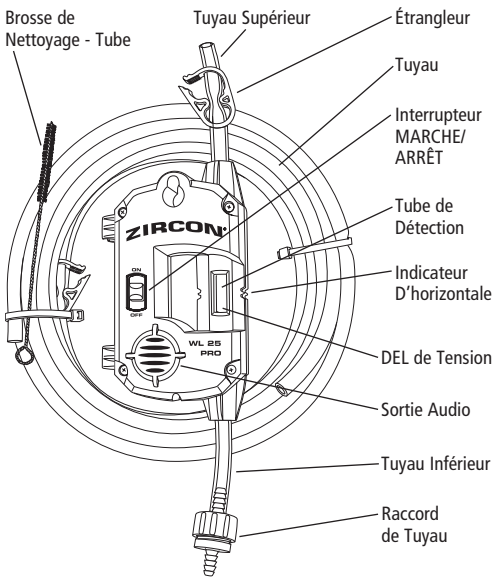
Patente de EE.UU. 6493954

Diseñado en EE.UU. Ensamblado en Mexico.

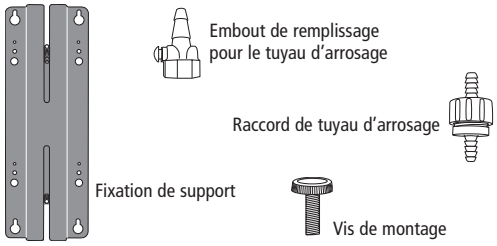
©2010 Zircon Corporation • P/N 58754 • Rev F 03/10

WL 25 Pro Kit
Niveau à Eau Électronique

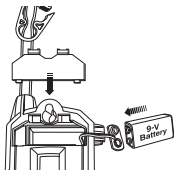
Le niveau d'eau électronique WL 25 Pro Zircon® est un outil idéal pour déterminer les points de référence de niveau jusqu'à 25 pieds (8 m) de distance. Le WL 25 Pro simplifie le travail que l'on doit faire seul ou autour des coins avec des mesures exactes et fiables. C'est l'appareil idéal pour un certain nombre d'applications y compris monter des clôtures, construire des terrasses, positionner les drains, la plomberie, couler les formes, terminer le travail de maçonnerie ou refaire les intérieurs. Le WL 25 Pro comprend un tuyau de 25 pieds (8 m), une fixation de support et vis, un raccord de tuyau d'arrosage et un embout de remplissage.



KIT ET ACCESSOIRES WL 25 PRO



1. INSTALLER LA PILE



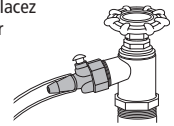
Appuyez sur le déclencheur de porte du compartiment de la pile, et enlevez la porte. Branchez la pile de 9-V au connecteur, et insérez dans le compartiment de la pile. Remettez la porte, et enclenchez.

2. ASSEMBLAGE DU WL 25 PRO

À l'aide du connecteur de tuyau fourni, attachez un bout du long tuyau à l'extrémité inférieure du tuyau court qui traverse le corps de l'unité. Un court segment sortira aussi du dessus. Déplacez les étrangleurs, au besoin, pour que le premier se trouve sur le tuyau court sortant du dessus, et l'autre sur le bout libre du long tuyau.



3. REMPLIR LE WL 25 PRO D'EAU

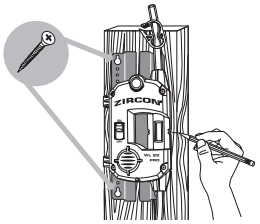


Ouvrez l'étrangleur du tuyau supérieur, et placez le WL 25 Pro de sorte que l'eau puisse sortir du tuyau supérieur. Dévissez le connecteur de tuyau, et raccordez un bout du tuyau d'arrosage au tuyau inférieur. Branchez le tube transparent de 25 pieds (8 m) à l'autre bout du tuyau d'arrosage. Attachez la lance de remplissage à un robinet en plein air, et activez l'alimentation en eau. L'eau ne coulera pas avant que le bouton de remplissage soit pressé. Ouvrez l'étrangleur du bout de travail. Poussez le bout de travail du tuyau sur la sortie de remplissage. Tenez le bouton de remplissage enfoncé pour permettre à l'eau de remplir le tuyau d'arrosage jusqu'à ce que l'eau s'écoule du tuyau supérieur. Continuez à tenir le bouton de remplissage enfoncé jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'air dans l'eau sortant du tuyau supérieur pendant au moins 10 secondes. Relâchez le bouton de remplissage, et fermez l'étrangleur du bout de travail. Vous pouvez aussi aspirer d'un seau pour remplir.



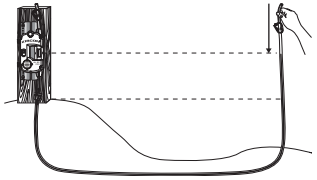
Verrouillez les étrangleurs à chaque bout pour empêcher l'eau de s'écouler tandis que vous préparez votre aire de travail. Pour éviter les lectures inexactes, faites toujours sortir les grosses bulles d'air dans le tuyau plein avant d'utiliser. Desserrez les deux étrangleurs, et secouez doucement le tuyau pour forcer les bulles à monter.

4. MONTER LE WL 25



Installez le WL 25 Pro de façon à ce que les points de référence de niveau sur les côtés se trouvent au point de niveau final désiré. Une vis et un support de montage sont inclus pour attacher l'unité à une base. L'unité s'ajuste sur le support, ce qui facilite les ajustements de hauteur.

Vous pouvez également monter le niveau au-dessus ou en dessous de ce point en mesurant l'écart entre vos marques et la position voulue. Attachez l'unité en bas et en haut pour en assurer la stabilité. Si l'unité oscille, vos points de niveau changeront et causeront des lectures inexactes.

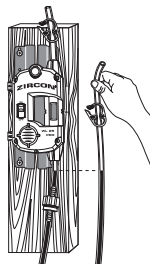


5. UTILISER LE WL 25 PRO

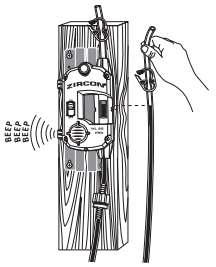
Fixez l'unité électronique à l'aire de travail, puis glissez le bouton de MARCHE/ARRÊT en position de MARCHE. Abaissez le bout de travail du tuyau juste en dessous de l'indicateur d'horizontale. Ouvrez l'étrangleur sur le tuyau supérieur court. Déplacez le long segment du tuyau jusqu'à la position de niveau désirée en vous assurant que le tuyau n'est pas noué ou plié et qu'il ne sera ni frappé, ni écrasé, ni déplacé. Gardez le long bout du tuyau plus bas que l'unité électronique jusqu'à ce que vous soyez prêt.

Élevez le bout suffisamment pour que l'eau ne s'écoule pas, et ouvrez l'étrangleur au bout de travail de l'unité. Montez LENTEMENT le bout du long tuyau jusqu'à ce que la tonalité continue s'amorce. Marquez sur la surface de travail le point d'horizontalité de l'eau correspondant.

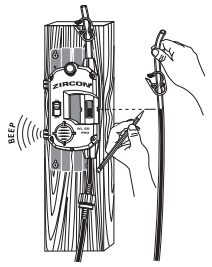
Remarque : Si vous élevez le tube trop vite, si le point de niveau est dépassé et si la tonalité intermittente se fait entendre, abaissez le tube de travail jusqu'à ce que le signal s'arrête, puis remontez-le LENTEMENT. Plus le tube de travail est long, plus il faudra de temps pour que les niveaux d'eau se stabilisent.



Aucune tonalité ; point de niveau trop bas.



Tonalité intermittente ; point de niveau trop haut.

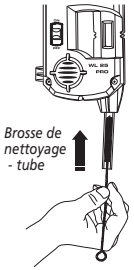


Tonalité continue ; point de niveau atteint.

6. NETTOYER ET RANGER LE WL 25 PRO

À certains endroits, la teneur minérale élevée de l'eau peut entraîner la formation d'un revêtement à l'intérieur du tube de détection. Le tube de détection du WL 25 Pro se lave facilement pour assurer l'exactitude. Pour réduire l'accumulation de minéraux, ne laissez pas d'eau dans le tube pour la nuit.

Débranchez le long segment du tuyau de travail, le connecteur et les étrangleurs de l'unité. Mouillez la brosse à nettoyer les tubes (incluse dans l'emballage) avec de l'eau. Insérez entièrement dans le tube détecteur court. Faites tourner les soies doucement pour nettoyer les contacts, enlevez la brosse, et rincez. Rattachez le tuyau de travail, et le niveau est prêt à utiliser.



Quand vous quittez le travail pour un temps réduit, vous pouvez laisser l'eau dans le tuyau. Verrouillez les étrangleurs à chaque bout du tuyau, et enroulez-le avec soin.

Pour prévenir la corrosion quand l'appareil ne sert pas, desserrez le tuyau aux deux bouts, et videz l'eau du long segment de tuyau. Rangez l'unité avec les étrangleurs ouverts dans un endroit sec.

7. TUYAU SUPPLÉMENTAIRE DISPONIBLE

Les magasins qui vendent ce produit offrent habituellement ou peuvent commander du tuyautage supplémentaire en segments de 25 pieds (8 m). Le diamètre intérieur du tuyau est de 5/16 po (8 mm), et il est fourni avec un connecteur supplémentaire pour vous permettre d'allonger votre longueur de travail.

8. CONSEJOS UTILES

Situation	Causes Probables	Solutions
Difficulté à voir le point d'horizontalité de l'eau.	• L'eau et le tube sont transparents.	• Ajoutez quelques gouttes de colorant alimentaire dans l'eau avant de remplir.
L'eau gèle.	• La température a chuté. • Il fait trop froid pour travailler.	• Remplacez l'eau dans le tuyau avec un mélange de vodka et d'eau.
Les points de niveau changent. Lectures inexactes.	• L'unité oscille. • Grosses bulles d'air dans les tubes. • Plis ou nœuds dans les tubes.	• Attachez bien l'unité électronique en bas et en haut. • Ouvrez les deux étrangleurs, et secouez doucement le tube pour forcer les bulles à monter. • Redressez le tuyautage.
L'eau s'écoule du tube lorsque vous préparez le site de travail.	• Étrangleurs ouverts.	• Fermez toujours les deux étrangleurs après avoir rempli les tubes.
L'appareil ne fait pas entendre la tonalité au même endroit.	• Erreur de lecture du niveau d'eau.	• Réglez à nouveau à l'œil, et marquez toujours la même partie du niveau d'eau.
Soit la tonalité continue ou la tonalité intermittente ne fonctionne pas.	• Les broches sont sales.	• Utilisez la brosse de nettoyage du tube incluse avec l'outil pour nettoyer les broches qui détectent le niveau d'eau.

ZIRCON® est un marque de commerce déposée de la Zircon Corporation.

Visiter www.zircon.com/support pour les instructions plus courantes.

GARANTIE LIMITÉE D'UN AN

La société Zircon (« Zircon ») garantit ce produit libre de tous défauts de matériaux et de fabrication pendant un an à partir de la date d'achat. Tout produit défectueux selon la garantie retourné à Zircon, frais de transport prépayés avec une preuve d'achat datée et 5,00 $ pour couvrir les frais de poste et de manutention sera réparé ou remplacé, à la discrétion de Zircon. Cette garantie est limitée au circuit électronique et au boîtier originaldu produit et exclut spécifiquement les dommages causés par toute mauvaise utilisation, utilisation déraisonnable ou négligence. Cette garantie remplace toutes autres garanties expresses ou indirectes et aucune autre représentation ou réclamation de quelque sorte que ce soit n'obligera ou ne liera Zircon. Toutes autres garanties indirectes applicables à ce produit sont limitées à une période d'un an suivant l'achat.

DANS AUCUN CAS ZIRCON NE SERA TENUE RESPONSABLE DE TOUS DOMMAGES INDIRECTS OU CONSÉCUTIFS SUITE À LA POSSESSION, L'UTILISATION OU LE MAUVAIS FONCTIONNEMENT DE CE PRODUIT. Conformément aux règlements gouvernementaux, vous êtes avisé que : (i) certains états n'acceptent pas de limites quant à la durée de la garantie implicite, donc il se peut que les limites et / ou les exclusions précédentes ne s'appliquent pas dans votre cas et de plus, (ii) cette garantie vous donne certains droits juridiques précis et vous pouvez aussi en avoir d'autres qui varient d'un état à l'autre.

Retournez le produit frais de transport prépayés avec une preuve d'achat datée et 5,00 $ pour couvrir les frais de poste et de manutention à :

Zircon Corporation
*Attn: Returns Department
1580 Dell Avenue
Campbell, CA 95008-6992 USA

Assurez-vous d'inclure vos nom et adresse de retour. Les réparations et entretien hors garantie, lorsque la preuve d'achat n'est pas fournie, seront retournés avec les frais de réparation par envoi contre remboursement. Allouez 4 à 6 semaines pour la livraison.

Service à la clientèle : 1-800-245-9265 ou 1-408-963-4550
Du lundi au vendredi, 8 h à 17 h HNP
www.zircon.com • info@zircon.com

Brevet des E.U. 6493954

Conçu aux É.U. Assemblé au Mexique.

©2010 Zircon Corporation • P/N 58771 • Rev C 03/10

HERON INSTRUMENTS
Groundwater Monitoring INC.

For the highest standard of accuracy choose **Heron Instruments premium** range of water level meters

dipper-T

The Heron dipper-T water level meter is a static water level meter used by thousands of groundwater professional's world wide.

The **dipper-T** has earned a reputation for reliability, accuracy and value for money.

The **dipper-T** comes equipped with a fully depth rated stainless steel environmental easy clean probe, built in tape guide and carry case.



Premium features:

Control Panel:
Fully encapsulated modular microprocessor based panel.

Tape:
Easy read black print on yellow tape. Accurate, high strength polyethylene coated engineering grade tape. Tough corrosion proof stainless steel conductors. Dog bone tape section to avoid sticking to the inside of the casing. All tapes manufactured and tested to current ASME requirements.

Probe:
Fully depth rated probe can be immersed in water to the full length of the tape. Constructed from environmentally approved stainless steel and Teflon®. No holes or recesses to trap contaminants.

Carry bag:
These top quality, highly accurate, precision instruments come complete with a durable padded carry bag, tape guide and casing hanger.

The Heron **dipper-T** is the most complete water level meter on the market with no upgrades required or hidden added costs.

potable water meter

The potable water meter is for use in drinking water only to avoid cross contamination and confusion.



The Heron **potable water meter** is a static water level meter intended for use in drinking water wells only. The distinctive black color and prominent labeling on this unit clearly identifies it as a clean water instrument. These features help to avoid confusion and cross contamination, ensuring the instruments are only used in appropriate wells.

The **potable water meter** is built to the same high standards as the Heron **dipper-T** and includes a built in tape guide and carry case.

little dipper

A small inexpensive water level meter for use in shallow wells or bore holes. Standard lengths of 75ft or 22m only.



The **little dipper** uses the same measuring tapes and electronic module as the **dipper-T**. The stainless steel and Teflon® sensor probe is 3/8 in (16mm) diameter, an ideal instrument for remote well sites. Small enough to fit inside your backpack.

The compact, lightweight **little dipper** is perfect for walk-in sites when portability is a concern.

Dust cover carry bag is included with the **little dipper**.

HERON INSTRUMENTS
Groundwater Monitoring INC.

FEATURES & SPECIFICATIONS

dipper-T: Features

- Easy to read accurate (ASME Standard) heavy duty polyethylene jacketed tape with stainless steel conductors
- All tape scales are printed beneath the jacketing ensuring long life and readability
- Full depth, easy clean stainless steel and Teflon® probe
- Strong, flexible link attaches cascade-proof 5/8 inch (16mm) dia. probe to the tape, providing tape protection at this vital junction

dipper-T: Specifications *

Reel Weight:	5 lbs (2 Kgs)
Tape per 100ft(30m):	1.0 lb (0.45 kgs)
Height:	13.5 in (340 mm)
Width:	10 in (250 mm)
Depth:	8 in (200 mm)

* For tape lengths to 300 ft / 100 m.

potable water meter: Features

- Clearly marked for potable water only to avoid cross contamination
- Easy to read accurate (ASME Standard) heavy duty polyethylene jacketed tape with
- Stainless steel conductors
- All tape scales are printed beneath the jacketing ensuring long life and readability
- Fully depth rated, easy clean stainless steel and Teflon® probe
- Strong, flexible link attaches cascade-proof 5/8 inch (16mm) dia. probe to the tape providing tape protection at this vital junction

potable water meter: Specifications *

Reel Weight:	5 lbs (2 Kgs)
Tape per 100ft(30m):	1.0 lb (0.45 kgs)
Height:	13.5 in (340 mm)
Width:	10 in (250 mm)
Depth:	8 in (200 mm)

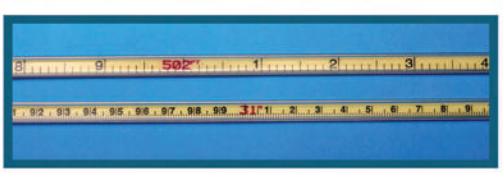
* For tape lengths to 300 ft / 100 m.

little dipper: Features

- Tape length 75 ft (22m)
- Light weight & portable
- Easy to read accurate (ASME Standard) heavy duty polyethylene jacketed tape with stainless steel conductors
- 5/8 inch dia. (16mm) stainless steel and Teflon® probe
- Fully encapsulated, modular microprocessor control panel with battery drawer, audible signal and light equipped with sensitivity control and circuit test button

little dipper: Specifications

Weight:	2 3/4lbs (1.3Kgs)
Dimensions :	6 in x 6 in (150mmx150mm)
Battery:	9 volt
Tape length:	75ft (22m)
Tape graduation:	1/100ft (1mm)



Premium quality tapes for Herons
top of the line water level meters

HERON INSTRUMENTS
Groundwater Monitoring INC.

The Heron WATER TAPE

A tough economical water level meter. The low cost and durability of the **WATER TAPE** make it an ideal choice for well drillers, pump installers and other severe service users

The **WATER TAPE** is designed and built with the same attention to quality and value as other heron Products



The Heron WATER TAPE Specifications

The Tape

Kevlar reinforced polyethylene dog bone section with stainless steel conductors. Graduated in feet x 100th/ft or meters x mm for durability and precision.

The Probe

16 mm (5/8") diameter 19mm (7 ½") long probe constructed from stainless steel and Teflon®. The probe has no holes or recesses to trap contaminants and is water tight to the full depth of the tape.

The Electronics

Fully encapsulated circuitry for protection against dirt and moisture. Single easy change 9 V battery accessible from the panel. Signal by audible buzzer and extra bright LED Light

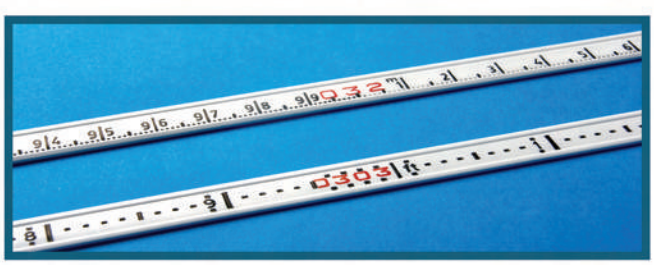
REEL

A tough nylon or aluminum (depending on tape length) reel mounted on a sturdy powder coated steel frame. A soft vinyl hand grip, ergonomic, reel lock and casing hanger are incorporated into the frame.

SPECIFICATIONS

Weight & Dimensions

Reel Weight:	5lb (2 kgs)
Tape per 100ft (30m):	1.0 lb (0.5 kgs)
Overall Height:	13.5 in (34cm)
Width:	10 in (25cm)
Depth:	8 in (20cm)



Quality, reliability, value.

More information at
www.heroninstruments.com

HERON INSTRUMENTS
Groundwater Monitoring INC.

The Heron **dipper-log**
A Powerful Ground Water Level Logger

FEATURES

- Accuracy 0.05% F.S. Diameter 0.75" (19mm)
- Totally submersible inside the well
- Optional cable adaptor kit for wellhead readout and control
- 16 000 date and time stamped readings
- Non-volatile memory
- Up to 10 year battery life
- Variable sample intervals
- Automatic compensation during installation for barometric pressure and elevation for short term tests
- Multiple pressures ranges to 400 ft/120 m head
- Pocket PC controllable
- Telemetry expandable
- Barometric logger available for long term monitoring
- Speed reading up to 20 readings per second with real time graphing



Submersible Logger

What the **dipper-log** does

The **dipper-log** measures and records the water level and temperature at preset intervals in wells and open bodies of water. It stores the readings allowing them to be downloaded at a convenient time.

Stores 16000 time/dated readings in engineering or metric units.

Calculates and tabulates water levels in feet or meters relative to datum and temperature in centigrade.

Convenient wellhead data access

For installations where frequent downloading is required, a wellhead readout adaptor kit is available.

This allows full downloading and control of the **dipper-log** from the surface without having to remove the logger from the well.

This version also allows real time readings to be taken, a useful feature for pump and drawdown tests.


Well head read out version
Universal mounting kit shown

The **dipper-log** is EASY TO USE

Just follow the three easy steps in the Windows and Pocket PC based software (Win 95, 98, ME, 2000 and XP) for a successful installation.

Quick and easy data download. No calculations needed. The results are shown as compensated height of water above the logger and depth of water below datum, together with temperature, which can be graphed at the click of a mouse.

The compact design of the **dipper-log** is ideal for monitoring surface water and deep water wells. The **dipper-log** is launched and then installed in the well with a simple wireline or a direct read cable at the required depth. The unit can be stored inside the well casing giving protection against vandalism.

The **Bar-Log**
One Step Barometric Compensation

For long term monitoring a Heron **bar-log** should be used.

The Heron **bar-log** is factory set to take a barometric pressure reading every hour. The **bar-log** will share this information with every **dipper-log** that has the same "job number" given during the installation.

The one step compensation calculations are done automatically during the download procedure.

Initial Elevation and Barometric Measurement Eliminates Guess Work

The **dipper-log** automatically takes a barometric pressure reading during the installation procedure. The **dipper-log** does not use a vented cable.

If a **bar-log** is not used, this one time reading is used by the logger to compute the depth and height of water based on the barometric pressure at the time of launch.

Quality, accuracy and reliability.

Heron Instruments Toll-Free: 1.800.331.2032 Fax: 905.634.9657 info@heroninstruments.com www.heroninstruments.com

HERON INSTRUMENTS
Groundwater Monitoring INC.

All **dipper-logs** are sold as complete units ready for field use

Your Choice of Sampling Intervals

A wide range of sampling intervals is available to the user from one per second up to one every 255 hours in steps of seconds, minutes or hours.

Speed read mode takes up to 20 readings per second and plots the real time graph directly onto your computer.

A "log time" interval is included. This facility increases the reading interval by one second for each reading allowing a total of 255 measurements over nine hours. Ideal for short term pump tests.

The **dipper-log** can also be setup to start at a future date and time to take readings at the preset intervals.

Powerful Pocket PC Field Kit (optional)

The **dipper-log** can be operated in all modes using a pocket PC.

The pocket PC is a convenient tool that can launch the **dipper-log** and download the data for transfer to the main computer.

The data settings and downloads can be viewed on the PPC screen, and realtime readings taken with the wellhead readout **dipper-log**.



Pocket PC (optional)

The PPC supplied by Heron Instruments includes the Heron developed software to operate the **dipper-logs**.

The memory capacity of the memory card supplied with the PPC allows for the storage of several thousand fully loaded loggers at 16000 readings each.

The PPC is housed in a rugged convenient sized weatherproof housing that allows full operation of the unit under demanding field conditions.

Remote Data Acquisition - Telemetry

The **dipper-log** can be downloaded remotely from the logger location to your PC using CDMA and other communication formats. Download times can be determined at setup. The **dipper-log** software will download the data then clear the logger memory and restart the mission. This gives unlimited reading capacity, with our remote accessory package.

In cases where a constant and sufficient power source is available the **dipper-log** may be downloaded at any time.

Heron Instruments supplies all the required hardware and software for this application. For further information, please contact us.



dipper-log mounted on a reel for short term tests (optional)

ANEXO K

COTIZACIONES

Go To Geotech

Water Quality Meter

geotech

Horiba U-50 Series Multi-parameter Meters

Measure and display 11 parameters simultaneously with newly designed control unit and sensor technology. Intuitive software assures ease of use and operation efficiency. Experience the durability and performance of an instrument that exceeds your expectations in the field testing of ground water and surface water applications.

FEATURES

Control Unit:

- Easy to read LCD display
- One-hand operation
- On-screen icon displays battery power and GPS, USB and probe unit connectivity
- Quick-connect connector (cable to control unit)
- Shock resistant cover
- Backlight display

Sensor Probe Unit:

- Ultra-sensitive turbidity sensor
- Minimum dissolved oxygen sensor maintenance with screw-on type membrane cap
- Chemical resistant materials of construction
- Optional ToupH pH electrode* that Is difficult to break
- Field replaceable sensors

* Prevents damage during maintenance.

GPS Compatible (U-52G153G)

The system can be used in conjunction with the Global Positioning System (GPS) to record latitude, longitude, and other location data for individual measurements. This is particularly useful for environmental surveys.





U-50 SERIES FEATURE COMPARISON

	U-51	U-52	U-52G	U-53	U-53G
pH	✔	✔	✔	✔	✔
ORP (Oxidation Reduction Potential)	✔	✔	✔	✔	✔
Dissolved Oxygen	✔	✔	✔	✔	✔
Conductivity	✔	✔	✔	✔	✔
Salinity	✔	✔	✔	✔	✔
TDS (Total Dissolved Solids)	✔	✔	✔	✔	✔
Seawater Specific Gravity	✔	✔	✔	✔	✔
Temperature	✔	✔	✔	✔	✔
Turbidity (LED)	—	✔	✔	—	—
Turbidity (Tungsten Lamp)	—	—	—	✔	✔
Water Depth	—	—	✔	✔	✔
GPS	—	—	✔	—	✔

CALL GEOTECH TODAY (800) 833-7958

Geotech Environmental Equipment, Inc.
2650 East 40th Avenue • Denver, Colorado 80205
(303) 320-4764 • **(800) 833-7958** • FAX (303) 322-7242
email: sales@geotechenv.com website: www.geotechenv.com

horiba_u-50.qxp 06/12/09

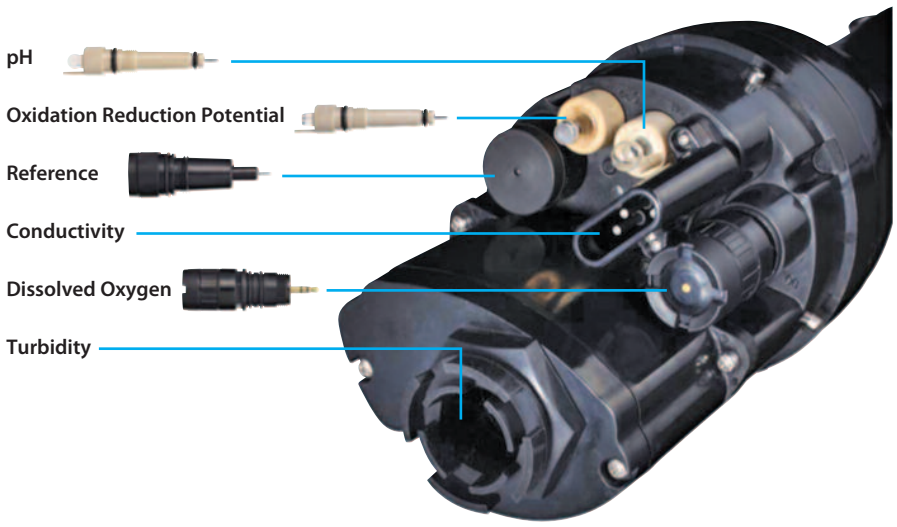
Water Quality Meter

Horiba U-50 Series Multi-parameter Meters

SENSOR PROBE UNIT

Multiple Sensors Housed in Each Probe

- Multiple sensors allow for the measurement of 11 parameters simultaneously: pH, pH (mv), ORP, DO, COND, Salinity, TDS, Seawater Specific Gravity, Temperature, Turbidity, Water Depth.
- Ultra-sensitive Turbidity Sensors (Models U-52, U-53). Precision has been improved over conventional instruments. The Model U-53 high precision field replaceable turbidity sensor with wiper has a resolution of 0.01 NTU.
- Improved stability of the dissolved oxygen sensor has been achieved with a new 3 electrode design for fast response and polarographic sensor for ease of maintenance.
- pH and ORP electrodes can be replaced individually to reduce replacement costs.



CONTROL UNIT

Easy to Read LCD Display and Easy Operation

- All 11 parameters measurement data is listed on screen.
- Text size can be changed to large font.
- Small control unit design for operation with one hand.
- Icon display information.
- Operation instructions on-screen.
- Variable display contrast compensates for extreme ambient lighting conditions.

Control Unit Design for Field Operations

- Patented auto-calibration feature provides hassle-free calibration of pH, dissolved oxygen, conductivity, turbidity and depth.
- Shock resistant cover designed for rough treatment in the field and is easily cleaned.
- Cable can be easily connected and disconnected with quick-connect fitting.

Data Management

- Auto hold function freezes average data values on the screen to offer more time to verify or transcribe data.
- Diagnostic functions notify the user of errors.
- Integral USB connection for data transfer to a PC. USB cable is sold separately and includes software.
- Selectable measurement units allow the operator to report data without the need to convert data to desired units of measure.



CALL GEOTECH TODAY (800) 833-7958

Geotech Environmental Equipment, Inc.
2650 East 40th Avenue • Denver, Colorado 80205
(303) 320-4764 • **(800) 833-7958** • FAX (303) 322-7242
email: sales@geotechenv.com website: www.geotechenv.com

SPECIFICATIONS

		U-51	U-52	U-52G	U-53	U-53G
		Simultaneous Display of 10 Parameters Max.	Simultaneous Display of 11 Parameters Maximum			
Sensor Probe	**Measurement Temperature**	-5° to 55°C				
	Max. Sensor Diameter	Approx. 96mm				
	Probe Length	Approx. 340mm				
	Cable Length	Standard: 2m, Option: 10 and 30m				
	Weight	Approx. 1800g (Approx. 3.97 lbs.)				
	Automatic Calibration (uses pH4)	Applying to all models				
	Turbidity Wiper	–	–	–	✔	✔
	Measurement Depth	Maximum 30m				
	Material Contact with Liquid	PPS, Glass, SUS316L, SUS304, FKM, PEEK, Titanium, FEP membrane, POM				
	Water Resistance	JIS protection level 8				
Control Unit (Monitor)	**Outer Dimensions**	115(W) x 65(D) x 280(H) mm				
	Weight	Approx. 800g (Approx. 1.76 lbs.)				
	LCD	320 x 240 Graphic liquid crystal with backlight (black and white)				
	Data Memory	10,000				
	Communication	USB				
	Battery	C batteries x 4				
	Water Resistance	JIS protection level 7 (when sensor cable is fitted)				
	Battery Life*	Approx. 70 hours (without backlight)			Approx. 500 measurements	
	Storage Temperature	-10° to 60°C				
	Ambient Temperature	-5° to 45°C				
pH (All Models) • Two-Point Calibration • Automatic Temperature	**Measurement Principle**	Glass electrode method				
	Range	pH 0 to 14				
	Resolution	0.01pH				
	Repeatability**	±0.05pH				
	Accuracy***	±0.1pH				
Oxidation Reduction Potential (ORP) (All Models)	**Measurement Principle**	Platinum electrode method				
	Range	-2000 mV to +2000 mV				
	Resolution	1 mV				
	Repeatability**	±5 mV				
	Accuracy***	±15 mV				
Dissolved Oxygen (DO) (All Models) • Salinity Conversion (0 to 70 PPT/Automatic) • Automatic Temperature Compensation	**Measurement Principle**	Polarograph method				
	Range	0 to 50.0 mg/L				
	Resolution	0.01 mg/L				
	Repeatability**	±0.1 mg/L				
	Accuracy***	0 to 20 mg/L: ±0.2 mg/L, 20 to 50 mg/L: ±0.5 mg/L				
Conductivity (COND) (All Models) • Auto Range • Automatic Temperature Conversion (25°C)	**Measurement Principle**	4 AC electrode method				
	Range	0 to 10 S/m (0 to 100 mS/cm)				
	Resolution	0.000 to 0.999 mS/cm: 0.001 1.00 to 9.99 mD/cm: 0.01 10.0 to 99.9 mS/cm: 0.1 0.0 to 99.9 mS/m: 0.1 0.100 to 0.999 S/m: 0.001 1.00 to 9.99 S/m: 0.01				
	Repeatability**	±0.05% F.S.				
	Accuracy***	±1% F.S. (Median of two-point calibration)				
Salinity (All Models)	**Measurement Principle**	Conductivity conversion				
	Range	0 to 70 PPT (permillage)				
	Resolution	0.1 PPT				
	Repeatability**	±1 PPT				
	Accuracy***	±3 PPT				
Total Dissolved Solid (TDS) (All Models) • Conversion Factor Setting	**Measurement Principle**	Conductivity conversion				
	Range	0 to 100 g/L				
	Resolution	0.1% F.S.				
	Repeatability**	±2 g/L				
	Accuracy***	±5 g/L				
Seawater Specific Gravity (All Models) • Display σ1, σ0, σ15	**Measurement Principle**	Conductivity conversion				
	Range	0 to 50 σt				
	Resolution	0.1 σt				
	Repeatability**	±2 σt				
	Accuracy***	±5 σt				
Temperature (All Models)	**Measurement Principle**	Thermistor method				
	Range	-5° to 55°C				
	Resolution	0.01°C				
	Repeatability**	±0.10°C (at calibration point)				
	Accuracy***	JIS class B platinum thermometer sensor (±0.3 + 0.005)				
Turbidity (TURB)	**Measurement Principle**	–	LED light source and 30° scattering method		Tungsten lamp source and 90° scattering method	
	Range	–	0 to 800 NTU		0 to 1000 NTU	
	Resolution	–	0.1 NTU		0.01 NTU	
	Repeatability**	–	±5% (reading) or ±0.5 NTU whichever is greater		±3% (reading) or ±0.1 NTU whichever is greater	
	Accuracy***	–	±5% (reading) or ±1 NT U whichever is greater		0 to 10 NTU: ±0.5 NTU 10 to 1000 NTU: 3% (reading) or ±1 NTU whichever is greater	
Water Depth	**Measurement Principle**	–	–	Pressure method		
	Range	–	–	0 to 30m		
	Resolution	–	–	0.5m		
	Repeatability**	–	–	±1% F.S.		
	Accuracy***	–	–	±0.3m		
GPS	**12 Channel Parallel**	–	–	✔	–	✔

*Battery life based on continuous operation using alkaline C dry cell batteries when the monitor temperature is over 20°C and the backlight OFF.
**Repeatability is measured by the ability to reproduce the results against the standard solution (at 25°C normal pressure condition).
***Accuracy is measured by calibrating 4 points for turbidity and electrical conductivity and 2 points for all other measurements against standard solution.

HIDROTECNOLOGIAS

COTIZACIÓN

HS-01	1251
Fecha:	
20/02/2013	
FORMA DE PAGO:	**Contado**
VALIDEZ PROPUESTA:	**10 días.**
PLAZO DE ENTREGA:	**30 dias**

Hidrotecnologias Ltda.
RUT: 76.070.461-K
Av. Sucre 2560, of. 7, Ñuñoa
e-mail: ventas@hidrotecnologias.cl

Equipos para muestreo, monitoreo y remediación de aguas subterraneas

Emitido para: **Cuenca Ingenieros Consultores**
RUT:
A la atención de: **Felipe Espinoza** fespinoza@cuenca.cl **Teléfono: 23414800**
Fax:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	Precio Unit.	PRECIO NETO TOTAL
1	Medidor Multiparametro, marca Horiba ,modelo U 52-2 metros con kit, Japones (PH,ORP,OD,Cond, T°,turbidiez,TDS)	$ 3,350,000	$ 3,350,000
1	12101063 Solution buffer pack Ph 4,7,10 cond 1413 Us 4 one pint bottles	$ 38,000	$ 38,000

precios netos no incluyen IVA



Cordialmente,

Carolina Chacón
Teléfono : 4947385
Móvil: 97896099
E-mail: ventas@hidrotecnologias.cl

HIDROTECNOLOGIAS

COTIZACIÓN **HS-01** **1250**

Fecha:	
20/02/2013	
FORMA DE PAGO:	**Contado**
VALIDEZ PROPUESTA:	**10 días.**
PLAZO DE ENTREGA:	**30 a 40 dias, previa O/C**

Hidrotecnologias Ltda.
RUT: 76.070.461-K
Av. Sucre 2560, of. 7, Ñuñoa
e-mail: ventas@hidrotecnologias.cl
Equipos para muestreo, monitoreo y remediación de aguas subterraneas

Emitido para: **Cuenca Ingenieros Consultores**
RUT:
A la atención de: **Felipe Espinoza** fespinoza@cuenca.cl **Teléfono: 23414800**
Fax:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT	PRECIO NETO TOTAL
1	Water Level Level logger, marca Aquistar (presion y temperatura) **tipo gauged (con cables),** modelo PT2X 300 PSI A , SS 4 **MB** Conexión 12106014 Comm kit aquistar USB , con cable de 110 metros.	$ 1,980,000	$ 1,980,000
1	Water Level Level logger, marca Aquistar (temperatura, conductividad) **tipo gauged (con cables),** modelo CT2X 300 PSI A , SS 4 **MB** Conexión 12106014 Comm kit aquistar USB , con cable de 110 metros.	$ 2,450,000	$ 2,450,000

precios netos no incluyen IVA



Cordialmente,
Carolina Chacón
Phone: 4947385 anexo 114
Móvil: 99114713
E-mail: ventas@hidrotecnologias.cl

GO TO GEOTECH

Datalogging Water Quality Sensor

AquiStar® PT2X Submersible Pressure/Temperature Smart Sensor with Data Logging

Measure and record pressure/level, temperature, and time with this easy-to-use yet powerful and accurate AquiStar® PT2X Smart Sensor! Great almost anywhere you need to measure level and temperature – whether it be in a lake, in a tank, or in a well.

FEATURES

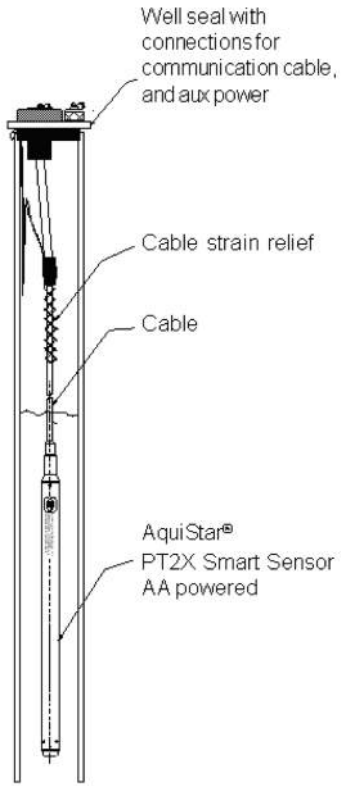
Sensor

- **Measures and records pressure/level, temperature, and time**
- **Low power** – *field replaceable AA batteries, alkaline or lithium*
- **Modbus® RTU (RS485) and SDI-12 interface** – *for greater flexibility*
- **Thermally compensated** – *great where water temperatures vary, such as in streams or in industrial tank applications*
- **± 0.05% FSO typical accuracy**
- **Small diameter – 0.75" (1.9 cm)**
- **Wireless connectivity** – *radios and/or cellular*
- **Barometric compensation utility for use with absolute sensors**
- **Free, easy-to-use software**
- **Absolute, gauge, or sealed gauge**
- **External power options (12 VDC) with AA's acting as backup**
- **316 SS, Viton®, PTFE construction** *(titanium optional)*

Datalogger

- **520,000 record**
- **Non-volatile memory** – *no data loss in the event of a power failure*
- **Flexible, multi-phase logging sequences** – *save sequences to disk to reuse in the future*
- **Pause logging feature** – *temporarily pause the logging while repositioning or transporting sensor*
- **Delayed start feature** – *state a specific future start time, making it easy to set several sensors to start at the same time*

TYPICAL INSTALLATION



APPLICATIONS

- **Pump and slug tests**
- **River, stream, reservoir gauging**
- **Stormwater runoff monitoring**
- **Wetland monitoring**
- **Well, tank, tidal levels**
- **Resource administration**



CALL GEOTECH TODAY (800) 833-7958

Geotech Environmental Equipment, Inc.
2650 East 40th Avenue • Denver, Colorado 80205
(303) 320-4764 • **(800) 833-7958** • FAX (303) 322-7242
email: sales@geotechenv.com website: www.geotechenv.com

aquistar_pt2x.qxp 04/03/12

Datalogging Water Quality Sensor

AquiStar® PT2X Submersible Pressure/Temperature Smart Sensor with Data Logging

SPECIFICATIONS

General	**Length**	11.875" (30.2 cm) cabled 11.625" (29.5 cm) cableless
	Diameter	0.75" (1.9 cm)
	Weight	0.8 lb. (0.4 kg)
	Body Material	Delrin® & 316 stainless steel *or* titanium
	Wire Seal Materials	Viton® and PTFE
	Submersible Cable	Polyurethane, polyethylene, or FEP available
	Protection Rating	IP68, NEMA 6P
	Desiccant	1-3mm indicating silica gel *(high or standard capacity)*
	Terminating Connector	Available
	Communication	RS485 Modbus® RTV SDI-12 (ver.1.3)
	Direct Modbus Read Output	32-bit IEEE floating point
	SDI-12 Output	ASCII
	Internal Math	32-bit floating point
	Operating Temp. Range[3]	-15°C to 55°C
	Storage Temp. Range[1]	-40°C to 80°C
Logging	**Memory**	4MB – 520,000 records
	Log Types	Variable, user-defined, logarithmic, profiled
	Programmable Baud Rate	9600, 19200, 38400
	Logging Rate	8x/sec maximum
	Software	Complimentary Aqua4Plus *or* Aqua4Push
	Networking	32 available addresses per junction w/batching capabilities *(up to 255)*
	File Formats	.xls/.csv/.a4d
Power	**Internal Battery**	2 x 1.5V AA Alkaline[2]
	Auxiliary Power	12 VDC – *Nominal* 6-15 VDC – *Range*
	Expected Alkaline Battery Life	18 months at 15m polling interval[6]
Temperature	**Element Type**	Digital IC on board
	Accuracy	±0.5°C
	Resolution	0.1°C
	Range	-40°C to 80°C
	Units	Celsius, Fahrenheit, Kelvin
Level	**Transducer Type**	Silicon strain gauge
	Transducer Material	316 stainless steel *or* titanium
	Pressure Ranges	
	Gauge	*FtH_2O[5]* – 2.3, 5.8, 12, 35, 69, 115, 231, 692 *mH_2O[5]* – 0.7, 1.75, 3.5, 10.5, 21, 35, 70, 210
	Absolute	*FtH_2O[5]* – 46, 69, 115, 231, 692 *mH_2O[5]* – 14, 21, 35, 70, 210
	Units	PSI, ftH_2O, inH_2O, cmH_2O, mmH_2O, mH_2O, inHg, cmHg, mmHg, Bars, mBars, kPa
	Static Accuracy	±0.05% FSO – *typical* ±0.1% FSO – *maximum* *(B.F.S.L. 20°C)*
	Resolution	0.0034% FS – *typical*
	Max Zero Offset	±0.25% FSO *(@ 25°C)*
	Max Operating Pressure	1.1 x FS
	Burst Pressure[4]	3.0 x FS
	Compensated Range	0°C to 40°C

1 Storage without batteries

2 Lithium available upon request

3 Requires freeze protection kit if in water below freezing

4 Burst reduced at PSI>300

5 Higher Pressure ratings available upon request

6 May vary due to environmental factors

Information in this document is subject to change without notice.

CE

CALL GEOTECH TODAY (800) 833-7958

Geotech Environmental Equipment, Inc.
2650 East 40th Avenue • Denver, Colorado 80205
(303) 320-4764 • **(800) 833-7958** • FAX (303) 322-7242
email: sales@geotechenv.com website: www.geotechenv.com

GO TO GEOTECH

Datalogging Water Quality Sensor

AquiStar® CT2X Submersible Smart Sensor
Conductivity/Temperature with Depth/Level Option

The AquiStar® CT2X is a submersible conductivity/temperature sensor with built-in datalogging and depth/level option. This device stores 349,000 records of conductivity, temperature, depth/level, salinity and time data, operates with low power, and features free, easy to use software with powerful features.

The CT2X incorporates 4-pole electrode cell measurement technology. This technology reduces fringe field interference errors, lessens inaccuracy caused by polarization effects, and lowers contact resistance problems. Four-pole electrode technology also allows users to work with one electrode over a wide range of conductivity.

FEATURES

- **Small diameter** – *0.75" (1.9 cm)*
- **Conductivity, temperature & time with depth/level option**
- **10-100,000 microSiemens/cm** – *200,000 or 300,000 optional*
- **Linear and nLFn temperature compensation**
- **Also measures salinity and TDS**
- **349,000 records in non-volatile memory** – *no data loss in the event of a power failure*
- **316 stainless steel, Viton® and PTFE construction (titanium optional)**
- **Easy export to spreadsheets & databases**
- **Free, easy-to-use Aqua4Plus software**
- **Dual protocol available** – *Modbus® RTU (RS485) and SDI-12*
- **Powered internally with two AA alkaline batteries**
- **Wireless connectivity** – *radios and/or cellular*
- **Barometric compensation utility for use with absolute sensors**



With Pressure Option

APPLICATIONS

- **Wetland surveys**
- **Saltwater intrusion monitoring**
- **Agricultural runoff studies**
- **Discharge monitoring**

CALL GEOTECH TODAY (800) 833-7958

Geotech Environmental Equipment, Inc.
2650 East 40th Avenue • Denver, Colorado 80205
(303) 320-4764 • **(800) 833-7958** • FAX (303) 322-7242
email: sales@geotechenv.com website: www.geotechenv.com

Datalogging Water Quality Sensor

AquiStar® CT2X Submersible Smart Sensor
Conductivity/Temperature with Depth/Level Option

SPECIFICATIONS

General	**Length**	12.5" (31.8 cm) *16.0" (40.6 cm) w/pressure*
	Diameter	0.75" (1.9 cm)
	Weight	1.0 lb. (0.5 kg)
	Body Material	Delrin® & 316 stainless steel *or* titanium
	Wire Seal Materials	Viton® and PTFE
	Submersible Cable	Polyurethane, polyethylene, *or* FEP
	Cable Weight	4 lbs./100 ft. (1.8 kg/30 m)
	Protection Rating	IP68, NEMA 6P
	Desiccant	1-3mm indicating silica gel *(high or standard capacity)*
	Terminating Connector	Available
	Communication	RS485 Modbus® RTU, SDI-12 (ver.1.3)
	Operating Temp. Range[3]	-15°C to 55°C
	Storage Temp. Range	-40°C to 80°C
Logging	**Memory**	4MB – 349,000 records
	Log Types	Variable, User-Defined, Logarithmic, Profiled
	Programmable Baud Rate	9600, 19200, 38400
	Logging Rate	4x/sec maximum
	Software	Complimentary Aqua4Plus *or* Aqua4Push
	Networking	32 available addresses per junction w/batching capabilities (up to 255)
	File Formats	.xls/.csv/.a4d
Power	**Internal Battery**	2x1.5V AA Alkaline[2]
	Auxiliary Power	12 VDC – *Nominal*, 6-15 VDC – *Range*
	Expected Battery Life	12 months at 15m polling interval[7]
Temperature	**Element Type**	30K Ohm thermistor
	Element Material	Epoxy bead/external housing
	Accuracy	±0.2°C
	Resolution	0.1°C
	Range	-5°C to 60°C
	Units	Celsius, Fahrenheit, Kelvin

Depth/Level	**Transducer Type**	Silicon strain gauge
	Transducer Material	316 SS or titanium
	Pressure Ranges	
	Gauge	*FtH_20^5* – 2.3, 5.8, 12, 35, 69, 231, 115, 692 *mH_20^5* – 0.7, 1.75, 3.5, 10.5, 21, 35, 70, 210
	Absolute	*FtH_20^5* – 46, 69, 115, 231, 692, *mH_20^5* – 14, 21, 35, 70, 210
	Units	PSI, FtH_2O, inH_2O, cmH_2O, mmH_2O, mH_2O, inHg, cmHg, mmHg, Bars, mBars, kPa
	Static Accuracy	±0.05% FSO *typical* ±0.1% FSO *maximum* *(B.F.S.L. 20°C)*
	Resolution	0.0034% FS *typical*
	Maximum Operating Pressure	1.1 x FS
	Burst Pressure[4]	3.0 x FS
	Compensated Range	0°C to 40°C
Conductivity	**Probe Material**	Epoxy/Graphite
	Electrode	4-pole
	Static Accuracy	±0.5% of measured value
	Resolution	32 bit
	Ranges	
	Conductivity[6]	0-100,000 or 0-200,000 or 0-300,000 µS/cm
	TDS	4.9-49,000 or 4.9-98,000 or 4.9-147,000 mg/L
	Salinity	2-42 PSU
	Units	µS/cm, mS/cm, mg/L, PSU
	Resolution	0.1 µS/cm / 0.001 mS/cm / 0.1 mg/L (TDS) / 0.001 PSU
	Warm-Up Time	200 msec
	Thermal Compensation	None, Linear, *or* nLFn

1 Storage without batteries
2 Lithium available upon request
3 Requires freeze protection kit if using pressure option in water below freezing
4 Burst reduced at PSI>300
5 Higher pressure ratings available upon request
6 Accuracy reduced at levels <10 µS/cm
7 May vary due to environmental factors

Information in this document is subject to change without notice.

CE

CALL GEOTECH TODAY (800) 833-7958

Geotech Environmental Equipment, Inc.
2650 East 40th Avenue • Denver, Colorado 80205
(303) 320-4764 • **(800) 833-7958** • FAX (303) 322-7242
email: sales@geotechenv.com website: www.geotechenv.com